



Projeto de Reabilitação de Edifício Antigo

PEDRO MIGUEL SOARES MENDES

outubro de 2017

PROJETO DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIO ANTIGO

PEDRO MIGUEL SOARES MENDES

Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: José Carlos Rodrigues Campeão

OUTUBRO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
1 Introdução.....	1
2 Reabilitação de Edifícios Antigos	4
3 Caso de Estudo	24
4 Projeto de Arquitetura do Hostel.....	38
5 Projeto de Reabilitação	41
6 Considerações Finais	98
Referências Bibliográficas	101
Anexo I – Levantamento arquitetônico.....	105
Anexo II – Projeto de arquitetura.....	107
Anexo III – Estabilidade	109
Anexo IV – Abastecimento de água	111
Anexo V – Drenagem de águas residuais	113
Anexo VI – Comportamento térmico	115
Anexo VII – Características da caixilharia	117

RESUMO

Nos últimos anos a reabilitação de edifícios antigos em Portugal começa a ter relevância no volume de negócios do setor da construção civil. Nas últimas décadas o setor focou-se e vocacionou-se para a construção de edifícios novos, que conduziu ao abandono dos edifícios antigos, considerados como obsoletos e desadequados às exigências da sociedade contemporânea. O abandono dos edifícios antigos conduziu à degradação dos centros das cidades, em particular das zonas históricas, à redução das relações socioeconómicas e perda de valor patrimonial. Tornou-se senso comum entre a maioria dos agentes intervenientes no setor, que a reabilitação de edifícios antigos era dispendiosa, com dificuldade extrema em satisfazer as atuais exigências de mercado e que o ideal seria demolir para construir de novo.

O paradigma tem-se vindo a alterar nos últimos anos, fruto do forte incentivo por parte do poder político, do crescente aumento de interesse da sociedade em manter a identidade das cidades e do seu património edificado e da pressão turística que se vem sentido nos últimos anos. O desafio, porém, mantém-se difícil de concretizar pela perda de conhecimento de técnicas antigas de construção e da falta de pessoal com formação adequada à natureza própria dos trabalhos de reabilitação.

Com o presente projeto pretende-se demonstrar que, embora seja um processo complexo, sujeito a variáveis imprevisíveis tais como, o real estado do edifício quando sujeito à intrusão que o processo de obra implica, a reabilitação de um edifício pode conduzir ao sucesso do empreendimento. Para tal é necessário que a sua viabilidade seja estudada com base em diagnósticos aprofundados do real estado do edifício e em estudos de mercado nas áreas da construção, comercialização ou exploração do empreendimento. Outro aspeto de extrema importância que se pretende demonstrar, é a importância da elaboração de projetos pensados em sintonia entre os projetistas intervenientes. Uma boa coordenação em projeto, permite a previsão da ocorrência de incompatibilidades entre as diversas especialidades e tomada de medidas de resolução. Pretende-se também elaborar peças desenhadas que permitam leitura clara e esclarecedora por parte dos executantes da obra de reabilitação, quanto à constituição dos materiais e forma de execução.

Palavras-chave: Reabilitação de edifícios antigos, projetos de especialidades, estabilidade, abastecimento de água e drenagem de águas residuais, térmico, acústico.

ABSTRACT

In recent years the rehabilitation of old buildings in Portugal begins to have relevance in the turnover of the construction sector. In the last decades, the sector focused and it was directed to the construction of new buildings, which led to the abandonment of old buildings, considered obsolete and inadequate to the demands of contemporary society. The abandonment of old buildings led to the degradation of city centres, in particular historical areas, the reduction of socio-economic relations and loss of asset value. It has become common sense among most stakeholders involved in the industry that the rehabilitation of old buildings was costly, with extreme difficulty in meeting the current market demands and that the ideal would be to demolish to build again.

The paradigm has changed in the last years, as a result of the strong incentive on the part of the political power and the increasing interest of society in maintaining the identity of the cities and their built patrimony and the tourist pressure of the past years. However, the challenge remains difficult to achieve by the loss of knowledge of old construction techniques and the lack of trained personnel to do the rehabilitation work.

With the present project it is intend to demonstrate that, although it is a complex process, susceptible of unforeseeable variables such as the real state of the building when subject to the intrusion that the work process implies, the rehabilitation of a building can lead to the success of the enterprise. In order to do this, it is necessary to study its sustainability based on in-depth diagnoses of the real state of the building and market studies of construction areas, commercialization or exploitation of the enterprise. Another aspect of extreme significance is the importance of the elaboration of projects designed in harmony with stakeholders. A good coordination in design allows the prediction of the occurrence of incompatibilities between the different projects and measures of resolution. It is also intended to elaborate pieces that allow a clear and enlightening reading through the performers of the rehabilitation work, as to the constitution of the materials and form of execution.

Keywords: Rehabilitation of old buildings, field projects, stability, supply and drainage of waste water, thermal, acoustic.

AGRADECIMENTOS

A ti Sónia, minha querida e amada esposa, que sempre me incentivaste e apoiaste neste processo, assim como em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais que me educaram sempre com tanto amor, carinho e assertividade, dando sempre o seu melhor, e me tornaram no homem feliz que hoje sou.

Às minhas queridas irmãs Mara e Cátia, meus adorados sobrinhos Rita e Rodrigo, avós, afilhado, cunhados, tios e primos. Tenho muito orgulho em pertencer à nossa família.

Aos colegas de faculdade, em especial a ti Rogério, pelos momentos de estudo, transmissão de conhecimentos, companheirismo e boa disposição.

A todos aqueles que me acompanharam ao longo da minha vida profissional, em particular ao Teófilo, ao Nuno e ao César, dispostos por ordem de chegada.

Ao arquiteto Hélder Martins pela compreensão, disponibilidade e experiência transmitida.

Mais uma vez a todos, o meu muito obrigado.

ÍNDICE DE TEXTO

1	Introdução.....	1
1.1	Considerações Iniciais.....	1
1.2	Objetivo do Projeto.....	3
2	Reabilitação de Edifícios Antigos.....	4
2.1	Considerações Iniciais.....	4
2.1.1	Carta de Atenas, 1931.....	4
2.1.2	Carta de Veneza, 1964.....	5
2.1.3	Carta de Cracóvia, 2000.....	6
2.2	Terminologia e Definições.....	8
2.3	Caracterização da Construção Tradicional no Porto.....	9
2.3.1	Considerações gerais.....	9
2.3.2	Fundações.....	10
2.3.3	Paredes Exteriores.....	11
2.3.4	Estrutura dos pisos.....	13
2.3.5	Pavimentos.....	14
2.3.6	Tetos.....	15
2.3.7	Coberturas.....	15
2.3.8	Paredes interiores.....	17
2.3.9	Escadas Interiores.....	18
2.3.10	Portas de entrada e janelas exteriores.....	19
2.3.11	Portas e janelas interiores.....	21
2.3.12	Portadas interiores.....	22

2.3.13	Instalações nos edifícios antigos.....	22
3	Caso de Estudo	24
3.1	Identificação e caracterização do edifício	24
3.1.1	Caracterização do exterior.....	26
3.1.2	Caracterização interior	29
3.2	Viabilidade de Reabilitação.....	31
3.2.1	Plano Diretor Municipal.....	31
3.2.2	Inspeção visual.....	32
3.2.3	Diagnóstico	37
3.2.4	Definição da estratégia.....	37
4	Projeto de Arquitetura do Hostel.....	38
4.1	Programa.....	38
4.2	Levantamento arquitetónico	38
4.3	Projeto de Arquitetura.....	38
5	Projeto de Reabilitação	41
5.1	Introdução.....	41
5.2	Projeto de Estabilidade	42
5.2.1	Solução estrutural.....	42
5.2.2	Materiais e suas características	43
5.2.3	Ações e Combinações	43
5.2.4	Ações Permanentes	43
5.2.5	Ações Variáveis	44
5.2.6	Combinações de ações	45
5.2.7	Pré-dimensionamento de elementos estruturais.....	47
5.3	Projeto de Abastecimento e Drenagem de Águas Residuais.....	64
5.3.1	Abastecimento de Água.....	64
5.3.2	Drenagem das Águas Residuais Prediais	69

5.4	Projetos de Comportamento Térmico e Acústico	76
5.4.1	Considerações iniciais.....	76
5.4.2	Análise do comportamento térmico	76
5.4.3	Análise do comportamento acústico.....	89
6	Considerações Finais.....	98
6.1	Conclusões	98
6.2	Desenvolvimentos Futuros	99
	Referências Bibliográficas	101
	Anexo I – Levantamento arquitetônico.....	105
	Anexo II – Projeto de arquitetura.....	107
	Anexo III – Estabilidade	109
	Anexo IV – Abastecimento de água	111
	Anexo V – Drenagem de águas residuais	113
	Anexo VI – Comportamento térmico	115
	Anexo VII – Características da caixilharia.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Gráfico do decréscimo de investimento na construção [2]	2
Figura 1.2 - Gráfico do aumento do investimento em reabilitação [1].....	2
Figura 2.1 - Fundação direta (adaptado de FREITAS, 2012) [6].....	10
Figura 2.2 - Fundação indireta (adaptado de FREITAS, 2012) [6].....	10
Figura 2.3 - Fachada em pedra, revestida a reboco e material cerâmico	11
Figura 2.4 - Aberturas de pequenas dimensões.....	12
Figura 2.5 - Cachorros de suporte de varanda	12
Figura 2.6 - Varanda em pedra.....	13
Figura 2.7 - Cornija em pedra	13
Figura 2.8 - Vigamento	14
Figura 2.9 - Soalho aplicado sobre o vigamento	14
Figura 2.10 - Teto fasquiado com ornamentações em gesso.....	15
Figura 2.11 - Asna Tradicional Portuguesa [7].....	16
Figura 2.12 - Guarda-pó [8]	16
Figura 2.13 - Beirado [8].....	17
Figura 2.14 - Corte de parede interior em tabique [6].....	17
Figura 2.15 - Alçado de parede interior em tabique [6].....	18
Figura 2.16 - Escada de dois lanços [9].....	18
Figura 2.17 - Cantarias das portas e janelas [10]	19
Figura 2.18 - Porta de duas folhas (adaptado de FREITAS, 2012) [6].....	20
Figura 2.19 - Janela de sacada (adaptado de FREITAS, 2012) [6].....	20
Figura 2.20 - Janela de guilhotina (adaptado de FREITAS, 2012) [6].....	21

Figura 2.21 - Porta interior	21
Figura 2.22 - Portadas interiores	22
Figura 3.1 - Localização do edifício [11]	24
Figura 3.2 - Alçado frontal do edifício	25
Figura 3.3 - Confrontações	26
Figura 3.4 - Brasão familiar.....	27
Figura 3.5 - Saguão	27
Figura 3.6 - Parede da empena Norte	28
Figura 3.7 - Janela de guilhotina.....	28
Figura 3.8 - Cobertura do edifício [11]	29
Figura 3.9 - Átrio de entrada	29
Figura 3.10 - Escada e claraboia	30
Figura 3.11 - Acabamentos interiores	30
Figura 3.12 - Extrato do PDM [12]	31
Figura 3.13 - Envolvente	33
Figura 3.14 - Fungos e ervas nas cantarias.....	34
Figura 3.15 - Anomalias da fachada tardoz	34
Figura 3.16 - Anomalias na cobertura	35
Figura 3.17 - Vigamentos apodrecidos.....	36
Figura 3.18 - Teto em risco de colapso.....	36
Figura 4.1 - Pavimento de zonas secas.....	40
Figura 4.2 - Pavimento de zonas húmidas.....	40
Figura 5.1 - Laje tipo	47
Figura 5.2 - Apoio dos perfis nas vigas	50
Figura 5.3 - Esquema estrutural da escada [19]	54
Figura 5.4 - Esforços atuantes na escada	56
Figura 5.5 - Pormenor das armadura no patamar inferior	58

Figura 5.6 - Pormenor das armaduras no patamar superior.....	59
Figura 5.7 - Armadura da laje na LP3	59
Figura 5.8 - Escoramento das fachadas.....	64
Figura 5.9 - Ligação boca de limpeza com caixa de visita	75
Figura 5.10 - Boca de limpeza em tubo de queda e coletores prediais suspensos.....	75
Figura 5.11 - Pormenor construtivo Parede exterior PE	81
Figura 5.12 - Pormenor construtivo Parede PEMP.....	82
Figura 5.13 - Pormenor construtivo cobertura COB	82
Figura 5.14 - Pormenor construtivo Terraço TERR.....	83
Figura 5.15 - Maior vão envidraçado.....	84
Figura 5.16 - Pormenor construtivo Parede PI1	87
Figura 5.17 - Pormenor construtivo Parede PI2	88
Figura 5.18 - Pormenor construtivo Pavimento PAV1	89
Figura 5.19 - Sistema de parede dupla leve [38].....	92
Figura 5.20 - Pavimento flutuante de madeira: $R_w = 50 - 58$ dB: $L'_{nT,w} = 55 - 60$ dB [38].....	93
Figura 5.21 - Pavimento de madeira com soalho: $R_w = 47 - 53$ dB: $L'_{nT,w} = 60 - 65$ dB [38]	93
Figura 5.22 - Pivots acústicos [39].....	94
Figura 5.23 - Tipos de placas de gesso perfurado [40].....	95
Figura 5.24 - Proteção de instalações de drenagem e abastecimento de águas [38].....	97

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 - Programas do Estado relativo aos anos de 1987 e 2011 [1]	1
Tabela 3.1 - Áreas Brutas de construção.....	25
Tabela 3.2 - Aspetos a ter conta na inspeção visual [13]	32
Tabela 5.1 - Materiais.....	43
Tabela 5.2 - Ações de carácter permanente	44
Tabela 5.3 - Sobrecargas	44
Tabela 5.4 - Ações atuantes sobre os pavimentos e lajes.....	48
Tabela 5.5 - Cargas admissíveis nos painéis OSB (catálogo da Kronoply).....	49
Tabela 5.6 - Esforços atuantes nos perfis.....	50
Tabela 5.7 - Dimensionamento do perfil através do cálculo da flecha	52
Tabela 5.8 - Verificações relativas ao esforço transversal	52
Tabela 5.9 - Verificações relativas à flexão	53
Tabela 5.10 - Valores K de acordo com sistema estrutural.....	55
Tabela 5.11 - Valores K a considerar na equação (9)	55
Tabela 5.12 - Revestimentos e pesos das lajes das escadas	55
Tabela 5.13 - Resultados do cálculo da armadura da laje de escada.....	58
Tabela 5.14 - Dimensionamento das vigas metálicas através do cálculo da flecha.....	60
Tabela 5.15 - Verificações relativas ao esforço transversal	61
Tabela 5.16 - Verificações relativas à flexão	62
Tabela 5.17 - Pré dimensionamento dos pilares.....	63
Tabela 5.18 - Caudais instantâneos.....	66
Tabela 5.19 - Coeficientes de viscosidade dinâmica	68

Tabela 5.20 - Características da tubagem adotada [24].....	68
Tabela 5.21 - Características da tubagem PVC.....	70
Tabela 5.22 - Caudais mínimos de descarga.....	70
Tabela 5.23 - Dimensionamento dos ramais de descarga.....	71
Tabela 5.24 - Valores t_s	72
Tabela 5.25 - Dimensionamento dos tubos de queda e de ventilação.....	73
Tabela 5.26 - Dimensionamento dos coletores prediais.....	74
Tabela 5.27 - Compartimentos e sistema de aquecimento/arrefecimento.....	77
Tabela 5.28 - Valores de U da envolvente existente.....	78
Tabela 5.29 - Tipos de Solução de Reabilitação [27].....	79
Tabela 5.30 - U_{melh1} e U_{melh2} da parede PE.....	80
Tabela 5.31 - U_{melh1} e U_{melh1} da parede PEMP.....	81
Tabela 5.32 - U_{melh1} e U_{melh2} para a cobertura (COB).....	82
Tabela 5.33 - U_{melh1} e U_{melh2} para a cobertura em terraço (TERR).....	83
Tabela 5.34 - U_w e G_T	85
Tabela 5.35 - U_{ref} e $U_{máx}$ - Envolvente opaca interior.....	86
Tabela 5.36 - U_1 e U_2 para a PI1.....	86
Tabela 5.37 - U_1 e U_2 para a PI2.....	87
Tabela 5.38 - U_1 e U_2 para a PAV1.....	88
Tabela 5.39 - R_w de paredes PE, PEMP e terraço TERR.....	91
Tabela 5.40 - R_w de PI2.....	92
Tabela 5.41 - Materiais e coeficientes de absorção.....	95
Tabela 5.42 - TR corrigido.....	96

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em Portugal, a temática relacionada com a reabilitação do património monumental e dos edifícios antigos esteve por muito tempo arredada dos interesses do setor da construção civil e do próprio Estado, estando o foco mais direcionado para a construção de novos edifícios.

As políticas seguidas no final da década de 80 até ao início da primeira década do novo milénio incentivavam claramente à construção de novos edifícios e aquisição de casa própria existindo para o efeito apoios diretos do Estado (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 - Programas do Estado relativo aos anos de 1987 e 2011 [1]

Programas	Orçamentado		Executado	
	Valor	%	Valor	%
Bonificações de juros no crédito à habitação	6.672.508.894,66	65,9%	7.046.685.145,77	73,3%
Programas de realojamento	1.814.981.359,35	17,9%	1.353.426.012,54	14,1%
Incentivos ao arrendamento	739.632.917,49	7,3%	803.874.566,02	8,4%
Programas de reabilitação de edifícios	392.242.730,59	3,9%	166.594.609,24	1,7%
Subsídios de renda da segurança social	37.558.163,29	0,4%	29.223.491,09	0,3%
Programas de promoção direta	426.216.498,92	4,2%	193.944.373,62	2,0%
Contratos de desenvolvimento de habitação	35.205.155,58	0,3%	13.868.736,35	0,1%
TOTAL	10.118.345.719,88		9.607.616.934,63	

Da análise da tabela conclui-se que, entre os anos de 1987 e 2011, os programas de apoio do Estado ao setor da habitação destinaram-se em mais de 70% a bonificações de juros ao crédito à habitação, que conduziram os consumidores à opção da aquisição de habitação própria.

Esse facto, aliado ao incentivo de apenas 2% do valor executado direcionados especificamente à reabilitação de edifícios, levaram à ausência de intervenção na maioria dos edifícios existentes originando a sua natural degradação e consequente abandono por parte dos seus habitantes. Nesse período verificou-se um forte abandono dos centros históricos citadinos, permanecendo neles genericamente a população mais envelhecida e aqueles cujo o acesso ao crédito à habitação era mais difícil.

No entanto, a partir do ano 2000 esse cenário alterou-se, motivado pelo clima de incerteza que se instalou nos mercados financeiros internacionais provocando uma crise mundial que se refletiu em Portugal num decréscimo do investimento no setor da construção, em particular no segmento da habitação familiar.

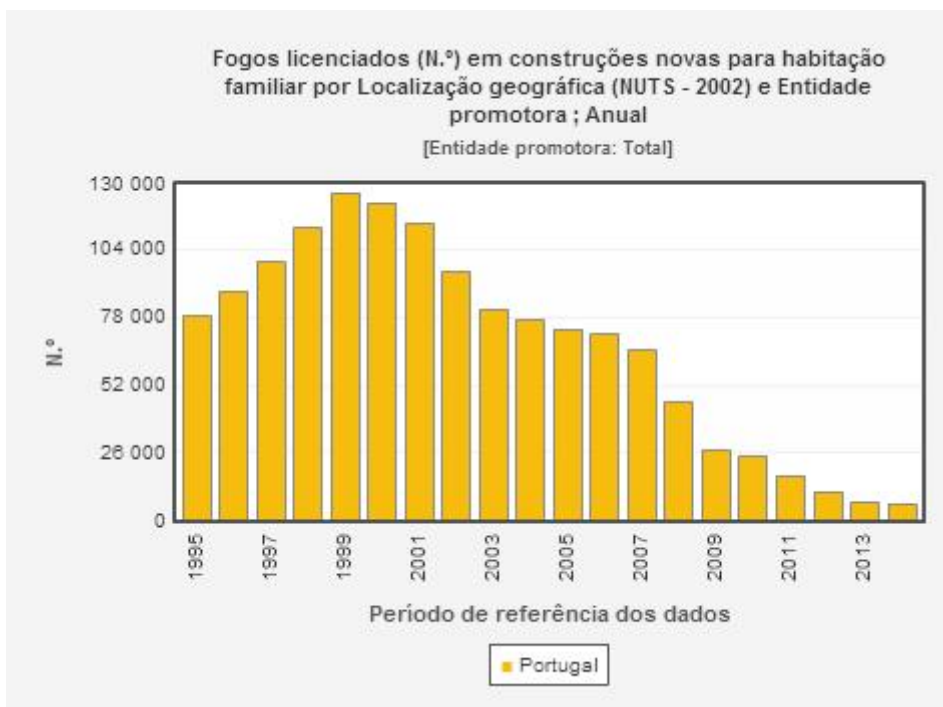


Figura 1.1 - Gráfico do decréscimo de investimento na construção [2]

Ao longo dos últimos anos temos vindo a observar uma mudança da linha de tendência com um ligeiro aumento do investimento na reabilitação e conservação de edifícios.

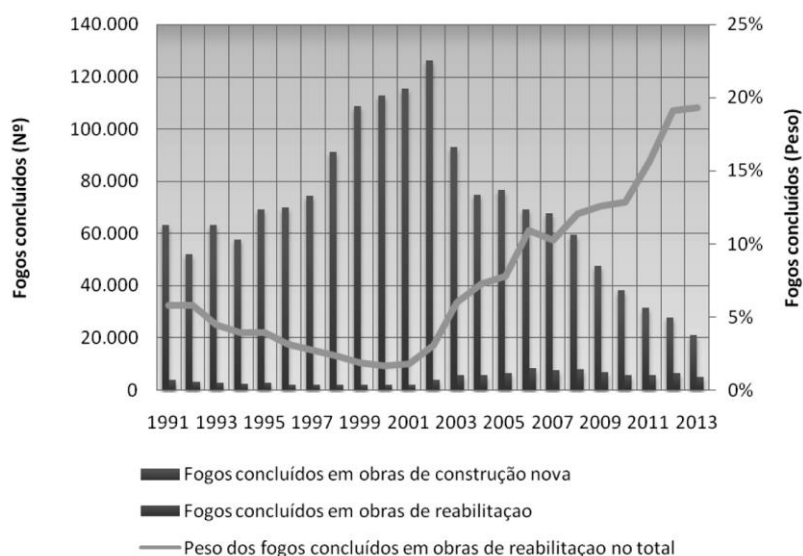


Figura 1.2 - Gráfico do aumento do investimento em reabilitação [1]

O que motivou o aumento do investimento na reabilitação foi a combinação de fatores favoráveis que surgiram pela iniciativa privada e do próprio Estado. Os de iniciativa privada foram, a crise financeira mundial que provocou a dificuldade do sistema bancário em se financiar e a consequente dificuldade na

concessão de crédito aos clientes e o atual clima de crise económica que o país atravessa. Os fatores provenientes da ação do Estado foram, o fim do apoio ao financiamento para aquisição de habitação própria, a mudança de políticas que incentivam o arrendamento, a promoção de vários programas de apoio financeiro público orientados para a reabilitação e conservação de edifícios, a criação de Sociedades de Reabilitação Urbana (SRU's) que têm como objetivo o de promover a revitalização dos centros das cidades e a aprovação de legislação que agiliza o processos de licenciamento deste tipo de edifícios nomeadamente o Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril.

1.2 OBJETIVO DO PROJETO

O objetivo do presente projeto foi o de aprofundar conhecimentos na área da reabilitação e conservação de edifícios antigos na área de projeto. Para o efeito foi elaborado um estudo prévio para o projeto de reabilitação de um edifício antigo denominado como “Palácio da Fervença”.

Os objetivos na abordagem do tema do projeto visaram o estudo de soluções construtivas e materiais de construção que melhorem o nível de qualidade de um edifício antigo tornando-o atual em todas as suas exigências funcionais, o estudo da compatibilização entre os diversos projetos de especialidades inerentes a uma reabilitação e a execução de pormenores construtivos com as soluções técnicas estudadas para os casos específicos.

Dada a complexidade que engloba a elaboração de um projeto de reabilitação e a própria dimensão do edifício em causa, optou-se na elaboração de estudos prévios relacionados com o projeto de estabilidade do edifício, o projeto de abastecimento e drenagem de águas residuais, o comportamento térmico e comportamento acústico dos principais elementos do edifício.

2 REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com o objetivo de clarificar a temática que foi desenvolvida no presente projeto, apresentam-se os documentos orientadores que definem os principais tipos de intervenções praticadas nos edifícios. A ordem em que se apresentam é cronológica, podendo-se desta forma verificar a evolução dos temas abordados.

2.1.1 Carta de Atenas, 1931

A Carta de Atenas [3] surge no Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos, realizado na cidade que lhe dá nome, em outubro de 1931. É um documento de compromisso assinado pelos mais importantes arquitetos e urbanistas da época, destacando-se entre os demais o arquiteto francês Le Corbusier.

Nessa conferência ouviu-se a exposição dos princípios gerais e doutrinas relativas à proteção de monumentos. Os diversos Estados representados concordaram em abandonar as reconstruções integrais e evitar os seus riscos e instituir de uma manutenção regular e permanente, adequada a assegurar a conservação dos edifícios. Na situação em que um restauro surgisse como indispensável, como consequência de degradação ou de destruição, recomendava-se o respeito pela obra histórica e artística do passado sem banir o estilo de nenhuma época. Na conferência ficou recomendada a manutenção da ocupação dos monumentos, de forma a assegurar a continuidade da sua existência consagrando-os, contudo a utilizações que respeitem o seu carácter histórico ou artístico.

Na conferência foram expostas legislações com o objetivo da proteção dos monumentos de interesse histórico, artístico ou científicos pertencentes às diferentes nações. Aprovou-se unanimemente a tendência geral que consagra nesta matéria um certo direito da coletividade perante a propriedade privada. Constatou-se que as diferenças entre estas legislações provinham das dificuldades de conciliar o direito público e o direito dos particulares. Fez por isso votos para que cada Estado encontrasse mecanismos de poder em caso de urgência, de tomar as medidas de conservação.

Ficou recomendado o respeito na construção de novos edifícios pelo carácter e fisionomia das cidades, sobretudo na vizinhança de monumentos antigos, cuja envolvente deveria ser objeto de cuidados

particulares. De notar a preocupação estética da época, em que a carta recomenda a necessidade de estudar as plantas e ornamentações vegetais adequadas a certos monumentos ou conjuntos de monumentos para lhes conservar o seu carácter antigo. Recomenda também a supressão de toda a publicidade, da presença abusiva de postes ou fios telefónicos, de toda a indústria ruidosa, incluindo as chaminés altas na vizinhança dos monumentos artísticos ou históricos.

Também a conservação dos edifícios antigos foi uma preocupação dos intervenientes, que conduziu à recomendação do emprego sensato de novos materiais em edifícios antigos. Nos restauros recomendou-se evitar a desmontagem e remontagem de forma a minimizar os riscos de destruição do património. Quando se tratasse de ruínas impunha-se uma conservação escrupulosa, recolocando no seu lugar os elementos originais encontrados sempre que o caso o permitisse. Em escavações recomendava a colaboração estreita entre o arquiteto e um arqueólogo.

A consciência ambientalista ficou expressa com a constatação das ameaças que os agentes atmosféricos tinham nos monumentos.

A conferência sensibilizou os Estados chamando-os guardiões da civilização, desejando que colaborassem no sentido de favorecer a conservação dos monumentos artísticos e históricos.

2.1.2 Carta de Veneza, 1964

A Carta de Veneza [3] surge do II Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos, que se realizou em Veneza em maio de 1964 e teve como o objetivo o de alargar o âmbito da *Carta de Atenas*, atendendo ao desenvolvimento dos conhecimentos adquiridos desde então.

Nela salientou-se a necessidade dos princípios orientadores da conservação e restauro de edifícios antigos serem elaborados e acordados a nível internacional. Surge também o conceito de monumento histórico que engloba não só o edifício em si como também os locais envolventes, testemunhos de uma civilização particular, de uma fase significativa da evolução ou do progresso ou mesmo de um acontecimento histórico. O monumento engloba também os elementos de escultura, pintura e decoração. Classifica objetivamente a conservação e o restauro como salvaguarda tanto da obra de arte como as respetivas evidências históricas devendo para isso recorrer-se à colaboração de todas as ciências e técnicas necessárias. Recomenda operações de conservação regulares, quer nos monumentos como na envolvente, sem adulteração de ambos e sem permissão de construções novas.

O conceito de restauro é mais especificado, sendo classificado como uma operação altamente especializada com o objetivo de preservar os valores estéticos e históricos do monumento, baseando-se no respeito pelos materiais originais com recurso a técnicas tradicionais, exceto quando estas se revelem

inadequadas, pelo que o uso de técnicas modernas apenas poderia ser utilizado caso a sua eficácia fosse cientificamente comprovada.

Em termos de escavações remeteu a sua execução de acordo com as normas científicas da época.

Recomendou-se que os trabalhos de conservação, restauro ou escavação fossem sempre acompanhados por um registo sob a forma de relatórios, ilustrados com desenhos e fotografias sendo que neles deveriam estar incluídas todas as fases dos trabalhos, devendo os relatórios ser publicados e guardados em arquivos públicos, colocados à disposição da comunidade científica.

2.1.3 Carta de Cracóvia, 2000

A Carta de Cracóvia [3] foi realizada a 26 de outubro de 2000, saída da Conferência Internacional sobre Conservação. A sua redação atuou no espírito da Carta de Veneza tendo sido motivada pelo processo de unificação da Europa. Tendo a noção da diversidade cultural europeia pretendeu-se unificar os significados relacionados com as ações a efetuar no património móvel, imóvel e intelectual.

A redação específica que a conservação pode ser realizada mediante diferentes tipos de intervenções, tais como o controlo do meio ambiental, a manutenção, a reparação, o restauro, a renovação e a reabilitação. Nos processos de manutenção e a reparação recomendam-se processos de investigação prévia, testes, inspeções, controlos, acompanhamentos dos trabalhos e pós-realização. A previsão dos riscos de degradação do património deve ser tomada em conta para a adoção de medidas preventivas.

A carta cria o Projeto de Restauro como estratégia de conservação a longo prazo. Esse projeto deverá basear-se num conjunto de opções técnicas apropriadas, podendo incluir os estudos de materiais tradicionais ou novos, o estudo estrutural, análises gráficas e dimensionais e a identificação dos significados histórico, artístico e sociocultural. A coordenação dos trabalhos deve ser levada a cabo por um técnico qualificado na área da conservação e restauro.

As reconstruções devem ser evitadas em partes significativas de um edifício, podendo ser aceites em áreas muito limitadas quando bem fundamentadas. As incorporações estritamente necessárias para o uso do edifício devem exprimir a linguagem da arquitetura existente. Em caso de conflito armado ou catástrofe natural a reconstrução total do edifício é aceitável quando haja uma forte identidade do mesmo com a comunidade local.

As intervenções em património arqueológico devem ser realizadas por profissionais, serem limitadas ao estritamente necessário, estarem devidamente enquadradas com a envolvente e as escavações devidamente documentadas.

Por definição da Carta, o objetivo da conservação dos monumentos e dos edifícios com valor histórico, é o de manter a autenticidade e integridade de todo o edifício incluindo o mobiliário e a decoração. Os

trabalhos de conservação, deverão ser acompanhados pelo projeto de restauro cujas metodologias e objetivos estejam definidos. Caso os edifícios contenham fases construtivas de épocas distintas, as mesmas devem ser respeitadas, mantendo-se a lógica do respeito pelo património edificado. Devem ser dados usos apropriados aos monumentos e edifícios com valor histórico.

No projeto de restauro, as questões relacionadas com a decoração, as esculturas e elementos artísticos, devem ser mencionadas e tratadas por técnicos especializados.

Um tema que a Carta de Cracóvia introduziu foi o das cidades e aldeias históricas vistas como uma parte essencial do património universal. As obras de conservação nestes espaços devem ser consideradas como um todo, em processo de constante evolução onde o planeamento é a palavra-chave para uma intervenção de sucesso. Em meio urbano a conservação tem como objetivo intervir quer os conjuntos edificados, quer os espaços livres, sempre com o objetivo de serem salvaguardados os elementos de continuidade urbana de forma a respeitar a sua interligação com o território e paisagem envolvente. Neste tipo de intervenção o projeto de restauro deve atender à sustentabilidade das opções estratégicas que assume, prever o processo de gestão de futuras alterações na ótica da ligação da conservação do património com os aspetos económico-sociais.

As paisagens reconhecidas como património cultural, resultantes da interação entre as civilizações e a natureza, foram alvo de cuidada atenção nomeadamente na criação de legislação que as proteja para que o natural crescimento e desenvolvimento socioeconómico seja sustentado no bom enquadramento com as mesmas.

A forte componente da investigação dos materiais que esta Carta por diversas vezes salienta, ficou mais uma vez patente quando se refere às técnicas de conservação. Quaisquer novos materiais e tecnologias utilizadas na construção, reparação e restauro do património edificado devem ser testados, comparados e experimentados antes da sua aplicação. Para minimizar uma possível incompatibilidade entre os materiais e técnicas atuais, preferencialmente recomenda-se o recurso aos materiais e técnicas originais.

A Carta identificou a formação e a educação em património cultural como temas essenciais a introduzir nos sistemas nacionais de educação dos países, para formar especialistas responsáveis pelos projetos de restauro ou de quaisquer outras intervenções de conservação. Também recomendou a formação de mão-de-obra especializada e qualificada neste tipo de intervenções.

Na redação da Carta de Cracóvia o comité usou os seguintes conceitos e terminologias que são da máxima importância referir para sua melhor compreensão:

“Património: é o conjunto das obras do homem nas quais uma comunidade reconhece os seus valores específicos e particulares e com os quais se identifica. A identificação e a valorização destas obras como património é, assim, um processo que implica a seleção de valores.”

“Monumento: é uma entidade identificada como portadora de valor e que constitui um suporte da memória. Nele, a memória reconhece aspetos relevantes relacionados com atos e pensamentos humanos, associados ao curso da história e, todavia, acessíveis a todos.”

“Autenticidade: é o somatório das características substanciais, historicamente provadas, desde o estado original até à situação atual, como resultado das várias transformações que ocorreram no tempo.”

“Identidade: entende-se como a referência coletiva englobando, quer os valores atuais que emanam de uma comunidade, quer os valores autênticos do passado.”

“Conservação: é o conjunto das atitudes de uma comunidade que contribuem para perpetuar o património e os seus monumentos. A conservação do património construído é realizada, quer no respeito pelo significado da sua identidade, quer no reconhecimento dos valores que lhe estão associados.”

“Restauro: é uma intervenção dirigida sobre um bem patrimonial, cujo objetivo é a conservação, da sua autenticidade e a sua posterior apropriação pela comunidade.”

“Projeto de restauro: o projeto, resultante das opções de conservação, é o processo específico através do qual a conservação do património construído e da paisagem são realizados com sucesso.”

2.2 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

As terminologias e definições que se apresentam neste capítulo são transcritas da Carta de Lisboa [5] que teve origem no 1º Encontro Luso-Brasileiro de Reabilitação Urbana Lisboa, realizado entre os dias 21 a 27 de outubro de 1995. Esta Carta teve como objetivo transcrever para uma linguagem comum, com as necessárias adaptações nacionais, o estabelecimento dos grandes princípios na área das intervenções, bem como dos caminhos para a sua aplicação.

“Renovação Urbana: Ação que implica a demolição das estruturas morfológicas e tipológicas existentes numa área urbana degradada e a sua conseqüente substituição por um novo padrão urbano, com novas edificações (construídas seguindo tipologias arquitetónicas contemporâneas), atribuindo uma nova estrutura funcional a essa área. Hoje estas estratégias desenvolvem-se sobre tecidos urbanos degradados aos quais não se reconhece valor como património arquitetónico ou conjunto urbano a preservar.”

“Reabilitação urbana: É uma estratégia de gestão urbana que procura requalificar a cidade existente através de intervenções múltiplas destinadas a valorizar as potencialidades sociais, económicas e funcionais a fim de melhorar a qualidade de vida das populações residentes; isso exige o melhoramento das condições físicas do parque construído pela sua reabilitação e instalação de equipamentos, infraestruturas, espaços públicos, mantendo a identidade e as características da área da cidade a que dizem respeito.”

“Revitalização urbana: Engloba operações destinadas a relançar a vida económica e social de uma parte da cidade em decadência. Esta noção, próxima da reabilitação urbana, aplica-se a todas as zonas da cidade sem ou com identidade e características marcadas.”

“Requalificação urbana: Aplica-se sobretudo a locais funcionais da “habitação”; tratam-se de operações destinadas a tornar a dar uma atividade adaptada a esse local e no contexto atual.”

“Reabilitação de um edifício: Obras que têm por fim a recuperação e beneficiação de uma construção, resolvendo as anomalias construtivas, funcionais, higiénicas e de segurança acumuladas ao longo dos anos, procedendo a uma modernização que melhore o seu desempenho até próximo dos atuais níveis de exigência.”

“Restauro de um edifício: Obras especializadas, que têm por fim a conservação e consolidação de uma construção, assim como a preservação ou reposição da totalidade ou de parte da sua conceção original ou correspondente aos momentos mais significativos da sua história.”

“Reconstrução de um edifício: Qualquer obra que consista em realizar de novo, total ou parcialmente, uma instalação existente, no local de implantação ocupado por esta e mantendo, nos aspetos essenciais a traça original.”

“Renovação de um edifício: Qualquer obra que consista em realizar de novo e totalmente um edifício num local anteriormente construído.”

“Conservação de um edifício: Conjunto de medidas destinadas a salvaguardar e a prevenir a degradação de um edifício, que incluem a realização das obras de manutenção necessárias ao correto funcionamento de todas as partes e elementos de um edifício.”

“Manutenção de um edifício: Série de operações que visam minimizar os ritmos de deterioração da vida de um edifício e são desenvolvidas sobre as diversas partes e elementos da sua construção assim como sobre as suas instalações e equipamentos, sendo geralmente obras programadas e efetuadas em ciclos regulares.”

2.3 CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO TRADICIONAL NO PORTO

2.3.1 Considerações gerais

Estando o edifício alvo do presente projeto localizado em Vila Nova de Gaia, é de todo o interesse abordar o tema das construções antigas da região da cidade do Porto, da qual aquela historicamente é uma sequência urbana. A construção de edifícios no passado tinha como base uma arquitetura com recurso a materiais naturais de proveniência local, com a lógica de despender o menor trabalho possível no

transporte das matérias-primas para o local da obra. Sendo a região do Porto rica em pedra de granito e madeira, tipicamente grande parte das construções que se erigiam no passado tinham como base estes dois materiais.

2.3.2 Fundações

As fundações das construções tradicionais nesta região do país podem ser de dois tipos, diretas e indiretas. As fundações diretas (Figura 2.1) eram executadas em alvenarias de pedra preferencialmente constituídas por travadouros ou perpianho, dispostas de forma a constituírem o alargamento necessário para suportar o elemento estrutural (parede ou pilar). As profundidades das sapatas, dependiam da cota à qual se localizaria um estrato de terreno de capacidade resistente considerada satisfatória, para o edifício em causa.

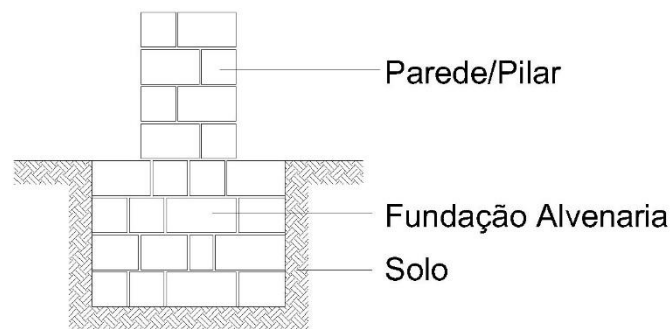


Figura 2.1 - Fundação direta (adaptado de FREITAS, 2012) [6]

Quando a construção se situasse em terrenos cuja baixa capacidade resistente não permitisse o uso de fundações diretas (normalmente junto a cursos de água), as fundações passavam a assentar sobre estacas de madeira passando a denominar-se por indiretas (Figura 2.2). O princípio era o de alcançar o terreno firme com a estacaria cravada e construir sobre elas [6].

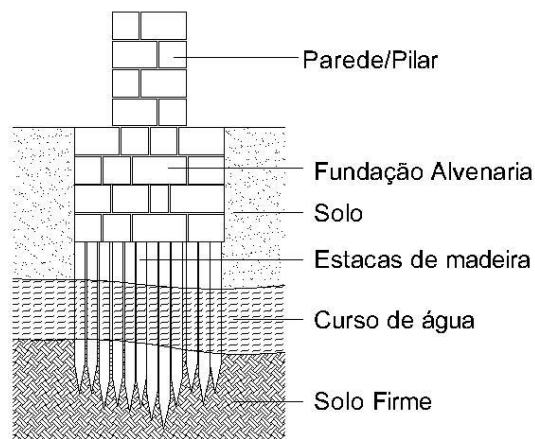


Figura 2.2 - Fundação indireta (adaptado de FREITAS, 2012) [6]

2.3.3 Paredes Exteriores

As paredes exteriores executadas à época podem-se dividir em duas espécies, as paredes fachadas e as paredes meeiras quando os edifícios eram de duas ou três frentes. Nas construções antigas ambas eram construídas em alvenaria de pedra de granito, emparelhadas em cantarias com uma largura compreendida entre os 40 e os 60 *cm*. As paredes fachadas, tal como o nome indica, estão voltadas para o arruamento e para tardo, localizando-se nelas os vãos de entrada, iluminação dos edifícios e ventilação.

Por esse facto, em termos estruturais na maioria dos casos, são menos solicitadas pelos elementos que compõem as lajes de pavimento dado que a sua capacidade resistente reduz com a quantidade de aberturas existentes. Por norma a função de suporte dos pavimentos cabe às paredes meeiras que são também de divisão com as edificações adjacentes sendo por vezes comuns a ambas. As larguras das paredes em pedra apresentam espessuras consideráveis pelo facto de serem autoportantes e pela existência das aberturas que as fragilizam. Os vãos apresentam lancis em pedra, podendo ser mais ou menos elaborados de acordo com a importância do edifício e a classe social dos seus habitantes. As paredes exteriores apoiam-se em fundações constituídas por sapatas contínuas.

Os revestimentos exteriores foram variando ao longo dos tempos, passando da pedra à vista para os rebocos lisos, passando desde o século XIX, com a proliferação da indústria cerâmica, a serem revestidas de azulejos, acabamento este que veio melhorar substancialmente a impermeabilização das paredes.



Figura 2.3 - Fachada em pedra, revestida a reboco e material cerâmico

Os revestimentos interiores são na generalidade constituídos por emboço e regularizados com argamassa de cal, areia e saibro, com acabamento a estuque [6].

2.3.3.1 Elementos singulares

Nos edifícios tradicionais da região do Porto é comum a existência de aberturas de pequenas dimensões (Figura 2.4) tendo como objetivo a iluminação e a ventilação. Como elementos de iluminação e ventilação temos os óculos, que são elementos de formato circular encerrados por caixilho em vidro e os postigos, de forma retangular ou quadrangular, tendo ambos a serventia os pisos da cave ou casas de banho. Unicamente como elemento de ventilação existem as goteiras que são pequenas aberturas executadas ao nível do pavimento com o objetivo de ventilar a caixa-de-ar do piso do rés-do-chão.



a) Óculo



b) Postigo

Figura 2.4 - Aberturas de pequenas dimensões

Os cachorros em pedra (Figura 2.5) são elementos característicos das fachadas dos edifícios do Porto tendo como função não só a decoração da fachada, mas também o suporte de beirais e varandas.



Figura 2.5 - Cachorros de suporte de varanda

As varandas (Figura 2.6) eram elementos da fachada que em muito caracterizavam o carácter mais nobre do edifício. Inicialmente eram construídas em madeira, mas com o evoluir da tecnologia de corte da pedra e da sua maior facilidade de transporte e manuseamento foram desaparecendo. As guardas das varandas eram na sua maioria constituídas por elementos trabalhados em ferro.



Figura 2.6 - Varanda em pedra

As cornijas (Figura 2.7) têm como função o de prolongarem os beirados de telhões e telhas de canal de forma a conduzirem as águas pluviais para fora do alcance das fachadas ou tão longe quanto possível [6].



Figura 2.7 - Cornija em pedra

2.3.4 Estrutura dos pisos

A estrutura de suporte dos pisos é constituída por vigamento de troncos de madeira (Figura 2.8), com diâmetros compreendidos entre os 20 e os 30 cm e com comprimentos variados de acordo com a largura dos edifícios, mas raramente ultrapassando os 7 m. Os vigamentos, conforme já referido anteriormente, apoiam-se nas paredes de meiação, com uma entrega de comprimento com cerca de dois terços da

espessura da parede. Os troncos de madeiras estão dispostos paralelamente com uma distância compreendida entre os 50 e os 70 cm, sendo travados por tarugos em madeira.

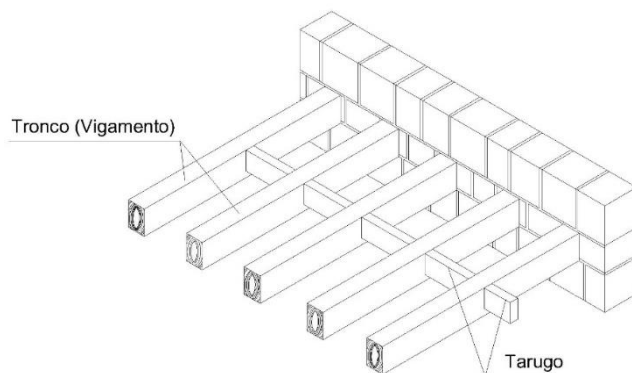


Figura 2.8 - Vigamento

Com o evoluir dos tempos, mais concretamente no início do século XX, é que os vigamentos passaram a ser executados com vigas em madeira com esquadria o que facilitava em termos de execução a aplicação do soalho nos pavimentos e dos tetos por terem formas mais regulares [6].

2.3.5 Pavimentos

Os pavimentos eram constituídos por tábuas em madeira (normalmente em pinho) pregadas sobre o vigamento. Essas tábuas tinham por norma uma espessura entre os 2,5 e os 5 cm, larguras entre os 12 e os 30 cm, podendo ter no máximo 10 m de comprimento, unidas entre si por encaixe. Este tipo de pavimento é vulgarmente conhecido por soalho [6].



Figura 2.9 - Soalho aplicado sobre o vigamento

2.3.6 Tetos

Nas habitações mais antigas os tetos não tinham qualquer tratamento, ficando assim com o vigamento à vista. A partir dos finais do século XVIII passou-se a pregar no vigamento tábuas da mesma forma como eram executados os pavimentos, com a variante da sua aplicação ser sobreposta, isto é, em forma “camisa e saia”.

Durante o século XIX os tetos passam a ser executados em fasquiado estucado. Esta nova forma de revestir os tetos consistia na pregagem de estreitos fasquios de madeiras com pouco espaçamento entre si no vigamento. Antes da aplicação do soalho era colocada uma argamassa pela parte superior do vigamento sobre os fasquios. Uma segunda camada de argamassa era aplicada já pela parte inferior para regularizar a superfície para posterior aplicação do acabamento final em estuque.

Os tetos, de acordo com as possibilidades económicas dos donos de obra, poderiam ser mais ou menos ornamentados com molduras, ter sancas e outros elementos decorativos em gesso ou estuque [6].



Figura 2.10 - Teto fasquiado com ornamentações em gesso

2.3.7 Coberturas

As coberturas dos edifícios antigos por norma eram de quatro águas, passando posteriormente a duas águas após o surgimento da telha plana de encaixe, vulgarmente conhecida por Marselha, que possibilitou o aumento inclinação das águas podendo desta forma existir um maior aproveitamento do vão da cobertura. As coberturas são suportadas por asnas em madeira, que descarregam por intermédio do elemento denominado por linha, diretamente as cargas nas paredes através de apoio simples (Figura 2.11).

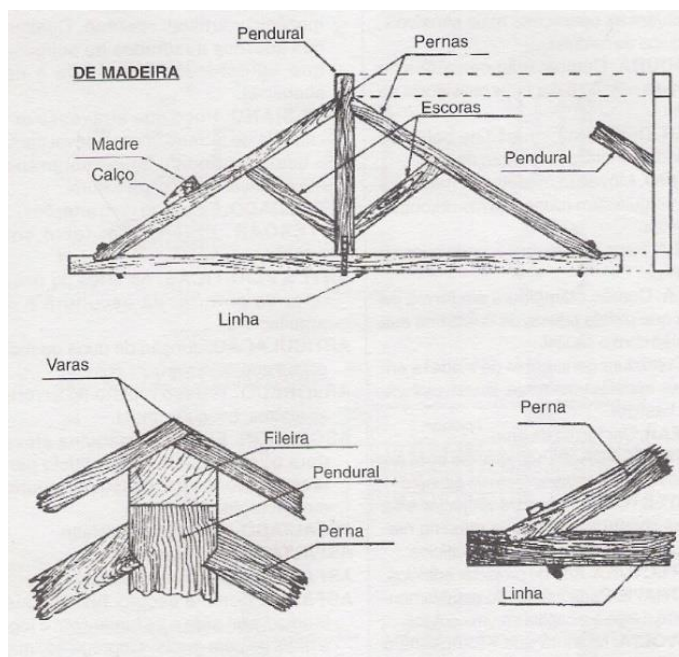


Figura 2.11 - Asna Tradicional Portuguesa [7]

Os revestimentos superiores das coberturas são as telhas cerâmicas, que em edifícios anteriores a meados do século XIX são do tipo canal ou romana, fixas diretamente sobre o guarda-pó (Figura 2.12), que é um tabuado pregado sobre as varas. Como este tipo de telhas não continham encaixes entre si eram fixas com argamassa.



Figura 2.12 - Guarda-pó [8]

Com o aparecimento das telhas do tipo Marselha, já com encaixe entre si, foi abandonada a execução do guarda-pó sendo antes executado um ripado sobre as varas para o encaixe das telhas.

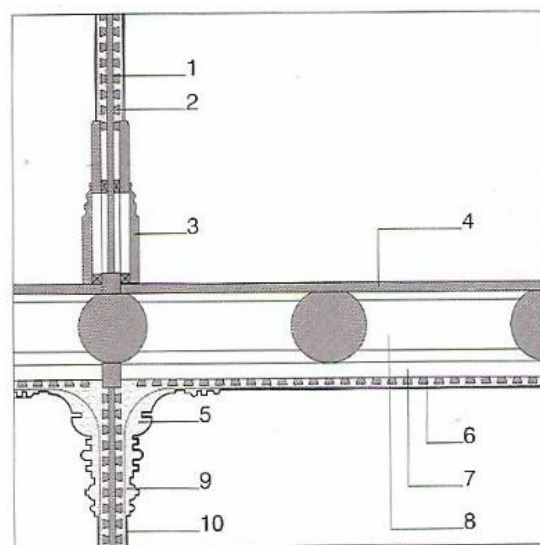
Nas extremidades das águas na junção entre as paredes e a cobertura são formados os beirados (Figura 2.13) que são formados por fiadas de telhas sobrepostas, com dimensões superiores às da restante cobertura para poderem dirigir as águas pluviais o mais possível para o meio das ruas [6].



Figura 2.13 - Beirado [8]

2.3.8 Paredes interiores

As paredes interiores na sua globalidade são em tabique. São constituídas por estrutura de barrotes, preenchidas por tabuado espesso disposto na vertical. A esse tabuado eram pregados os fasquios em ambas as faces com um afastamento compreendido entre os 3 a 5 cm para receber o reboco em argamassa de saibro com acabamento final em estuque. De referir que a localização deste tipo de paredes depende do posicionamento dos troncos/vigas uma vez que apoiam diretamente sobre eles [6].



1. Tabuado; 2. Ripa; 3. Rodapé; 4. Soalho; 5. Cimalha em gesso; 6. Fasquio; 7. Barrote; 8. Tarugo; 9. Argamassa de saibro; 10. Acabamento em estuque.

Figura 2.14 - Corte de parede interior em tabique [6]

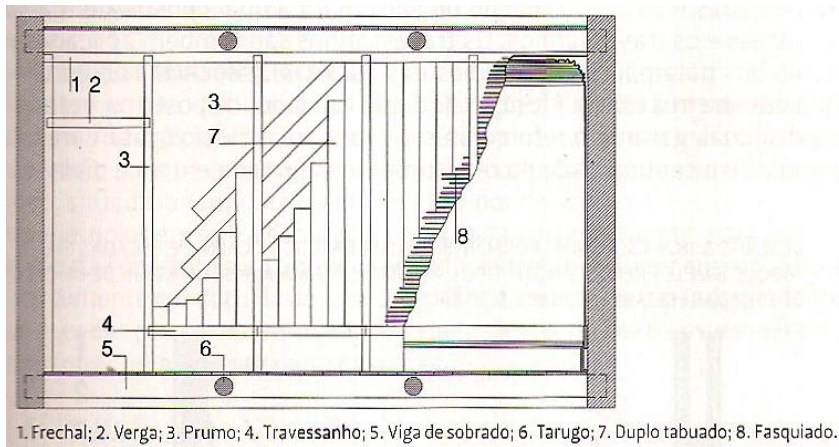


Figura 2.15 - Alçado de parede interior em tabique [6]

2.3.9 Escadas Interiores

A comunicação entre os diversos pisos é efetuada por escadas em madeira com um, dois ou três lanços. As caixas de escada impunham a interrupção dos pavimentos e seus vigamentos recorrendo-se por isso à utilização de elementos denominados por cadeias e chincaréis. A estrutura da escada em madeira é composta pelas vigas denominadas por perna, que se apoiam por entalhe na cadeia dos patamares que por sua vez apoiam-se nos vigamentos dos pisos. A cadeia dos patamares intermédios e os patins apoiam-se nas paredes da caixa de escada, já os chincaréis apoiam-se diretamente em cadeias ou nas paredes exteriores (Figura 2.16). A estrutura da escada era revestida superiormente pelos degraus, constituídos pelo cobertor e o espelho e inferiormente por fasquios, tais como os utilizados nos tetos para receberem argamassa e o acabamento final em estuque [6].

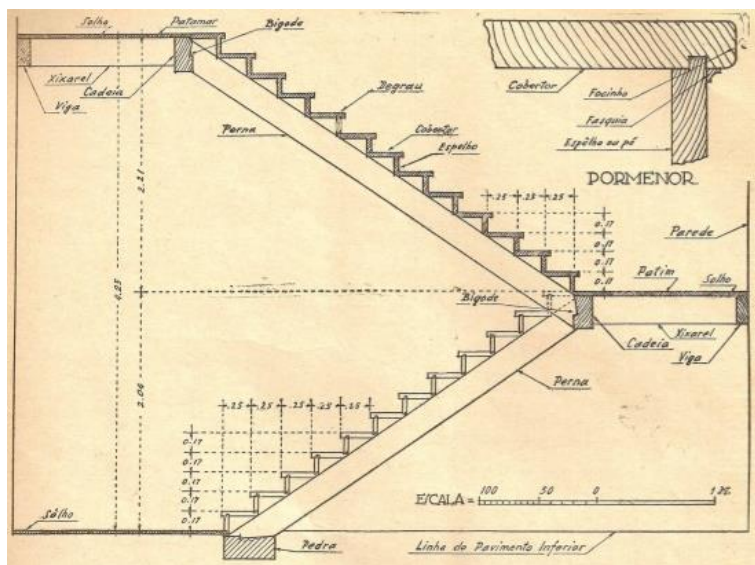


Figura 2.16 - Escada de dois lanços [9]

2.3.10 Portas de entrada e janelas exteriores

As portas de entrada e janelas exteriores estão confinadas em cantarias de granito denominadas por ombreiras, vergas, peitoris e soleiras.

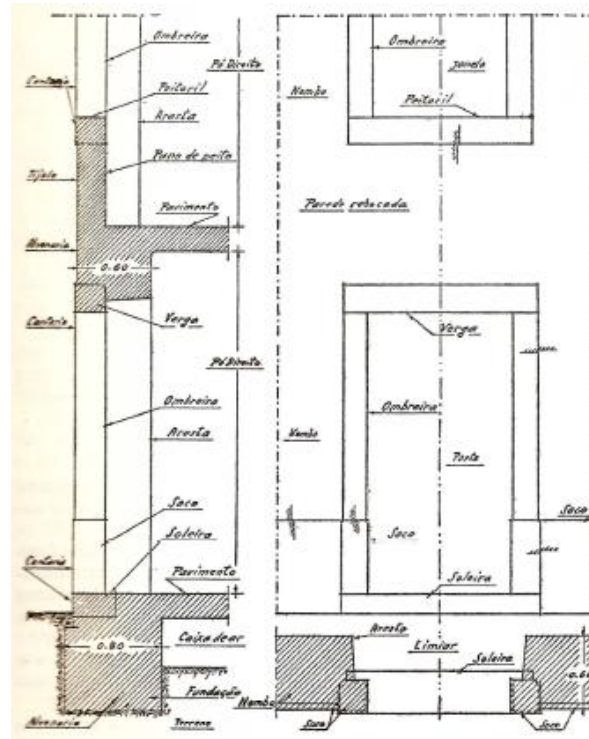


Figura 2.17 - Cantarias das portas e janelas [10]

As portas de entrada para os edifícios por norma confrontam com o arruamento ou com logradouros. São em madeira, tradicionalmente altas, com duas folhas de abrir durante o século XIX. As anteriores a esse período são de apenas de uma folha, o que as torna mais pesadas. As portas mais antigas (com uma folha) são constituídas pelas couceiras que envolvem as almofadas e pelas travessas. Algumas portas na parte superior têm bandeiras que são elementos de iluminação, constituídas por duas couceiras e duas travessas que suportam um único vidro devidamente betumado. Com a evolução do tempo as portas foram tornando-se mais elaboradas, passando a ser de duas folhas para as tornar mais leves e com a utilização das bandeiras com mais frequência, geralmente protegidas por gradeamento em ferro. Na sua constituição o que as distingue das mais antigas é a utilização do batente a meio do vão, que tal como o nome indica, serve para a porta aí bater para se fechar (Figura 2.18). Como acabamento final as portas eram lixadas, betumadas e por fim pintadas e envernizadas. As dobradiças são chumbadas nas ombreiras em pedra [6].

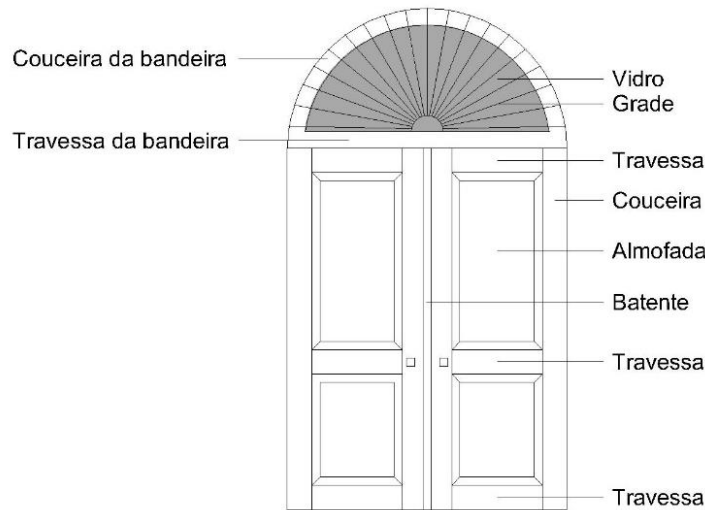


Figura 2.18 - Porta de duas folhas (adaptado de FREITAS, 2012) [6]

As janelas dos edifícios antigos são constituídas por elementos de madeira e vidro, podendo ser com duas folhas de abrir ou de guilhotina. Nas janelas das sacadas são sempre de abrir (Figura 2.19) e nas com peitoril podem ser de abrir ou de guilhotina (Figura 2.20). Os elementos que constituem as janelas de abrir são iguais aos das portas de entrada apenas com a inclusão do pinázio que suporta os vidros nas folhas.

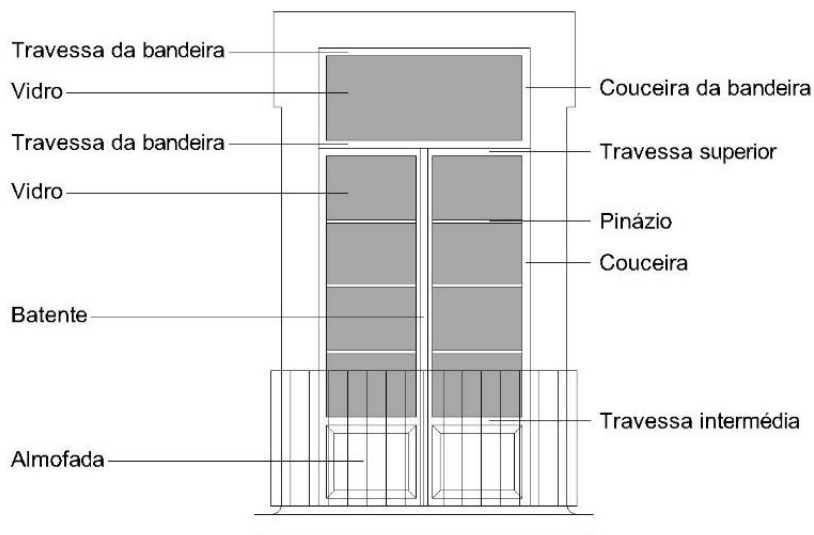


Figura 2.19 - Janela de sacada (adaptado de FREITAS, 2012) [6]

Nas janelas em guilhotina existe um aro fixo de madeira ao qual são pregados dois elementos em madeira, um pelo exterior (mata-juntas) e outro pelo interior (guarnição de corrediça), que formam a corrediça para a folha que se move. As folhas, móveis ou fixas, são constituídas por couceiras, travessas e pinázios que suportam os vidros. O acabamento das janelas exteriores é o mesmo descrito nas portas exteriores.

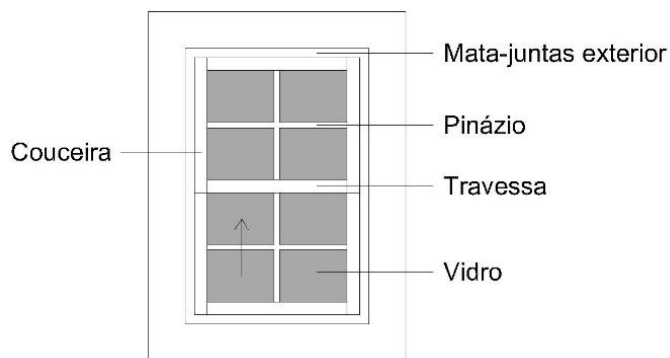


Figura 2.20 - Janela de guilhotina (adaptado de FREITAS, 2012) [6]

As ferragens nas janelas de sacada são dobradiças chumbadas nas ombreiras e dois fechos fixos na parte inferior e superior da couceira de batente. As ferragens nas janelas de guilhotina resumem-se à aplicação de um fecho numa couceira lateral e colocação de elementos designados por orelhas para fixar a folha móvel quando aberta [6].

2.3.11 Portas e janelas interiores

As portas interiores são em tudo idênticas às exteriores distinguindo-se pelo maior número de almofadas, aros e guarnições e pinturas decorativas. A junção das portas interiores com as paredes é em estrutura de madeira denominada por aro que é pregado às vergas e prumos das paredes de tabique sendo posteriormente aplicados como peças de remate e embelezamento as mata-juntas. As ferragens são as dobradiças fixas às portas e ao aro e os fechos [6].



Figura 2.21 - Porta interior

As janelas interiores são localizadas principalmente nas caixas de escada e servem para iluminação dos compartimentos interiores. Predominantemente são de guilhotina. São em tudo idênticas às janelas exteriores [6].

2.3.12 Portadas interiores

As portadas interiores têm como função a proteção solar e visual do interior dos compartimentos em contacto com o exterior. Por norma são divididas em três ou quatro folhas de forma a poderem recolher quando abertas na parte interior das ombreiras de pedra. A sua constituição e acabamento é o mesmo que as portas interiores [6].



Figura 2.22 - Portadas interiores

2.3.13 Instalações nos edifícios antigos

2.3.13.1 Drenagem de águas pluviais

Antes da entrada em vigor de legislação que obrigou a drenar as águas pluviais a sua drenagem era efetuada diretamente para o arruamento pelas telhas de canal dos beirados (Figura 2.13).

Após a entrada em vigor da referida legislação os edifícios passaram a ter algerozes (caleiras) que ligam a tubos de queda que descarregam as águas junto aos passeios/arruamentos [6].

2.3.13.2 Drenagem de águas residuais

A drenagem de águas residuais surge com a imposição legislativa da construção de instalações sanitárias. O sistema de drenagem era composto por uma rede composta por sifões, tubos de queda e de ventilação que eram ligadas a fossas sépticas e poços absorventes localizados nos logradouros dos edifícios ou à rede pública caso existisse no arruamento [6].

2.3.13.3 Abastecimento de água

Quando entra em funcionamento na cidade a rede pública de abastecimento de água, começam a surgir as redes de abastecimento compostas por tubagens em ferro ou em chumbo que abasteciam as instalações sanitárias e as cozinhas [6].

3 CASO DE ESTUDO

3.1 IDENTIFICAÇÃO E CARATERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício que se pretende reabilitar localiza-se em pleno Centro Histórico de Vila Nova de Gaia, na Rua do Pilar, n.º 114, na encosta poente da Serra do Pilar, na união de freguesias de Santa Marinha e São Pedro da Afurada, concelho de Vila Nova de Gaia.

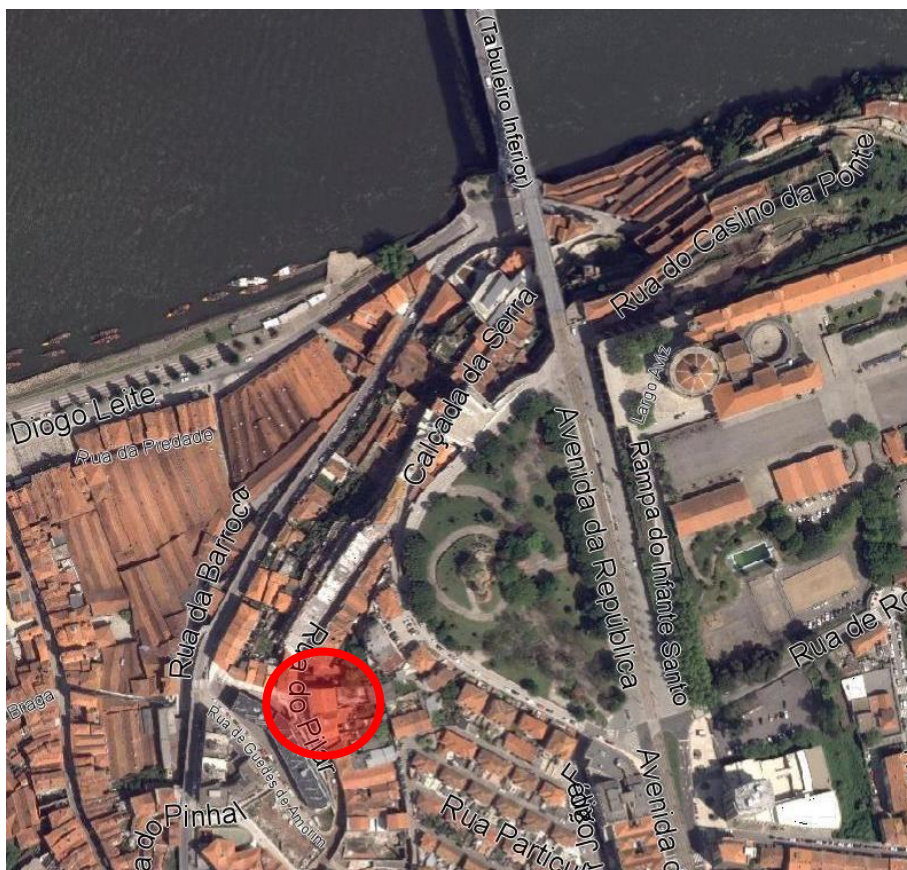


Figura 3.1 - Localização do edifício [11]

O seu aspeto nobre e imponente deu-lhe o nome popular de “Palácio da Fervença”. Trata-se de um edifício com 4 pisos, r/chão, 1º, 2º e 3º piso recuado, com a fachada frontal com um comprimento de 15,10 m por 16,60 m de profundidade, com uma área de implantação de é 240,80 m². Na Tabela 3.1 apresentam-se as áreas brutas de construção por piso.

Tabela 3.1 - Áreas Brutas de construção

Piso	Área Bruta de Construção (m ²)
R/chão	235,80
1ºPiso	240,80
2ºPiso	239,20
3ºPiso recuado	214,20
TOTAL	930,00

Podemos concluir que os seus 930,00 m² de área bruta de construção classificam-no como um edifício de grande dimensão para o local e a sua época de construção (Figura 3.2).



Figura 3.2 - Alçado frontal do edifício

O edifício originalmente de elevada qualidade, tem duas frentes, estando ladeado a norte por uma construção em ruínas e a sul por um edifício de habitação de 3 pisos (Figura 3.3).



a) Confrontação Norte



b) Confrontação Sul

Figura 3.3 - Confrontações

Atualmente o edifício é propriedade da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, que não dispõe de dados relativos à data de construção do edifício, mas que pelas características construtivas que apresenta pode-se concluir que a sua edificação foi no século XIX.

Construído para habitação unifamiliar, foi em determinada altura, ocupado por diversas famílias passando a ser utilizado como edifício multifamiliar constituído por onze frações, sendo que duas delas são lojas localizadas ao nível do piso térreo e nove habitações nos pisos superiores.

Atualmente encontra-se parcialmente abandonado, existindo apenas um estabelecimento comercial a funcionar no piso térreo.

3.1.1 Caracterização do exterior

O edifício na sua fachada frontal é rico em ornamentos de cantarias de granito e revestido na totalidade a azulejo. A nobreza do edifício entende-se pela ornamentação com brasão familiar em cantaria na fachada e integrado nas guardas em ferro das varandas (Figura 3.4).



a) Brasão em cantaria



b) Brasão em ferro

Figura 3.4 - Brasão familiar

O alçado tardoiz (Figura 2.3) também apresenta cantarias e é revestido a azulejo até ao nível do 2º piso, ao contrário de outros edifícios da mesma época que raramente tinham esse tipo de revestimento sendo apenas rebocados. Ao nível do 1º piso, no alçado tardoiz, existe um saguão que permite iluminar os compartimentos em contacto com o exterior e aceder ao logradouro (Figura 3.5).



Figura 3.5 - Saguão

As paredes exteriores são em pedra com tipo de aparelho horizontal desalinhado, conforme se pode verificar na Figura 2.3. Na Figura 3.6 pode-se verificar que as paredes de empena são em pedra até cerca de meia altura do último piso passando a ser em tabique até à cobertura.



Figura 3.6 - Parede da empena Norte

Relativamente aos vãos, na fachada frontal as portas de entrada e janelas exteriores estão confinadas em cantarias de granito e são constituídas por duas folhas de abrir de madeira e vidro (Figura 3.2). Já na fachada tardoz (Figura 2.3), para além das janelas com duas folhas de abrir, surgem também na zona do saguão, janelas de guilhotina (Figura 3.7) e óculo (Figura 2.4).



Figura 3.7 - Janela de guilhotina

A cobertura do edifício é constituída por duas águas revestidas a telha do tipo marselha com inclinações para o alçado frontal e tardo (Figura 3.8).



Figura 3.8 - Cobertura do edifício [11]

3.1.2 Caracterização interior

Os traços que restam da nobreza apresentada no exterior do edifício também se refletem no seu interior, onde logo após a entrada principal nos deparamos com um grande átrio ornamentado com cantarias nos vãos e escadas, e tetos em fasquiado com ornamentações em gesso (Figura 3.9).



Figura 3.9 - Átrio de entrada

As escadas interiores são em madeira com pormenores de requinte, e servem todo o edifício do piso térreo até ao piso recuado, iluminadas por claraboia de iluminação na cobertura (Figura 3.10).



a) Escada

b) Claraboia

Figura 3.10 - Escada e claraboia

As paredes interiores mais delgadas são em fasquio e as de maior espessura em pedra, ambas revestidas a estuque. Os vãos interiores são compostos por portas e portadas com almofadas ornamentadas.

O pé-direito dos pisos do r/chão, 1º piso e 3º piso recuado são altos (com cerca de 3 m) sendo o mais baixo o do 1º Piso (2,50 m). A maioria dos compartimentos apresentava nos tetos fasquiados ornamentos em gesso e no encontro das paredes com os pavimentos em soalho de madeira, grandes rodapés em madeira trabalhada (Figura 3.11).



a) Acabamentos interiores



b) Parede interior em pedra

Figura 3.11 - Acabamentos interiores

menciona se deve privilegiar a reabilitação dos edifícios existentes, podendo-se manter o pé-direito original e nas obras na cobertura, devem ter como regra a expressão dominante da pré-existência.

3.2.2 Inspeção visual

A inspeção visual de um edifício ou construção corrente, com vista à avaliação do seu estado, deverá incluir uma visão de conjunto, abrangendo todos os elementos construtivos que podem ser relevantes, tais como, local de implantação, estrutura, envolvente exterior e instalações de águas e esgotos [13].

Tabela 3.2 - Aspetos a ter conta na inspeção visual [13]

Parte do edifício	Aspetos a ter em conta
Áreas Envolventes (local de implantação)	Terreno de fundação Acessos e arranjos exteriores Infraestrutura local Estacionamento, garagem
Envolvente exterior do edifício	Paredes Coberturas Guarnecimento dos vãos
Estrutura	Fundações e elementos estruturais
Interiores	Pavimentos e tetos Paredes interiores

Foi efetuada uma inspeção visual ao edifício, na qual foi possível verificar e registar fotograficamente o estado dos elementos e anomalias existentes, seguindo os pontos apresentados na Tabela 3.2.

Nos pontos que se seguem apresentam-se os resultados da inspeção visual.

3.2.2.1 Áreas Envolventes

Terreno de Fundação

O terreno de fundação não apresentava assentamentos à vista, salientando-se que o edifício se encontra localizado numa encosta com declive acentuado e possivelmente com base granítica a pouca profundidade, como é usual na zona.

Acessos e arranjos exteriores

Os acessos e arranjos exteriores apresentam-se em boas condições, tendo sido alvo de obras recentes de requalificação por parte da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia.

Infraestruturas locais

O arruamento é dotado de infraestruturas de drenagem de águas residuais domésticas, abastecimento de águas, drenagem de águas pluviais e redes elétricas e telefónicas.

Estacionamento, garagem

O edifício não é dotado de garagens de uso exclusivo para os ocupantes e os acessos viários são estreitos, existindo, no entanto, possibilidade de estacionamento em ruas e parques próximos do local.



Figura 3.13 - Envolvente

3.2.2.2 Envolvente Exterior

Paredes

As paredes exteriores são em alvenaria de pedra maciça de granito. A fachada frontal apresenta-se num estado razoável de conservação, onde se verificam apenas a falta de alguns azulejos e as cantarias apresentam aparecimento de fungos vegetais e ervas nas juntas (Figura 3.14).



Figura 3.14 - Fungos e ervas nas cantarias

A fachada tardoz encontra-se em mau estado de conservação, denotando-se a ausência de alguns azulejos, ausência de grande parte do reboco exterior e as cantarias apresentam sinais de óxidos provenientes das grades de proteção das varandas (Figura 2.3 e Figura 3.15).



Figura 3.15 - Anomalias da fachada tardoz

As paredes de empena, nas partes sem encosto das edificações adjacentes, apresentam ausência de áreas consideráveis de reboco e as paredes do último piso, que são parcialmente em tabique, estão também sem grande parte do reboco e das chapas de revestimento (Figura 3.6).

Coberturas

A cobertura, nas partes às quais foi possível aceder, está em mau estado de conservação devido à ausência de algumas telhas que levaram à danificação da estrutura em madeira e dos pavimentos interiores.



a) Ausência de telhas



b) Pavimentos danificados

Figura 3.16 - Anomalias na cobertura

Guarnecimento dos vãos

Os vãos exteriores apresentam um estado de degradação muito elevado, estando muito danificados devido à ação do tempo, ausência de elementos das caixilharias, e elementos de tal forma empenados que já não se conseguem abrir. Na fachada frontal pôde-se verificar que houve adição de outro tipo de material nas caixilharias (alumínio) e de estores exteriores que descaracterizam o edifício (Figura 3.2).

3.2.2.3 Estrutura

Os elementos estruturais em madeira, pavimentos e cobertura, estão bastante degradados devido à já referida ausência de telhas na cobertura que permitiu a entrada de água, que apodreceu os elementos em madeira (Figura 3.17).



Figura 3.17 - Vigamentos apodrecidos

As paredes em pedra não aparentam ter problemas estruturais, pela ausência de fissuras visíveis.

3.2.2.4 Interior

Os pavimentos em tábuas de madeira encontram-se em mau estado de conservação verificando-se ausência de tábuas e apodrecimentos devidos à já referida entrada de água no edifício.

Os tetos em tabique e gesso, na sua generalidade, estão todos em mau estado de conservação estando alguns em risco de colapso e outros sem gesso.



Figura 3.18 - Teto em risco de colapso

As paredes interiores também se encontram extremamente degradadas.

3.2.2.5 Instalações de águas e esgotos

A rede de abastecimento no interior do edifício está inutilizada pela retirada das tubagens e a rede de esgotos não foi possível verificar o seu estado.

3.2.3 Diagnóstico

A maior causa das anomalias que o edifício apresenta é consequência de estar parcialmente abandonado, existindo apenas, ao nível do r/chão, um estabelecimento em funcionamento. Esse abandono acelerou o processo de degradação dos elementos construtivos, sendo os mais degradados os pavimentos e a cobertura do edifício.

De uma forma geral, pode-se classificar o edifício como em mau estado de conservação, com necessidade de uma grande intervenção a curto prazo, para que não passe para o estado de ruína.

3.2.4 Definição da estratégia

Identificado o enquadramento no PDM e suas condicionantes, e elaborada a inspeção visual e respetivo diagnóstico, estão reunidas as condições para a definição da estratégia quanto ao uso a dar ao edifício e dos trabalhos necessários para a consequente reabilitação.

Dada a localização, em pleno centro histórico de Vila Nova de Gaia, muito próximo do centro histórico do Porto, classificado pela UNESCO como Património Cultural da Humanidade desde 1996 e cujo interesse turístico tem vindo a aumentar de ano para ano, a opção foi o de transformar o edifício num *hostel*.

Esta decisão é suportada pelo referido no Artigo 36º do PDM, que relativamente à zona pretende-se a “potenciação da vertente lúdica e turística, ancorada na natureza singular do património em presença, o reforço da componente habitacional e a instalação de equipamentos de escala local, municipal e metropolitana”.

4 PROJETO DE ARQUITETURA DO *HOSTEL*

4.1 PROGRAMA

A definição de um programa para um *hostel* obedece em primeiro lugar às condicionantes impostas pela legislação em vigor para o seu funcionamento, e depois a uma adaptação das mesmas às características do edifício. O objetivo será o de rentabilizar ao máximo as áreas para uma maior capacidade de alojamento, olhando também para a qualidade da oferta e diversidade de alojamento, dotando-o de quartos e dormitórios, para abranger diferentes tipos de clientes.

Um *hostel*, de acordo com a legislação em vigor (D.L. 63/2015, de 23 de abril), é a denominação dada a um estabelecimento de alojamento local cuja unidade de alojamento predominante seja o dormitório, considerando-se predominante, sempre que o número de utentes em dormitório seja superior ao número de utentes em quarto [14].

Para além do requisito mencionado no parágrafo anterior, a legislação obriga um *hostel* a estar dotado de espaços sociais comuns, cozinha e área de refeição de utilização e acesso livre aos hóspedes. Os quartos e dormitórios devem dispor de ventilação e iluminação direta com o exterior através de janela. Deve dispor de instalações sanitárias, podendo as mesmas serem comuns a vários quartos e dormitórios e ser mistas ou separadas por género.

4.2 LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO

O levantamento arquitetónico é peça fundamental e ponto de partida para o auxílio à execução dos projetos de arquitetura e de especialidades. Para o efeito, foi elaborado o respetivo levantamento, que se apresenta no Anexo I.

4.3 PROJETO DE ARQUITETURA

O projeto de arquitetura, apresentado no Anexo II, teve como base o programa, a legislação em vigor, a inspeção visual, o diagnóstico e as pré-existências do edifício.

Na análise efetuada à inspeção visual e respetivo diagnóstico, que sugere uma intervenção urgente, aliado ao facto de as paredes interiores existentes estarem dispostas de forma desfavorável à criação dos espaços necessários para cumprimento do programa, decidiu-se pela demolição integral das paredes interiores.

As cotas dos pavimentos foram mantidas, respeitando o disposto no PDM e o condicionamento imposto pelas cotas de soleiras e peitoris dos vãos existentes nas fachadas. Para uma maior comodidade dos seus utilizadores, foi projetado um elevador.

Ao nível do piso do r/chão, por questões estéticas, foram mantidas as paredes interiores em pedra e a escadaria existente no hall de entrada para o edifício, uma vez que apresentam uma mais-valia na valorização do edifício pelo seu aspeto nobre.

De forma a evitar incompatibilidades entre o projeto de arquitetura e os projetos de especialidades, os trabalhos foram coordenados tendo em atenção a localização dos pilares de suporte da estrutura e a localização dos dutos de abastecimento e drenagem de águas residuais.

Os quatro pisos são constituídos pelos seguintes compartimentos:

- a) Ao nível do piso do r/chão localizam-se os compartimentos de utilização comum legalmente exigidos, nomeadamente, a receção, a cozinha com a área de refeição, instalações sanitárias e arrumos.
- b) Ao nível do 1º Piso localizam-se a casa das máquinas, a lavandaria, um quarto duplo, três dormitórios e as instalações sanitárias que servem o piso.
- c) No 2º Piso localizam-se o quarto para o staff, um quarto duplo, três dormitórios, um arrumo e as instalações sanitárias que servem o piso.
- d) No 3º Piso, pelas vistas que se podem daí usufruir, localizam-se quatro quartos duplos, um quarto triplo e compartimento de arrumos.

Calculou-se uma capacidade máxima de 51 hóspedes, 36 em dormitório e os restantes distribuídos pelos quartos.

As áreas brutas de construção do edifício não sofreram alterações em relação ao projeto inicial apresentadas na Tabela 3.1.

A arquitetura foi elaborada tendo em conta a necessidade de aplicação de materiais leves, para aligeirar a estrutura. Foram por isso considerados, na generalidade, pavimentos com acabamento em soalho de madeira (zonas secas, Figura 4.1), exceto nos pavimentos das instalações sanitárias, onde por questões de impermeabilidade o acabamento considerado foi a material cerâmico aplicado sobre lajeta de betão

(zonas húmidas, Figura 4.2). As paredes interiores serão em estrutura metálica, com acabamento a placas de gesso cartonado.

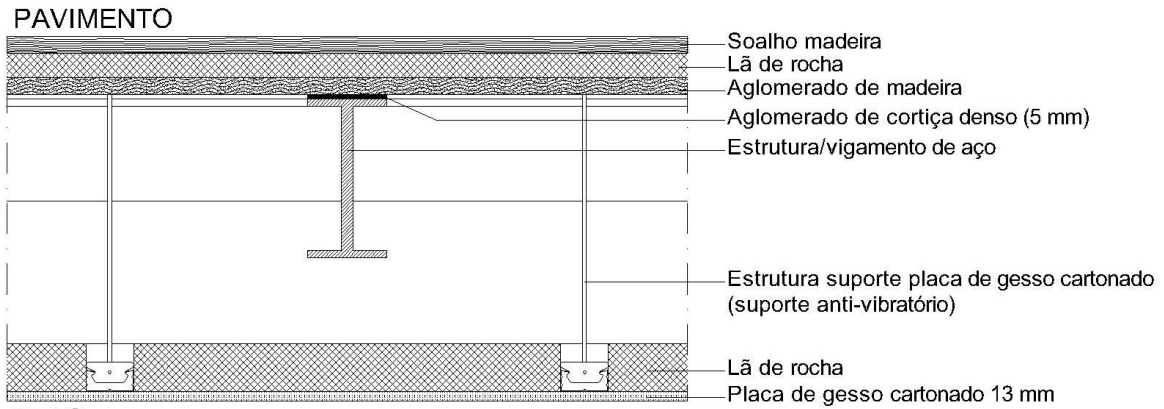


Figura 4.1 - Pavimento de zonas secas

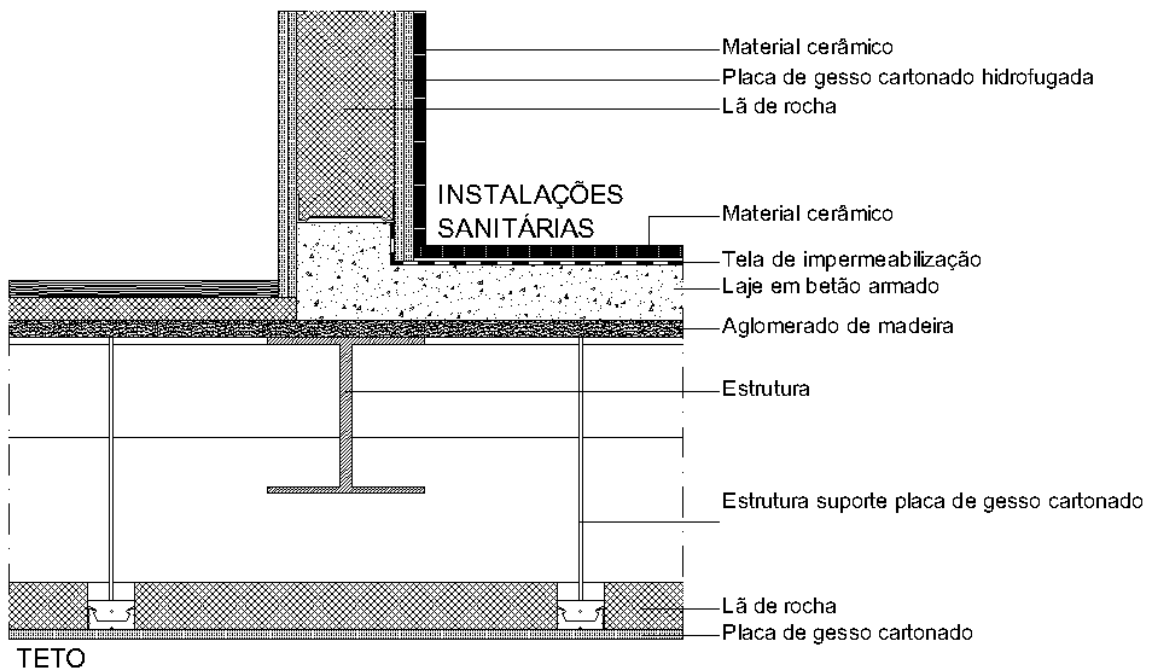


Figura 4.2 - Pavimento de zonas húmidas

5 PROJETO DE REABILITAÇÃO

5.1 INTRODUÇÃO

O sucesso de qualquer tipo de obra depende muito da qualidade dos projetos e pormenores de execução neles apresentados, garantindo que os aspetos de execução mais elaborados estejam dispostos da forma mais explícita possível. Os projetos necessários para realizar uma obra de reabilitação dependem do tipo de intervenção a que o edifício vai estar sujeito. Nos casos em que existam grandes alterações interiores, inclusivamente à própria estrutura do edifício, os projetos necessários são praticamente os mesmos que abrangem a construção de um novo edifício, nomeadamente o projeto de estabilidade, escavação e contenção periférica, o projeto de abastecimento de águas e drenagem de águas residuais domésticas, o projeto de drenagem de águas pluviais (quando alterado o formato da cobertura do edifício), projeto de segurança contra incêndio, o estudo de comportamento térmico (REH), o estudo de comportamento acústico (RRAE), o projeto de alimentação e distribuição de energia elétrica, o projeto das instalações telefónicas e telecomunicações, o projeto de instalação de gás e o projeto das instalações eletromecânicas (quando existem elevadores).

O presente projeto abordou os projetos de estabilidade, abastecimento e drenagem de águas residuais, estudo do comportamento térmico e do comportamento acústico. A abordagem foi no sentido de se elaborarem estudos prévios de cada uma das especialidades com o objetivo da compatibilização entre especialidades e elaboração de pormenores dos elementos construtivos de maior relevo.

5.2 PROJETO DE ESTABILIDADE

5.2.1 Solução estrutural

O projeto de estabilidade teve como base o projeto de arquitetura, o levantamento arquitetónico e o diagnóstico resultado da inspeção visual.

O projeto de arquitetura apresenta uma remodelação interior total, sem qualquer aproveitamento das paredes interiores existentes. Já no exterior, não foram detetadas quaisquer alterações às paredes exteriores. Esse facto, aliado ao descrito no diagnóstico, que concluiu que as partes da estrutura existente, constituídas por elementos em madeira, se encontram em mau estado de conservação, concluiu-se que a solução mais viável seria a demolição da estrutura dos pisos existente e construção de uma nova. Esta foi pensada de forma a minimizar o impacto da sua construção, nas partes da edificação pré-existentes, e que se pretendem manter, e as condicionantes próprias do local da obra, que não permitem a montagem de estaleiro e ocupação de espaço público.

A ausência de espaço físico para montagem de estaleiro, obrigou à conceção de uma estrutura com a menor quantidade de betonagens possível. Tomou-se como opção viável, a conceção de uma estrutura composta por elementos metálicos. Para além da vantagem relativa à redução do volume de betonagens, traz também as vantagens da rapidez de execução, evitando tempos de cura do betão, permite a execução e preparação dos elementos estruturais em fábrica e permite que os pilares e vigas perimetrais sirvam de escoramento às paredes em pedra existentes. Note-se que em termos de ações permanentes por metro quadrado, só a estrutura de aço se pode assemelhar à da madeira e com consideráveis vantagens de capacidade resistente. Uma estrutura em betão armado resultaria num importante aumento das ações permanentes originais, o que de todo se deve evitar numa reabilitação.

No entanto, para tornar a estrutura mais eficaz na absorção de possíveis ações horizontais, no seu núcleo central foram projetadas as escadas e caixa de elevador em betão armado, conferindo a rigidez necessária para o efeito.

Nas lajes dos diversos pisos superiores do edifício, optou-se pela utilização de painéis em aglomerado de madeira fixos em perfis metálicos. Foram consideradas três tipos de lajes, as sob os quartos/dormitórios e corredores denominadas por LP1 (Figura 4.1), a LP2 sob a casa das máquinas (Figura 4.1) e as LP3 sob as instalações sanitárias (Figura 4.2).

Os desenhos 1, 2, 3 e 4 do Anexo III apresentam as plantas estruturais iniciais do estudo prévio, que foram projetadas de forma a terem o menor impacto possível na arquitetura, para evitar a adulteração dos espaços projetados.

5.2.2 Materiais e suas características

A norma NP-EN1990:2009 [15] estabeleceu o tempo de vida útil para o projeto em 50 anos, pertencendo à categoria 4 de tempo de vida útil.

Os materiais adotados que melhor se adequam às exigências técnicas do projeto resumem-se na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Materiais

Elementos	Tipo	Classe de Resistência
Pilares	Aço	S235
Vigas	Aço	S235
Caixa de escadas	Betão armado	C20/25
Caixa de elevador	Betão armado	C20/25
Lajes	Painéis em aglomerado de madeira	
Armaduras	Aço	S400 NR

5.2.3 Ações e Combinações

A quantificação das ações foi elaborada de acordo com o especificado nos seguintes documentos:

- a. Regulamento de Segurança e Ações para Edifícios e Pontes (RSAEP) [16]
- b. Eurocódigo 0: Bases para projetos de estruturas (EC0), que tem como principal objetivo o estabelecimento das bases para a verificação da segurança das estruturas, definindo os princípios e os requisitos para a segurança, utilização e durabilidade das estruturas, que são baseadas no conceito de estados limites, em conjugação com o método dos coeficientes parciais de segurança. [15]
- c. Eurocódigo 1: Ações em estruturas (EC1), que quantifica as ações a considerar nas estruturas, em particular na Parte 1 em edifícios.

Parte 1-1 – Peso volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios [17]

5.2.4 Ações Permanentes

As ações são classificadas de acordo com a sua variação no tempo sobre a estrutura, considerando-se como ações permanentes as que atuam de valor praticamente constante durante toda a vida da estrutura. São ações permanentes o peso próprio dos elementos estruturais, peso de revestimentos ou de equipamentos fixos, de impulsos de terras (G), pré-esforço (P) e as ações indiretas causadas pela retração e fluência do betão e pelos assentamentos diferenciais.

As ações permanentes consideradas para o presente projeto resumem-se no Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Ações de carácter permanente

Ações de carácter permanente	
Betão armado	25 kN/m^3
Aço	77 kN/m^3
Madeira	8 kN/m^3
Lã de rocha	1,8 kN/m^3
Paredes divisórias (placas de gesso cartonado)	0,9 kN/m^2
Revestimentos da cobertura	0,70 kN/m^2

5.2.5 Ações Variáveis

Ações variáveis são aquelas que assumem os valores com variação significativa em torno do seu valor médio durante a vida da estrutura, como por exemplo, sobrecarga de utilização, vento e sismo.

Sobrecargas de Utilização

Os valores considerados para este tipo de ações têm como objetivo atender à circulação de pessoas e à sua concentração em determinados locais, bem como considerar a existência de determinados equipamentos, como mobiliário, que podem durante a vida útil do edifício, ocupar diferentes posições, provocando assim variações nas solicitações efetuadas à estrutura.

Tratando-se de um edifício constituído maioritariamente por quartos com funções de alojamento de hóspedes e atendendo às características da estrutura o valor da sobrecarga considerado foi o exposto na Tabela 5.3 que se segue.

Tabela 5.3 - Sobrecargas

Zona	Sobrecarga (q) (kN/m^2)
Coberturas	1,00
Pavimentos	2,00
Escadas	3,00

Vento

O edifício localiza-se em Santa Marinha, concelho de Vila Nova de Gaia, a uma altitude inferior a 600 m e dista mais de 5 Km da zona costeira, pertencendo à Zona A (Artigo 20.º RSAEEP) [16].

Rugosidade Aerodinâmica

O edifício situa-se em zona de periferia urbana tendo-se considerado uma rugosidade do tipo II (Artigo 21º RSAEEP) [16].

Sismos

O edifício encontra-se na Zona Sísmica D, assente num solo do tipo II (Artigo 29º RSAEEP) [16].

5.2.6 Combinações de ações

As combinações de ações são efetuadas com vista à determinação de esforços nas secções da estrutura, para posterior verificação da segurança em relação aos estados limites a considerar.

Uma vez determinados os esforços combinados nas secções da estrutura em análise, são calculados os parâmetros ou valores de grandezas que servem de comparação com os valores que definem os estados limites (esforços, tensões, extensões, deformações, largura de fendas).

Estados limites últimos [15]

Quando se considera um estado limite de rotura, ou de deformação excessiva, de uma secção de um elemento ou de uma ligação, deve verificar-se que:

$$E_d \leq R_d$$

Onde:

E_d Valor de cálculo dos efeitos das ações;

R_d Valor de cálculo da resistência correspondente;

Para a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos, excluindo a fadiga, importa essencialmente a grandeza da ação sobre a estrutura, sendo definidas as seguintes combinações de ações:

- a. Combinação de ações para situações de projeto persistentes ou transitórias (combinações fundamentais)

$$E_d = \gamma_G \times G_k + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

- b. Combinação de ações para situações acidentais

$$E_d = G_k + A_d + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

- c. Combinação de ações para situações de projeto sísmicas

$$E_d = G_k + A_{Ed} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

Estados limites de utilização [15]

Nos estados limites de utilização a verificação da segurança é feita em termos de efeitos das ações (esforços, tensões, flechas, abertura de fendas, etc.) através da desigualdade:

$$E_d \leq C_d$$

Onde:

E_d Valor de cálculo dos efeitos das ações especificadas no critério de utilização determinado na combinação em causa;

C_d Valor de cálculo correspondente ao valor limite do critério de utilização.

Para a verificação da segurança aos estados limites de utilização, importa essencialmente a duração da ação, sendo por isso definidas as seguintes combinações de ações:

- a. Combinação característica (ou rara): Combinação associada a períodos de muito curta duração que poderá solicitar a estrutura durante apenas algumas horas do seu tempo de vida útil.

$$E_d = G_k + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

- b. Combinação frequente: Combinação associada a períodos de curta duração que poderá solicitar à estrutura durante cerca de 5% do seu tempo de vida útil.

$$E_d = G_k + \psi_1 \times Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

- c. Combinação quase-permanente: Combinação associada a períodos de longa duração que poderá atuar na estrutura durante cerca de metade da sua vida útil.

$$E_d = G_k + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

Em que:

G_k Valor característico de uma ação permanente;

$Q_{k,1}$ Valor característico da ação variável de base da combinação 1;

$Q_{k,i}$ Valor característico da ação variável acompanhante i;

γ_G Coeficiente parcial relativo as ações permanentes;

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

A_d Valor característico de uma ação de acidente;

A_{Ed} Valor característico de uma ação sísmica;

ψ_0 Coeficiente para determinação do valor de combinação de uma ação variável;

- Ψ_1 Coeficiente para determinação do valor frequente de uma ação variável;
- Ψ_2 Coeficiente para determinação do valor quase-permanente de uma ação variável;

5.2.7 Pré-dimensionamento de elementos estruturais

Foi efetuado o pré-dimensionamento de alguns dos elementos estruturais, considerados como representativos da solução estrutural, para a execução da obra em estudo. O pré-dimensionamento serviu para a elaboração das plantas estruturais dos diversos pisos do edifício, que são peças fundamentais para correta coordenação entre os projetos das diversas especialidades em estudo.

As lajes tiveram um estudo mais aprofundado, no que diz respeito ao cálculo do espaçamento entre os elementos metálicos que as compõem, para uma melhor definição dos ductos necessários para a execução das redes de abastecimento e drenagem das águas residuais.

As plantas estruturais para estudo prévio apresentam-se no Anexo III, desenhos 5, 6 e 7.

5.2.7.1 Pavimento

Foram considerados painéis em aglomerado de madeira (OSB) apoiadas em vigas metálicas para constituição das lajes.

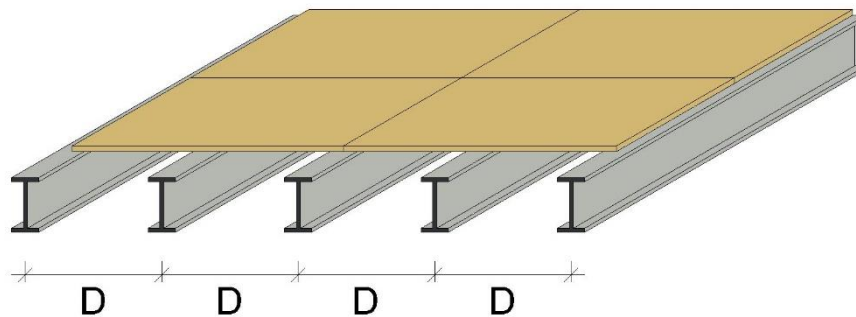


Figura 5.1 - Laje tipo

Na Tabela 5.4 apresentam-se as ações atuantes sobre os diferentes tipos de lajes e a sua resultante em Estados Limites Últimos e Estados Limites de Utilização.

Tabela 5.4 - Ações atuantes sobre os pavimentos e lajes

Pavimento quartos, dormitórios e corredores (LP1)			
Ações permanentes		Estados Limites Últimos S_d	Estados Limites Utilização S_d
Revestimento	0,20 kN/m^2	5,10 kN/m^2	3,55 kN/m^2
Isolamento	0,20 kN/m^2		
Paredes divisórias	0,85 kN/m^2		
Revestimento inferior	0,30 kN/m^2		
Ações variáveis			
Sobrecarga	2,00 kN/m^2		
Pavimento sob casa das máquinas (LP2)			
Revestimento	0,20 kN/m^2	5,45 kN/m^2	3,70 kN/m^2
Isolamento	0,20 kN/m^2		
Revestimento inferior	0,30 kN/m^2		
Ações variáveis			
Sobrecarga	3,00 kN/m^2		
Laje sob instalações sanitárias (LP3)			
Revestimento	0,30 kN/m^2	6,50 kN/m^2	4,60 kN/m^2
Laje Betão (0,08 m)	2,00 kN/m^2		
Revestimento inferior	0,30 kN/m^2		
Ações variáveis			
Sobrecarga	2,00 kN/m^2		

O estudo dos pavimentos dividiu-se em duas partes, tendo sido a primeira para o pré-dimensionamento dos painéis OSB, a segunda para o pré-dimensionamento dos perfis metálicos.

a) Dimensionamento dos painéis OSB

A escolha do OSB deveu-se ao seu bom desempenho para o efeito pretendido, o preço competitivo e o facto de ser um material amigo do ambiente.

Foram dimensionados apenas os painéis dos pavimentos LP1 e LP2, por terem funções de suporte, uma vez que os painéis das lajes LP3 apenas servirem para cofragem da laje de betão.

O método utilizado para a determinação da espessura dos painéis foi a consulta da Tabela 5.5, que apresenta as cargas admissíveis uniformemente distribuídas em relação à espessura, distância (D) entre os apoios e a flecha. Os dados da tabela foram disponibilizados pela empresa que os produz, apresentando os resultados obtidos através de ensaios.

Tabela 5.5 - Cargas admissíveis nos painéis OSB (catálogo da Kronoply)

Espessura (mm)	Flecha 1/100					Flecha 1/200					Flecha 1/300				
	Vão entre apoios em cm					Vão entre apoios em cm					Vão entre apoios em cm				
	50	60	80	100	125	50	60	80	100	125	50	60	80	100	125
12	300	200	95	45	-	210	110	45	-	-	135	75	25	-	-
15	480	320	180	95	45	400	230	90	45	-	265	150	55	25	-
18	650	440	245	150	80	650	400	165	80	35	460	275	105	50	-
22	950	660	370	230	140	950	670	310	150	70	890	500	200	95	43
25	1250	850	470	300	185	1250	850	450	230	110	1250	750	300	140	65
30	1650	1100	630	390	240	1650	1100	630	390	190	1650	1100	530	260	120
40	2350	1750	970	610	380	2350	1750	970	610	380	2350	1750	970	610	310

A escolha da espessura dos painéis teve em consideração uma margem de segurança dos valores tabelados, em relação aos obtidos para uma flecha de 1/300. Como o vão máximo entre apoios pode resultar numa solução de perfis diferentes, foram selecionados dois tipos de painéis com espessuras e vãos máximos distintos, no sentido da otimização das quantidades de material a utilizar. Os painéis selecionados foram, com espessura de 22 mm e 50 cm de afastamento ($E_R=8,90 \text{ kN/m}^2 > E_D=3,70 \text{ kN/m}^2$) e com 25 mm de espessura e 60 cm de afastamento ($E_R=7,50 \text{ kN/m}^2 > E_D=3,70 \text{ kN/m}^2$).

b) Dimensionamento dos perfis metálicos

O dimensionamento dos perfis metálicos foi efetuado de acordo com o estabelecido no Eurocódigo 3, com secções transversais da Classe 1 [18].

Na Tabela 5.6 apresentam-se os esforços atuantes nos perfis de acordo com o vão máximo (l) de cada laje e espaçamento (D) entre perfis. Como condição de apoio, foi considerado que os perfis estão simplesmente apoiados em cantoneiras soldadas nas vigas (Figura 5.2).

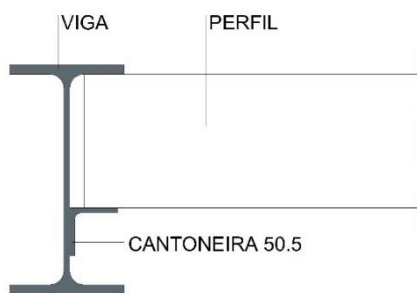


Figura 5.2 - Apoio dos perfis nas vigas

Tabela 5.6 - Esforços atuantes nos perfis

Laje	Vão _{max} (l) (m)	Vão Painel (D) (m)	Estados Limites Últimos			E. L. Utilização
			S _{Ed.D} (kN/m)	M _{max} (kN.m)	V _{max} (kN)	S _{Ed.D} (kN/m)
LP1	5,00	0,50	2,55	7,97	6,38	1,78
		0,60	3,06	9,56	7,65	2,13
LP2	4,10	0,50	2,73	5,74	5,60	1,85
		0,60	3,27	6,87	6,70	2,22
LP3	5,00	0,50	3,25	10,16	8,13	2,30
		0,60	3,90	12,19	9,75	2,76

Os perfis foram dimensionados como estando sujeitos a esforços à flexão com esforço transversal (ponto 6.2.8 do EC3) [18] recorrendo às seguintes expressões:

Momento Fletor

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0 \tag{1}$$

onde:

M_{Ed} — é o valor de cálculo do momento fletor atuante;

$M_{pl,Rd}$ — é o valor de cálculo do momento fletor resistente.

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \tag{2}$$

onde:

W_{pl} — é o módulo de flexão plástico de uma secção transversal;

f_y — é a tensão de cedência;

γ_{M0} — é o coeficiente parcial de segurança, igual a 1.

Esforço transverso

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3)$$

onde:

V_{Ed} — é o valor de cálculo do esforço transverso;

$V_{pl,Rd}$ — é o valor de cálculo do esforço transverso resistente.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} \quad (4)$$

onde:

A_v — é a área resistente ao esforço transverso;

f_y — é a tensão de cedência, 235 MPa;

γ_{M0} — é o coeficiente parcial de segurança, igual a 1.

Verificação da dispensa da necessidade de interação com o momento.

$$\frac{V_{pl,Rd}}{2} > V_{Ed} \quad (5)$$

Verificação da resistência à encurvadura por esforço transverso.

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\varepsilon}{\eta} \quad (6)$$

onde:

h_w — é a altura da secção transversal;

t_w — é a espessura da alma;

ε — é a extensão;

η — é o coeficiente para calcular a área de corte;

Verificação da flecha elástica

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{p L^4}{E I} < \frac{L}{250} \quad (7)$$

onde:

δ — é o valor da flecha;

p — é a carga uniformemente distribuída sobre a secção transversal;

CAPÍTULO 5

L — é o vão do perfil;

E — é o módulo de elasticidade, $210 \times 10^6 \text{ kPa}$;

I — é o momento de inércia da secção transversal.

A metodologia adotada foi primordialmente dimensionar os perfis através do cálculo da flecha, e seguidamente efetuar as devidas verificações às secções transversais. Os resultados apresentam-se na Tabela 5.7, Tabela 5.8 e Tabela 5.9.

Tabela 5.7 - Dimensionamento do perfil através do cálculo da flecha

Laje	Vão _{max} (m)	Vão Pannel (m)	E. L. Utilização			Perfil				
			$\frac{L}{250}$ (m)	$S_{Ed.D}$ (kN/m)	I_y (m ⁴)	Desig.	I_y (m ⁴)	G (kN/m)	$S_{Ed.D+G}$ (kN/m)	δ (m)
LP1	5,00	0,50	0,02	1,78	3,45E-06	IPE 140	5,41E-06	0,129	1,91	0,014
		0,60		2,13	4,13E-06	IPE 140	5,41E-06	0,129	2,26	0,016
LP2	4,10	0,50	0,016	1,85	1,98E-06	IPE 120	3,18E-06	0,104	1,95	0,011
		0,60		2,22	2,37E-06	IPE 120	3,18E-06	0,104	2,32	0,013
LP3	4,50	0,50	0,02	2,30	4,46E-06	IPE 140	5,41E-06	0,129	2,43	0,017
		0,60		2,76	5,35E-06	IPE 160	8,69E-06	0,158	2,92	0,013

Tabela 5.8 - Verificações relativas ao esforço transverso

Laje	Vão Pannel (m)	Perfil		Esforço transverso		Verificações		
		Desig.	A_{vz} (m ²)	V_{Rd} (kN)	V_{Ed} (kN)	$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$	$\frac{V_{pl,Rd}}{2} > V_{Ed}$	$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\epsilon}{\eta}$
LP1	0,50	IPE 140	7,64E-04	103,66	6,50	0,06	51,83	23,87 > 72
	0,60	IPE 140	7,64E-04	103,66	7,78	0,08	51,83	23,87 > 72
LP2	0,50	IPE 120	6,31E-04	85,61	5,70	0,07	42,81	21,23 > 72
	0,60	IPE 120	6,31E-04	85,61	6,81	0,08	42,81	21,23 > 72
LP3	0,50	IPE 140	7,64E-04	103,66	8,25	0,08	51,83	23,87 > 72
	0,60	IPE 160	9,66E-04	131,06	9,91	0,08	65,53	25,44 > 72

Tabela 5.9 - Verificações relativas à flexão

Laje	Vão Pannel (m)	Perfil		Flexão		Verificações
		Desig.	W_{ply} (m^3)	M_{Rd} ($kN.m$)	M_{Ed} ($kN.m$)	$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0$
LP1	0,50	IPE 140	8,83E-05	20,75	8,37	0,40
	0,60	IPE 140	8,83E-05	20,75	9,97	0,48
LP2	0,50	IPE 120	6,07E-05	14,26	5,95	0,42
	0,60	IPE 120	6,07E-05	14,26	7,09	0,50
LP3	0,50	IPE 140	8,83E-05	20,75	8,55	0,41
	0,60	IPE 160	1,24E-04	29,14	12,68	0,44

Conclusões

Após análise dos dados obtidos optou-se pela colocação de painéis OBS com 25 mm de espessura apoiados em perfis espaçados de 60 cm devido à menor flecha apresentada pelos perfis nas lajes LP3. Esta opção também se refletiu numa poupança de 20 % na quantidade de aço nas lajes LP1 e LP2 devido ao maior espaçamento entre perfis.

No plano perpendicular aos vãos serão consideradas vigas de travamento (tarugos) com um espaçamento não superior a 3 m, para melhorar o comportamento dos pavimentos em relação às vibrações introduzidas pelo uso [6].

5.2.7.2 Lajes de escada

O pré-dimensionamento das escadas foi efetuado considerando o seu revestimento superior com argamassa de regularização e acabamento final com material cerâmico. Inferiormente considerou-se revestimento com reboco.

O edifício é servido por caixa de escadas, cujos lanços diferem de piso para piso, por existirem diferentes medidas de pé-direito nos diversos pisos. Por esse motivo, optou-se pelo dimensionamento do lanço de escada mais desfavorável, entre o 2º e 3º piso. As escadas em questão apresentam, patamar superior com 1,50 m de vão, o lanço com 2,70 m e o patamar inferior com 1,90 m.

A estrutura que apoia a escada permite a mobilização de reações horizontais, conforme se pode verificar na Figura 5.3.

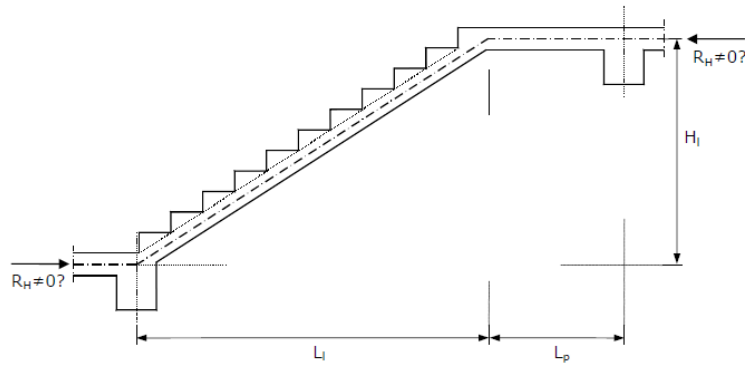


Figura 5.3 - Esquema estrutural da escada [19]

A espessura da lajeta foi obtida de acordo com o disposto no EC2 [20], com base nos estudos prévios das plantas estruturais apresentadas no Anexo III, por forma a ser dispensada a verificação das flechas. A altura mínima (d) é obtida através do cálculo do valor limite da relação vão/altura (l/d), de acordo com as equações (8) e (9).

$$d_{\text{corrigido}} \geq \frac{l}{\left(\frac{l}{d}\right)_{\text{corrigido}}} \quad (8)$$

onde:

$d_{\text{corrigido}}$ — é a altura da lajeta a adotar. O valor obtido terá um acréscimo de 4 cm relativos ao recobrimento.

l — é o vão efetivo da lajeta.;

$$\left(\frac{l}{d}\right)_{\text{corrigido}} = \frac{l}{d} \times K_T \times K_\sigma \times K_f \times K_l \quad (9)$$

onde:

$\frac{l}{d}$ — é o valor básico da relação vão/altura útil, apresentados na Tabela 5.10, a que vai corresponder um valor K de acordo com o sistema estrutural;

K_T — é o fator corretivo para secções em T, neste caso considerado igual a 1;

K_σ — é o fator corretivo devido à tensão no aço obtido através da equação $K\sigma=500/f_{ck}$. Como consideramos o aço S400 o fator é igual a 1,25;

K_f — é o fator corretivo para lajes fungiformes com vãos superiores a 8,5 m, tendo sido considerado igual a 1;

K_l — é o fator corretivo para vãos superiores a 7 m, tendo sido considerado igual a 1 uma vez que o vão é de 6,10 m.

Tabela 5.10 - Valores K de acordo com sistema estrutural

SISTEMA ESTRUTURAL	K
Consola	0,4
Viga simplesmente apoiada	1,0
Laje simplesmente apoiada armada numa ou em duas direções	
Laje sem vigas apoiada sobre pilares (laje fungiforme), sendo l o vão maior	1,2
Vão extremo de uma viga contínua ou de uma laje contínua armada numa só direção ou de uma laje armada em duas direções contínua ao longo do lado maior	1,3
Vão interior de uma viga ou de uma laje armada numa ou em duas direções	1,5

Tabela 5.11 - Valores K a considerar na equação (9)

K	Fck		Fck	
	C20	C25	C20	C25
	ρ=0,5% (lajes)		ρ=1,5% (vigas)	
0,4	7	7	5	5
1,0	17	19	13	14
1,2	20	22	16	16
1,3	22	24	17	18
1,5	26	28	20	20

O sistema estrutural da escada (Figura 5.3) corresponde a um vão interior de uma laje com K igual a 1,5 que vai corresponder a um $\frac{l}{d}$ de 28 (Tabela 5.11). O valor obtido para a espessura da lajeta foi de 21 cm.

As ações permanentes atuantes no lanço e nos patamares apresentam-se na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 - Revestimentos e pesos das lajes das escadas

Lanço da escada					
Material	γ (kN/m ³)	Espessura (m)	α (°)	a (m)	Gk (kN/m ²)
Lajeta betão armado	25,00	0,21	31,66		6,17
Degraus betão armado	25,00			0,18	2,25
Argamassa de regularização	20,00			0,03	0,30
Material cerâmico	17,50			0,015	0,13
Reboco	20,00	0,02	31,66		0,47
Total					9,32

Patamares					
Material	γ (kN/m^3)	Espessura (m)	α ($^\circ$)	a (m)	Gk (kN/m^2)
Lajeta betão armado	25,00	0,21			5,25
Argamassa de regularização	20,00	0,03			0,60
Material cerâmico	17,50	0,015			0,26
Reboco	20,00	0,02			0,40
Total					6,51

Cálculo da armadura

O cálculo da armadura foi realizado para os Estados Limites Últimos tendo-se considerado uma sobrecarga de $3,0 \text{ kN/m}^2$. As ações atuantes obtidas foram de $13,29 \text{ kN/m}^2$ no lanço da escada e $17,10 \text{ kN/m}^2$ nos patamares.

Os esforços atuantes foram obtidos com recurso ao programa de cálculo Ftool (Figura 5.4).

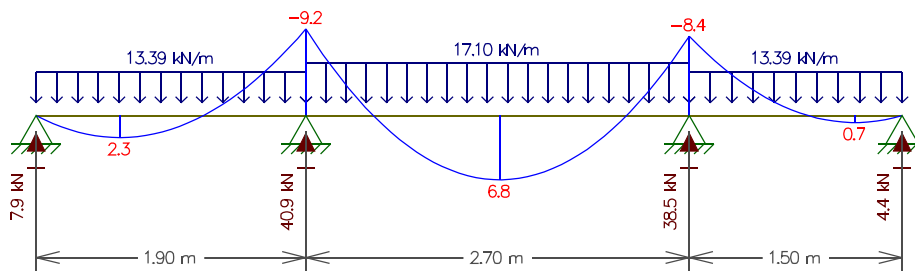


Figura 5.4 - Esforços atuantes na escada

Com os momentos determinados o dimensionamento teve início pelo cálculo da armadura mínima ($A_{s,min}$) e armadura máxima ($A_{s,max}$) a dispor por metro de laje, definidas no EC2 [20] de acordo com as expressões dispostas nas equações (10) e (11).

$$A_{s,min} = \begin{cases} 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b_t \times d \\ 0,0013 \times b_t \times d \end{cases} \quad (10)$$

Onde:

f_{ctm} — é o valor médio da resistência à tração do betão;

f_{yk} — é o valor característico da tensão de cedência do aço;

b_t — é a largura média da zona tracionada, 1 m ;

d — é a altura útil da secção transversal, $0,21 \text{ m}$.

$$A_{s,máx} = 0,04 \times A_c \quad (11)$$

Onde:

A_c — é a área da secção de betão.

Os espaçamentos máximos (S_{max}) foram determinados com recurso à equação (12).

$$S_{max} \leq \begin{cases} 2h \\ 0,25 \text{ m} \end{cases} \quad (12)$$

As armaduras de flexão principais inferiores e superiores ($A_{s,p}$) foram determinadas através da obtenção do momento reduzido (μ) recorrendo à equação (13) e a área de aço à equação (14).

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}} \quad (13)$$

Onde:

μ — é o valor reduzido do momento fletor;

M_{Ed} — é o valor de cálculo do momento atuante;

b — é a largura da secção, tendo-se considerado 1 m;

d — é a altura útil da secção transversal, 0,21 m;

f_{cd} — é o valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão, 13300 kPa;

$$\omega = \frac{A_{s,p} \times f_{yd}}{b \times d \times f_{cd}} \quad (14)$$

Onde:

ω — é a percentagem mecânica de armadura;

f_{yd} — é o valor de cálculo da tensão de cedência do aço, 348000 kPa;

$A_{s,p}$ — é a área da secção da armadura principal;

A armadura de distribuição ($A_{s,dist}$) será superior a 20 % da armadura principal, com espaçamento inferior a 3 h ou 0,40 m de afastamento e a armadura de apoio ($A_{s,apoio}$) será a maior área entre a $A_{s,min}$ e 15 % da $A_{s,p}$ com afastamento máximo inferior a 3,5 h ou 0,45 m.

Após a obtenção da armadura efetuou-se a verificação da laje ao esforço transversal máximo recorrendo à equação (15).

$$V_{Rd,c} \geq \begin{cases} 0,12 \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{\frac{1}{3}} \times b \times d \\ 0,035 \times k^{\frac{3}{2}} \times f_{ck}^{\frac{1}{2}} \times b \times d \end{cases} > V_{Ed} \quad (15)$$

Onde:

$V_{Rd,c}$ — é o valor de cálculo do esforço transversal máximo resistente da secção;

V_{Ed} — é o valor de cálculo do esforço transversal atuante;

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2;$$

ρ_l — é a taxa de armadura longitudinal, $\frac{A_{sl}}{b \times d} \leq 0,02$.

Na Tabela 5.13 resumem-se os resultados obtidos e na Figura 5.5 e Figura 5.6 pormenorizam-se as armaduras.

Tabela 5.13 - Resultados do cálculo da armadura da laje de escada

M_{Ed} (kN)	$A_{s,min}$ (cm ²)	$A_{s,máx}$ (cm ²)	$S_{máx}$ (m)	μ	ω	A_{Sp} (cm ²)	$A_{s,dist}$ (cm ²)	$A_{s,apoio}$ (cm ²)	V_{Rd} (kN)
9,20	2,73	84	0,25	0,01568	0,01568	1,2588	0,55	2,73	271,5
8,40				0,01432	0,01432	1,1493			
6,80				0,01159	0,01159	0,9301			

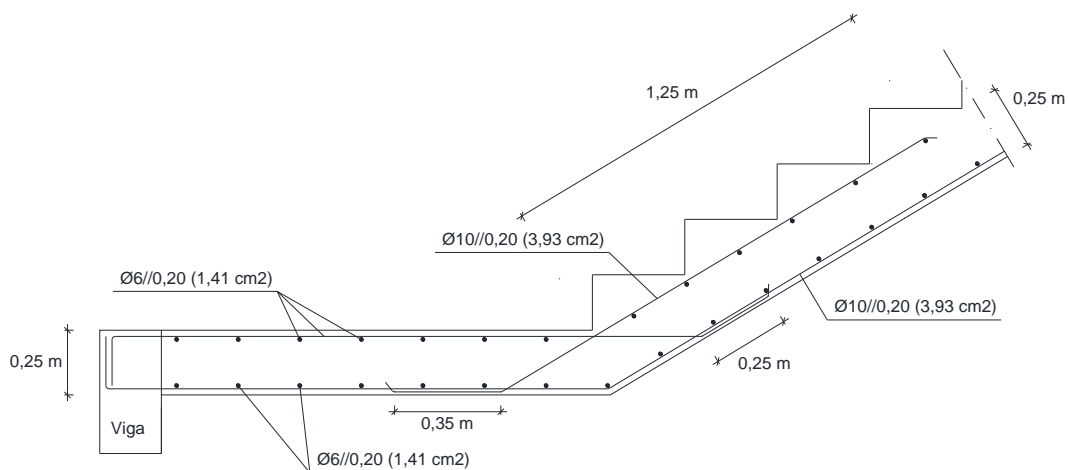


Figura 5.5 - Pormenor das armadura no patamar inferior

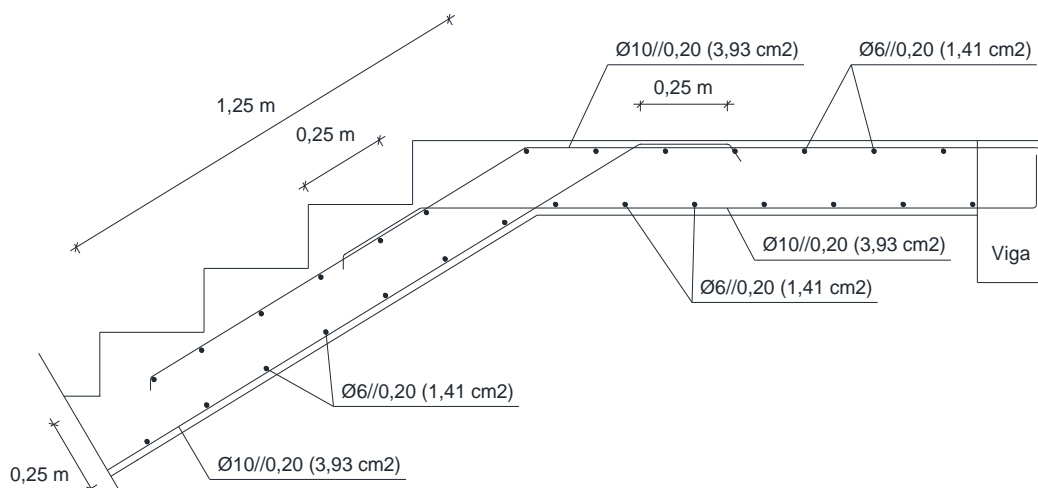


Figura 5.6 - Pormenor das armaduras no patamar superior

5.2.7.3 Laje em betão armado da LP3

É parte constituinte da laje de pavimento LP3 uma laje em betão armado que garante a impermeabilidade da mesma. O seu dimensionamento obedeceu à mesma metodologia utilizada no cálculo da escada apresentada no ponto anterior. Na Figura 5.7 apresenta-se o pormenor da disposição das armaduras.

Para controle das fissurações superiores foi considerada a aplicação de malhasol na face superior da laje.

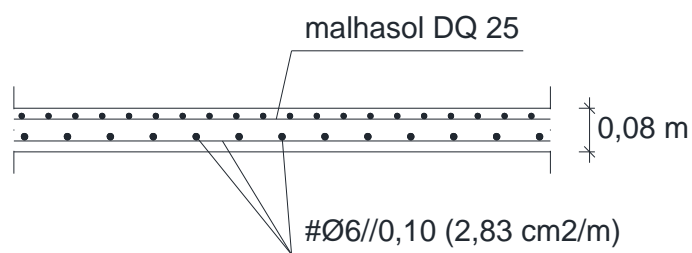


Figura 5.7 - Armadura da laje na LP3

5.2.7.4 Vigas

O pré dimensionamento das vigas em perfis metálicos foi efetuado recorrendo ao mesmo método utilizado para o pré dimensionamento dos perfis das lajes de pavimento. A análise foi simplificada considerando-se as vigas como simplesmente apoiadas. Os resultados apresentam-se na Tabela 5.14, Tabela 5.15 e Tabela 5.16.

Tabela 5.14 - Dimensionamento das vigas metálicas através do cálculo da flecha

VIGA	Vão	E. L. Utilização			Perfil				
		$\frac{L}{250}$ (m)	S_{Ed} (kN/m)	I_y (m ⁴)	Desig.	I_y (m ⁴)	G (kN/m)	S_{Ed+G} (kN/m)	δ (m)
V1	5,00	0,02	7,40	1,43E-05	IPE 270	5,79E-05	0,361	7,76	0,0052
V2	5,00	0,02	14,68	2,84E-05	IPE 300	8,36E-05	0,361	15,04	0,0070
V3	5,00	0,02	15,44	2,99E-05	IPE 300	8,36E-05	0,361	15,80	0,0073
V4	5,00	0,02	8,17	1,58E-05	IPE 270	5,79E-05	0,361	8,53	0,0057
V7	1,50	0,006	15,32	8,01E-07	IPE 200	1,94E-05	0,224	15,54	0,0003
V8	3,40	0,0136	8,74	5,32E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	8,96	0,0038
V9	2,50	0,01	6,75	1,63E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	6,97	0,0009
V10	2,50	0,01	18,25	4,42E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	18,47	0,0023
V11	2,50	0,01	21,62	5,24E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	21,84	0,0027
V12	2,50	0,01	10,12	2,45E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	10,34	0,0013
V13	3,70	0,0148	7,81	6,13E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	8,03	0,0048
V14	3,70	0,0148	16,69	1,31E-05	IPE 240	3,89E-05	0,307	16,99	0,0051
V15	3,70	0,0148	16,69	1,31E-05	IPE 240	3,89E-05	0,307	16,99	0,0051
V16	3,70	0,0148	7,81	6,13E-06	IPE 240	3,89E-05	0,307	8,12	0,0024
V17	5,00	0,02	9,20	1,78E-05	IPE 270	5,79E-05	0,361	9,56	0,0064
V18	5,00	0,02	16,66	3,23E-05	IPE 330	1,18E-04	0,491	17,15	0,0056
V19	5,00	0,02	18,86	3,65E-05	IPE 330	1,18E-04	0,491	19,35	0,0064
V20	5,00	0,02	20,24	3,92E-05	IPE 330	1,18E-04	0,491	20,73	0,0068
V21	5,00	0,02	10,58	2,05E-05	IPE 330	1,18E-04	0,491	11,07	0,0036
V22	1,50	0,006	12,60	6,59E-07	IPE 200	1,94E-05	0,224	12,83	0,0002
V23	3,40	0,0136	7,99	4,87E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	8,21	0,0035
V24	2,50	0,01	8,74	2,12E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	8,96	0,0011
V25	2,50	0,01	20,24	4,90E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	20,46	0,0026
V26	2,50	0,01	21,85	5,29E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	22,07	0,0028
V27	2,50	0,01	10,35	2,51E-06	IPE 200	1,94E-05	0,224	10,57	0,0013
V28	3,70	0,0148	18,60	1,46E-05	IPE 240	3,89E-05	0,307	18,91	0,0056
V29	3,70	0,0148	19,49	1,53E-05	IPE 240	3,89E-05	0,307	19,79	0,0059

Tabela 5.15 - Verificações relativas ao esforço transversal

Viga	Vão (m)	Perfil		Esforço transversal		Verificações			
		Desig.	A_{vz} (m) ²	V_{Rd} (kN)	V_{Ed} (kN)	$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$	$\frac{V_{pl,Rd}}{2} > V_{Ed}$ (kN)	$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\epsilon}{\eta}$	
V1	5,00	IPE 270	2,21E-03	28,47	299,85	0,09	149,92	33,27	72
V2	5,00	IPE 300	2,57E-03	54,61	348,69	0,16	174,35	35,01	72
V3	5,00	IPE 300	2,57E-03	56,68	348,69	0,16	174,35	35,01	72
V4	5,00	IPE 270	2,21E-03	31,76	299,85	0,11	149,92	33,27	72
V7	1,50	IPE 200	1,40E-03	16,55	189,95	0,09	94,97	28,39	72
V8	3,40	IPE 200	1,40E-03	21,51	189,95	0,11	94,97	28,39	72
V9	2,50	IPE 200	1,40E-03	12,49	189,95	0,07	94,97	28,39	72
V10	2,50	IPE 200	1,40E-03	32,80	189,95	0,17	94,97	28,39	72
V11	2,50	IPE 200	1,40E-03	38,57	189,95	0,20	94,97	28,39	72
V12	2,50	IPE 200	1,40E-03	18,25	189,95	0,10	94,97	28,39	72
V13	3,70	IPE 200	1,40E-03	21,32	189,95	0,11	94,97	28,39	72
V14	3,70	IPE 240	1,91E-03	45,11	259,14	0,17	129,57	30,71	72
V15	3,70	IPE 240	1,91E-03	45,11	259,14	0,17	129,57	30,71	72
V16	3,70	IPE 240	1,91E-03	21,52	259,14	0,08	129,57	30,71	72
V17	5,00	IPE 270	2,21E-03	33,72	299,85	0,11	149,92	30,71	72
V18	5,00	IPE 330	3,08E-03	60,93	417,89	0,15	208,94	36,13	72
V19	5,00	IPE 330	3,08E-03	68,28	417,89	0,16	208,94	36,13	72
V20	5,00	IPE 330	3,08E-03	73,16	417,89	0,18	208,94	36,13	72
V21	5,00	IPE 330	3,08E-03	39,03	417,89	0,09	208,94	36,13	72
V22	1,50	IPE 200	1,40E-03	13,81	189,95	0,07	94,97	28,39	72
V23	3,40	IPE 200	1,40E-03	20,02	189,95	0,11	94,97	28,39	72
V24	2,50	IPE 200	1,40E-03	15,82	189,95	0,08	94,97	28,39	72
V25	2,50	IPE 200	1,40E-03	36,13	189,95	0,19	94,97	28,39	72
V26	2,50	IPE 200	1,40E-03	38,97	189,95	0,21	94,97	28,39	72
V27	2,50	IPE 200	1,40E-03	18,66	189,95	0,10	94,97	28,39	72
V28	3,70	IPE 240	1,91E-03	49,70	259,14	0,19	129,57	30,71	72
V29	3,70	IPE 240	1,91E-03	52,06	259,14	0,20	129,57	30,71	72

Tabela 5.16 - Verificações relativas à flexão

Viga	Vão (m)	Perfil		Flexão		Verificações
		Desig.	W_{ply} (m^3)	M_{Rd} ($kN.m$)	M_{Ed} ($kN.m$)	$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0$
V1	5,00	IPE 270	4,84E-04	113,74	35,59	0,31
V2	5,00	IPE 300	6,28E-04	147,58	68,26	0,46
V3	5,00	IPE 300	6,28E-04	147,58	70,85	0,48
V4	5,00	IPE 270	4,84E-04	113,74	39,70	0,35
V7	1,50	IPE 200	2,85E-04	66,98	6,21	0,09
V8	3,40	IPE 200	2,85E-04	66,98	18,28	0,27
V9	2,50	IPE 200	2,85E-04	66,98	7,81	0,12
V10	2,50	IPE 200	2,85E-04	66,98	20,50	0,31
V11	2,50	IPE 200	2,85E-04	66,98	24,10	0,36
V12	2,50	IPE 200	2,85E-04	66,98	11,41	0,17
V13	3,70	IPE 200	2,85E-04	66,98	19,72	0,29
V14	3,70	IPE 240	3,67E-04	86,25	41,73	0,48
V15	3,70	IPE 240	3,67E-04	86,25	41,73	0,48
V16	3,70	IPE 240	3,67E-04	86,25	19,91	0,23
V17	5,00	IPE 270	4,84E-04	113,74	42,15	0,37
V18	5,00	IPE 330	8,04E-04	188,94	76,17	0,40
V19	5,00	IPE 330	8,04E-04	188,94	85,35	0,45
V20	5,00	IPE 330	8,04E-04	188,94	91,45	0,48
V21	5,00	IPE 330	8,04E-04	188,94	48,79	0,26
V22	1,50	IPE 200	2,85E-04	66,98	5,18	0,08
V23	3,40	IPE 200	2,85E-04	66,98	17,02	0,25
V24	2,50	IPE 200	2,85E-04	66,98	9,88	0,15
V25	2,50	IPE 200	2,85E-04	66,98	22,58	0,34
V26	2,50	IPE 200	2,85E-04	66,98	24,36	0,36
V27	2,50	IPE 200	2,85E-04	66,98	11,66	0,17
V28	3,70	IPE 240	3,67E-04	86,25	45,97	0,53
V29	3,70	IPE 240	3,67E-04	86,25	48,15	0,56

As vigas VT não recebem cargas diretamente da laje, funcionando como vigas de bordo/travação tendo-se considerado para o efeito um perfil IPE 200.

Considerou-se as vigas V5, V6 e VE em betão armado, do mesmo material dos elementos nos quais se apoiam (caixa de elevador e paredes da caixa de escada). O seu pré-dimensionamento foi efetuado recorrendo à metodologia especificada no ponto 5.2.7.2 tendo-se obtido uma viga com as dimensões de 20 x 30 cm (Figura 5.5 e Figura 5.6).

5.2.7.5 Pilares

A solução estrutural obtida é composta por 15 pilares metálicos aos quais ligarão as vigas metálicas já pré-dimensionadas. O pré-dimensionamento dos pilares resumiu-se à análise dos pilares mais esforçados ao nível do piso do R/Chão e obtenção da sua área de aço recorrendo à equação (16).

$$A = \frac{N_{Ed}}{f_y}$$

Onde:

A — é a área de aço;

N_{Ed} — é o valor de cálculo do esforço axial atuante;

f_y — é a tensão de cedência, 235 MPa.

Recorrendo às plantas estruturais verificou-se que os pilares com maior área de influência e maior solicitação de esforços axiais são o PM9 e o PM10. Na Tabela 5.17 resumem-se os valores obtidos e resultado do pré dimensionamento.

Tabela 5.17 - Pré dimensionamento dos pilares

Pilar	Piso	h Piso (m)	Cargas (kN)		A m ²	Perfil	
			Piso	Total		Desig.	A m ²
PM9	Teto - 3º Piso	3	52,06	304,74	1,13E-03	HEB 200	7,81E-03
	3º Piso - 2º Piso	4,3	88,01				
	2º Piso - 1º Piso	2,9	82,33				
	1º Piso - R/Chão	4,7	82,33				
PM10	Teto - 3º Piso	3	54,50	326,85	1,39E-03	HEB 200	7,81E-03
	3º Piso - 2º Piso	4,3	92,12				
	2º Piso - 1º Piso	2,9	90,12				
	1º Piso - R/Chão	4,7	90,12				

Analisando o quadro pode-se constatar que a condicionante na escolha do perfil não foi a área necessária para suporte das cargas axiais, mas sim por condicionantes geométricas dado que os pilares em estudo vão suportar perfis (IPE 330) com 160 mm de largura.

5.2.7.6 Ligações da estrutura metálica às paredes de fachada

Conforme mencionado na apresentação da solução estrutural (5.2.1), os pilares metálicos e vigas metálicas perimetrais, para além de suportarem as estruturas dos pavimentos, irão servir de elementos de escoramento das paredes em pedra existentes nas fachadas e reforço às ações do vento e sísmicas.

A ligação dos elementos metálicos às paredes existentes (Figura 5.8) será efetuada com recurso a conectores metálicos, fixos à fachada com cavilhas metálicas introduzidas em furos previamente executados, selados com “grout” e fixos aos perfis metálicos através de parafusos ou soldadura [21].

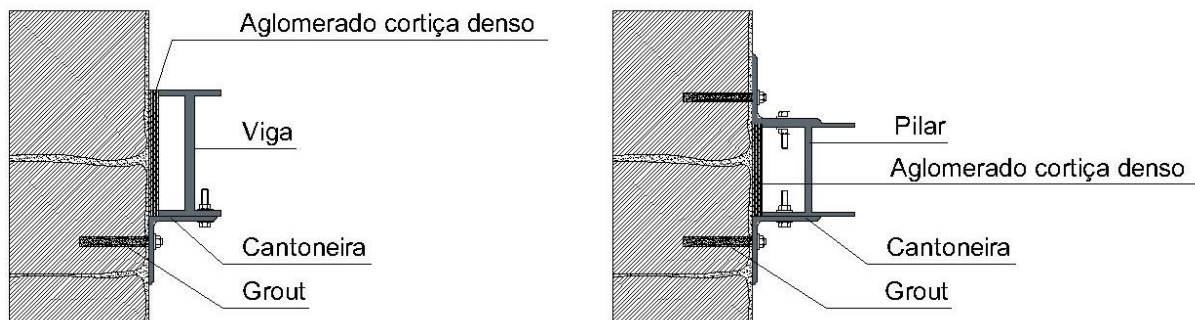


Figura 5.8 - Escoramento das fachadas

5.3 PROJETO DE ABASTECIMENTO E DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

5.3.1 Abastecimento de Água

O projeto de abastecimento de água tem como objetivo o de definir o traçado das tubagens de abastecimento de água e calcular os diâmetros das mesmas. Foi efetuado o dimensionamento integral da rede de abastecimento de água do edifício.

As soluções construtivas apresentadas têm como objetivo garantir o bom funcionamento do edifício com um grau de conforto satisfatório, mantendo a conformidade com a legislação em vigor.

Toda a sua conceção está intrinsecamente em consonância com o Projeto de Arquitetura, Estabilidade e outras instalações numa perspetiva global, de modo a obter a máxima eficácia e rendimento requeridos, respeitando as Normas, Especificações e demais legislações em vigor, particularmente o Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas [22] e o Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto (Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR)) [23].

5.3.1.1 Descrição do sistema

A adução de água para distribuição ao edifício será proveniente do ramal ligado à rede pública sito junto à entrada principal para o edifício. O material considerado para as tubagens foi o PP-RCT (polipropileno Coprax Plus) da marca Coprax [23]. A escolha do material deveu-se à sua elevada resistência à pressão, às temperaturas elevadas a longo prazo e à sua menor espessura o que proporciona maiores caudais.

A distribuição de água ao edifício será do tipo ramificada e inicia-se no contador geral. Devido à natureza da obra e seus materiais pretende-se que a execução da rede de abastecimento seja isenta da abertura de roços nas paredes existentes de forma a não fragilizar os elementos. Para o feito o seu traçado será efetuado de forma a ser fixo na parte inferior das lajes (tetos) e dentro das estruturas das paredes em placa de gesso cartonado. As tubagens serão fixadas por cunhas e abraçadeiras e serão constituídas por troços retos horizontais e verticais ligados entre si por acessórios apropriados. Os troços horizontais deverão apresentar uma inclinação mínima de 0,5 % a fim de evitar o aparecimento de bolhas de ar ou vapor nos pontos altos das canalizações de modo a não perturbar a circulação do fluido e evitar a produção de ruídos.

A água quente será produzida por bomba de calor instalada na casa das máquinas. O afastamento entre as canalizações de água quente e água fria terão um afastamento mínimo de 5 *cm* e nos troços horizontais a rede de água quente deverá andar sempre por cima e será devidamente isolada por produtos adequados, imputrescíveis, não corrosivos, incombustíveis e resistentes à humidade, nomeadamente manga com espessura de 20 *mm*.

Foi considerada a instalação de válvulas de secionamento imediatamente a montante e a jusante do contador, à entrada dos ramais de distribuição das instalações sanitárias, da cozinha, da lavandaria e a montante do aparelho de produção de água quente e das máquinas de lavar roupa. O objetivo da instalação destas válvulas é o de permitir em caso de avaria de um dispositivo ou de uma tubagem, o corte parcelar permitindo que o resto da rede continue em funcionamento.

5.3.1.2 Dimensionamento

O dimensionamento das tubagens foi efetuado de acordo com os caudais de cálculo, velocidades admissíveis (entre 0,5 *m/s* e 2,0 *m/s*), rugosidade dos materiais e as pressões de serviço nos dispositivos de utilização que se deverão situar entre 50 *kPa* e 600 *kPa*, sendo recomendável que se mantenham entre os 150 *kPa* e 300 *kPa*, utilizando a metodologia de cálculo e fórmulas especificadas no Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas [22].

Aos comprimentos de todos os troços foi considerada uma majoração de 20 % pretendendo-se com isso considerar as perdas de cargas localizadas, resultantes da instalação dos dispositivos de derivação, curvas e válvulas de seccionamento.

Os diâmetros das tubagens foram dimensionados em função dos dispositivos de utilização a servir, tendo em conta o caudal instantâneo que lhes é correspondente (Tabela 5.18), tendo por base o anexo IV do RGSPDADAR [23] e o coeficiente de simultaneidade.

Tabela 5.18 - Caudais instantâneos

Designação	Sigla	Caudal (l/s)
Autoclismo de bacia de retrete	Br	0,10
Chuveiro	Ch	0,15
Lavatório individual	Lv	0,10
Máquina de lavar roupa	Mr	0,20
Máquina de lavar louça	MI	0,15
Pia lava-louça	LI	0,20
Urinol	Ur	0,15

Encontrados os caudais instantâneos em função do número de dispositivos a abastecer, foi calculado o caudal acumulado total. O caudal acumulado total para o dimensionamento do ramal, tubagem que abastece o edifício, resulta da soma dos caudais instantâneos de todos os dispositivos a abastecer com água fria e a soma de 50 % dos caudais instantâneos dos dispositivos com abastecimento de água quente. Desta forma consideramos que não estarão em funcionamento simultâneo todos os dispositivos.

Para a obtenção dos caudais de cálculo foi considerado um nível de conforto médio. Para o efeito e com base no método preconizado no regulamento o caudal de cálculo foi obtido a partir das equações (17) e (18). Esta consideração só é tida em conta quando a tubagem está a abastecer mais que um dispositivo, caso contrário considera-se o caudal instantâneo.

$$Q_{calc} = 0,5469 \cdot Q_{acum}^{0,5137}, se Q_{acum} \leq 3,5 \frac{l}{s} \quad (17)$$

$$Q_{calc} = 0,5226 \cdot Q_{acum}^{0,5364}, se 3,5 < Q_{acum} \leq 25 \frac{l}{s} \quad (18)$$

Os diâmetros mínimos internos das tubagens foram obtidos através da equação (19).

$$D_{min.}(mm) = \sqrt{\frac{4 \times Q_{Calc} \times 1000}{2 \times \pi}} \quad (19)$$

Obtidos os diâmetros mínimos para todos os troços escolheram-se os diâmetros internos comerciais das tubagens consideradas para o cálculo.

A verificação das velocidades reais dentro das tubagens, com limite regulamentar entre os 0,5 m/s e os 2 m/s, foi efetuada recorrendo à equação (20).

$$U(m/s) = \frac{4 \times Q_{Calc}}{\pi \times D_{min.} \times 1000} \quad (20)$$

Para o cálculo das perdas de carga (Δh) foram consideradas perdas de carga localizadas de 5 *m.c.a.* para o contador e de 3 *m.c.a.* para a bomba de calor. As perdas de carga contínuas são calculadas com base na Lei de Darcy-Weisbach, com o coeficiente de resistência quantificado a partir da expressão de Colebrook-White explicitada por Barr, de acordo com as equações (21), (22), e (23).

$$J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{U^2}{2g} \quad (21)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{K}{3,7 \cdot D} + \frac{5,1286}{Re^{0,89}} \right) \quad (22)$$

$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu} \quad (23)$$

Onde:

- J - Perda de carga continua por unidade de comprimento (m/m);
- λ - Coeficiente de Resistência;
- D - Diâmetro útil da tubagem (m);
- U - Velocidade média do escoamento (m/s);
- g - Aceleração da gravidade (m/s^2);
- K - Rugosidade absoluta da tubagem fornecida pelo fabricante (mm);
- Re - Número de Reynolds;
- ν - Coeficiente de viscosidade dinâmica (m^2/s).

No dimensionamento da rede água fria e água quente a viscosidade do fluido devido á diferença de temperatura foi tido em conta, tendo-se considerado o coeficiente de viscosidade dinâmica com os valores apresentados na Tabela 5.19.

Tabela 5.19 - Coeficientes de viscosidade dinâmica

Designação	ν (m^2/s)
Água Fria	$1,06 \times 10^{-6}$
Água Quente	$4,7 \times 10^{-7}$

A tubagem considerada para as redes prediais de água fria e quente são de Polipropileno Copolímero Random (PP-RCT) da marca Coprax [24] com as características apresentadas na Tabela 5.20.

Tabela 5.20 - Características da tubagem adotada [24]

Coprax PP-RCT			
DN (mm)	D _{ext} (mm)	Espessura (mm)	D _{int} (mm)
20,0	20,0	2,8	14,4
25,0	25,0	3,5	18,0
32,0	32,0	4,4	23,2
40,0	40,0	5,5	29,0
50,0	50,0	6,9	36,2
63,0	63,0	8,6	45,8
75,0	75,0	10,3	54,4
90,0	90,0	12,3	65,4
110,0	110,0	15,1	79,8
125,0	125,0	11,4	102,2
160,0	160,0	14,6	130,8
Rugosidade (k)		0,00138 mm	

Após obtidas as perdas de carga foi efetuado o cálculo das pressões (P/γ) nas tubagens. O cálculo das pressões nas tubagens depende da altura a que a tubagem se encontra (Z). Tal como acima referido a pressão no dispositivo mais desfavorável tem de se encontrar dentro dos limites admitidos.

O dispositivo mais desfavorável no nosso edifício é o aparelho que se encontra à cota mais elevada e mais distante do início da rede de distribuição predial, o lavatório instalado no quarto duplo 5. Nesse ponto pressão obtida foi de 11,57 *m.c.a.*, estando dentro dos limites admitidos no regulamento.

Os cálculos hidráulicos da rede de distribuição apresentam-se no Anexo IV.

5.3.1.3 Peças desenhadas

As peças desenhadas que se apresentam no Anexo IV refletem o traçado da rede de distribuição de abastecimento de água ao edifício, em consonância com o Projeto de Estabilidade.

5.3.2 Drenagem das Águas Residuais Prediais

O projeto de drenagem de águas residuais prediais tem como objetivo definir um traçado de tubagens que resulte na condução das águas utilizadas no edifício para a rede pública de drenagem de águas residuais para posterior tratamento. Este projeto está por isso diretamente ligado ao projeto de abastecimento de águas descrito no ponto anterior.

O traçado da rede foi definido tendo em consideração o Projeto de Estabilidade de forma a evitar colisões entre os elementos estruturais com as tubagens.

O traçado e seu dimensionamento obedeceu ao disposto no RGSPDADAR [23].

5.3.2.1 Descrição do Sistema

O edifício está inserido numa zona abrangida pela rede pública de saneamento, estando prevista a ligação á mesma a partir da Câmara Ramal de Ligação (CRL).

As águas residuais serão drenadas para o coletor público por escoamento gravítico. Os esgotos produzidos nos aparelhos instalados nos pisos superiores serão recolhidos através de ramais de descarga que os conduzem aos tubos de queda (TQ) inseridos em ductos verticais (couretes) localizadas nas proximidades das instalações. Os tubos de queda por sua vez ligarão a coletores prediais (CP) suspensos no teto do piso do r/chão. Essa rede suspensa terá como destino a ultima caixa de visita antes da CRL. Os esgotos produzidos ao nível do piso do r/chão ligam através dos ramais de descarga à rede enterrada constituída por caixas de visita (CV) ligadas entre si pelos coletores prediais.

5.3.2.2 Dimensionamento

A quantificação dos caudais foi elaborada a partir dos caudais mínimos de cada aparelho dispostos no anexo XIV do RGSPDADAR [23].

Os cálculos hidráulicos dos diversos elementos que constituem a rede residual foram dimensionados, atendendo às disposições regulamentares e o no Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas [22].

Para efeitos de cálculo foram consideradas tubagens em PVC, não plastificado da classe 0,6 MPa, com as características apresentadas na Tabela 5.21.

Tabela 5.21 - Características da tubagem PVC

Tubagem PVC - U PN6	
Coeficiente de Strickler: $120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$	
Diâmetro Nominal (mm)	Diâmetro Interno (mm)
Ø40	34
Ø50	44
Ø75	69
Ø90	84
Ø110	103,6
Ø125	118,6

Os valores mínimos dos caudais de descarga a considerar nos aparelhos e equipamentos sanitários apresentam-se no Tabela 5.22.

Tabela 5.22 - Caudais mínimos de descarga

Designação	Sigla	Caudal (l/min)
Autoclismo de bacia de retrete	Br	90
Chuveiro	Ch	30
Lavatório individual	Lv	30
Máquina de lavar roupa	Mr	60
Máquina de lavar louça	MI	60
Pia lava-louça	LI	30
Urinol	Us	60

Todos os elementos da rede foram dimensionados tendo em consideração o caudal de cálculo, caudal este que é função do caudal de descarga acumulado e de um coeficiente de simultaneidade que é definido como a relação entre o caudal acumulado e o caudal de cálculo. O coeficiente de simultaneidade é determinado em função de dados estatísticos e resulta de uma curva de probabilidades existente no RGSPDADAR [23].

5.3.2.2.1 Ramais de descarga

Os ramais de descarga que têm por finalidade a condução das águas residuais produzidas nos aparelhos às caixas de pavimento e aos tubos de queda. Foram dimensionados para o caudal mínimo do aparelho que servem, com base na expressão de Manning-Strickler (equação (24)) e as expressões de Malafaia-

Proença determinando a relação h/D , obtendo-se assim a altura e a velocidade do escoamento. Os ramais de descarga individuais foram dimensionados para secção cheia e os ramais de descarga coletivos dimensionados para meia secção.

A ligação dos ramais de descarga aos tubos de queda será efetuada por forquilhas.

$$Q = K_s \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (24)$$

Onde:

- Q - Caudal (m^3/s);
- K - Coeficiente de Strickler ($m^{1/3}/s$);
- S - Secção Molhada (m^2);
- R_h - Raio Hidráulico (m);
- i - Inclinação da tubagem (m/m).

Os ramais de descarga coletivos foram dimensionados a partir dos caudais de cálculo obtidos pela equação (25), que tem por base a não simultaneidade de funcionamento dos equipamentos.

$$Q_{calc} = 7,3497 \times Q_{acum}^{0,5352} \quad (25)$$

Onde:

- Q_{calc} - Caudal de Cálculo (m^3/s);
- Q_{acum} - Caudal Acumulado (m^3/s).

A Tabela 5.23 apresenta os resultados obtidos no dimensionamento dos ramais de descarga.

Tabela 5.23 - Dimensionamento dos ramais de descarga

Dimensionamento dos ramais de descarga							
Caixa Pavimento	Q_{acum}	D_{min}	Q_{calc}	i	Dt	DN	Ocupação
	(l/min)	(mm)	(l/min)	(m/m)	(mm)	(mm)	
Cp1	90	50	81,69	0,02	58,46	75	1/2 Secção
Cp2	30	50	45,38	0,02	46,90	75	1/2 Secção
Cp3	60	50	65,76	0,02	53,90	75	1/2 Secção
Cp4	120	50	95,29	0,02	61,94	75	1/2 Secção
Cp5	120	50	95,29	0,02	61,94	75	1/2 Secção
Cp6	60	50	65,76	0,02	53,90	75	1/2 Secção

5.3.2.2.2 Tubos de queda

Os tubos de queda têm por finalidade a condução das águas residuais recolhidas nas caixas de pavimento e diretamente dos aparelhos no caso das sanitas aos coletores prediais e às caixas de visita. Os caudais de cálculo dos tubos de queda são função dos caudais de descarga atribuídos aos aparelhos sanitários que neles descarregam e do coeficiente de simultaneidade.

Os tubos de queda foram dimensionados tendo em atenção a equação (26).

$$D = 4,4205 \cdot Q_{calc}^{3/8} \cdot t_s^{-5/8} \quad (26)$$

Onde:

D - Diâmetro mínimo (m);

Q_{calc} - Caudal de cálculo (m^3/s);

t_s - Taxa de Ocupação.

A Tabela 5.24 apresenta os valores das taxas de ocupação para os diferentes diâmetros.

Tabela 5.24 - Valores t_s

Diâmetro tubo	Taxa de ocupação
$\varnothing = 50 \text{ mm}$	1 / 3
$50 < \varnothing \leq 75 \text{ mm}$	1 / 4
$75 < \varnothing \leq 100 \text{ mm}$	1 / 5
$100 < \varnothing \leq 125 \text{ mm}$	1 / 6
$D > 125 \text{ mm}$	1 / 7

No dimensionamento dos tubos de queda procurou-se evitar a introdução de ventilação secundária, adotando-se para isso a relação:

$$\frac{Q}{\varnothing} \leq 2,5$$

Onde:

Q - Caudal de cálculo;

\varnothing - Diâmetro do tubo de queda.

A Tabela 5.25 apresenta os resultados obtidos no dimensionamento dos tubos de queda.

Tabela 5.25 - Dimensionamento dos tubos de queda e de ventilação

Dimensionamento dos tubos de queda												
TQ	Aparelhos	Q _{acum} (l/min)	D _{min} (mm)	Q _{calc} (l/s)	T _s	T _s	D _t (mm)	DN (mm)	D _{int} (mm)	Lv (m)	Dv,t (mm)	Dv (mm)
1	2Lv+2Ch+2Mr	240	75	138,09	1/5	0,20	76,72	90	84	3,00	43,12	90
2	2Br	180	90	118,38	1/5	0,20	72,41	90	84	3,00	43,12	90
3	3Br	270	90	147,07	1/5	0,20	78,55	90	84	3,00	43,12	90
4	3Br	180	90	118,38	1/5	0,20	72,41	90	84	3,00	43,12	90
5	5Lv+5Ch	300	75	155,61	1/5	0,20	80,23	90	84	3,00	43,12	90
6	2Br	180	90	118,38	1/5	0,20	72,41	90	84	3,00	43,12	90
7	3Br	270	90	147,07	1/5	0,20	78,55	90	84	3,00	43,12	90
8	5Lv+5Ch	300	75	155,61	1/5	0,20	80,23	90	84	3,00	43,12	90
9	4Lv+4Ch	240	75	138,09	1/5	0,20	76,72	90	84	3,00	43,12	90
10	4Br	360	90	171,55	1/5	0,20	83,22	110	103,6	3,00	52,70	110
11	BR	90	90	81,69	1/5	0,20	63,01	90	84	3,00	43,12	90
12	CP6	2520	75	486,07	1/7	0,14	151,76	160	153,6	3,00	76,65	160

5.3.2.2.3 Ventilação

A ventilação primária será obtida pelo prolongamento dos respectivos tubos de queda (igual diâmetro) até à sua abertura na atmosfera em, pelo menos 0,50 m acima da cobertura. Na parte superior deverá de ser protegida com rede por forma a evitar a entrada de materiais ou de pequenos animais.

Para o dimensionamento da coluna de ventilação foi utilizada a equação (27).

$$D_v = 0,390 Lv^{0,187} D \quad (27)$$

Onde:

D_v - Diâmetro interior da coluna de ventilação (m);

L_v - Comprimento da coluna de ventilação (m);

D - Diâmetro interior do tubo de queda.

Os valores obtidos podem ser consultados na Tabela 5.25.

5.3.2.2.4 Coletores prediais

Os coletores prediais têm como função a recolha e transporte dos caudais provenientes dos tubos de queda e das caixas de visita. O diâmetro nominal dos coletores prediais não pode ser inferior ao maior dos diâmetros das canalizações a montante dos mesmos, com um mínimo de 100 *mm*. O seu dimensionamento foi, por imposições regulamentares, realizado com inclinações entre 1% e 4% e taxas de ocupação inferiores a 50% tendo sido utilizado o mesmo método anteriormente descrito para os ramais de descarga.

Os valores obtidos apresentam-se na Tabela 5.26.

Tabela 5.26 - Dimensionamento dos coletores prediais

Dimensionamento dos coletores prediais									
Troço	Recolha	Q _{acum} (l/min)	D _{min} (mm)	Q _{calc} (l/min)	i (m/m)	Dt (mm)	DN (mm)	DN _{int} (mm)	Q _{max} (l/min)
CP1	TQ1 + TQ2	420	100	186,31	0,02	79,65	110	103,6	376
CP2	CP1 + TQ3 + TQ4 + TQ5	1170	100	322,38	0,02	97,83	110	103,6	376
CP3	TQ6 + TQ7 + TQ8	750	100	254,10	0,02	89,48	110	103,6	376
CP4	CP2 + CP3	1920	100	420,24	0,02	108,05	125	118,6	539
CP5	TQ9 + TQ10 + TQ11	600	100	225,49	0,02	85,56	125	118,6	539
CP6	CP4 + CP5	2520	100	486,07	0,02	114,11	125	118,6	539
CP7	LV + BR + UR	180	100	118,38	0,02	67,19	110	103,6	376
CP8	CP7 + LV + BR	300	100	155,61	0,02	74,45	110	103,6	376
CP9	CP8 + 2 LI	360	100	171,55	0,02	77,22	110	103,6	376
CP10	CP9 + CP6	2880	100	522,08	0,02	117,21	160	153,6	1074

5.3.2.2.5 Caixas de Visita

As caixas de visita têm por finalidade assegurar as operações de limpeza e manutenção dos coletores, pelo que devem distar entre si no máximo 15 *m*. A dimensão mínima em planta das câmaras de inspeção, para alturas inferiores a 1 *m*, não deve ser inferior a 0,8 da sua altura, medida da soleira ao pavimento. Para alturas superiores a 1 *m*, as dimensões mínimas em planta são as indicadas para as câmaras de visita em que a dimensão mínima, em planta, ou o diâmetro, respetivamente, da câmara de visita retangular ou circular não deve ser menor que 1 *m* ou 1,25 *m*, consoante a sua profundidade seja inferior a 2,5 *m* ou igual ou superior a 2,5 *m* ou igual ou superior a este valor. A relação entre a largura e a profundidade das câmaras de visita deve ter sempre em consideração a operacionalidade e a segurança do pessoal da exploração.

5.3.2.3 Peças desenhadas

As plantas da rede de drenagem de águas residuais do edifício apresentam-se no Anexo V e foram elaboradas em consonância com o Projeto de Estabilidade.

As ligações das caixas de pavimento inseridas no pavimento térreo às caixas de visita serão efetuadas recorrendo à instalação de boca de limpeza pela diferença de cotas entre o fundo das caixas de visita e as caixas de pavimento (Figura 5.9).

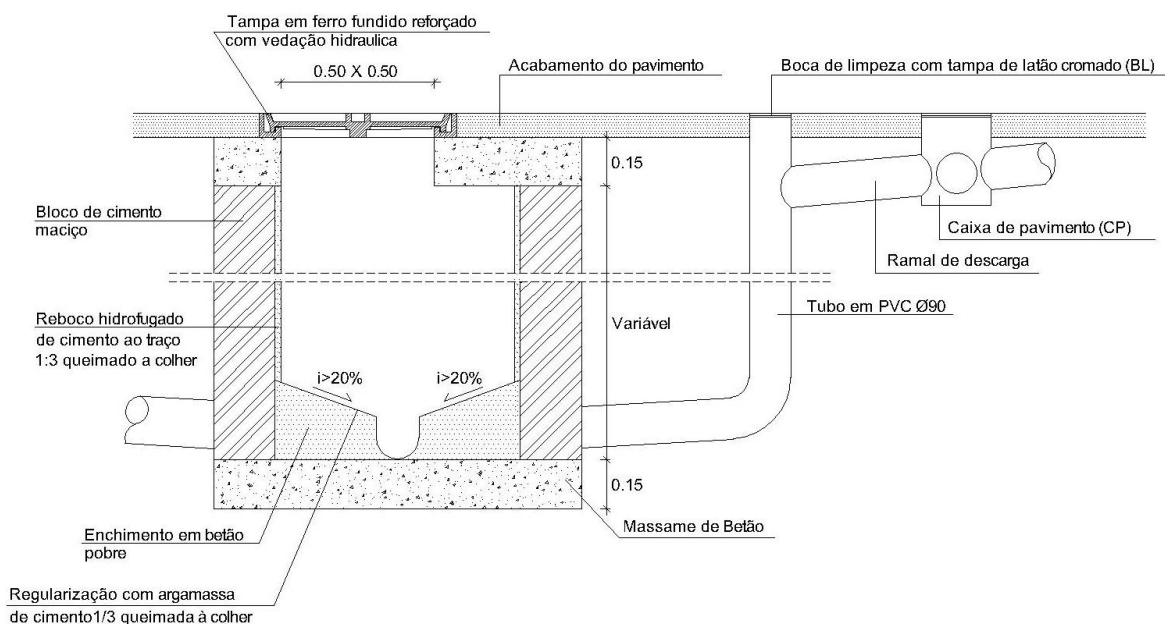


Figura 5.9 - Ligação boca de limpeza com caixa de visita

Serão instaladas bocas de limpeza nos tubos de queda ao nível do 1º e 3º Piso, junto à inserção dos ramos de descarga, para permitir a sua inspeção e limpeza se necessário (Figura 5.10).

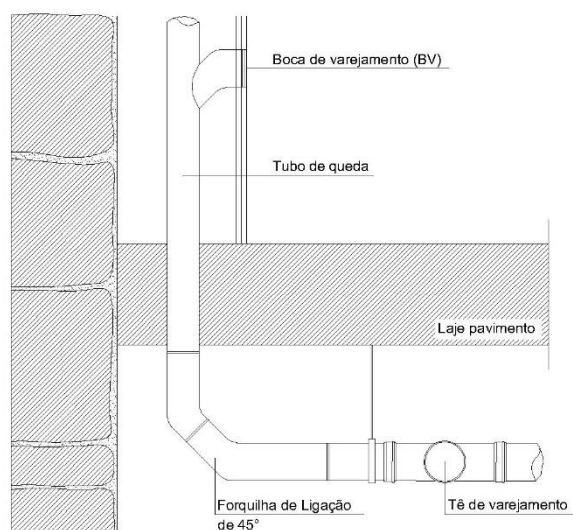


Figura 5.10 - Boca de limpeza em tubo de queda e coletores prediais suspensos

Ao nível de cada piso, os ramais de descarga dos aparelhos, com exceção das bacias de retrete, quando não se inserem diretamente em tubos de queda ou em caixas de visita, serão reunidas em caixas de pavimento (Cp) em P.V.C. rígido. Quando o aparelho não for sifonado, a sifonagem realizar-se-á na própria caixa de pavimento, interpondo-se cachimbo na ligação desse ramal à caixa. As caixas de pavimento disporão de tampa roscada de latão cromado (Figura 5.9), para facilitar a inspeção e a limpeza da rede.

5.4 PROJETOS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

5.4.1 Considerações iniciais

O sucesso de um empreendimento destinado ao alojamento de pessoas, para além de fatores de localização e tipo de serviços prestados, passa muito pelo conforto que proporciona aos seus ocupantes. O conforto térmico e acústico são fatores que são tidos em conta na procura de alojamento pelo público em geral.

É do conhecimento geral que os edifícios antigos têm na sua generalidade um mau comportamento térmico e acústico. Atualmente existem materiais e técnicas de construção que permitem melhorar as características físicas da envolvente existente e respeitar as exigências impostas pela atual legislação em vigor. Para o efeito será efetuada uma análise à envolvente da construção existente e serão adotadas, se necessário, as devidas medidas de melhoria.

5.4.2 Análise do comportamento térmico

À luz das metas e desafios acordados pelos Estados-Membros para 2020, foi publicado num único diploma, o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto [25], que inclui o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), que simultaneamente asseguram a transcrição da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010 e permitem a revisão da legislação nacional que se encontrava desajustada.

O edifício em estudo, por se tratar de um *hostel* (edifício de comércio e serviços) rege-se pelo disposto no RECS. No entanto, o local onde se encontra implantado, no Centro Histórico de Vila Nova de Gaia, o regime jurídico que vigora para estes casos é o R.E.R.U. (Regime Excepcional de Reabilitação Urbana), Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril [26]. O R.E.R.U. dispensa o cumprimento dos requisitos mínimos de eficiência energética, qualidade térmica e acústicos. No entanto quando realizada uma intervenção de reabilitação abre-se uma janela de oportunidades que deverá ser aproveitada para melhorar o desempenho

energético do edifício e o consequente conforto térmico, servindo dessa forma os interesses do empreendedor, que reduzirá os custos de aquecimento e arrefecimento do edifício, e dos ocupantes que terão ao seu dispor um maior conforto.

Conforme o disposto no RECS, a análise do comportamento térmico teve como foco a envolvente exterior (paredes exteriores, vãos e cobertura). No entanto também foi efetuada a análise à envolvente interior entre os compartimentos com sistema de aquecimento/arrefecimento e os que não dispõem, que serão considerados como área não útil. Esta última análise teve como base o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

A Tabela 5.27 apresenta a relação dos compartimentos com e sem sistema de aquecimento/arrefecimento.

Tabela 5.27 - Compartimentos e sistema de aquecimento/arrefecimento

Compartimento	Sistema de aquecimento/arrefecimento
Hall de entrada	Não
Recepção e área de convívio	Sim
Área de refeições e sala de convívio	Sim
Cozinha	Não
Arrumos	Não
Instalações sanitárias	Não
Casa das máquinas	Não
Lavandaria	Não
Quartos	Sim
Dormitórios	Sim

As peças desenhadas que identificam os diferentes elementos a analisar apresentam-se no Anexo VI.

A zona climática na qual o edifício se insere é a Inverno I2 / Verão V2 com 1170 graus-dias de aquecimento.

5.4.2.1 Situação existente

O principal foco de estudo foi o da quantificação dos Coeficientes de Transmissão Térmica (U) nas envolventes mencionadas no ponto anterior. Para o efeito descrevem-se os materiais considerados na constituição dos elementos em estudo:

- a. As paredes exteriores das fachadas frontal e posterior são constituídas por alvenaria em pedra maciça de granito (PE) com acabamento em reboco ou material cerâmico pelo exterior e pelo interior são revestidas a estuque;

- b. As paredes de empena são constituídas por alvenaria em pedra maciça de granito com acabamento a reboco pelo exterior e pelo interior são revestidas a estuque (PE) até ao 3ºPiso;
- c. No último piso as paredes de empena são constituídas por parede em tabique revestidas exteriormente a chapa e interiormente a estuque (PEMP);
- d. A cobertura (COB) é constituída por estrutura em madeira e telhas cerâmicas;
- e. Sobre o 2ºPiso existe um terraço (TERR) que é constituído por pré-laje e camada de forma em argamassa, revestida superiormente a pedra;
- f. Os vãos envidraçados (VE) são constituídos por elementos em madeira e vidro simples translúcido.

A Tabela 5.28 apresenta os valores de U para os elementos em estudo retirados do ITE 50 [27] e os valores de U_{ref} , $U_{máx}$, e fatores solares de referência ($g_{\perp ref}$) e o máximo ($G_{Tmáx}$) que constam no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), Portaria 17-A/2016, de 4 de fevereiro [28].

Tabela 5.28 - Valores de U da envolvente existente

Elemento	Zona Climática I2		
	U (W/(m ² . °C))	U_{ref} (W/(m ² . °C))	$U_{máx}$ (W/(m ² . °C))
PE	2,9	0,60	1,60
COB	3,8	0,45	1,00
TERR	1,4	0,45	1,00
	Zona Climática V2		
VE	4,3 $g_{\perp,vi} = 0,87$		3,30 $G_{Tmáx} = 0,56$

Os resultados apresentados na tabela anterior indicam a necessidade de adoção de medidas de melhoria para corrigir os valores de U .

5.4.2.2 Medidas de melhoria

O estudo das medidas de melhoria a adotar no edifício teve como referência as recomendações descritas no documento Reabilitação do Centro Histórico do Porto – Guia de Termos de Referência para o Desempenho Energético-Ambiental [29], disponibilizado pela Porto Vivo, SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuense, S.A.

Tabela 5.29 - Tipos de Solução de Reabilitação [27]

Elemento	Descrição
Parede Exterior Empena	Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado (fachada ventilada)
	Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento aplicado sobre o isolamento térmico (ETICS)
Parede Exterior Fachada	Aplicação de isolamento térmico pelo interior associado a uma forra pesada (alvenaria, elemento pré-fabricado, etc.)
	Aplicação de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, derivados de madeira, etc.)
Vão envidraçado	Conservar o princípio da caixilharia existente substituindo o vidro simples por vidro duplo associado a proteção interior (portada de madeira)
	Introdução de uma segunda caixilharia interior associada a proteção interior (portada de madeira)
	Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia associada a proteção exterior (estore)
Cobertura	Aplicação de isolamento térmico em cobertura inclinada com desvão não útil (revestimento telha cerâmica)
	Aplicação de isolamento térmico em cobertura inclinada com desvão útil (revestimento telha cerâmica)
	Aplicação de isolamento térmico em cobertura horizontal (terraço)
Claraboia	Colocação de uma caixilharia com vidro duplo pelo interior associada a eventual proteção solar sobre a caixilharia

Foram estudadas duas medidas de melhoria para cada um dos elementos opacos e envidraçados, tendo como objetivo o cumprimento dos valores $U_{máx}$, U_{ref} , g_{Lref} e $G_{Tmáx}$.

A determinação dos Coeficientes de Transmissão Térmica Melhorados (U_{melh1} para U_{ref} e U_{melh2} para $U_{máx}$) para os elementos opacos foi efetuada com recurso à equação (28) [27].

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} \quad (28)$$

Onde:

- U Coeficiente de Transmissão Térmica, em $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;
- R_{si} Resistência térmica superficial interior ($(m^2 \cdot ^\circ C)/W$);
- R_j Resistência térmica da camada ($(m^2 \cdot ^\circ C)/W$);
- R_{se} Resistência térmica superficial exterior ($(m^2 \cdot ^\circ C)/W$).

Para os vãos envidraçados, o cálculo do coeficiente de transmissão térmica U_w , foi obtido a partir da equação (29) [30].

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g}{\sum A_f + \sum A_g} \quad (29)$$

Onde:

- U_w Coeficiente de Transmissão Térmica de uma janela, em $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;
- A_g é a área envidraçada da janela, em m^2 ;
- U_g é o coeficiente de transmissão térmica do vidro, em $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;
- A_f é a área de caixilho da janela, em m^2 ;
- U_f é o coeficiente de transmissão térmica do perfil de caixilharia, em $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;
- Ψ_g é o coeficiente de transmissão térmica linear devido à ligação entre caixilho e vidro, em $W/(m \cdot ^\circ C)$;
- l_g é o perímetro de envidraçado visível da porta, em m ;
- A_w é a área total da janela, em m^2 .

O cálculo do fator solar global, dos envidraçados para cumprir o valor de $G_{Tmáx}$ será efetuado recorrendo ao disposto no Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, de 3 de dezembro [31].

5.4.2.2.1 Envolvente opaca exterior

5.4.2.2.1.1 Paredes exteriores das fachadas (PE)

A medida de melhoria preconizada foi a aplicação de isolamento térmico em Poliestireno Expandido Extrudido (XPS) pelo interior, revestido a placa de gesso cartonado. A Tabela 5.30 apresenta os resultados da medida de melhoria e a Figura 5.11 a respetiva peça desenhada.

Tabela 5.30 - U_{melh1} e U_{melh2} da parede PE

Material	Espessura (m)	λ (W/m. °C)	R_j (m ² . °C/W)	U_{melh1} (W/m ² . °C)	U_{melh2} (W/m ² . °C)
Parede existente	0,40 a 0,60		0,34	$0,50 < U_{ref}$	$0,83 < U_{máx}$
XPS	0,06 para U_{melh1} 0,03* para U_{melh2}	0,037	1,62 0,81	Verifica	Verifica
Placa de gesso cartonado	0,013	0,25	0,052		

*- Espessura comercial mínima dos painéis. Sem isolamento $U=2,55 W/m^2 \cdot ^\circ C$.

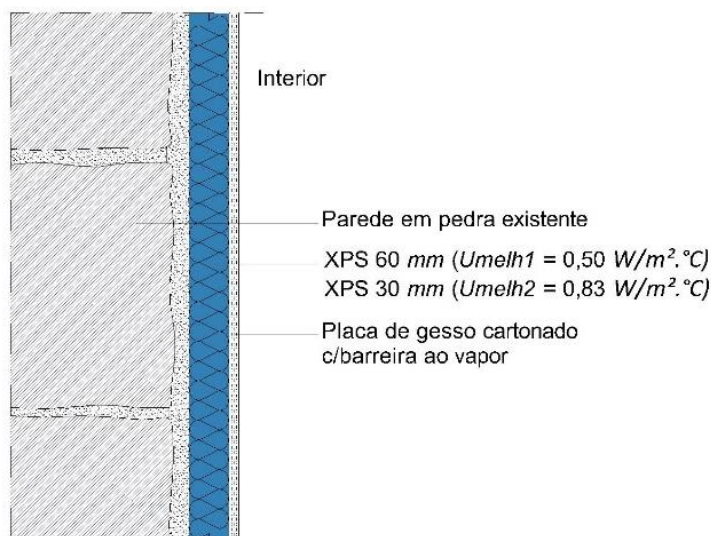


Figura 5.11 - Pormenor construtivo Parede exterior PE

5.4.2.2.1.2 Paredes de Empena (PEMP)

Nas partes das paredes de empina em pedra maciça adotou-se a melhoria preconizada para as paredes PE, no entanto, no último piso a parede em tabique foi considerada como insuficiente tendo-se substituído por parede em alvenaria de bloco térmico do tipo “Artebel BTE 20” [32] com 200 mm de espessura, isolamento térmico em XPS pelo interior e revestimento com placa de gesso cartonado. A Tabela 5.31 apresenta os resultados da medida de melhoria e a Figura 5.12 a respetiva peça desenhada.

Tabela 5.31 - U_{melh1} e U_{melh2} da parede PEMP

Material	Espessura (m)	λ (W/m. °C)	R_j (m ² . °C/W)	U_{melh1} (W/m ² . °C)	U_{melh2} (W/m ² . °C)
Reboco	0,03	1,3	0,023	0,46 < U_{ref} Verifica	0,90 < $U_{máx}$ Verifica
Bloco térmico	0,20	0,23	0,87		
XPS	0,04 para U_{melh1} 0,00 para U_{melh2}	0,037	1,08 0		
Placa de gesso cartonado	0,013	0,25	0,052		
R_{si}			0,13		
R_{se}			0,04		

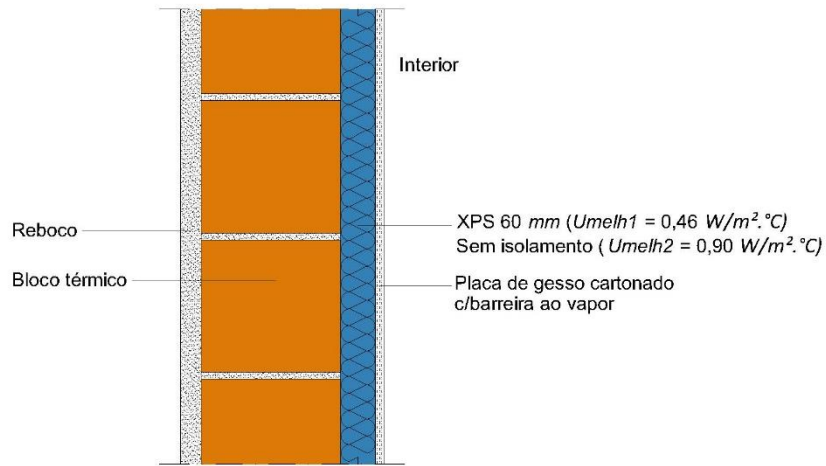


Figura 5.12 - Pormenor construtivo Parede PEMP

5.4.2.2.1.3 Cobertura (COB)

A cobertura será constituída por estrutura em madeira que suportará as telhas cerâmicas. Como medida de melhoria considerou-se a aplicação de isolamento térmico em XPS no desvão não útil. A Tabela 5.32 apresenta os resultados da medida de melhoria e a Figura 5.13 a respetiva peça desenhada.

Tabela 5.32 - U_{melh1} e U_{melh2} para a cobertura (COB)

Material	Espessura (m)	λ (W/m. °C)	R_j (m². °C/W)	U_{melh1} (W/m². °C)	U_{melh2} (W/m². °C)
Cobertura leve			0,26	$0,39 < U_{ref}$	$0,82 < U_{m\acute{a}x}$
XPS	0,08 para U_{melh1} 0,03* para U_{melh2}	0,037	2,16 0,81	Verifica	Verifica
Esteira em OSB	0,02	0,13	0,15		

*- Espessura comercial mínima dos painéis. Sem isolamento $U=2,44 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

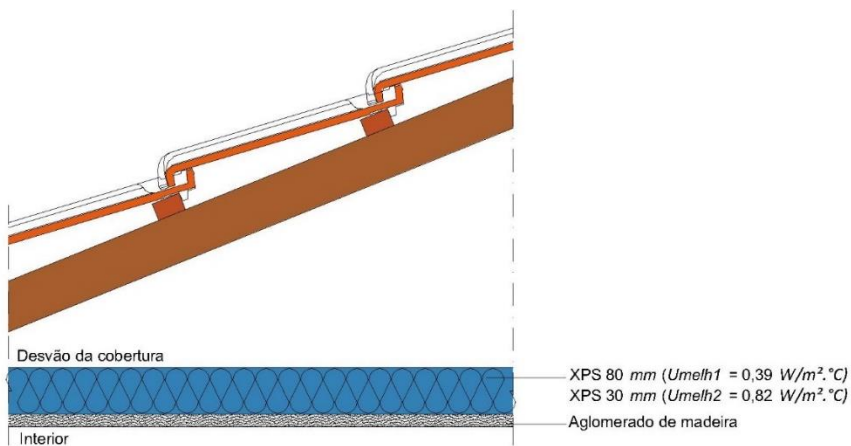


Figura 5.13 - Pormenor construtivo cobertura COB

5.4.2.2.1.4 Cobertura em terraço (TERR)

A medida de melhoria proposta consistiu na aplicação de isolamento térmico em lã de rocha, aplicada sobre teto em placa de gesso cartonado sob o terraço. A Tabela 5.33 apresenta os resultados da medida de melhoria e a Figura 5.14 a respetiva peça desenhada.

Tabela 5.33 - U_{melh1} e U_{melh2} para a cobertura em terraço (TERR)

Material	Espessura (m)	λ (W/m. °C)	R_j (m ² . °C/W)	U_{melh1} (W/m ² . °C)	U_{melh2} (W/m ² . °C)
Terraço			0,71	$0,44 < U_{ref}$	$0,66 < U_{máx}$
Lã de rocha	0,06 para U_{melh1} 0,03* para U_{melh2}	0,04	1,50 0,75	Verifica	Verifica
Placa de gesso cartonado	0,013	0,25	0,052		

*- Espessura comercial mínima das placas. Sem isolamento $U=1,31$ W/m². °C.

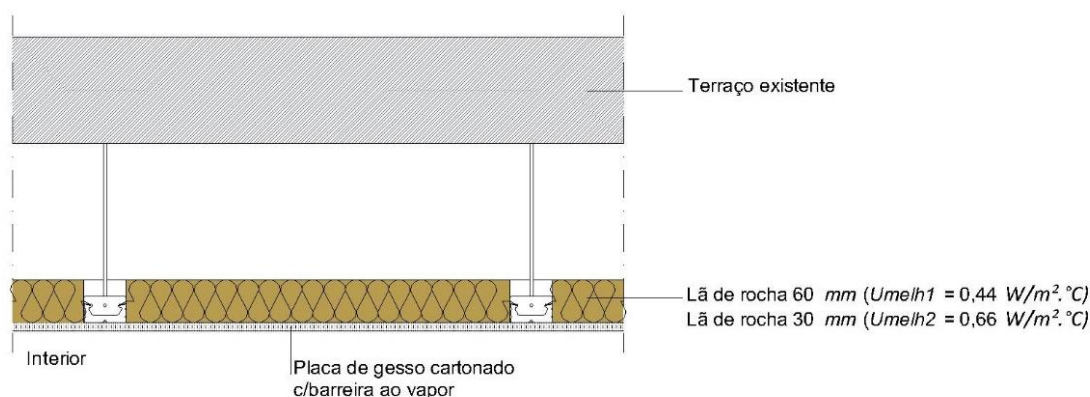


Figura 5.14 - Pormenor construtivo Terraço TERR

5.4.2.2.2 Vãos envidraçados (VE)

Com o objetivo da preservação da identidade do edifício promoveu-se a instalação de vãos com o mesmo formato e características funcionais existentes, nomeadamente, com folhas de abrir e portadas interiores. O PDM vigente de Vila Nova de Gaia é omissivo quanto à preservação do tipo de material dos vãos, o que permite a utilização de caixilharias em alumínio. A escolha das caixilharias em alumínio deveu-se à sua melhor performance térmica e acústica em relação às de madeira que têm maior permeabilidade. A solução proposta como medida de melhoria foi a aplicação de caixilharia do tipo “Serie batente Thermostop” [33] com corte térmico e vidro duplo 4+14+6, cujas características se encontram dispostas no Anexo VII.

O estudo foi efetuado para o vão de maiores dimensões (Figura 5.15).

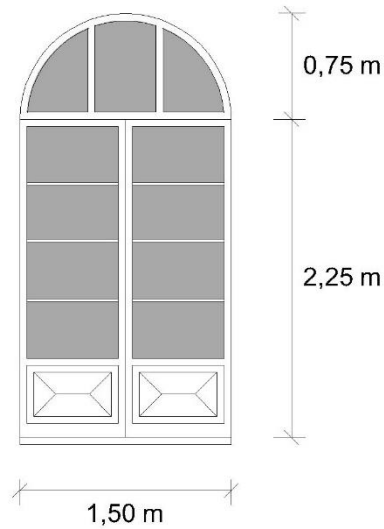


Figura 5.15 - Maior vão envidraçado

A determinação do fator solar global do vão, com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, obedeceu à condição imposta pela equação (30) extraída da Portaria n.º 349-D/2003, de 2 de dezembro [34].

$$g_T \times F_o \times F_f \leq g_{Tm\acute{a}x} \quad (30)$$

Onde:

g_T Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados;

F_o Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;

F_f Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício;

$g_{Tm\acute{a}x}$ Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados indicado na Tabela 5.28.

O produto $F_o \times F_f$ considerado foi de 0,90 uma vez que não há sombreamentos horizontais e as caixilharias foram projetadas próximo da face exterior da parede (de acordo com o disposto no ponto 3 da alínea 8.3 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, de 3 de dezembro) [31].

O valor de g_T foi calculado com recurso à equação (31) [31].

$$g_T = g_{\perp,vi} \times \frac{g_{Tvc}}{0,75}, \text{ para vidro duplo} \quad (31)$$

Onde:

g_{Tvc} Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado, para uma incidência solar normal à superfície do vidro conforme Tabela 13 do Despacho. Para o efeito será considerado o valor de 0,35 correspondente à colocação de portadas interiores de cor clara.

$g_{\perp,vi}$ Fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície do vidro, tendo-se considerado o valor de 0,40 correspondente à utilização de vidro duplo “*Refletante colorido na massa 4 a 5mm + Incolor 4 a 8 mm*”, de acordo com a Tabela 12 do Despacho.

A Tabela 5.34 apresenta os dados e os resultados obtidos no cálculo dos parâmetros térmicos do vão envidraçado em análise.

Tabela 5.34 - U_w e G_T

U_w						
A_f (m^2)	A_g (m^2)	l_g (m)	U_f ($W/m \cdot ^\circ C$)	U_g ($W/m \cdot ^\circ C$)	ψ_g ($W/m \cdot ^\circ C$)	U_w ($W/m \cdot ^\circ C$)
1,90	2,37	21,06	3,50	1,00	0,08	2,50 < $U_{w \text{ ref}}$ Verifica
G_T						
$g_{\perp,vi}$	g_{Tvc}	g_T	$F_o \times F_f$		G_T	
0,40	0,35	0,186	0,9		0,17 < $G_{T \text{ máx}}$ Verifica	

5.4.2.2.3 Envolvente opaca interior

A análise à envolvente opaca interior foi efetuada às paredes entre os quartos/dormitórios com as zonas de circulação comum horizontais/instalações sanitárias (PI1), entre os quartos/dormitórios com as zonas de circulação comum verticais e elevador (PI2) e aos pavimentos entre os quartos/dormitórios e zonas não uteis (PAV1).

Optou-se pela simplificação do processo de determinação do coeficiente de redução de perdas b_{tr} , que traduz a redução da transmissão de calor, considerando os espaços interiores não aquecidos como fortemente ventilados ($b_{tr}=1$). O REH [35] determina a utilização de duas resistências superficiais interiores, R_{si} , uma correspondente ao interior da fração e outra ao interior do espaço não útil.

Foram estudadas duas soluções construtivas de forma a cumprir com os valores de U indicados na Tabela 5.35 impostos pelo REH (U_1 para U_{ref} e U_2 para $U_{máx}$).

Tabela 5.35 - U_{ref} e $U_{máx}$ - Envolvente opaca interior

Elemento	Zona Climática I2	
	U_{ref} (W/(m ² . °C))	$U_{máx}$ (W/(m ² . °C))
PI1	0,40	1,60
PI2	0,40	1,60
PAV1	0,35	1,00

5.4.2.2.3.1 Parede interior PI1

A compatibilização entre os projetos de estabilidade e o estudo do comportamento térmico determinou a necessidade da consideração de paredes interiores constituídas por materiais leves. Para o efeito foram consideradas as paredes interiores que dividem os quartos/dormitórios das comunicações horizontais e as instalações sanitárias compostas por dupla placa de gesso em ambas as faces, preenchidas no interior com lã de rocha. A largura das paredes interiores dependerá da espessura da lã de rocha necessária.

A Tabela 5.36 apresenta o resultado da solução construtiva e a Figura 5.16 a respetiva peça desenhada.

Tabela 5.36 - U_1 e U_2 para a PI1

Material	Espessura (m)	λ (W/m. °C)	R_j (m ² . °C/W)	U_1 (W/m ² . °C)	U_2 (W/m ² . °C)
R_{si}			0,13	0,37 < U_{ref} Verifica	0,82 < $U_{máx}$ Verifica
Dupla placa de gesso cartonado	0,013+0,013	0,25	0,104		
Lã de rocha	0,09 para U_1 0,03* para U_2	0,04	2,25 0,75		
Dupla placa de gesso cartonado	0,013+0,013	0,25	0,104		
R_{si}			0,13		

*- Espessura comercial mínima das placas. Sem isolamento $U=2,14$ W/m². °C.

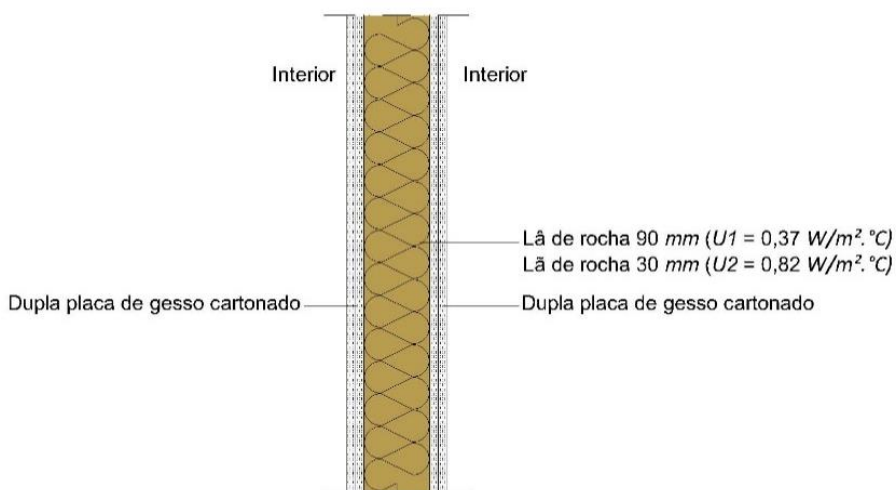


Figura 5.16 - Pormenor construtivo Parede PI1

5.4.2.2.3.2 Parede interior PI2

A solução para as paredes interiores que dividem os quartos/dormitórios das comunicações verticais comuns e elevador determinou a composição das paredes por dupla placa de gesso na face dos quartos, lâ de rocha e parede em betão armado.

A Tabela 5.37 apresenta o resultado da solução construtiva e a Figura 5.17 a respetiva peça desenhada.

Tabela 5.37 - U_1 e U_2 para a PI2

Material	Espessura (m)	λ (W/m. °C)	R_j (m ² . °C/W)	U_1 (W/m ² . °C)	U_2 (W/m ² . °C)
R_{Si}			0,13	0,37 < U_{ref} Verifica	0,83 < $U_{máx}$ Verifica
Dupla placa de gesso cartonado	0,013+0,013	0,25	0,104		
Lã de rocha	0,09 para U_1 0,03* para U_2	0,04	2,25 0,75		
Betão armado	0,20	2,3	0,09		
R_{Si}			0,13		

*- Espessura comercial mínima das placas. Sem isolamento $U=2,20$ W/m². °C.

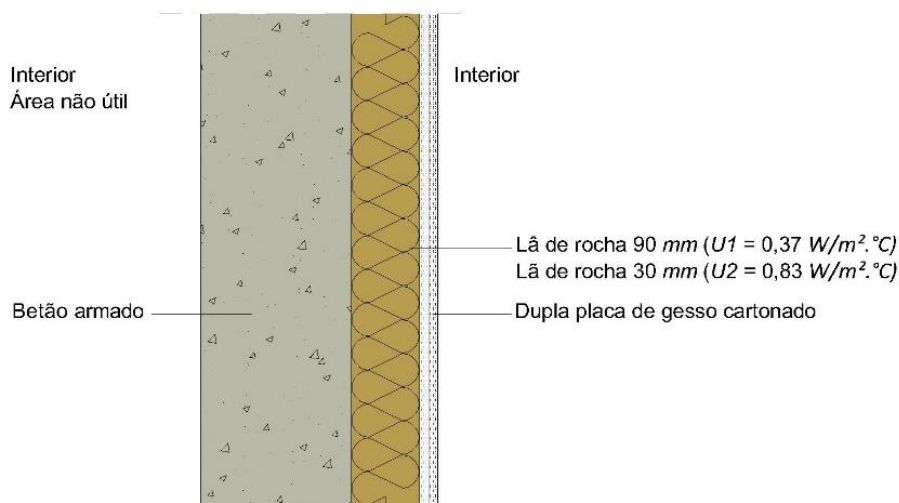


Figura 5.17 - Pormenor construtivo Parede PI2

5.4.2.2.3.3 Pavimento interior PAV1

Os pavimentos interiores que separam as zonas aquecidas das zonas não úteis consideraram-se compostos superiormente por soalho em madeira com 20 mm de espessura, camada de lã de rocha com 30 mm de espessura aplicada sobre painéis OSB com 25 mm de espessura. Inferiormente compostos por caixa de ar superior a 300 mm e camada de lã de rocha aplicada sobre teto em placas de gesso cartonado. A Tabela 5.38 apresenta o resultado da solução construtiva e a Figura 5.18 a respetiva peça desenhada.

Tabela 5.38 - U_1 e U_2 para a PAV1

Material	Espessura (m)	λ (W/m. °C)	R_j (m ² . °C/W)	U_1 (W/m ² . °C)	U_2 (W/m ² . °C)
R_{si}			0,17	0,34 < U_{ref} Verifica	0,70 < $U_{máx}$ Verifica
Soalho	0,02	0,23	0,09		
Lã de rocha	0,03	0,04	0,75		
OSB	0,025	0,13	0,19		
Estrutura					
Lã de rocha	0,06 para U_1 0 para U_2	0,04	1,50		
Placa de gesso cartonado	0,013	0,25	0,05		
R_{si}			0,17		

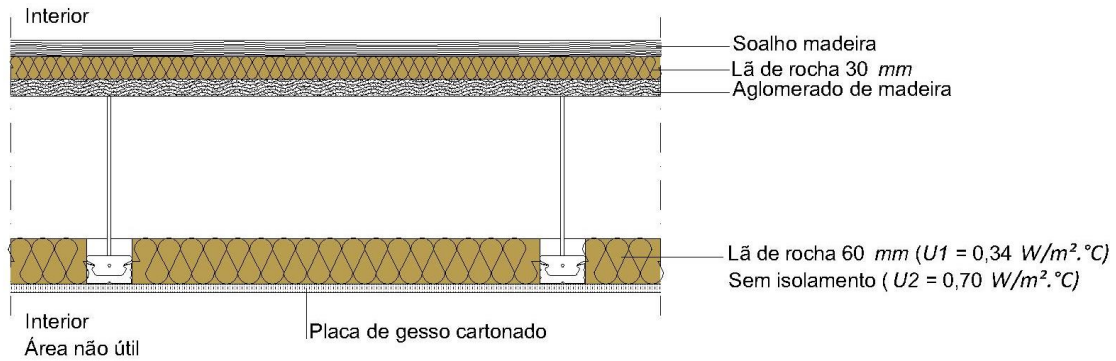


Figura 5.18 - Pormenor construtivo Pavimento PAV1

5.4.3 Análise do comportamento acústico

A prevenção do ruído e o controlo da poluição sonora visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações conduziu o Estado à aprovação do primeiro regulamento geral sobre o ruído (RGR), o Decreto-Lei n.º 251/87, de 24 de junho. Atualmente, devido às sucessivas alterações do documento, a legislação em vigor é o Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, compatibilizado pelo Decreto-Lei nº 129/2002, de 11 de maio (RRAE), com a redação conferida pelo Decreto-Lei 96/2008, de 9 de junho [36].

Conforme o referido no ponto 5.4.2, a legislação em vigor dispensa o cumprimento dos requisitos mínimos de qualidade acústica no empreendimento em estudo, no entanto, seguindo a linha orientadora estabelecida foi efetuado o estudo necessário dos elementos de construção com o objetivo do cumprimento da atual legislação. As medidas de melhoria e soluções construtivas adotadas para o estudo do comportamento térmico foram a base de trabalho para o presente estudo, servindo para efeito de identificação dos elementos os desenhos do Anexo VI.

Foram efetuadas as verificações dispostas no RGR, nomeadamente a conformidade dos elementos relativamente ao isolamento sonoro entre o exterior e o interior do edifício, o isolamento sonoro de ruídos entre espaços interiores de condução aérea e percussão, a propagação do som no interior de espaços fechados e a limitação do ruído associado ao funcionamento de equipamentos coletivos para o interior do edifício.

O RGR, para edifícios destinados à hotelaria, determina os seguintes requisitos acústicos:

- a. Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m, nT, w}$, entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar ≥ 33 dB (em zonas mistas);
- b. Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT, w}$, entre quartos ≥ 50 dB;
- c. Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT, w}$, entre locais de circulação comum horizontal do edifício (emissores), e quartos (recetores) ≥ 48 dB;

- d. Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT, w}$, entre locais de circulação comum vertical do edifício servido de elevador (emissores), e quartos (recetores) ≥ 40 dB;
- e. No interior dos quartos (recetores), o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT, w}$, proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos dos outros quartos ou de locais de circulação comum (emissores) ≤ 60 dB;
- f. No interior dos quartos e zonas de estar dos fogos, o nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$, do ruído particular do elevador com funcionamento intermitente ≤ 32 dB (A).

A reabilitação em estudo, relativamente ao condicionamento acústico, caracteriza-se pela construção de elementos de compartimentação leves (pavimentos e paredes divisórias), pela manutenção das paredes exteriores, pela reconstrução das paredes de empena e pela substituição das caixilharias existentes.

5.4.3.1.1 Isolamento sonoro entre o exterior e interior do edifício

5.4.3.1.1.1 Parede PE, Parede PEMP e Cobertura em terraço (TERR)

A junção das paredes exteriores PE, PEM e a cobertura em terraço (TERR) no mesmo processo de determinação do índice de redução sonora (R_W) deveu-se à massa elevada dos materiais usados na sua composição. Para o efeito recorreu-se às equações indicadas na norma EN ISO 12354-1 [37]. Para massas superficiais superiores a 150 kg/m^2 utilizou-se a equação (32) e para massas superficiais entre os 50 e 150 kg/m^2 a equação (33).

$$R_W = 37,5 \log (m') - 42 \quad (32)$$

$$R_W = 12,6 \log (m') + 12,6 \quad (33)$$

Onde:

R_W Índice de redução sonora, em dB;

m' é a massa superficial total, em kg/m^2 ;

Este método de cálculo só é válido para elementos simples homogéneos.

A Tabela 5.39 resume os cálculos e resultados obtidos para a paredes exteriores PE (Figura 5.11), PEMP (Figura 5.12) e cobertura em terraço TERR (Figura 5.14).

Tabela 5.39 - R_w de paredes PE, PEMP e terraço TERR

Elemento	Material	Espessura (m)	Massa volúmica, ρ (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	R_w (dB)
Parede PE	Reboco	0,03	2000	60	m > 1154 kg/m ² $R_w = 71$ dB Verifica
	Parede existente	0,40	2700	1080	
	XPS	0,06 para U_{melh1} 0,03 para U_{melh2}	40	2,40 1,20	
	Placa de gesso cartonado	0,013	1000	13	
PEMP	Reboco	0,03	2000	60	m > 280 kg/m ² * $R_w = 49$ dB Verifica
	Bloco térmico	0,20		206,5*	
	XPS	0,06 para U_{melh1} 0,00 para U_{melh2}	40	2,40	
	Placa de gesso cartonado	0,013	1000	13	
TERR	Granito	0,03	2700	81	m > 420 kg/m ² ** $R_w = 56$ dB Verifica
	Betonilha	0,05	1800	90	
	Lajeta betão	0,10	2500	250	
	Lã de rocha	0,06 para U_{melh1} 0,00 para U_{melh2}	100	6	
	Placa de gesso cartonado	0,013	1000	13	

* - Massa obtida no catálogo do produto [32]

** - Apenas foram contabilizados os elementos com maior massa.

5.4.3.1.1.2 Vãos envidraçados VE

A caixilharia do tipo “Serie batente Thermostop” com corte térmico e vidro duplo 4+14+6, proposta como melhoria do comportamento térmico tem, segundo o catalogo (Anexo VII), um R_w de 36 dB (valor superior aos 33 dB exigidos).

5.4.3.1.2 Isolamento sonoro entre espaços interiores

5.4.3.1.2.1 Paredes entre quartos e quarto/comunicações horizontais (PI1)

A metodologia utilizada para a obtenção de solução para este tipo de elementos foi a experimental, com base na consulta de soluções construtivas ensaiadas e publicadas em documentos referência no âmbito do estudo do comportamento acústico em edifícios.

A Figura 5.19, retirada da publicação “Reabilitação Acústica – Linhas Guia 3ª ed”, Patrício, J., 2014 [38], apresenta uma solução construtiva em tudo idêntica à solução adotada para o cumprimento do comportamento térmico (Figura 5.16).

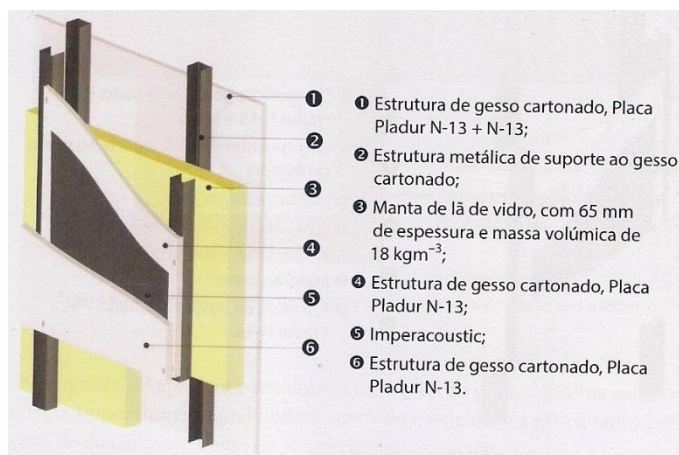


Figura 5.19 - Sistema de parede dupla leve [38]

Adotando solução construtiva proposta na publicação obtém-se um índice $R_w = 56$ dB, valor superior ao regularmente exigido (50 dB). No que diz respeito à compatibilização com o estudo de comportamento térmico a solução garante um U de $0,477$ W/m². °C, valor este que se situa dentro do intervalo definido pelos parâmetros $U_{máx}$ e U_{ref} .

5.4.3.1.2.2 Parede interior PI2

As paredes do tipo PI2 (Figura 5.17) têm na sua constituição o betão armado, que por ter massa elevada permite o cálculo de R_w recorrendo à equação (32). A Tabela 5.40 resume os cálculos e resultados obtidos.

Tabela 5.40 - R_w de PI2

Elemento	Material	Espessura (m)	Massa volúmica, ρ (kg/m ³)	Massa (kg/m ²)	R_w (dB)
Parede PI2	Reboco	0,03	2000	60	$m > 589$ kg/m ² $R_w = 61$ dB Verifica
	Betão armado	0,20	2500	500	
	Lã de rocha	0,09 para U_{melh1} 0,03 para U_{melh2}	100	9 3	
	Dupla placa de gesso cartonado	0,013+0,013	1000	26	

A solução construtiva adotada cumpre o regulamentarmente estipulado para os índices $D_{nT, w}$ e $L_{Ar, nT}$.

5.4.3.1.2.3 Pavimento interior PAV1

Nos pavimentos dos quartos efetuou-se a verificação do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$, proveniente de uma percussão normalizada aplicada sobre pavimentos dos outros quartos ou dos locais de circulação comum. Com base no método experimental, procuraram-se soluções construtivas semelhantes à adotada para o estudo do comportamento térmico (Figura 5.18).

As Figuras Figura 5.20 e Figura 5.21, representam duas soluções que asseguram os índices de isolamento regulamentares que quando comparadas com a solução adotada concluiu-se que a mesma apresenta opções assemelham-se ao melhor que os dois pavimentos referência oferecem, nomeadamente, ao soalho aplicado sobre camada de XPS que ajuda à absorção do ruído e à consideração de suspensores elásticos (Figura 5.22) que suportam o teto com camada espessa de lã de rocha no tardo da dupla placa de gesso cartonado.

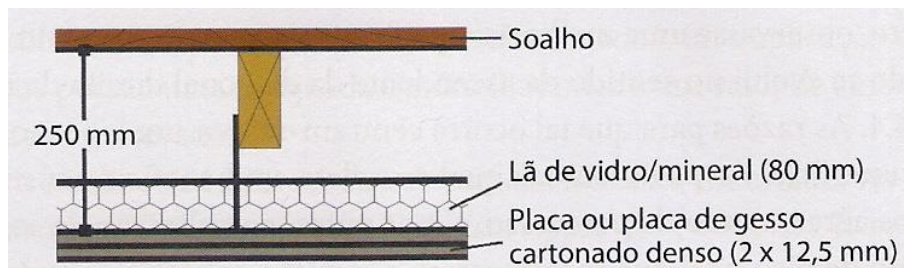


Figura 5.20 - Pavimento flutuante de madeira: $R_W = 50 - 58$ dB: $L'_{nT,w} = 55 - 60$ dB [38]

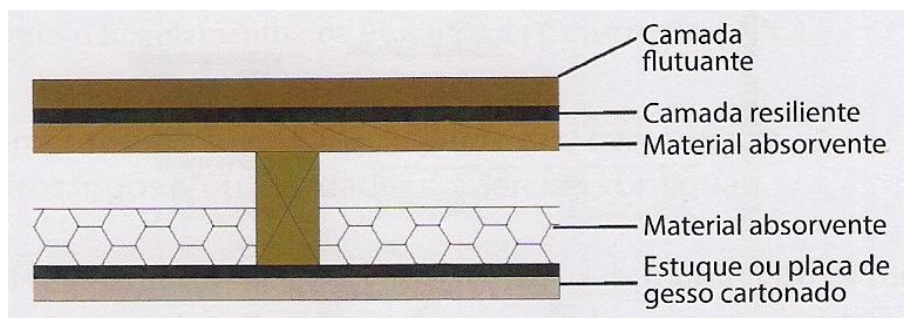


Figura 5.21 - Pavimento de madeira com soalho: $R_W = 47 - 53$ dB: $L'_{nT,w} = 60 - 65$ dB [38]



Figura 5.22 - Pivots acústicos [39]

5.4.3.1.2.4 Condições de reverberação do refeitório

O RGR estipula que nos refeitórios o tempo de reverberação, T , deverá satisfazer a condição $T \leq 0,15 V^{1/3}$ (s), sendo V , o volume do compartimento. O controlo do tempo de reverberação é fundamental para o conforto dos ocupantes relativamente às condições de inteligibilidade e incomodo auditivo.

O cálculo do tempo médio de reverberação foi efetuado recorrendo à Fórmula de Sabine (equação (34)), para as frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz.

$$TR = \frac{0,161 V}{\sum_i S_i \times \alpha_i} \quad (34)$$

Onde:

- TR é o tempo de reverberação, em segundos;
- V é o volume total do compartimento, em m^3 ;
- S é a superfície do material, em m^2 ;
- α é o coeficiente de absorção sonora do material.

O refeitório tem uma área de $53,80 m^2$ e volume de $161,40 m^3$, que implica um tempo de reverberação inferior a $0,81$ s. A Tabela 5.41 apresenta o mobiliário representado no compartimento, os materiais de revestimento, os respetivos coeficientes de absorção e o resultado obtido.

Tabela 5.41 - Materiais e coeficientes de absorção

Material	S m ²	Und	A			S x α (m ²)		
			500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Pavimento cerâmico	53,80		0,01	0,01	0,02	0,538	0,538	1,076
Teto falso gesso cartonado	53,80		0,10	0,10	0,10	5,38	5,38	5,38
Porta da cozinha	3,00		0,09	0,08	0,04	0,27	0,24	0,12
Porta de entrada	2,40		0,09	0,08	0,04	0,216	0,192	0,096
Vão envidraçados	13,50		0,05	0,04	0,03	0,675	0,54	0,405
Paredes estanhadas	87,30		0,03	0,03	0,04	2,619	2,619	3,492
Mesas grandes de madeira		5	0,35	0,3	0,20	1,75	1,5	1
Mesas pequenas de madeira		3	0,15	0,12	0,08	0,45	0,36	0,24
Cadeiras de madeira		26	0,03	0,04	0,04	0,78	1,04	1,04
Sofás*		12	0,33	0,33	0,33	3,96	3,96	3,96
Σ						16,64	16,37	16,81
S x α médio						16,61		
TR (s)						1,56		

De acordo com o disposto no regulamento, ao valor *TR* obtido pode-se diminuir o fator *I* no valor de 25% do limite regulamentar, que fez um *TR* de 1.35 s. Sendo este valor superior ao regulamentar determinado (0,81 s), obrigou à adoção de medidas, nomeadamente a aplicação de materiais com maior capacidade de absorção.

Optou-se pela aplicação no teto falso de uma área com placas de gesso cartonado perfurado, complementado com a camada de lã de rocha no tardo, com α de 0,50 (500 Hz), 0,60 (1000 Hz) e 0,70 (2000 Hz).



Figura 5.23 - Tipos de placas de gesso perfurado [40]

Com base no valor de T exigido obteve-se uma área de correção de 32 m² de aplicação de revestimento no teto com placas de gesso perfurado.

Tabela 5.42 - TR corrigido

Material	S m ²	Un d	A			S x α (m ²)		
			500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Pavimento cerâmico	53,80		0,01	0,01	0,02	0,538	0,538	1,076
Teto falso gesso cartonado	21,80		0,10	0,10	0,10	5,38	5,38	5,38
Teto falso gesso cartonado perfurado	32,00		0,50	0,60	0,70	16	19,20	22,40
Porta da cozinha	3,00		0,09	0,08	0,04	0,27	0,24	0,12
Porta de entrada	2,40		0,09	0,08	0,04	0,216	0,192	0,096
Vão envidraçados	13,50		0,05	0,04	0,03	0,675	0,54	0,405
Paredes estanhadas	87,30		0,03	0,03	0,04	2,619	2,619	3,492
Mesas grandes de madeira		5	0,35	0,3	0,20	1,75	1,5	1
Mesas pequenas de madeira		3	0,15	0,12	0,08	0,45	0,36	0,24
Cadeiras de madeira		26	0,03	0,04	0,04	0,78	1,04	1,04
Sofás*		12	0,33	0,33	0,33	3,96	3,96	3,96
Σ						29,44	32,37	36,01
S x α médio						32,37		
TR (s)						0,80, verifica		

5.4.3.1.2.5 Medidas complementares

Para além dos aspetos analisados nos pontos anteriores importa salientar algumas medidas a considerar para melhorar a qualidade acústica do empreendimento:

- Nas “couretes” é importante envolver os tubos de queda da drenagem de águas residuais e abastecimento de água em materiais com reconhecida capacidade de absorção do ruído. A mesma medida deve ser adotada nas tubagens suspensas nos tetos.

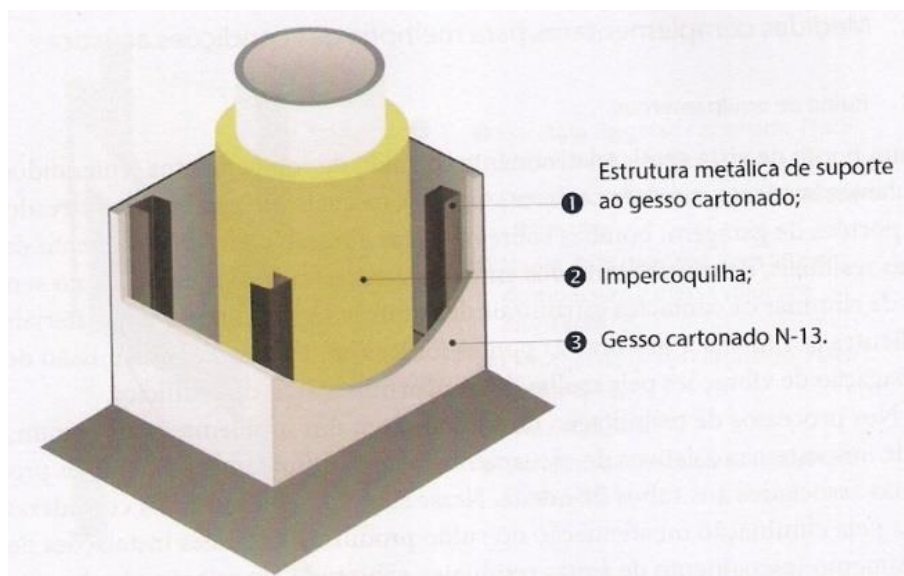


Figura 5.24 - Proteção de instalações de drenagem e abastecimento de águas [38]

- Quaisquer equipamentos suscetíveis à propagação de ruído deverão ser instalados sobre apoios anti vibratórios.
- O elevador deverá ser instalado com sistema anti vibratório e no decurso da utilização ser alvo de manutenções periódica

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

O objetivo do presente projeto foi o estudo de soluções construtivas e materiais de construção, o estudo da compatibilização entre os diversos projetos de especialidades e a elaboração dos pormenores construtivos com as soluções técnicas adotadas, no âmbito da reabilitação de um edifício antigo de 4 pisos, com uma área bruta de construção aproximada de 940 m².

No que diz respeito ao estudo das soluções construtivas e materiais a utilizar, verificou-se que em edifícios antigos da zona do Porto, onde os materiais de construção predominantes são a pedra e a madeira, as melhores soluções são as menos intrusivas nos elementos estruturais, de forma a não adicionar cargas significativas que podem por em causa a estabilidade da estrutura ao imediato e a longo prazo. As soluções estruturais a adotar nestes casos deverão ter em consideração o estado dos elementos estruturais, o seu reforço, a adoção de uma estrutura com peso e comportamento semelhante à existente e o espaço físico para montagem de estaleiro. Os materiais não estruturais preferencialmente deverão ser leves.

A compatibilização entre as diversas especialidades revelou-se como matéria fundamental para o sucesso de uma obra com estas características. Verificou-se que a base para qualquer compatibilização entre especialidades é o projeto de estabilidade. Nele estão definidos os elementos estruturais que condicionam a passagem de ductos verticais nos pisos, relativos aos projetos de abastecimento e drenagem de águas residuais e de ventilação. Verificou-se que compatibilização entre os projetos de comportamento térmico e acústico assume uma importância relevante, uma vez que a escolha de um material com boas características térmicas não garante por si só um bom comportamento acústico. Como exemplo podemos referir os comportamentos distintos que o EPS e a lã de rocha apresentam a nível acústico, tendo a lã de rocha um melhor comportamento, uma vez que a nível térmico o seu comportamento é idêntico. Conclui-se que neste caso, o projeto condicionante foi o do comportamento acústico relativamente ao térmico. A compatibilização entre ambos também vai permitir uma definição otimizada dos materiais, evitando-se constrangimentos em obra aquando a aquisição dos materiais.

Em relação à execução dos pormenores construtivos conclui-se que são peças fundamentais para todas as fases pós projeto, desde as medições até à fase de execução da obra, permitindo a perceção plena dos

intervenientes relativamente aos materiais considerados, dimensões, sua ordem de aplicação, local de aplicação e arquivo para memória futura em caso de necessidade de diagnóstico de anomalias e sua reparação. As peças desenhadas deverão fornecer aos intervenientes o máximo de informação possível e de forma perceptível. A ausência de peças desenhadas ou mesmo a utilização de peças desenhadas incompletas implicará erros de medições e conseqüente aumento de custos extra e conduzirá a erros na execução ou atrasos evitáveis para esclarecimentos em obra.

Por último, conclui-se que os objetivos propostos foram atingidos no que diz respeito a um aumento considerável dos conhecimentos na área da conservação e reabilitação de edifícios antigos.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O presente projeto em termos de desenvolvimentos futuros na área da engenharia civil deixou em aberto os estudos dos projetos de ventilação e exaustão de fumos e gases de combustão, de segurança contra incêndios e de águas pluviais.

Em relação aos projetos abordados considera-se que, relativamente aos projetos de estabilidade e os estudos de comportamento térmico e acústico, as matérias que abordam podem ser muito mais desenvolvidas e detalhadas em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INSTITUTO HABITAÇÃO E DA REABILITAÇÃO URBANA, IP. Disponível na Internet <URL <https://www.portaldahabitacao.pt/>
- [2] INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. Disponível na Internet <URL https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=ine_main&xpid=INE
- [3] DIREÇÃO-GERAL DO PATRIMÓNIO CULTURAL. Disponível na internet <URL <http://www.patrimoniocultural.pt/>
- [4] INFOPEDIA. Disponível na Internet <URL [http://www.infopedia.pt/\\$carta-de-atenas](http://www.infopedia.pt/$carta-de-atenas)
- [5] DIREÇÃO REGIONAL DE CULTURA DO NORTE. Disponível na Internet <URL <HTTP://WWW.CULTURANORTE.PT/>
- [6] FREITAS, V. P. (2012). Manual de Apoio ao Projecto de Reabilitação de Edifícios Antigos. 1ª Edição. Porto: Ordem dos Engenheiros da Região Norte
- [7] RUIZ, J. Z. (1999). Dicionário Básico da Construção. 1ª Edição. Lisboa: Plátano Edições Técnicas
- [8] APPLETON, João (2010). Reabilitação de edifícios antigos e sustentabilidade. VI ENEEC 2010 – Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Civil; U. Évora
- [9] PEREIRA DA COSTA, F. (1972). Enciclopédia Prática da Construção Civil – Escadas de Madeira, fascículo 3. Lisboa; Portugália Editora.
- [10] PEREIRA DA COSTA, F. (1972). Enciclopédia Prática da Construção Civil – Obras de Alvenaria, fascículo 14. Lisboa: Portugália Editora.
- [11] GOOGLE MAPS. Disponível na Internet <URL <https://www.google.pt/maps/>
- [12] GAIURB, E.M.. Disponível na Internet <URL <http://www.gaiurb.pt/websig/>
- [13] CÓIAS, V. (2006). Inspeções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios. Lisboa: IST PRESS
- [14] D.L. 63/2015, de 23 de abril
- [15] Norma NP-EN1990:2009 - Eurocódigo – Bases para o projecto de estruturas
- [16] Regulamento de Segurança e Ações para Edifícios e Pontes

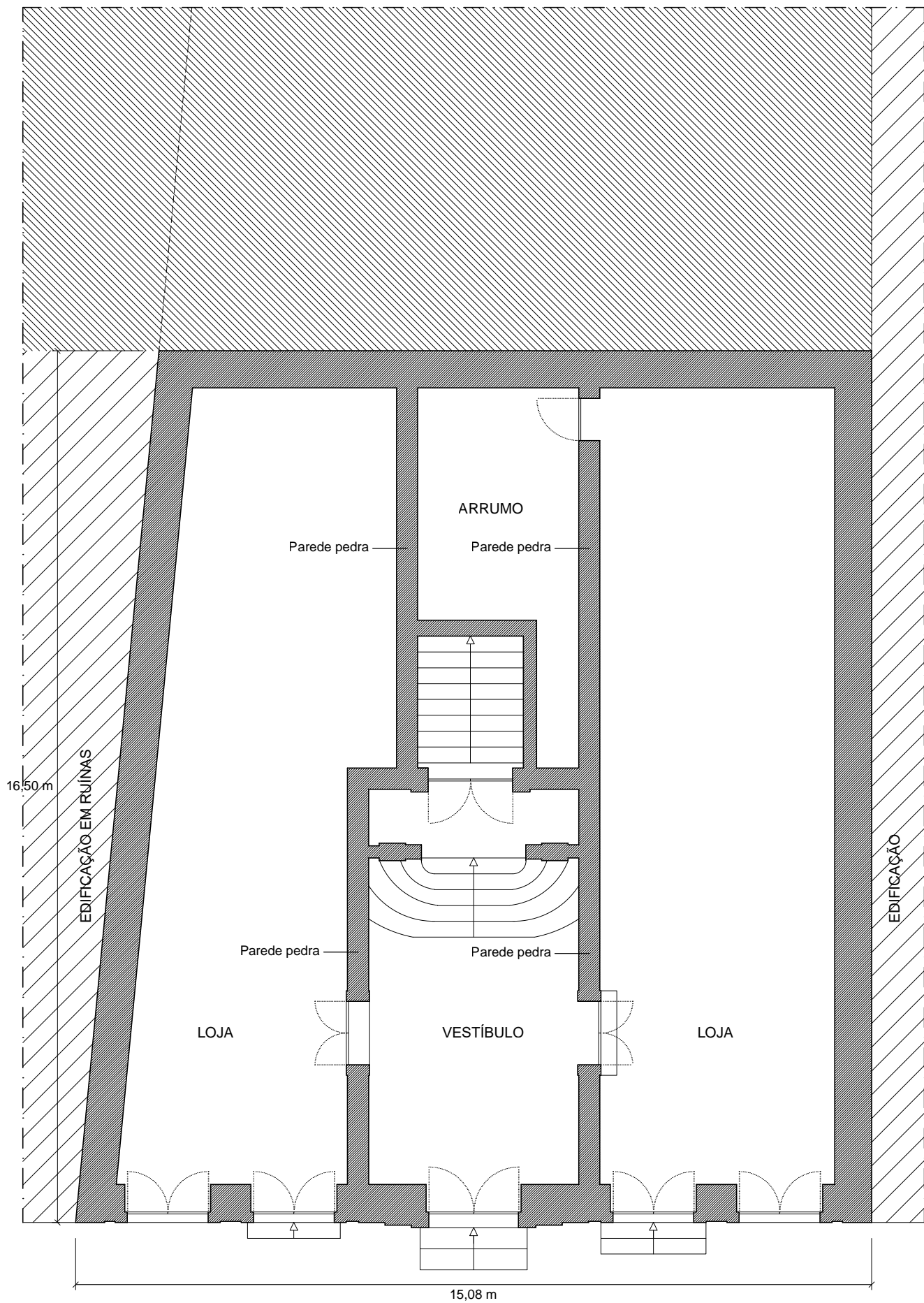
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [17] NP EN 1991-1-1:2009 - Eurocódigo 1 – Acções em estruturas – Parte 1-1: Acções gerais – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios
- [18] NP EN 1993-1-1:2010 - Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios
- [19] FÉLIX, C.; GUEDES, P. (2011). Dimensionamento de escadas em betão armado – Sebenta de Estruturas de betão – ISEP
- [20] NP EN 1992-1-1:2010 - Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios
- [21] GORSE, C. e HIGHFIELD, D. (2009). Refurbishment and Upgrading of Buildings (Second edition), Taylor & Francis, Londres.
- [22] PEDROSO, Vítor M. R. (2007). Manual dos Sistemas prediais de Distribuição e Drenagem de Águas. 3ª Edição, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- [23] Decreto-Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR)
- [24] <http://www.coprax.com/pt>
- [25] Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto
- [26] Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril - Regime Excecional de Reabilitação Urbana
- [27] PINA DOS SANTOS, C. A.; MATIAS, L. (2011). Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios (ITE 50)
- [28] Portaria 17-A/2016, de 4 de fevereiro - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)
- [29] AdEPORTE e LFC (2010). Reabilitação de Edifícios no Centro Histórico do Porto – Guia de Termos de Referência para o Desempenho Energético-Ambiental.
- [30] ISO 10077-1:2006
- [31] Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, de 3 de dezembro
- [32] <http://www.artebel.pt>
- [33] <http://www.portalex.eu>
- [34] Portaria n.º 349-D/2003, de 2 de dezembro
- [35] Portaria n.º 319/2016 D.R. n.º 239/2016, Série I de 2016-12-15 – REH

- [36] Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro
- [37] EN ISO 12354-1 Building acoustics -- Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements -- Part 1: Airborne sound insulation between rooms
- [38] Patrício, J. (2014), Reabilitação Acústica – Linhas Guia 3ª ed
- [39] <http://www.presdouro.pt>
- [40] <http://www.knauf.pt>

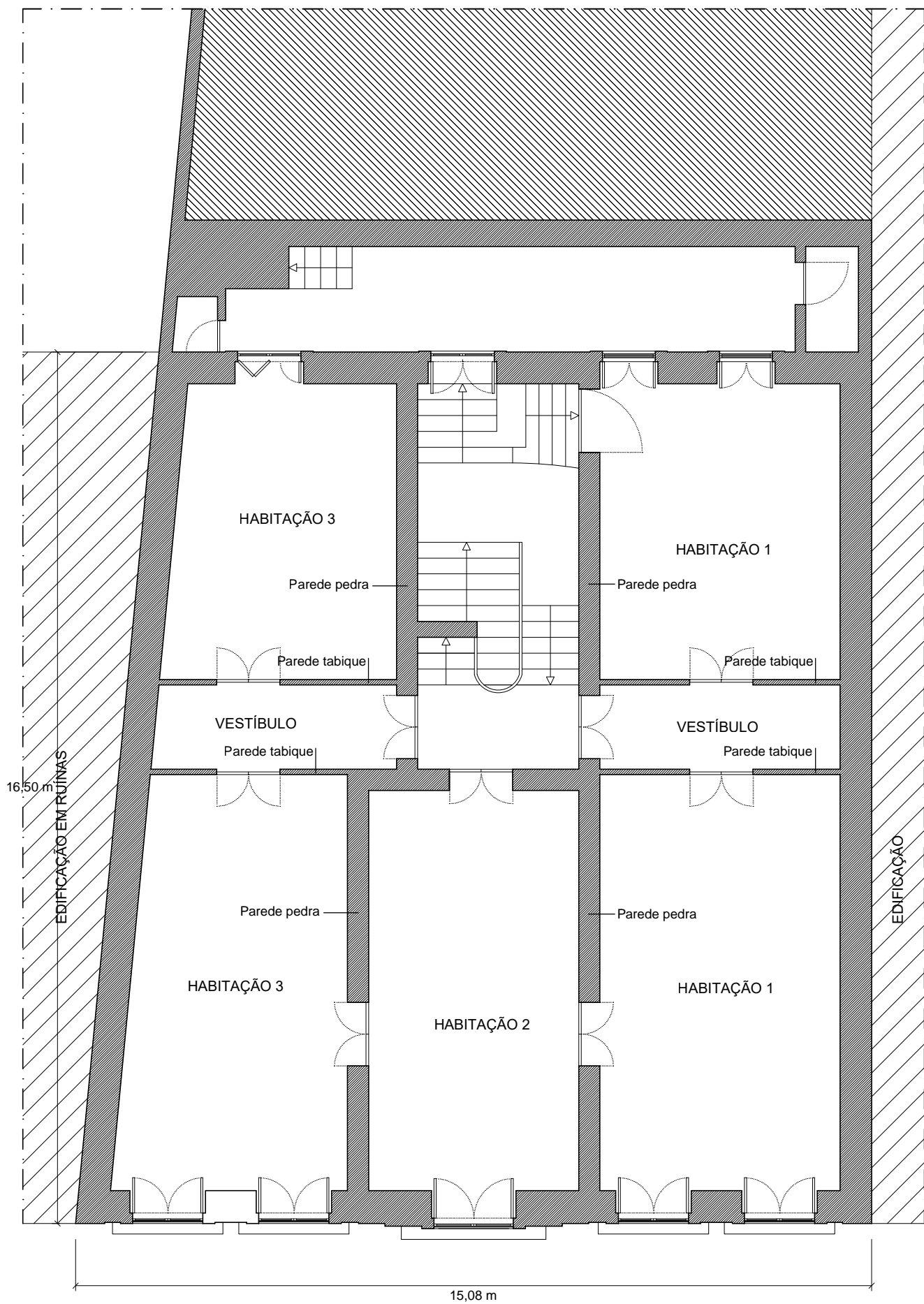
Anexo

ANEXO I – LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO



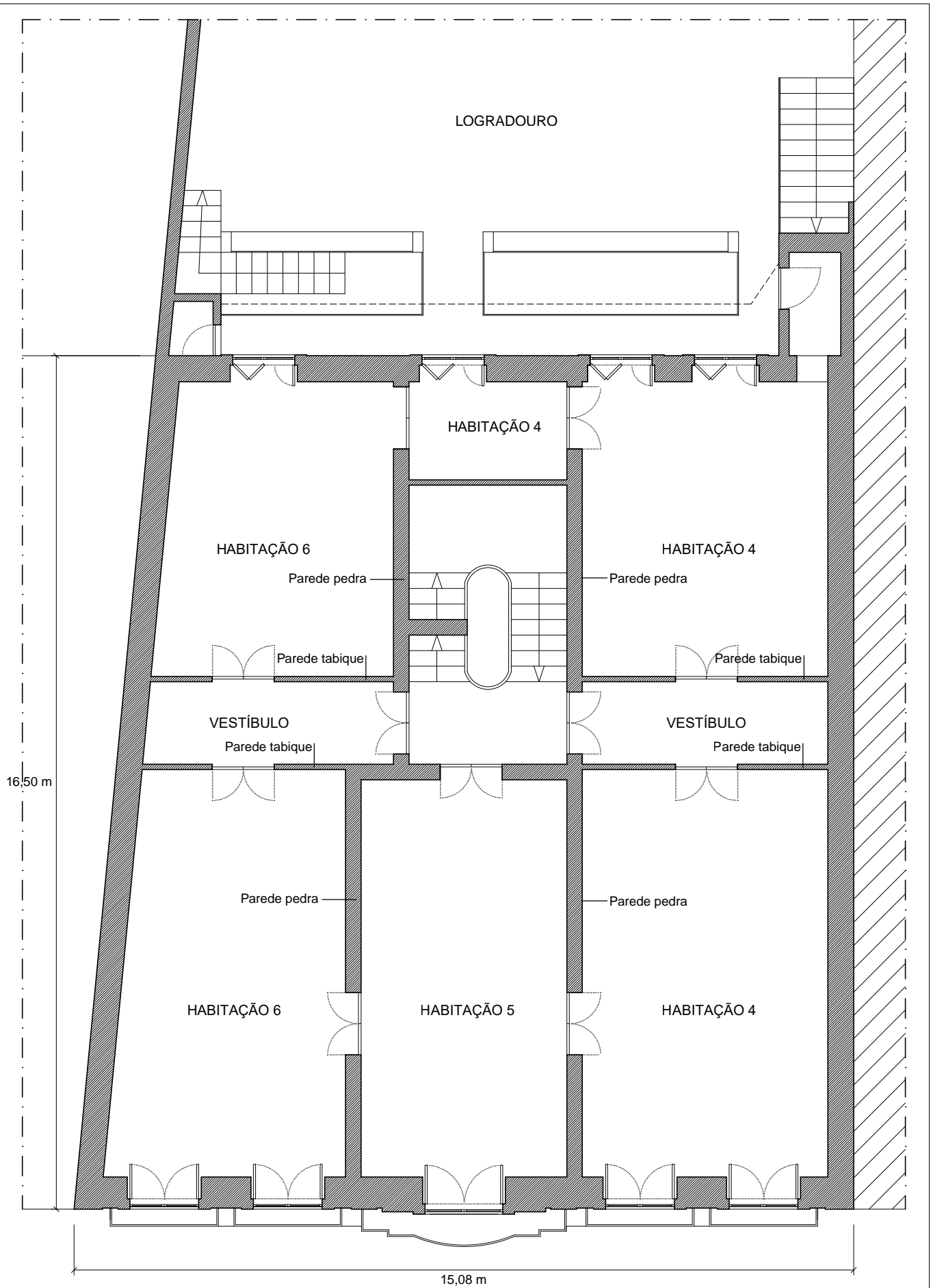
Planta do R/chão

ANEXO	ANEXO I - LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO R/CHÃO	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	1



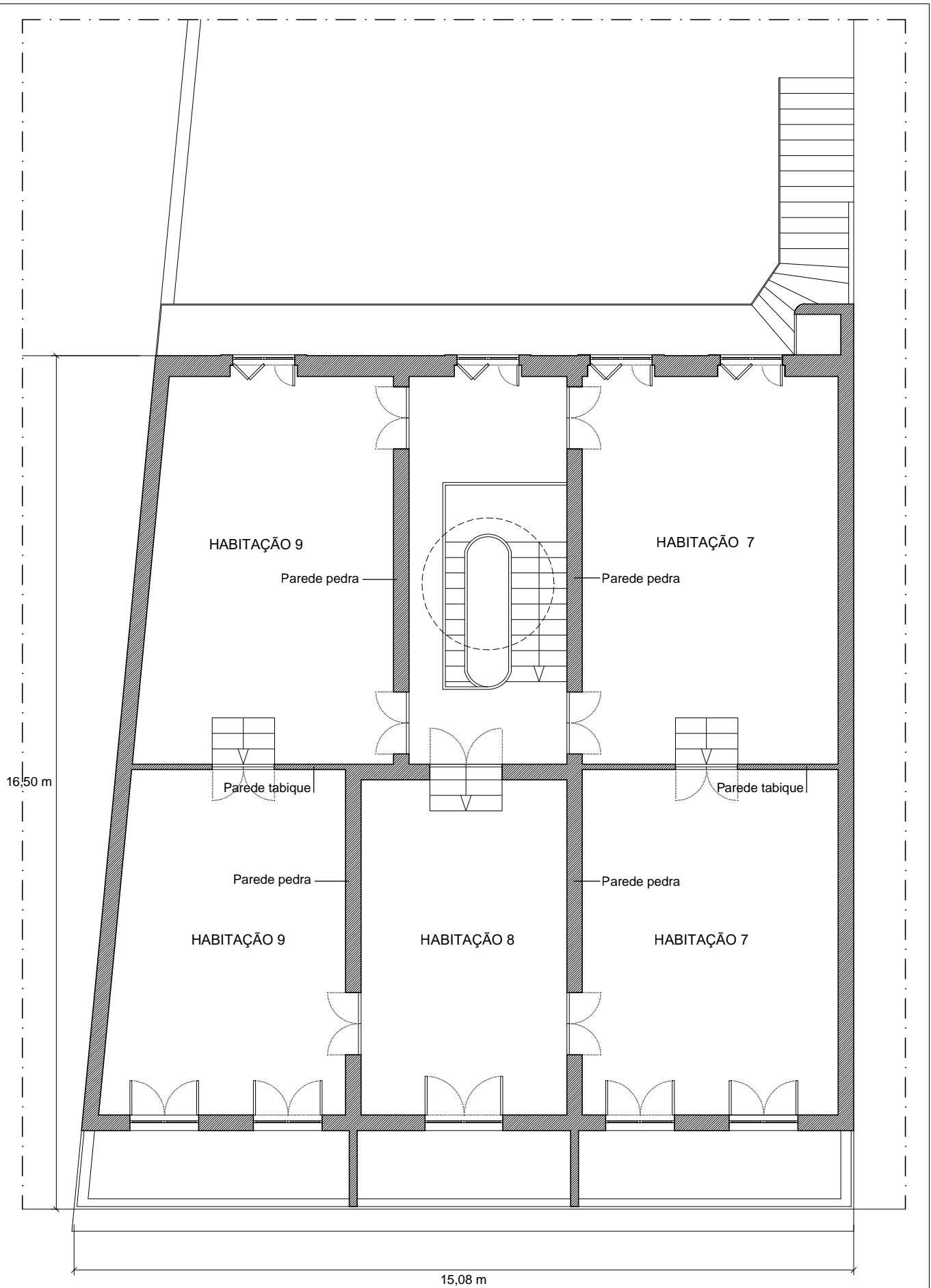
Planta do Piso 1

ANEXO	ANEXO I - LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 1	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	2



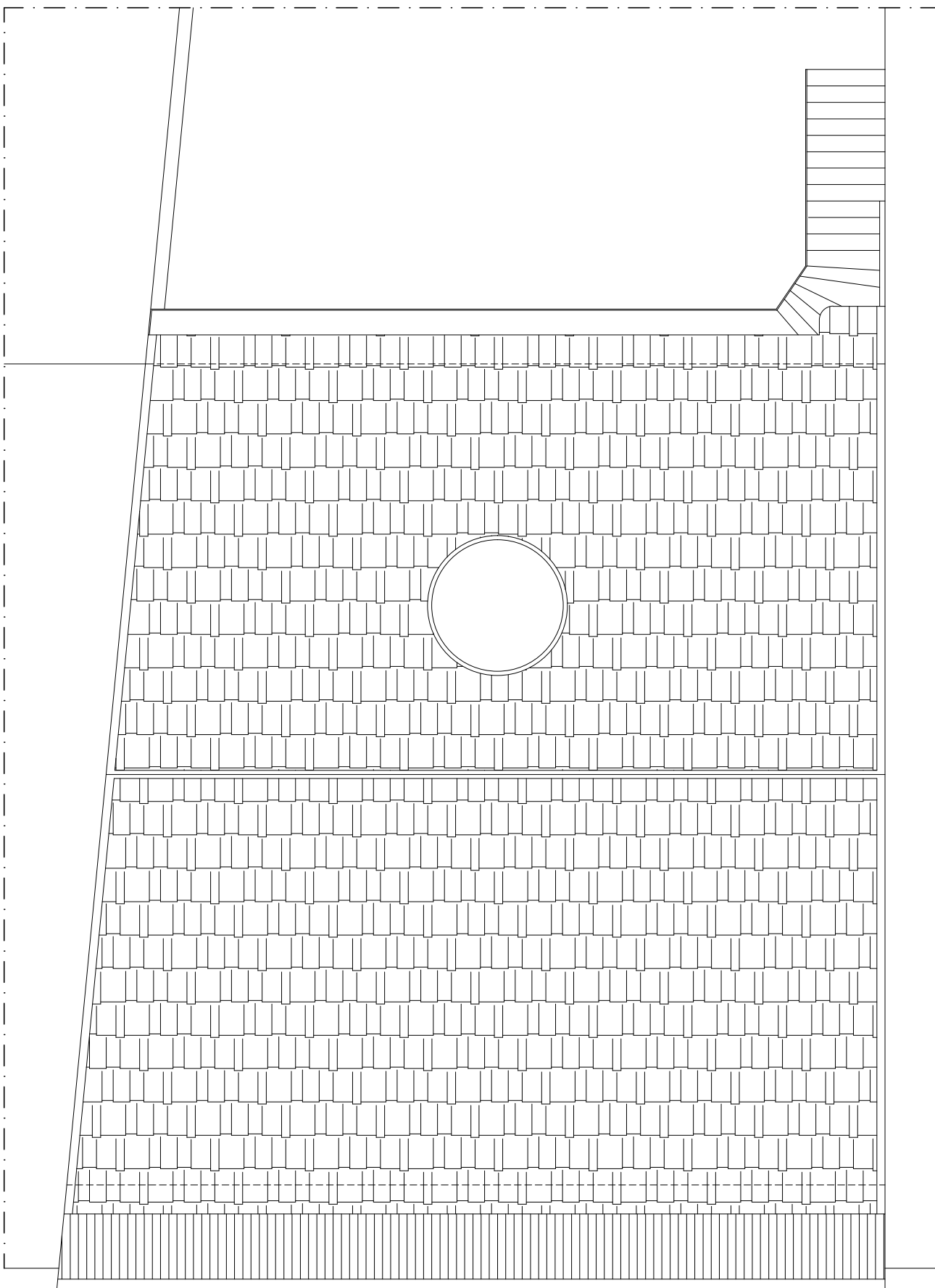
Planta do Piso 2

ANEXO	ANEXO I - LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 2	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	3



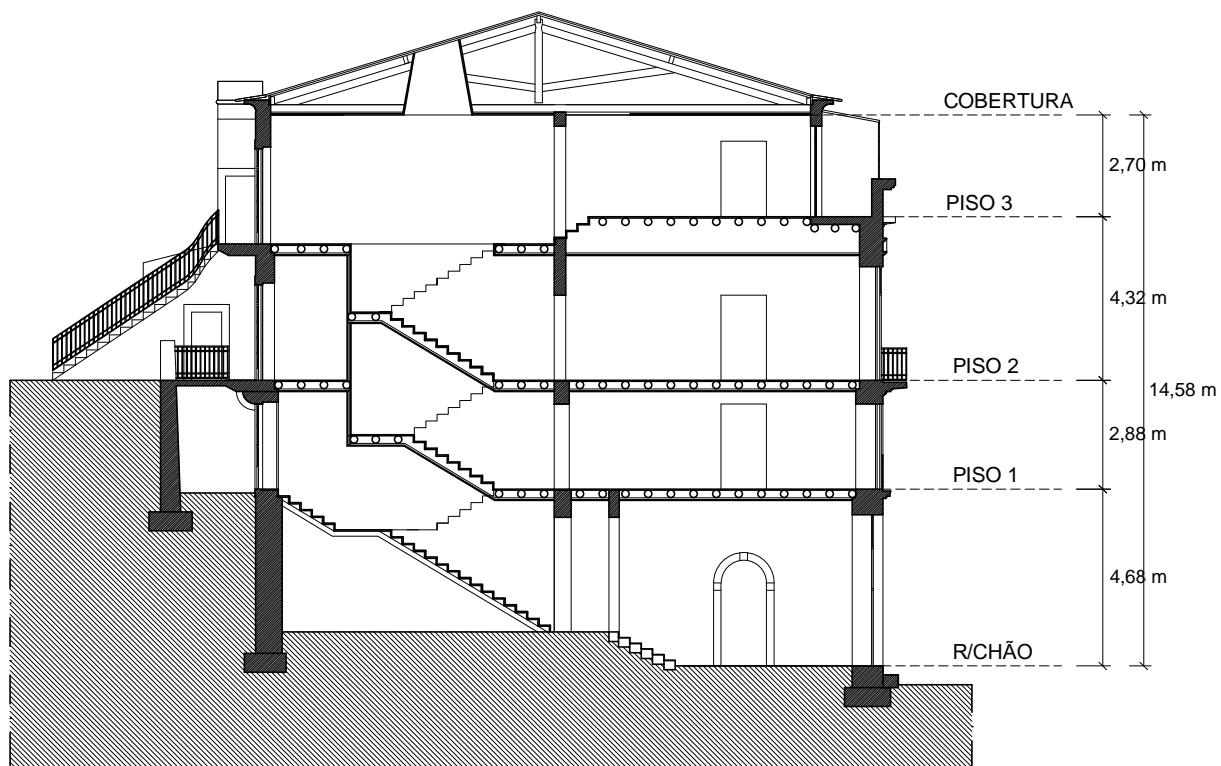
Planta do Piso 3

ANEXO	ANEXO I - LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 3	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	4



Planta da Cobertura

ANEXO	ANEXO I - LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DA COBERTURA	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	5



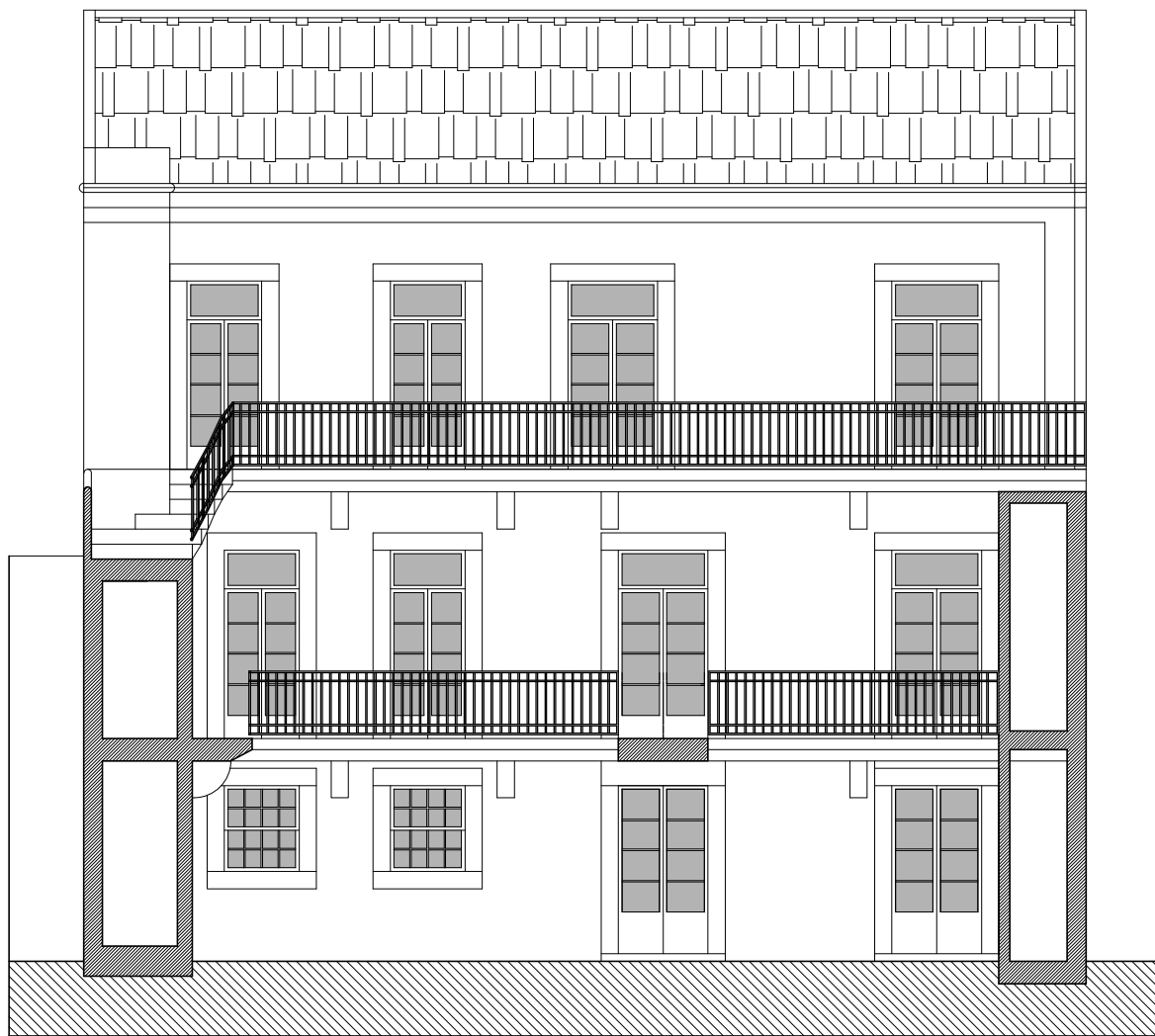
Corte transversal

ANEXO	ANEXO I - LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	CORTE TRANVERSAL	ESCALA	1/200
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	6



Alçado Frontal

ANEXO	ANEXO I - LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	ALÇADO FRONTAL	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	7

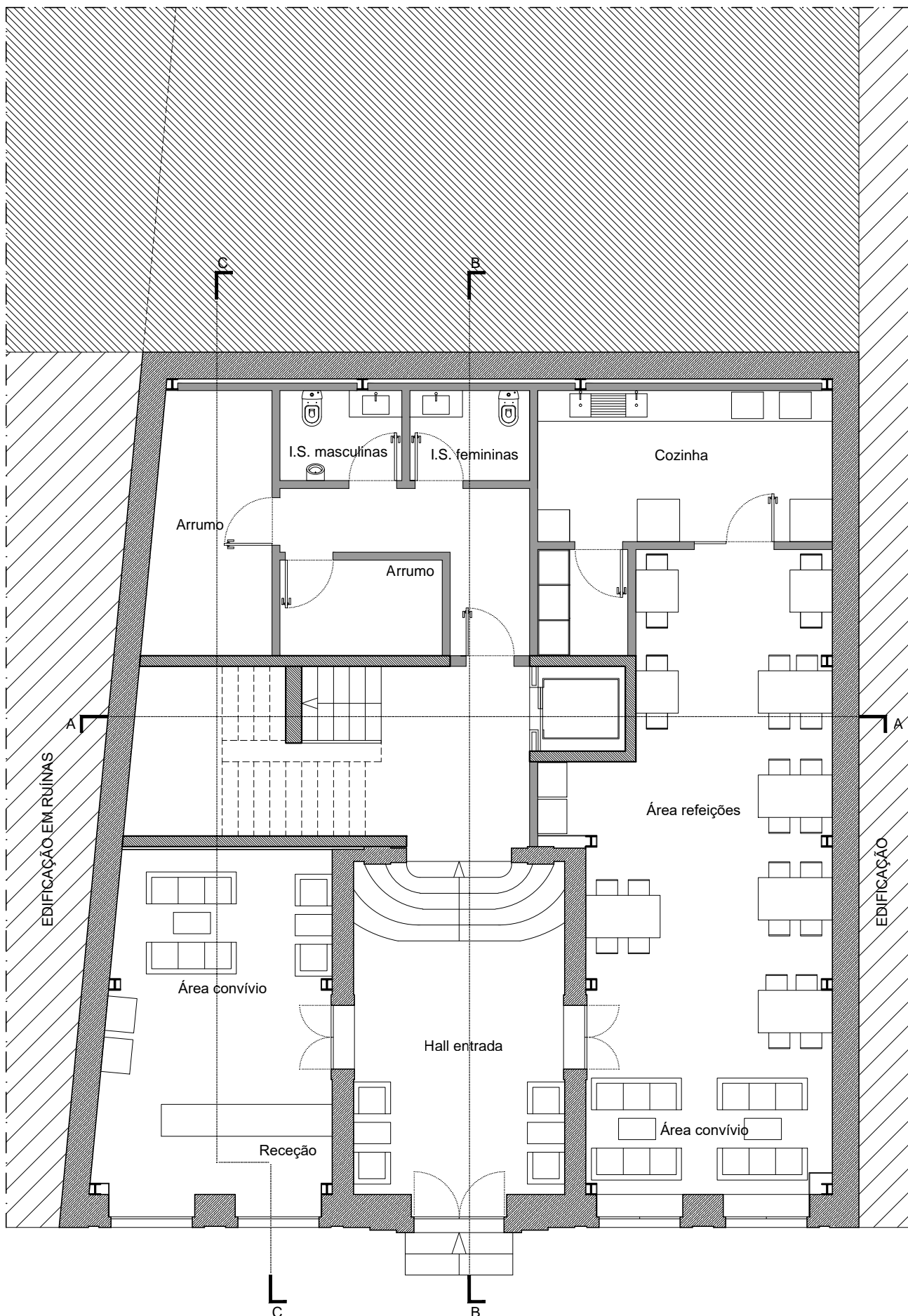


Alçado Posterior

ANEXO	ANEXO I - LEVANTAMENTO ARQUITETÓNICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	ALÇADO POSTERIOR	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	8

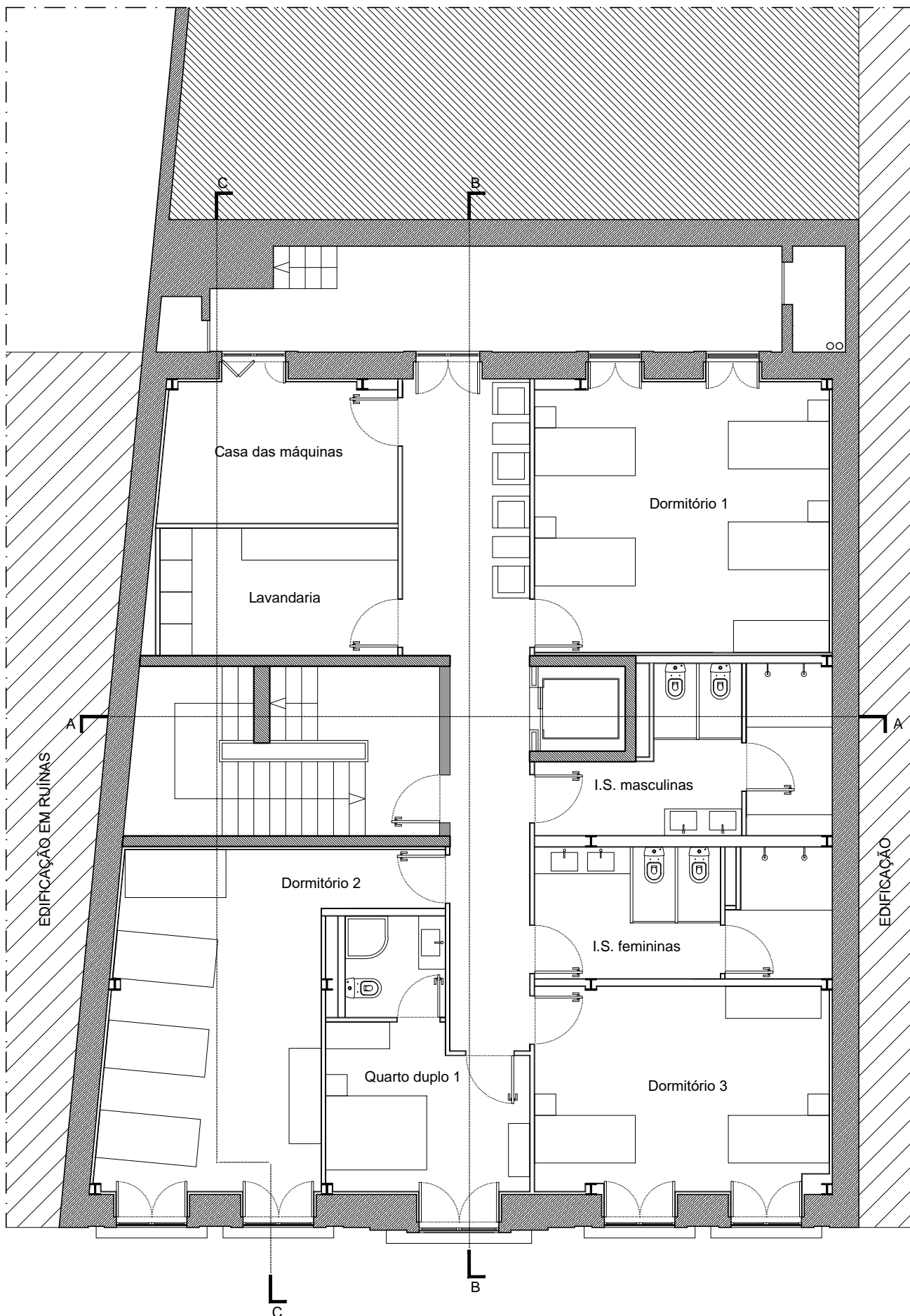
Anexo

ANEXO II – PROJETO DE ARQUITETURA



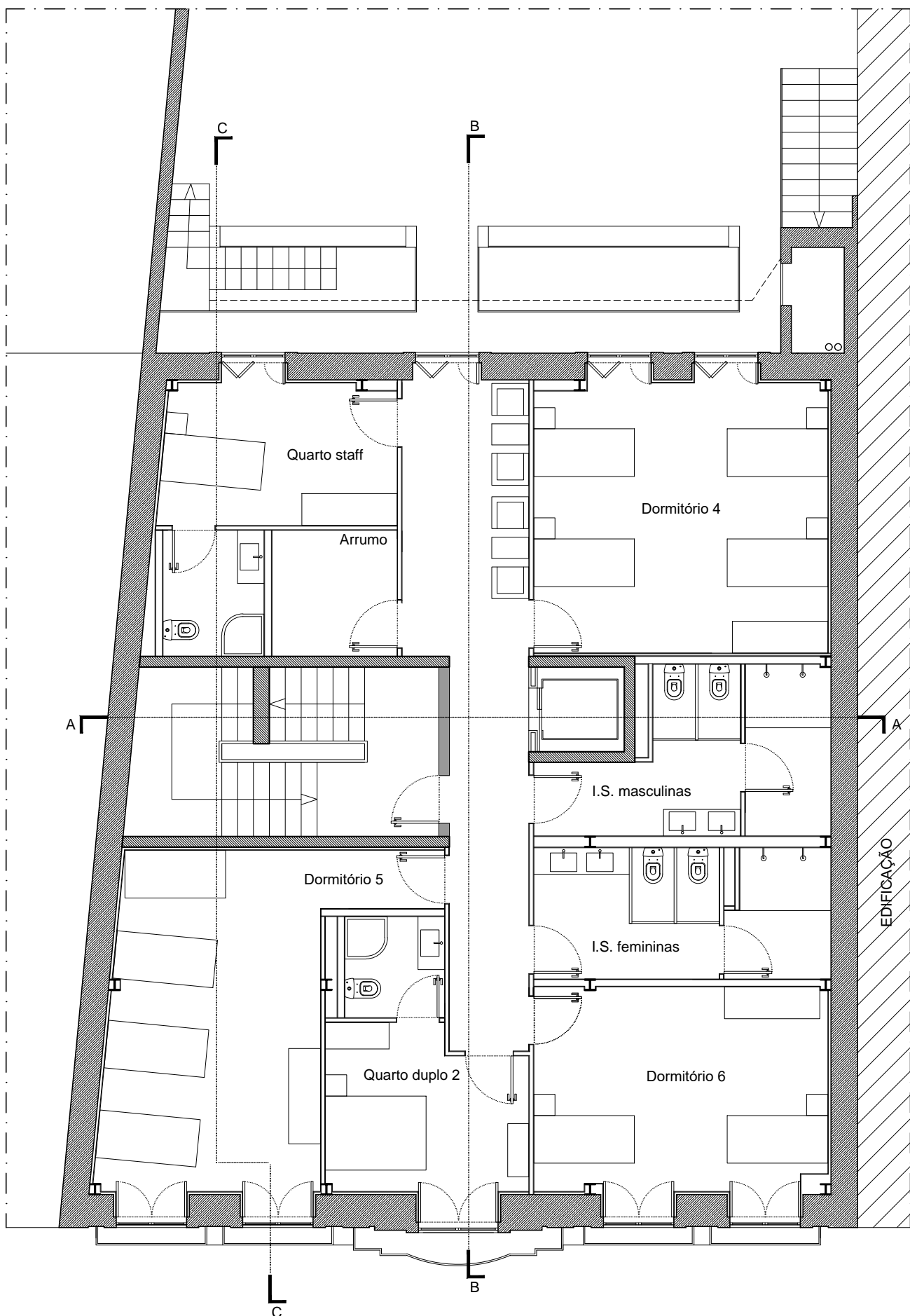
Planta do R/chão

ANEXO	ANEXO II - PROJETO DE ARQUITETURA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO R/CHÃO	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	1



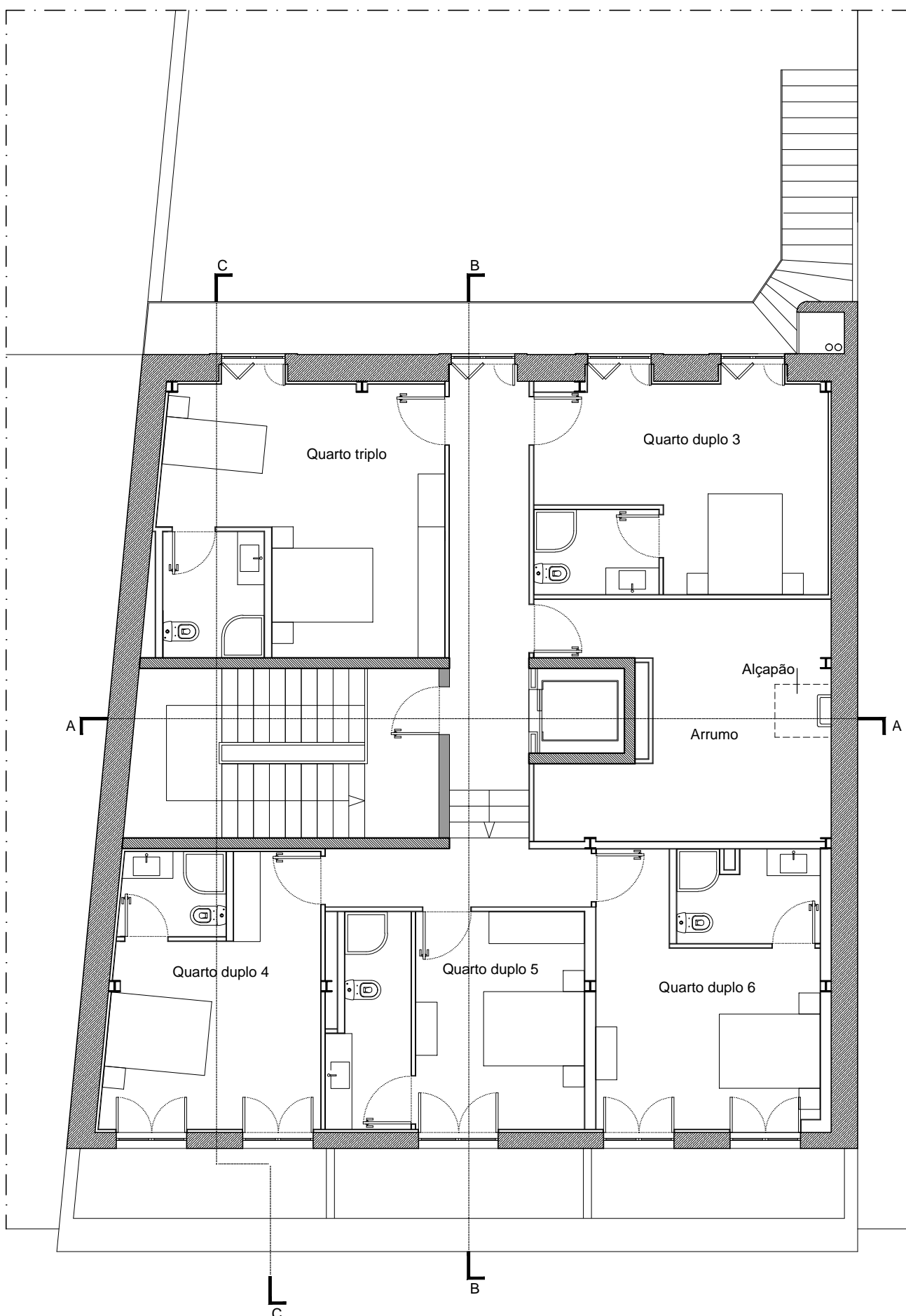
Planta do Piso 1

ANEXO	ANEXO II - PROJETO DE ARQUITETURA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 1	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	2



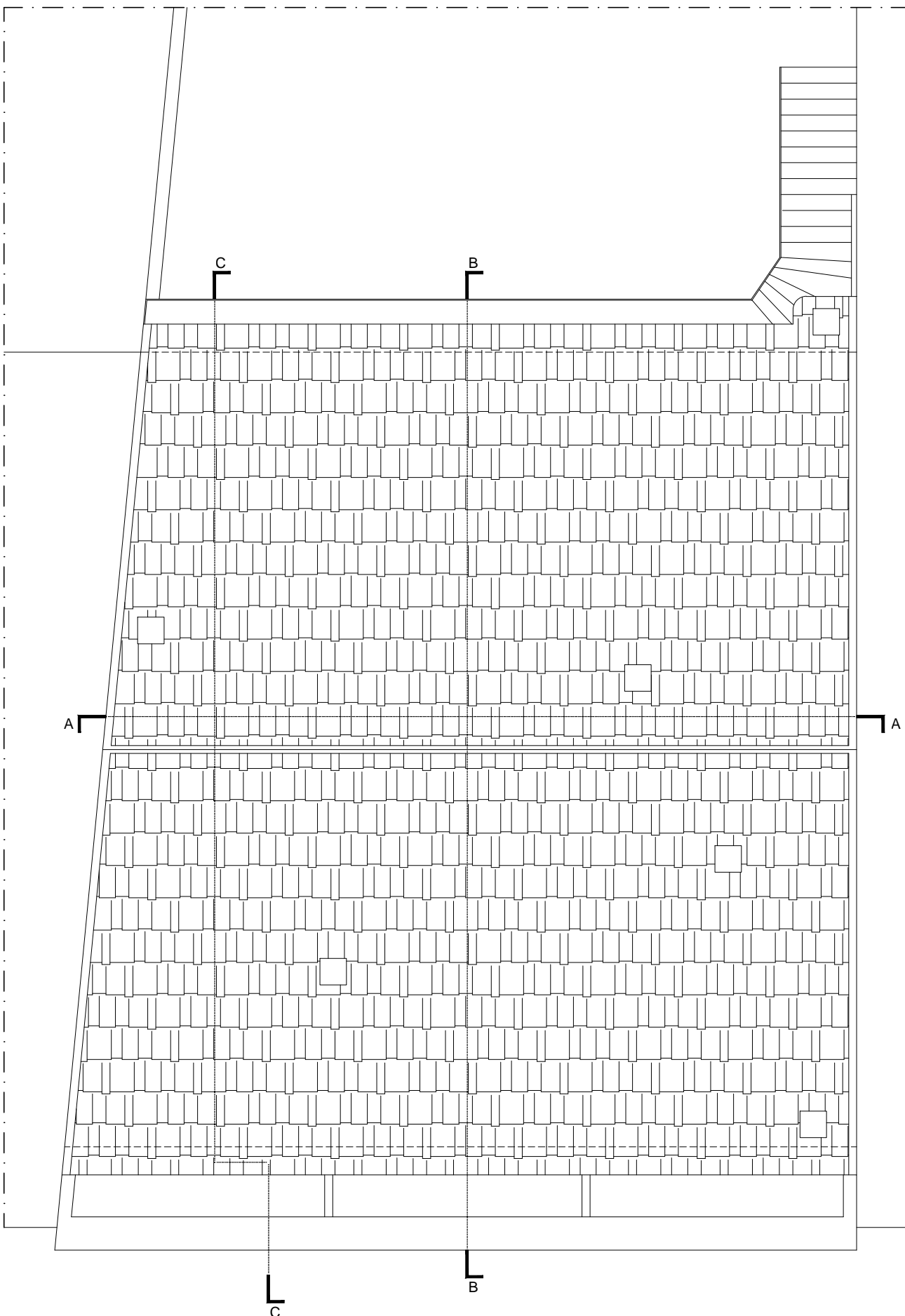
Planta do Piso 2

ANEXO	ANEXO II - PROJETO DE ARQUITETURA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 2	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	3



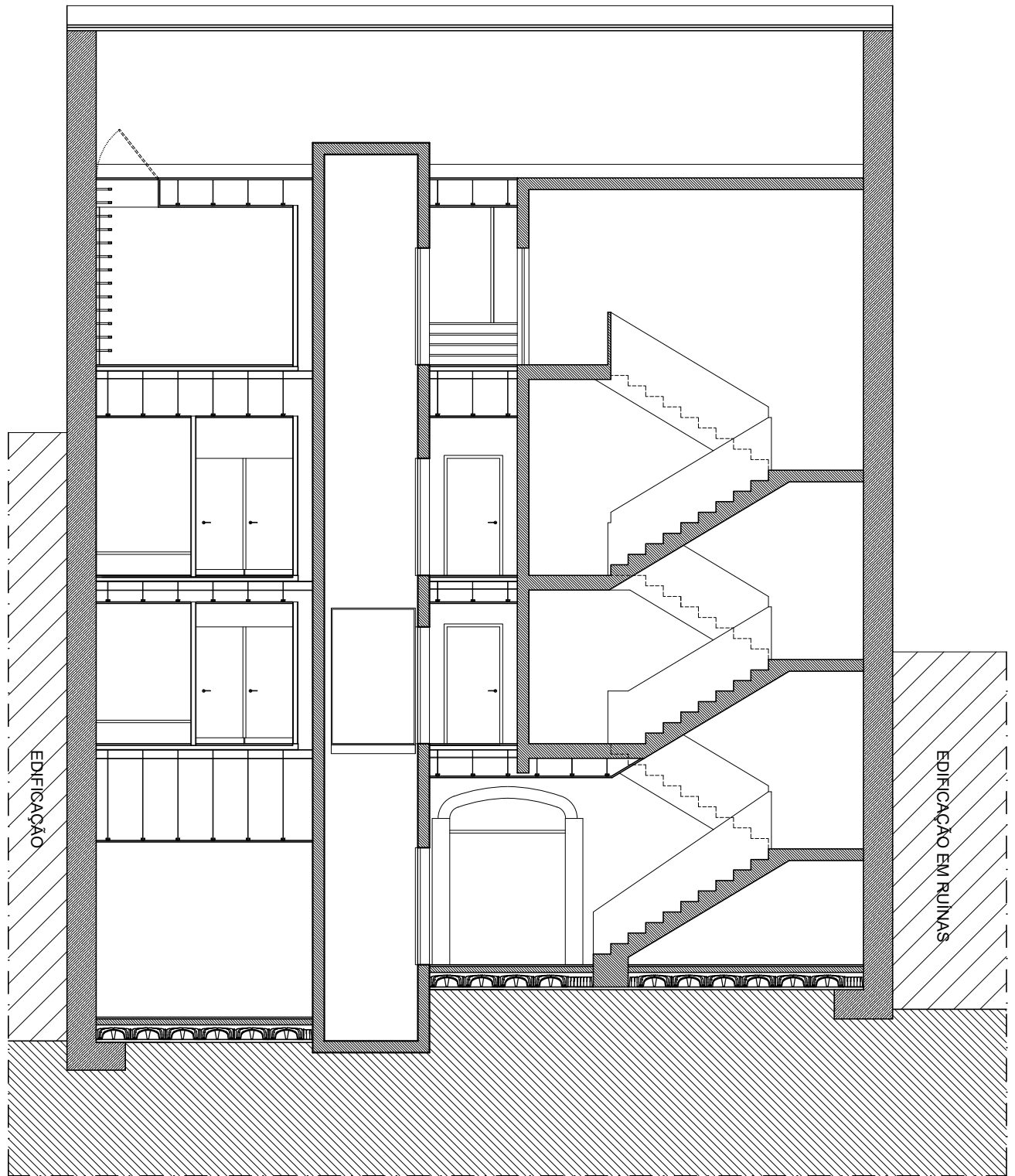
Planta do Piso 3

ANEXO	ANEXO II - PROJETO DE ARQUITETURA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 3	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	4



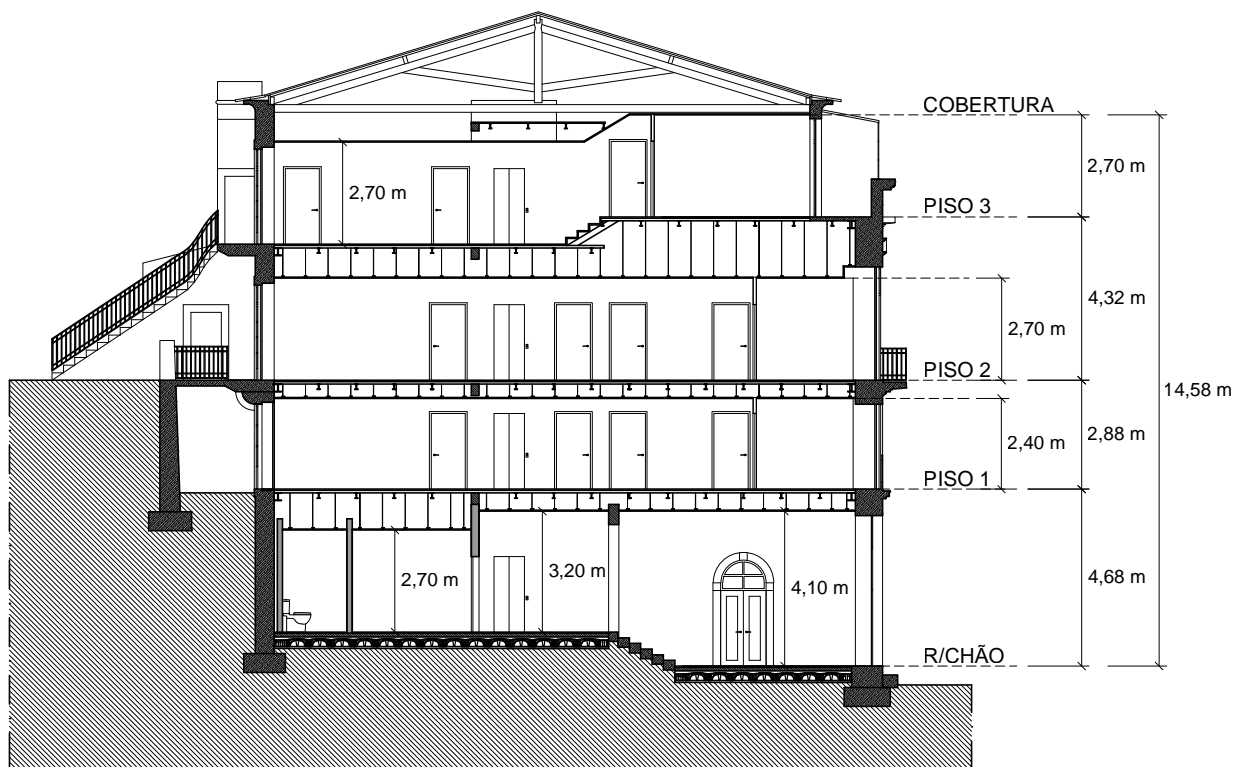
Planta da Cobertura

ANEXO	ANEXO II - PROJETO DE ARQUITETURA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DA COBERTURA	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	5

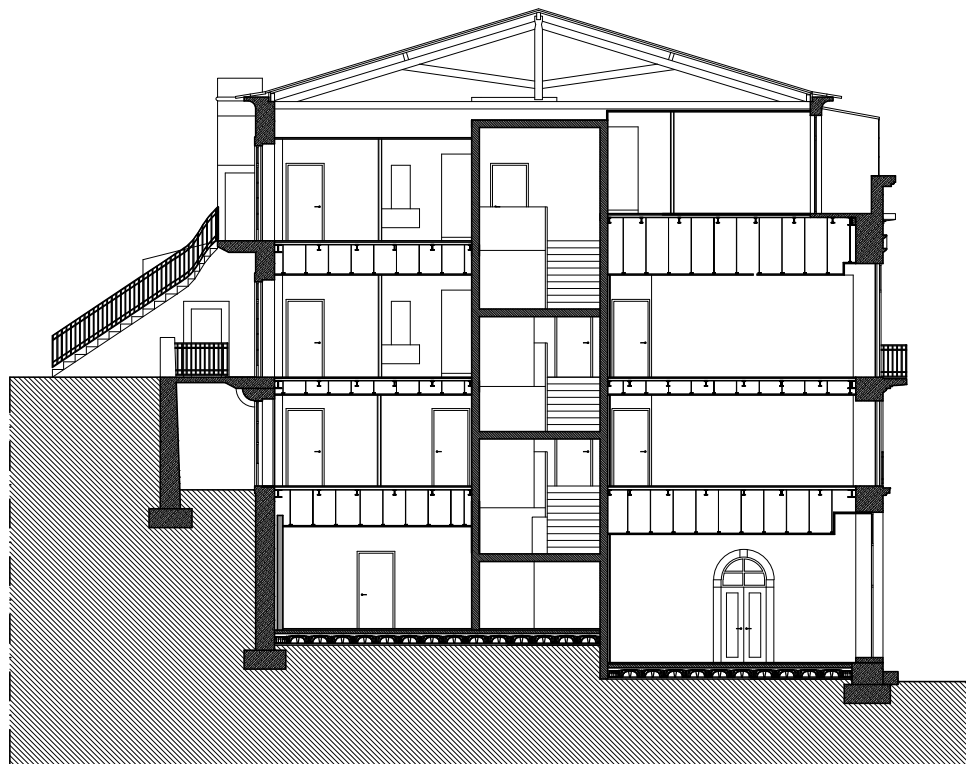


Corte A

ANEXO	ANEXO II - PROJETO DE ARQUITETURA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	CORTE A	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	6



Corte B



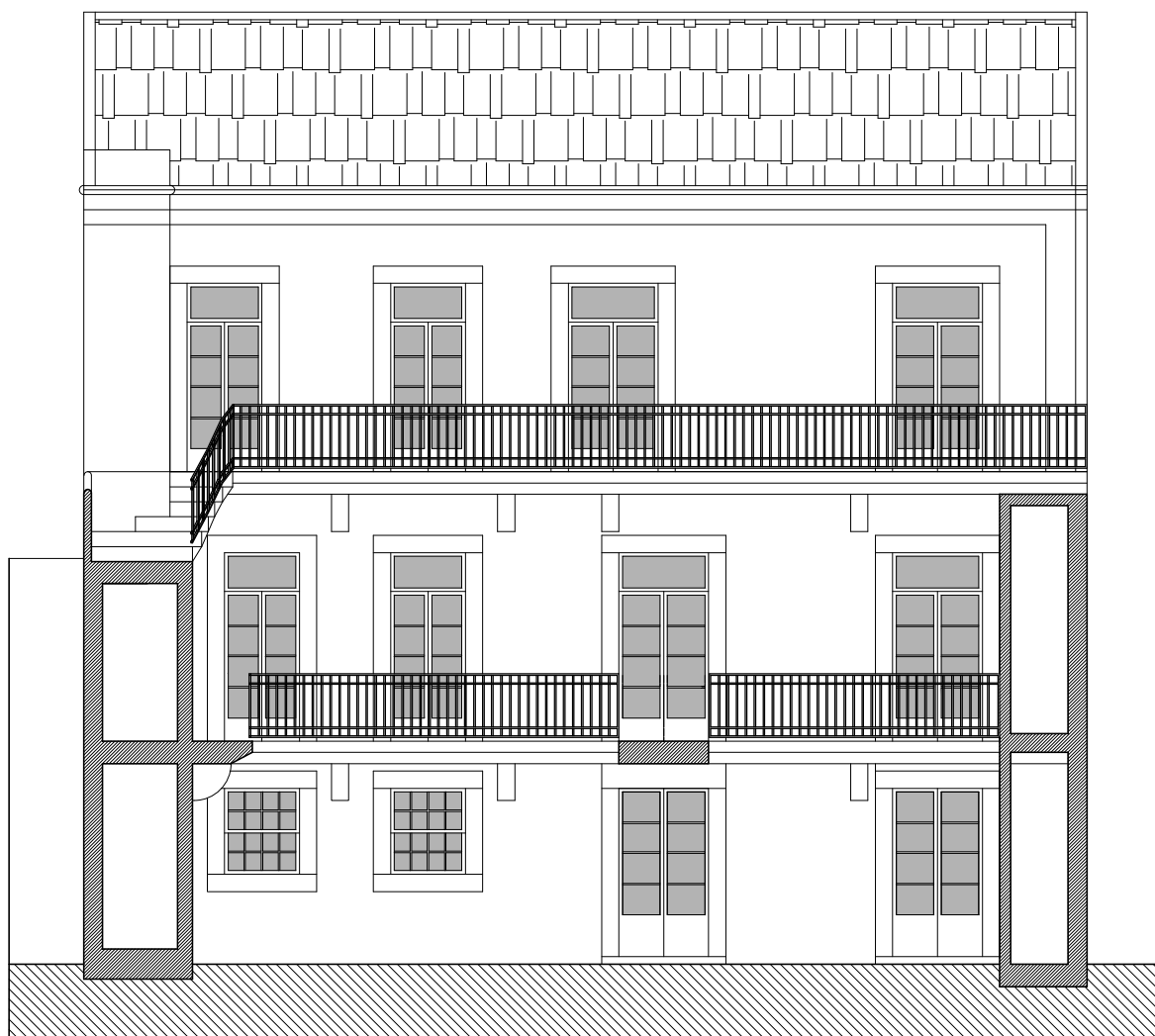
Corte C

ANEXO	ANEXO II - PROJETO DE ARQUITETURA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	CORTE B - CORTE C	ESCALA	1/200
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	7



Alçado Frontal

ANEXO	ANEXO II - PROJETO DE ARQUITETURA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	ALÇADO FRONTAL	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	8

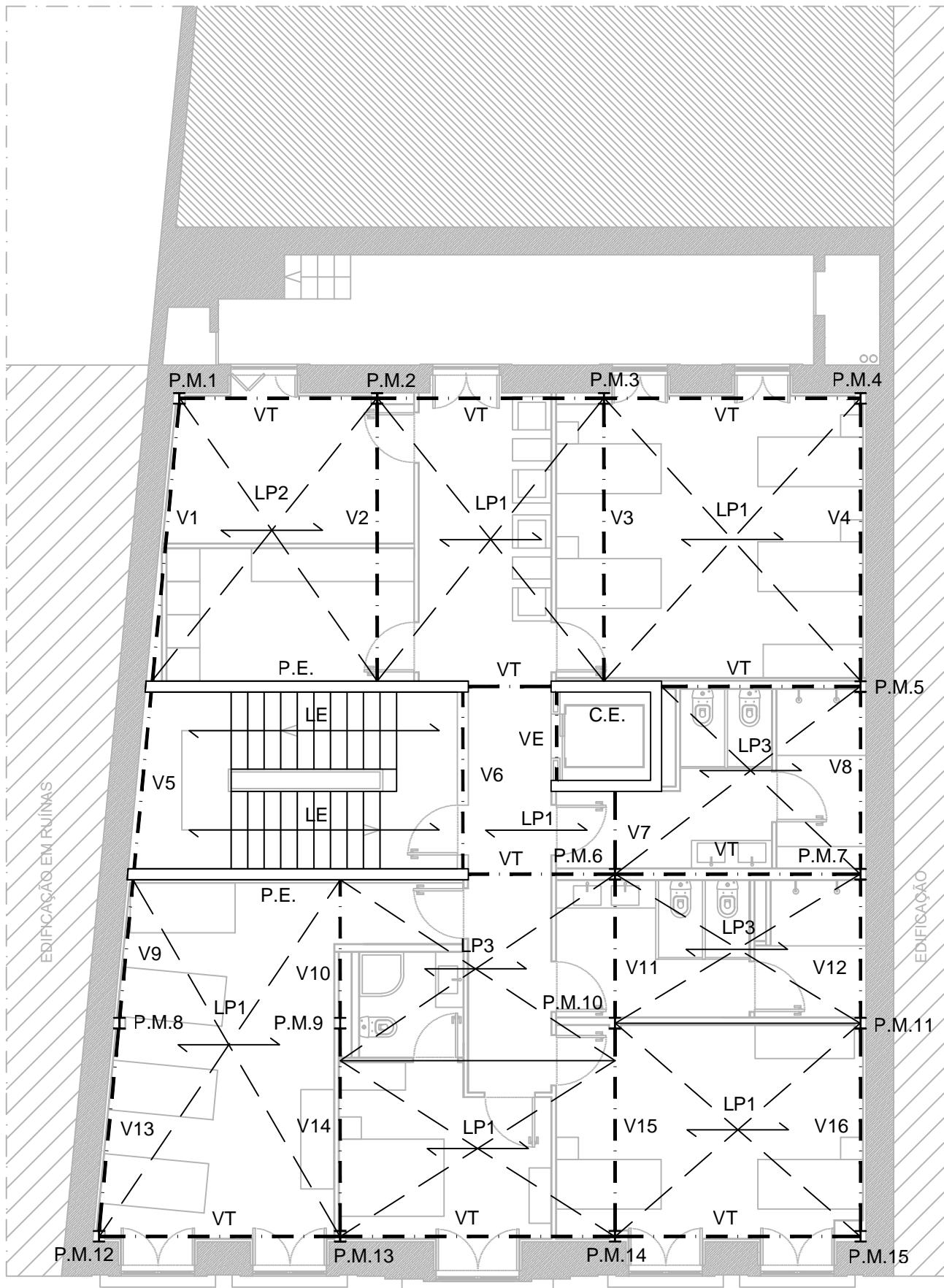


Alçado Posterior

ANEXO	ANEXO II - PROJETO DE ARQUITETURA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	ALÇADO POSTERIOR	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	9

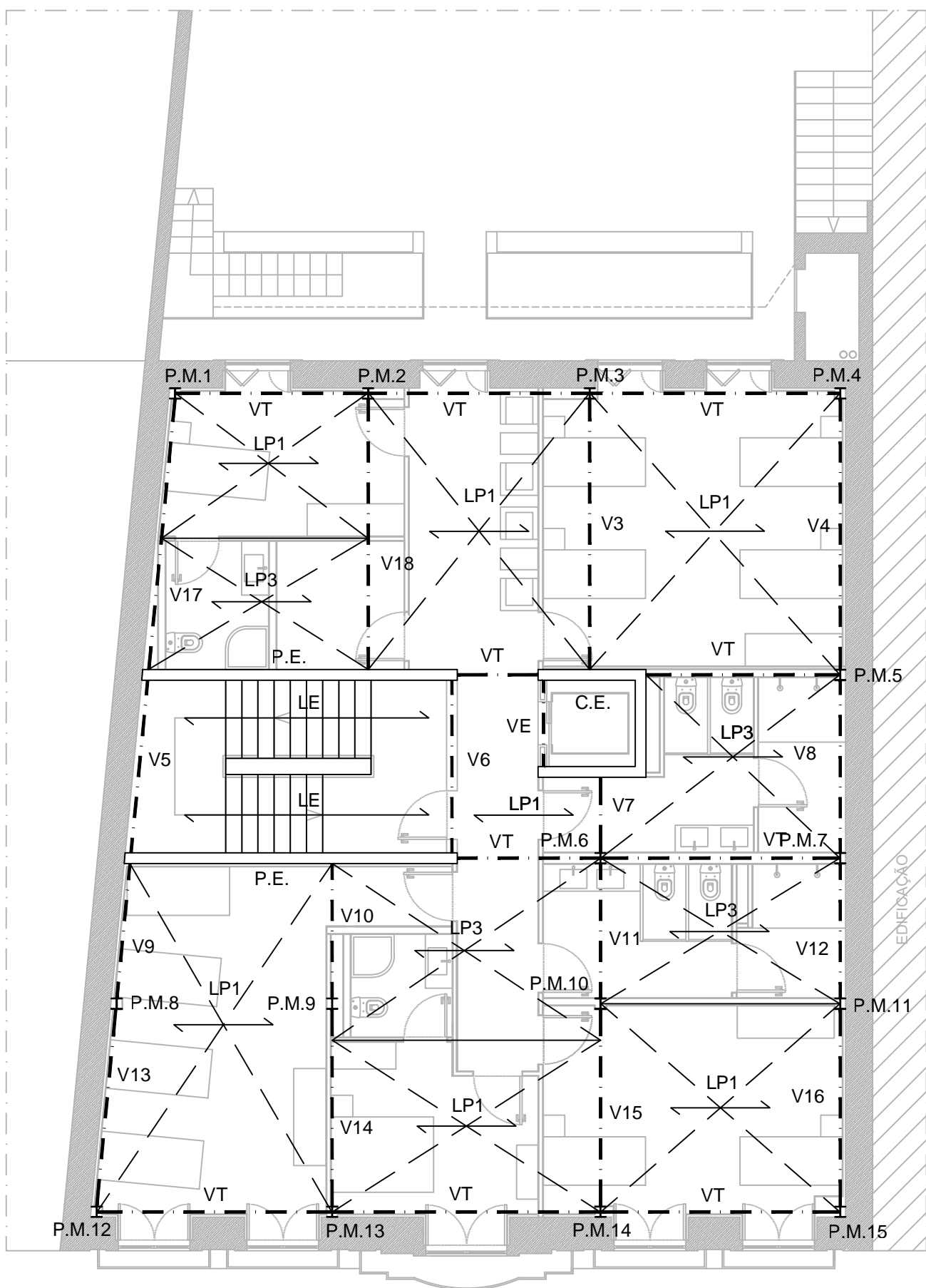
Anexo

ANEXO III – ESTABILIDADE



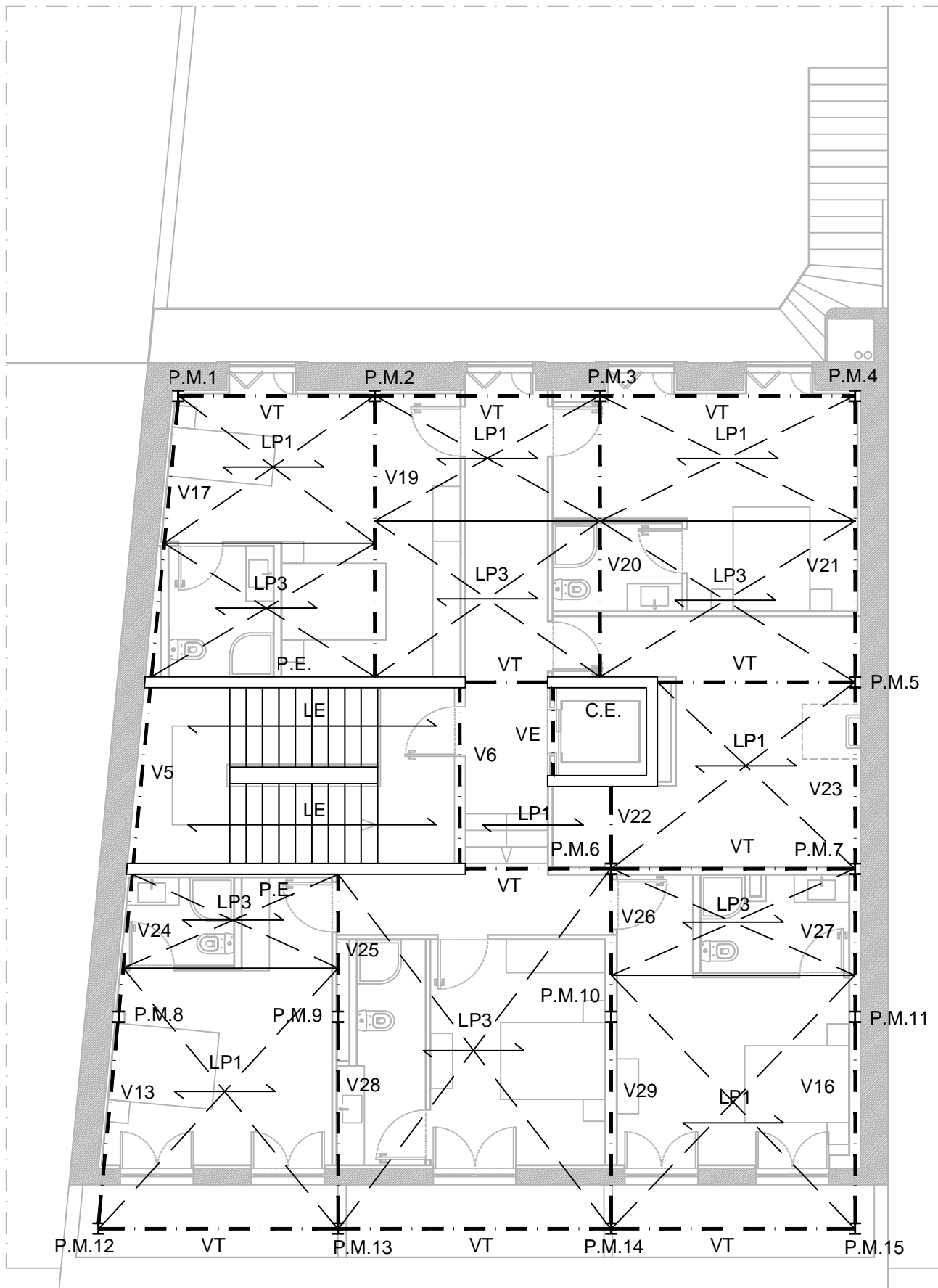
Planta Estrutural Base do Piso 1

ANEXO	ANEXO III - ESTUDO PÉVIO DO PROJETO DE ESTABILIDADE	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA ESTRUTURAL BASE DO PISO 1	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	1



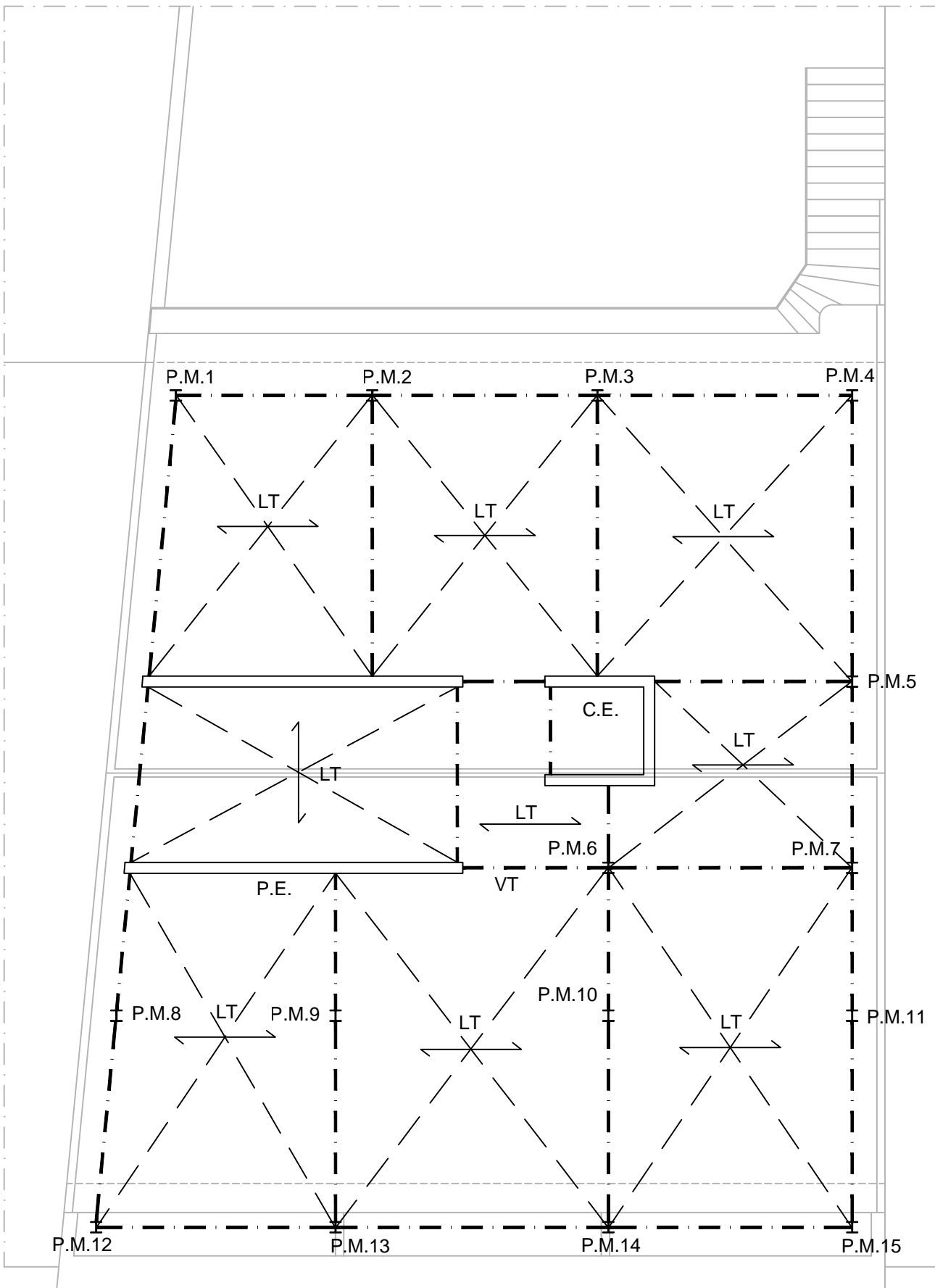
Planta Estrutural Base do Piso 2

ANEXO	ANEXO III - ESTUDO PÉVIO DO PROJETO DE ESTABILIDADE	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA ESTRUTURAL BASE DO PISO 2	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	2



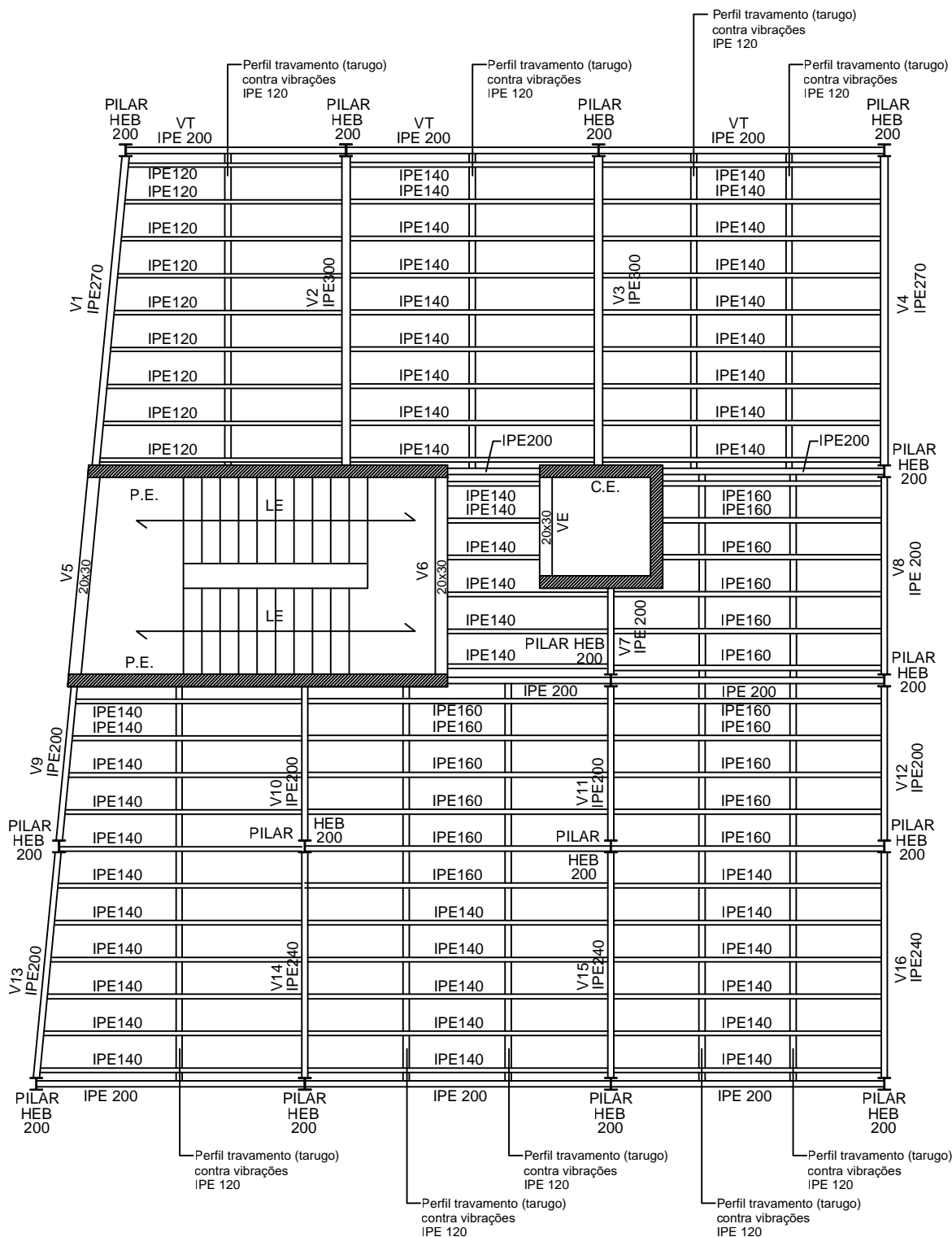
Planta Estrutural Base do Piso 3

ANEXO	ANEXO III - ESTUDO PÉVIO DO PROJETO DE ESTABILIDADE	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA ESTRUTURAL BASE DO PISO 3	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	3



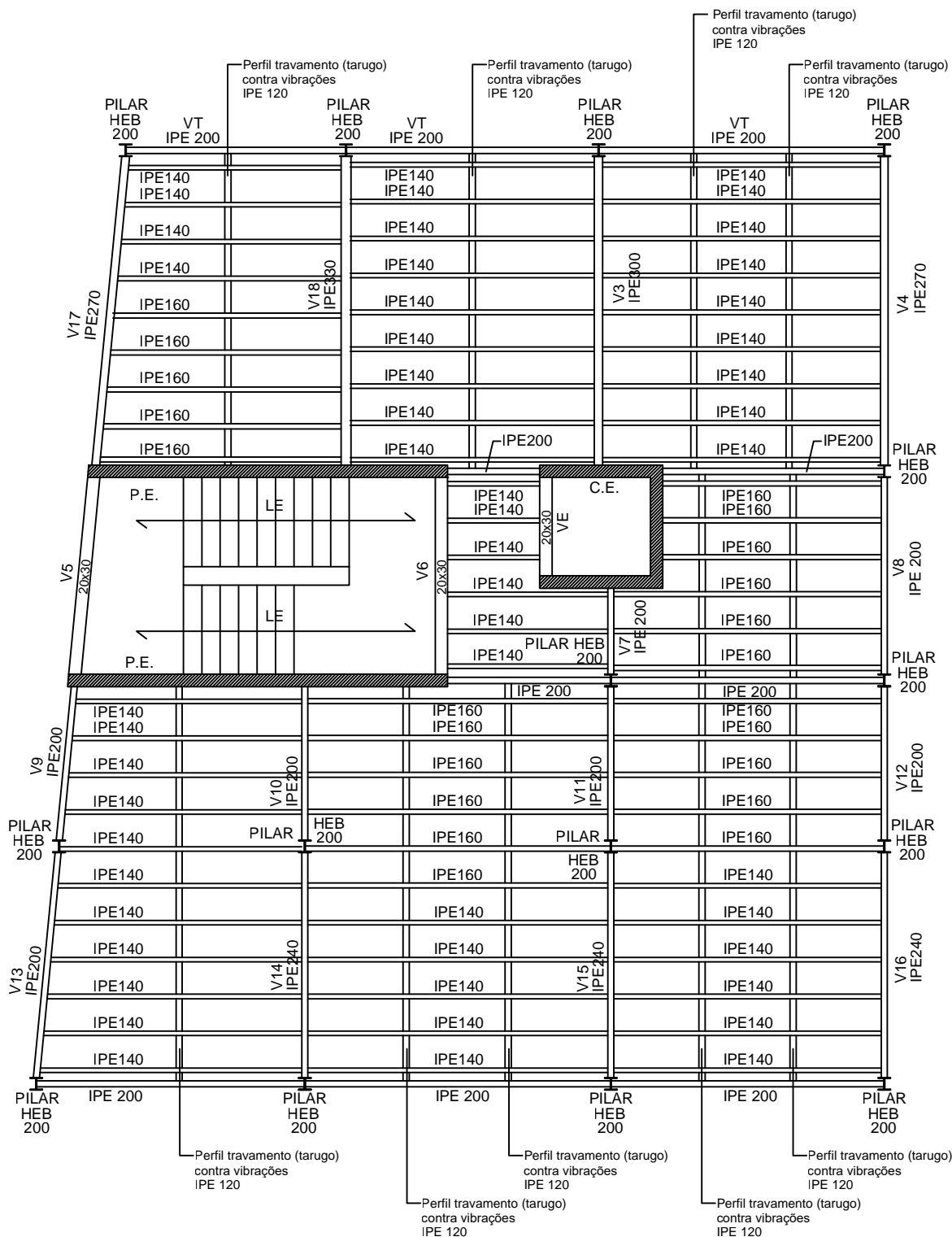
Planta Estrutural Base do Piso Do Teto

ANEXO	ANEXO III - ESTUDO PÉVIO DO PROJETO DE ESTABILIDADE	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA ESTRUTURAL BASE DO PISO DO TETO	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	4



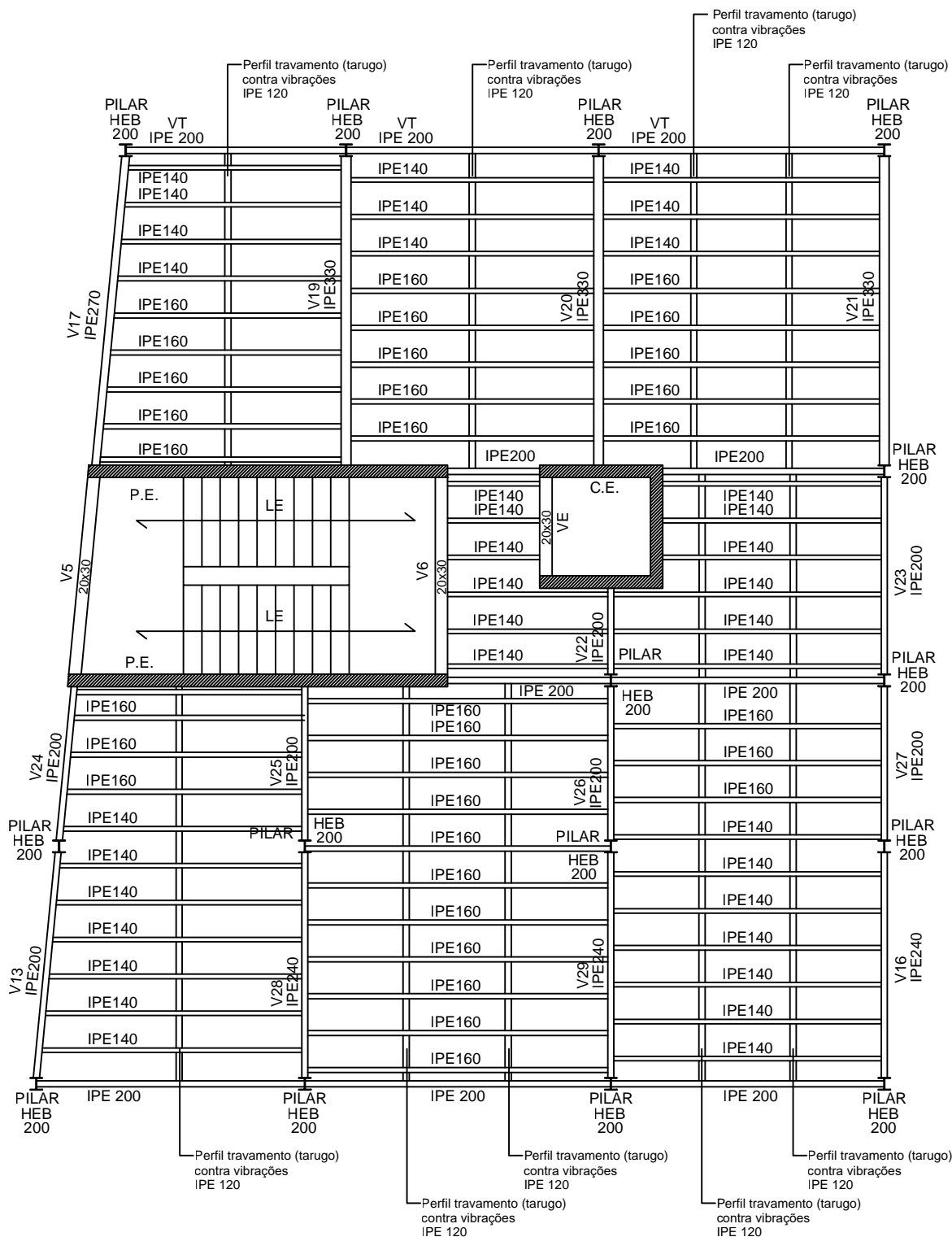
Planta Estrutural do Piso 1

ANEXO	ANEXO III - ESTUDO PÉVIO DO PROJETO DE ESTABILIDADE	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA ESTRUTURAL DO PISO 1	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	5



Planta Estrutural do Piso 2

ANEXO	ANEXO III - ESTUDO PÉVIO DO PROJETO DE ESTABILIDADE	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA ESTRUTURAL DO PISO 2	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	6



Planta Estrutural do Piso 3

ANEXO	ANEXO III - ESTUDO PÉVIO DO PROJETO DE ESTABILIDADE	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA ESTRUTURAL DO PISO 3	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	7

Anexo

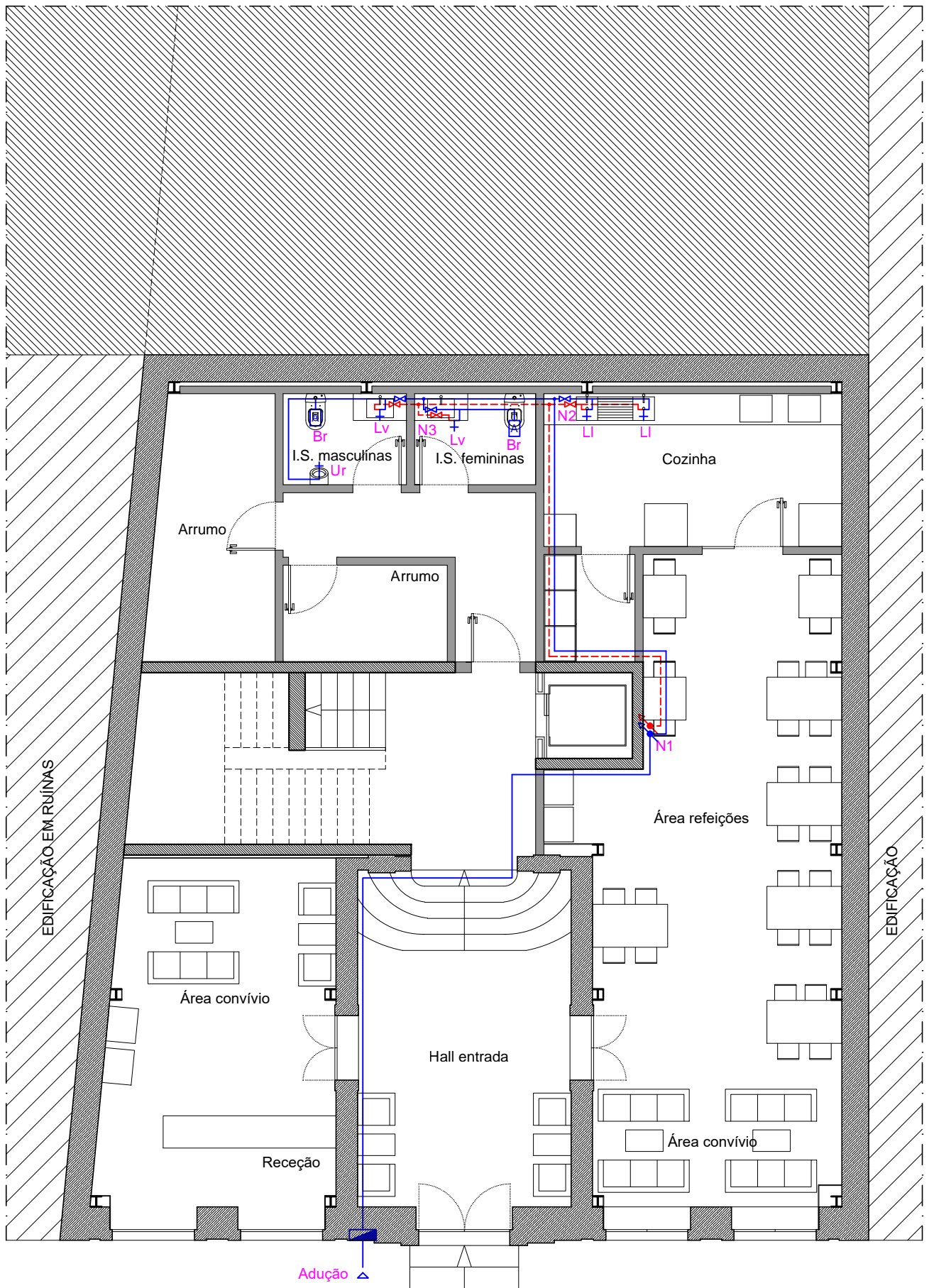
ANEXO IV – ABASTECIMENTO DE ÁGUA

DIMENSIONAMENTO												
Rede de Abastecimento de Água Fria												
Troço	L (m)	Q _{acum} (l/s)	Q cálculo (l/s)	etros	U (m/s)	ΔH (m)	Z (m)		Z + P/γ (mca)		P/γ (mca)	
				DN			Mont	Jus.	Mont	Jus.	Mont	Jus.
Cont-N1	19,50	9,25	1,72	63	1,24	5,92	0,00	5,00	40,00	34,08	40,00	29,08
N1-N2	8,60	0,55	0,40	25	1,86	2,60	5,00	5,00	34,08	31,48	29,08	26,48
N2-LI	3,20	0,40	0,34	25	1,58	0,72	5,00	2,30	31,48	30,76	26,48	28,46
LI-LI	3,80	0,20	0,20	20	1,46	1,00	5,00	2,30	30,76	29,76	25,76	27,46
N2-N3	2,40	0,55	0,40	25	1,86	0,73	5,00	5,00	31,48	30,76	26,48	25,76
N3-Lv	3,40	0,20	0,24	25	1,11	0,41	5,00	2,30	30,76	30,35	25,76	28,05
Lv-Br	4,10	0,10	0,10	20	0,73	0,32	5,00	2,30	30,35	30,02	25,35	27,72
N3-Lv	3,40	0,35	0,32	25	1,47	0,68	5,00	2,30	30,76	30,07	25,76	27,77
Lv-Br	4,00	0,25	0,27	25	1,24	0,59	5,00	2,30	30,07	29,48	25,07	27,18
Br-Ur	5,30	0,15	0,15	20	1,10	0,84	5,00	2,30	29,48	28,64	24,48	26,34
N1-N4	2,90	8,30	1,63	63	1,17	0,12	5,00	7,90	34,08	33,96	29,08	26,06
N4-N5	0,30	4,45	1,16	50	1,34	0,02	7,90	7,90	33,96	33,93	26,06	26,03
N5-N6	1,10	3,40	1,03	50	1,18	0,06	7,90	7,90	33,93	33,87	26,03	25,97
N6-Br	2,30	0,70	0,46	32	1,29	0,27	7,90	6,10	33,87	33,60	25,97	27,50
Br-Br	2,70	0,60	0,42	32	1,19	0,27	7,90	6,10	33,60	33,33	25,70	27,23
Br-N7	0,70	0,50	0,38	32	1,09	0,06	7,90	7,90	33,33	33,27	25,43	25,37
N7-Ch	2,20	0,30	0,29	25	1,36	0,38	7,90	6,10	33,27	32,88	25,37	26,78
Ch-Ch	2,60	0,15	0,15	25	0,69	0,14	7,90	6,10	32,88	32,74	24,98	26,64
N7-Lv	5,70	0,20	0,24	25	1,11	0,69	7,90	6,10	32,74	32,06	24,84	25,96
Lv-Lv	2,60	0,10	0,10	20	0,73	0,20	7,90	6,10	32,06	31,85	24,16	25,75
N6-N8	5,20	2,70	0,91	50	1,05	0,24	7,90	7,90	31,85	31,61	23,95	23,71
N8-Mr	6,80	0,40	0,34	25	1,58	1,54	7,90	6,10	33,87	32,33	25,97	26,23
Mr-Mr	1,50	0,20	0,20	20	1,46	0,39	7,90	6,10	32,33	31,94	24,43	25,84
N8-BC	7,30	2,30	0,84	50	0,97	0,30	7,90	6,10	31,94	31,64	24,04	25,54
N5-N9	6,20	1,05	0,56	32	1,59	1,05	7,90	7,90	33,93	32,89	26,03	24,99
N9-Lv	4,00	0,70	0,46	32	1,29	0,47	7,90	6,10	32,89	32,42	24,99	26,32
Lv-Lv	2,70	0,60	0,42	32	1,19	0,27	7,90	6,10	32,42	32,14	24,52	26,04
Lv-Br	2,70	0,50	0,38	32	1,09	0,23	7,90	6,10	32,14	31,91	24,24	25,81
Br-Br	2,70	0,40	0,34	25	1,58	0,61	7,90	6,10	31,91	31,30	24,01	25,20
Br-Ch	3,20	0,30	0,29	25	1,36	0,56	7,90	6,10	31,30	30,74	23,40	24,64
Ch-Ch	2,60	0,15	0,15	25	0,69	0,14	7,90	6,10	30,74	30,60	22,84	24,50
N9-Lv	3,50	0,35	0,32	25	1,47	0,70	7,90	6,10	30,60	29,90	22,70	23,80
Lv-Ch	3,10	0,25	0,27	25	1,24	0,46	7,90	6,10	32,89	32,43	24,99	26,33
Ch-Br	3,50	0,10	0,10	20	0,73	0,28	7,90	6,10	32,43	32,15	24,53	26,05
N4-N10	3,60	3,85	1,08	50	1,24	0,23	7,90	11,50	32,15	31,93	24,25	20,43
N10-N11	0,30	2,10	0,80	40	1,44	0,03	11,50	11,50	33,96	33,92	22,46	22,42
N11-N12	1,10	1,05	0,56	32	1,59	0,19	11,50	11,50	33,92	33,74	22,42	22,24
N12-Br	2,30	0,70	0,46	32	1,29	0,27	11,50	8,90	33,74	33,47	22,24	24,57
Br-Br	2,70	0,60	0,42	32	1,19	0,27	11,50	8,90	33,47	33,19	21,97	24,29
Br-N13	0,70	0,50	0,38	32	1,09	0,06	11,50	11,50	33,19	33,13	21,69	21,63
N13-Ch	2,20	0,30	0,29	25	1,36	0,38	11,50	8,90	33,13	32,75	21,63	23,85
Ch-Ch	2,60	0,15	0,15	25	0,69	0,14	11,50	8,90	32,75	32,61	21,25	23,71
N13-Lv	5,70	0,20	0,24	25	1,11	0,69	11,50	8,90	33,13	32,45	21,63	23,55
Lv-Lv	2,60	0,10	0,10	20	0,73	0,20	11,50	8,90	32,45	32,24	20,95	23,34
N12-N14	8,00	0,35	0,32	25	1,47	1,60	11,50	11,50	33,74	32,13	22,24	20,63

N14-Ch	2,90	0,25	0,27	25	1,24	0,43	11,50	8,90	32,13	31,71	20,63	22,81
Ch-Lv	4,20	0,10	0,10	20	0,73	0,33	11,50	8,90	32,13	31,80	20,63	22,90
N14-Br	4,90	0,10	0,10	20	0,73	0,39	11,50	8,90	31,80	31,42	20,30	22,52
N11-N15	6,20	1,05	0,56	32	1,59	1,05	11,50	11,50	33,92	32,88	22,42	21,38
N15-Lv	4,00	0,70	0,46	32	1,29	0,47	11,50	8,90	32,88	32,41	21,38	23,51
Lv-Lv	2,70	0,60	0,42	32	1,19	0,27	11,50	8,90	32,41	32,13	20,91	23,23
Lv-Br	2,70	0,50	0,38	32	1,09	0,23	11,50	8,90	32,13	31,90	20,63	23,00
Br-Br	2,70	0,40	0,34	25	1,58	0,61	11,50	8,90	31,90	31,29	20,40	22,39
Br-Ch	3,20	0,30	0,29	25	1,36	0,56	11,50	8,90	31,29	30,73	19,79	21,83
Ch-Ch	2,60	0,15	0,15	25	0,69	0,14	11,50	8,90	30,73	30,59	19,23	21,69
N15-Lv	3,50	0,35	0,32	25	1,47	0,70	11,50	8,90	30,59	29,89	19,09	20,99
Lv-Ch	3,10	0,25	0,27	25	1,24	0,46	11,50	8,90	29,89	29,43	18,39	20,53
Ch-Br	3,50	0,10	0,10	20	0,73	0,28	11,50	8,90	29,43	29,16	17,93	20,26
N10-N16	3,30	1,75	0,73	40	1,31	0,30	11,50	14,80	31,93	31,63	20,43	16,83
N16-N17	0,30	1,75	0,73	40	1,31	0,03	14,80	14,80	31,63	31,60	16,83	16,80
N17-N18	1,50	0,70	0,46	32	1,29	0,18	14,80	14,80	31,60	31,42	16,80	16,62
N18-Lv	4,00	0,35	0,32	25	1,47	0,80	14,80	12,50	31,42	30,62	16,62	18,12
Lv-Br	4,20	0,25	0,27	25	1,24	0,62	14,80	12,50	30,62	30,00	15,82	17,50
Br-Ch	3,20	0,15	0,15	20	1,10	0,51	14,80	12,50	30,00	29,49	15,20	16,99
N18-N19	7,50	0,35	0,32	25	1,47	1,50	14,80	14,80	31,42	29,92	16,62	15,12
N19-Ch	2,50	0,25	0,27	25	1,24	0,37	14,80	12,50	29,92	29,55	15,12	17,05
Ch-Lv	3,50	0,10	0,10	20	0,73	0,28	14,80	12,50	29,55	29,28	14,75	16,78
N19-Br	4,20	0,10	0,10	20	0,73	0,33	14,80	12,50	29,92	29,59	15,12	17,09
N17-N20	2,40	1,05	0,56	32	1,59	0,41	14,80	14,80	31,60	31,19	16,80	16,39
N20-Ch	2,50	0,35	0,32	25	1,47	0,50	14,80	13,20	31,19	30,69	16,39	17,49
Ch-Br	2,70	0,10	0,10	20	0,73	0,21	14,80	13,20	30,69	30,48	15,89	17,28
Ch-Lv	3,10	0,10	0,10	20	0,73	0,24	14,80	13,20	30,48	30,24	15,68	17,04
N20-N21	5,80	0,70	0,46	32	1,29	0,68	14,80	14,80	31,19	30,52	16,39	15,72
N21-Ch	3,00	0,35	0,32	25	1,47	0,60	14,80	13,20	30,52	29,91	15,72	16,71
Ch-Br	2,60	0,20	0,24	25	1,11	0,31	14,80	13,20	29,91	29,60	15,11	16,40
Br-Lv	3,40	0,10	0,10	20	0,73	0,27	14,80	13,20	29,60	29,33	14,80	16,13
N21-N22	2,50	0,35	0,32	25	1,47	0,50	14,80	14,80	30,52	30,01	15,72	15,21
N22-Br	2,60	0,10	0,10	20	0,73	0,20	14,80	13,20	30,01	29,81	15,21	16,61
N22-Ch	1,80	0,25	0,27	25	1,24	0,27	14,80	13,20	30,01	29,75	15,21	16,55
Ch-Lv	2,50	0,10	0,10	20	0,73	0,20	14,80	13,20	29,75	29,55	14,95	16,35

Rede de Abastecimento de Água Quente												
Troço	L (m)	Qacum (l/s)	Q cálculo (l/s)	etros DN	U (m/s)	ΔH (m)	Z (m)		Z + P/ γ (mca)		P/ γ (mca)	
							Mont	Jus.	Mont	Jus.	Mont	Jus.
BC-N6	13,40	4,60	1,18	50	1,37	3,84	6,10	7,90	31,64	27,80	25,54	19,90
N6-N7	1,60	0,50	0,38	25	1,77	0,37	7,90	7,90	27,80	27,43	19,90	19,53
N7-Ch	2,00	0,30	0,29	25	1,36	0,29	7,90	6,10	27,43	27,14	19,53	21,04
Ch--Ch	2,50	0,15	0,15	20	1,10	0,33	7,90	6,10	27,14	26,81	19,24	20,71
N7-Lv	5,10	0,20	0,24	25	1,11	0,51	7,90	6,10	27,43	26,92	19,53	20,82
Lv-Lv	2,10	0,10	0,10	20	0,73	0,13	7,90	6,10	26,92	26,78	19,02	20,68
N6-N5	0,80	4,10	1,11	50	1,29	0,05	7,90	7,90	27,80	27,75	19,90	19,85
N5-N9	6,50	0,75	0,47	32	1,34	0,68	7,90	7,90	27,75	27,08	19,85	19,18
N9-Lv	3,70	0,50	0,38	25	1,77	0,86	7,90	6,10	27,08	26,22	19,18	20,12
Lv-Lv	2,50	0,40	0,34	25	1,58	0,47	7,90	6,10	27,08	26,61	19,18	20,51
Lv-Ch	4,90	0,30	0,29	25	1,36	0,71	7,90	6,10	26,61	25,89	18,71	19,79
Ch-Ch	2,60	0,15	0,15	20	1,10	0,34	7,90	6,10	25,89	25,55	17,99	19,45
N9-Lv	3,80	0,25	0,27	25	1,24	0,47	7,90	6,10	26,22	25,75	18,32	19,65
Lv-Ch	3,10	0,15	0,15	20	1,10	0,41	7,90	6,10	25,75	25,35	17,85	19,25
N5-N4	0,30	3,35	1,02	50	1,18	0,01	7,90	7,90	27,75	27,74	19,85	19,84
N4-N1	2,90	0,60	0,42	32	1,19	0,25	7,90	5,00	25,35	25,10	17,45	20,10
N1-N2	8,40	0,60	0,42	32	1,19	0,71	5,00	5,00	25,10	24,39	20,10	19,39
N2-LI	3,40	0,40	0,34	25	1,58	0,64	5,00	2,30	24,39	23,75	19,39	21,45
LI-LI	3,80	0,20	0,20	25	0,92	0,28	5,00	2,30	23,75	23,47	18,75	21,17
N2-N3	2,40	0,20	0,24	25	1,11	0,24	5,00	5,00	24,39	24,15	19,39	19,15
N3-Lv	3,60	0,10	0,10	20	0,73	0,23	5,00	2,30	24,15	23,92	19,15	21,62
N3-Lv	3,70	0,10	0,10	20	0,73	0,24	5,00	2,30	24,15	23,91	19,15	21,61
N4-N10	3,60	2,75	0,92	40	1,65	0,42	7,90	11,50	27,74	27,32	19,84	15,82
N10-N11	0,40	1,50	0,67	40	1,21	0,03	11,50	11,50	27,32	27,30	15,82	15,80
N11-N12	0,80	0,75	0,47	32	1,34	0,08	11,50	11,50	27,30	27,21	15,80	15,71
N12-N13	1,60	0,50	0,38	32	1,09	0,11	11,50	8,90	27,21	27,10	15,71	18,20
N13-Ch	2,00	0,30	0,29	25	1,36	0,29	11,50	8,90	27,10	26,81	15,60	17,91
Ch-Ch	2,50	0,15	0,15	20	1,10	0,33	11,50	8,90	26,81	26,48	15,31	17,58
N13-Lv	5,10	0,20	0,24	25	1,11	0,51	11,50	8,90	27,10	26,59	15,60	17,69
Lv-Lv	2,10	0,10	0,10	20	0,73	0,13	11,50	8,90	26,59	26,45	15,09	17,55
N12-Ch	11,40	0,25	0,27	25	1,24	1,40	11,50	8,90	27,21	25,81	15,71	16,91
Ch-Lv	3,90	0,10	0,10	20	0,73	0,25	11,50	8,90	25,81	25,56	14,31	16,66
N11-N15	6,50	0,75	0,47	32	1,34	0,68	11,50	8,90	27,30	26,62	15,80	17,72
N15-Lv	3,70	0,50	0,38	32	1,09	0,27	11,50	11,50	26,62	26,35	15,12	14,85
Lv-Lv	2,50	0,40	0,34	25	1,58	0,47	11,50	8,90	26,35	25,88	14,85	16,98
Lv-Ch	4,90	0,30	0,29	25	1,36	0,71	11,50	8,90	25,88	25,17	14,38	16,27
Ch-Ch	2,60	0,15	0,15	20	1,10	0,34	11,50	8,90	25,17	24,83	13,67	15,93
N15-Lv	3,80	0,25	0,27	25	1,24	0,47	11,50	8,90	26,62	26,15	15,12	17,25
Lv-Ch	3,10	0,15	0,15	20	1,10	0,41	11,50	8,90	26,15	25,75	14,65	16,85
N10-N16	3,30	1,25	0,61	40	1,10	0,18	11,50	14,80	27,32	27,14	15,82	12,34
N16-N17	0,40	1,25	0,61	40	1,10	0,02	14,80	14,80	27,14	27,12	12,34	12,32
N17-N18	1,50	0,50	0,38	32	1,09	0,11	14,80	14,80	27,12	27,01	12,32	12,21
N18-Lv	3,80	0,25	0,27	25	1,24	0,47	14,80	12,50	27,01	26,54	12,21	14,04
Lv-Ch	4,90	0,15	0,15	20	1,10	0,64	14,80	12,50	26,54	25,90	11,74	13,40
N18-Lv	10,30	0,25	0,27	25	1,24	1,26	14,80	12,50	27,01	25,74	12,21	13,24
Lv-Ch	3,50	0,15	0,15	20	1,10	0,46	14,80	12,50	25,74	25,29	10,94	12,79

N17-N20	2,70	0,75	0,47	32	1,34	0,28	14,80	14,80	27,12	26,83	12,32	12,03
N20-Ch	2,20	0,25	0,27	25	1,24	0,27	14,80	13,20	26,83	26,56	12,03	13,36
Ch-Lv	3,10	0,10	0,10	20	0,73	0,20	14,80	13,20	26,56	26,37	11,76	13,17
N20-N21	5,80	0,50	0,38	25	1,77	1,35	14,80	14,80	26,83	25,49	12,03	10,69
N21-Ch	3,00	0,25	0,27	25	1,24	0,37	14,80	13,20	25,49	25,12	10,69	11,92
Ch-Lv	4,50	0,10	0,10	20	0,73	0,29	14,80	13,20	25,12	24,83	10,32	11,63
N21-Ch	4,50	0,25	0,27	25	1,24	0,55	14,80	13,20	25,49	24,93	10,69	11,73
Ch-Lv	2,50	0,10	0,10	20	0,73	0,16	14,80	13,20	24,93	24,77	10,13	11,57



Planta do R/chão

Legenda

- Rede de água fria
- - - Rede de água quente

ANEXO	ANEXO IV - ESTUDO PRÉVIO DO PROJETO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO R/CHÃO	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	1

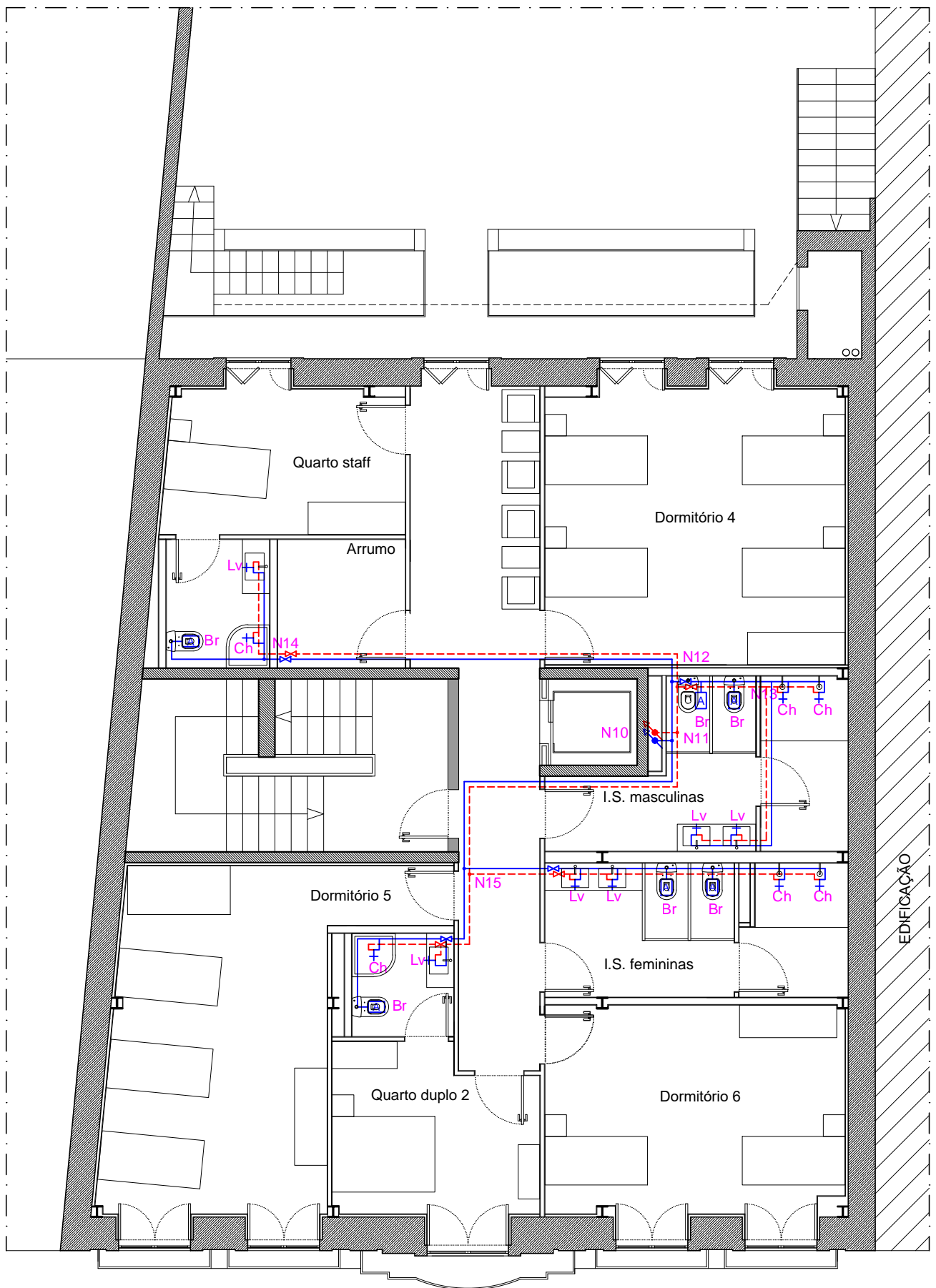


Planta do Piso 1

Legenda

- - Rede de água fria
- - - - Rede de água quente

ANEXO	ANEXO IV - ESTUDO PRÉVIO DO PROJETO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 1	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	2

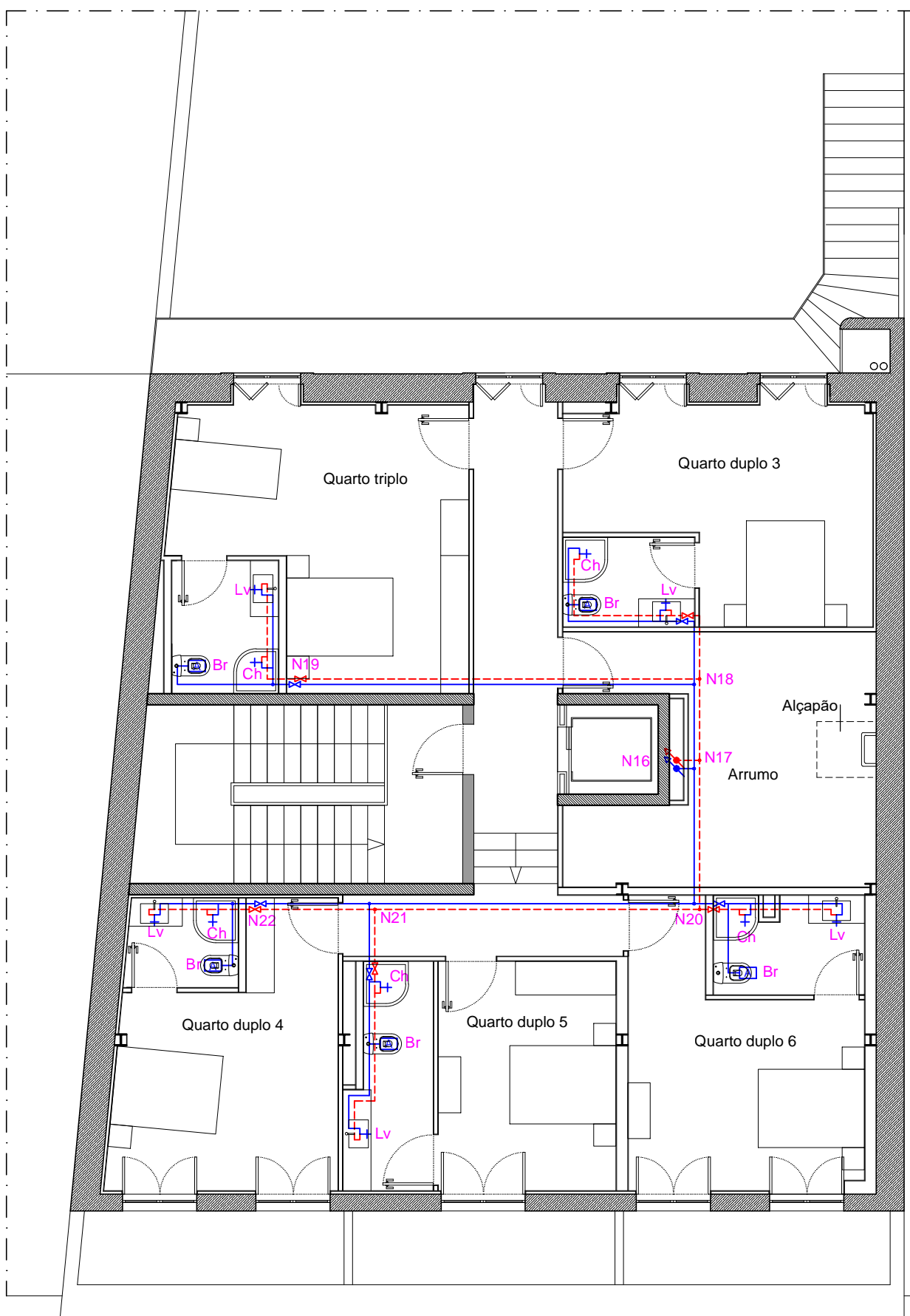


Planta do Piso 2

Legenda

- - Rede de água fria
- - - Rede de água quente

ANEXO	ANEXO IV - ESTUDO PRÉVIO DO PROJETO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 2	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	3



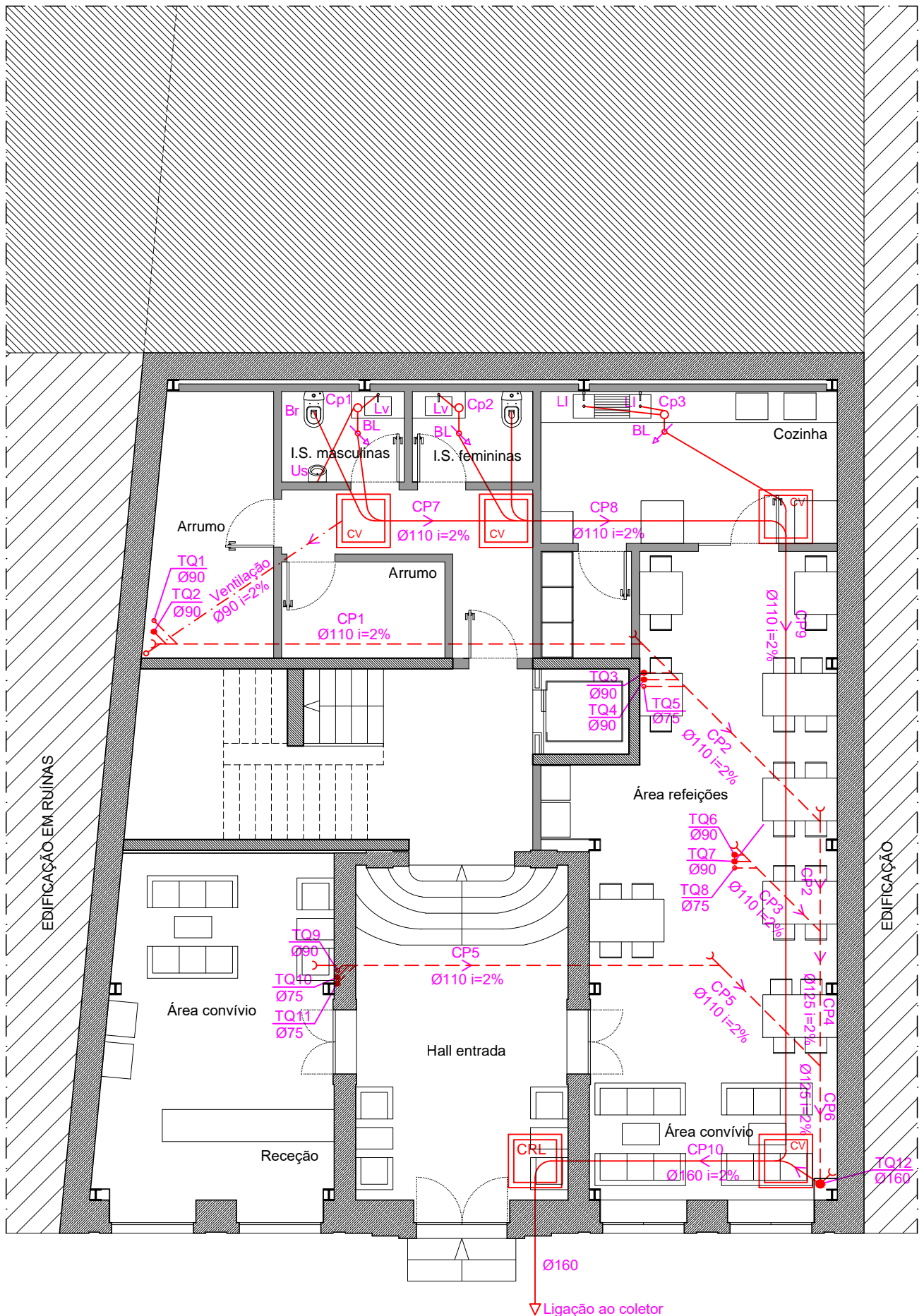
Planta do Piso 3

Legenda

- - Rede de água fria
- - - - Rede de água quente

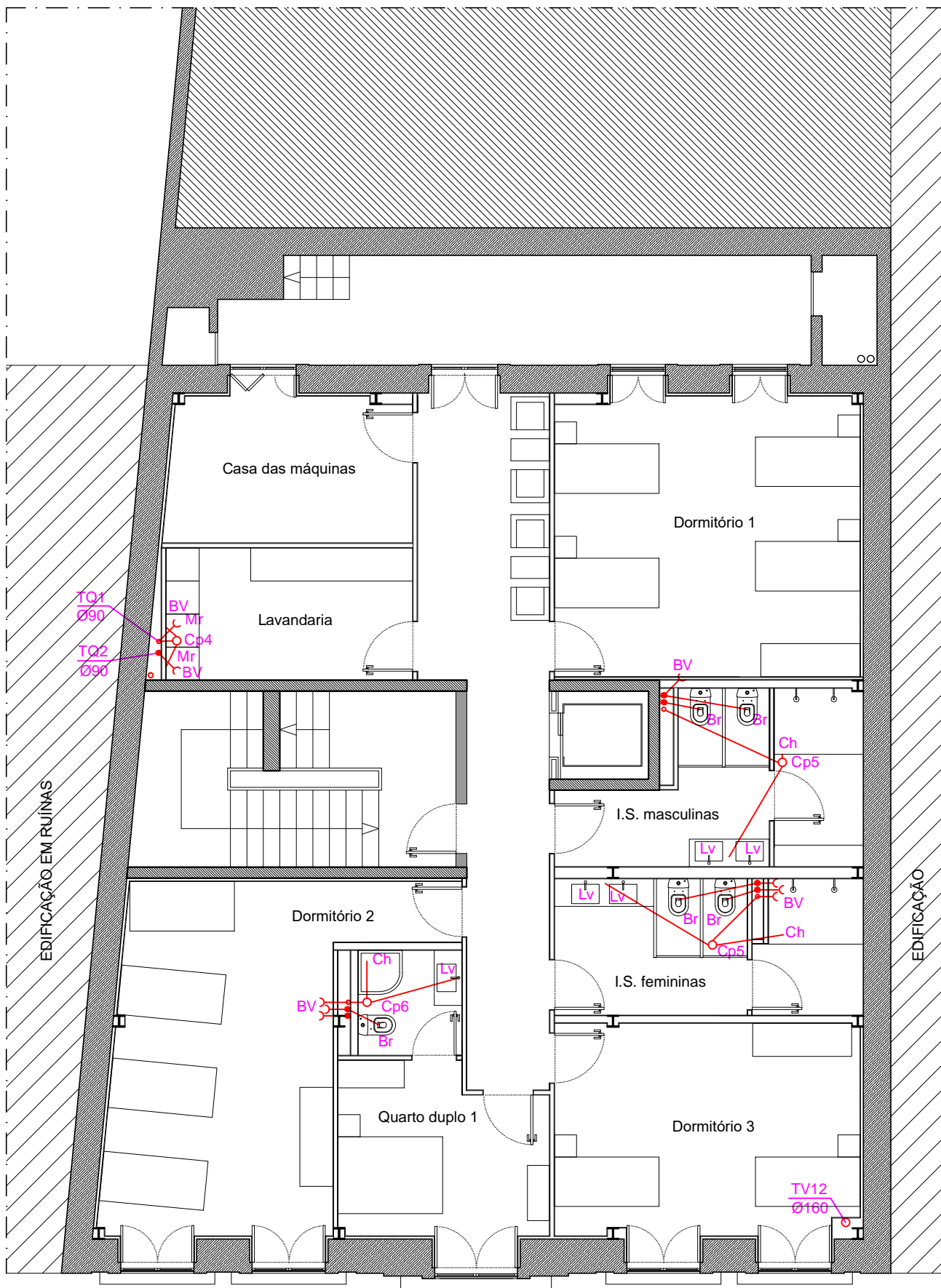
ANEXO	ANEXO IV - ESTUDO PRÉVIO DO PROJETO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 3	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	4

ANEXO V – DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS



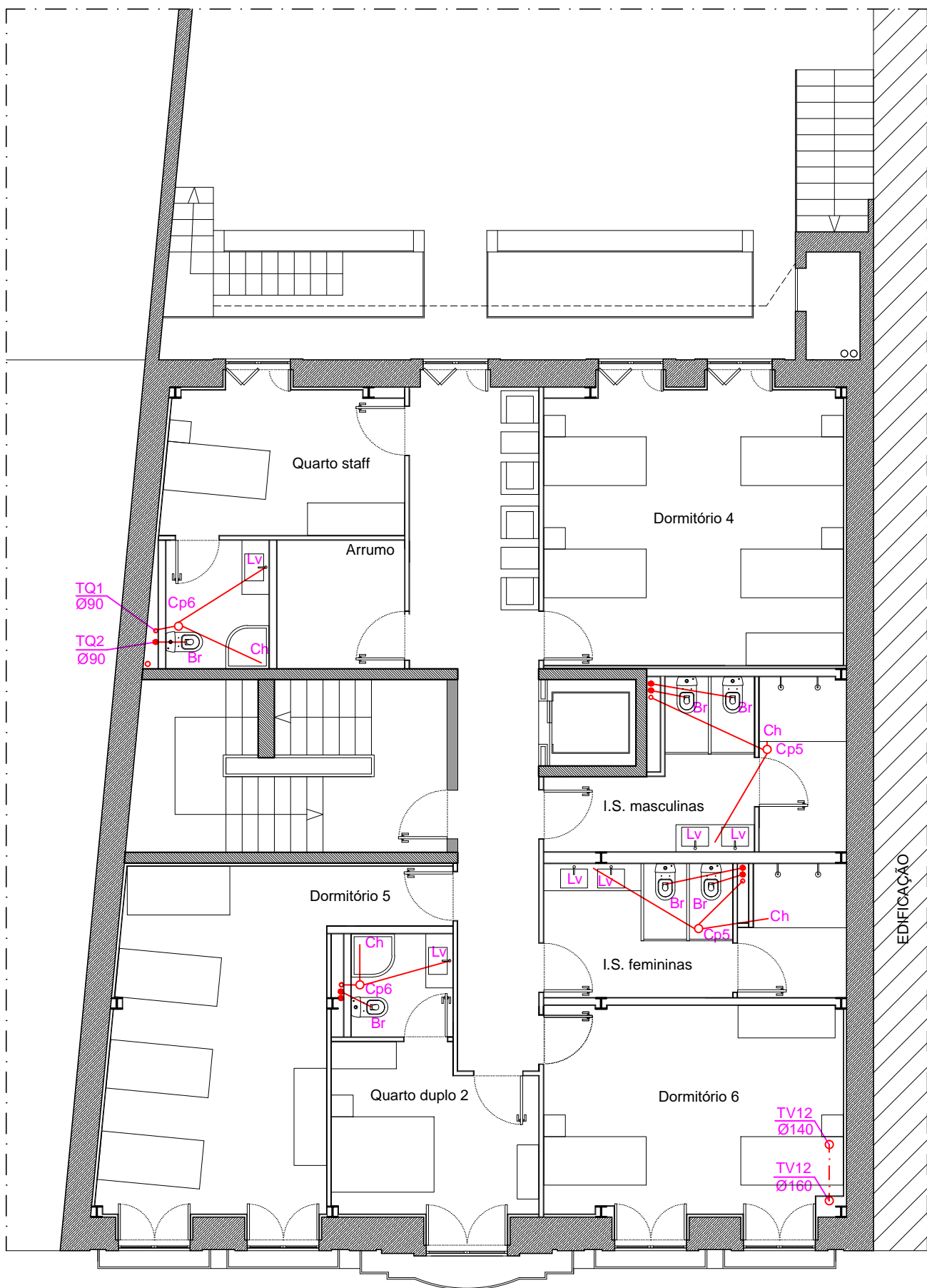
Planta do R/chão

ANEXO	ANEXO V - ESTUDO PRÉVIO DO PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO R/CHÃO	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	1



Planta do Piso 1

ANEXO	ANEXO V - ESTUDO PRÉVIO DO PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 1	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	2



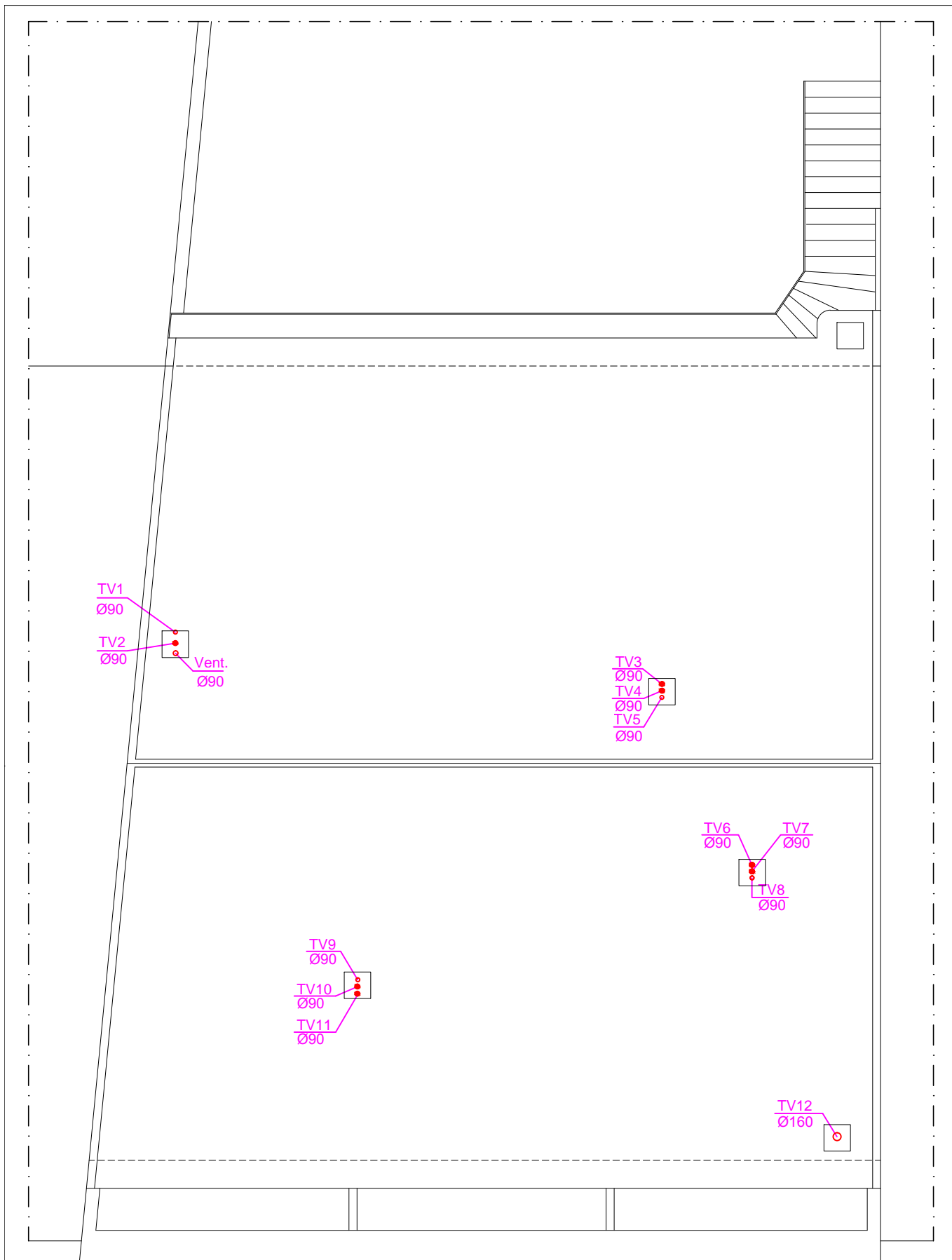
Planta do Piso 2

ANEXO	ANEXO V - ESTUDO PRÉVIO DO PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 2	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	3



Planta do Piso 3

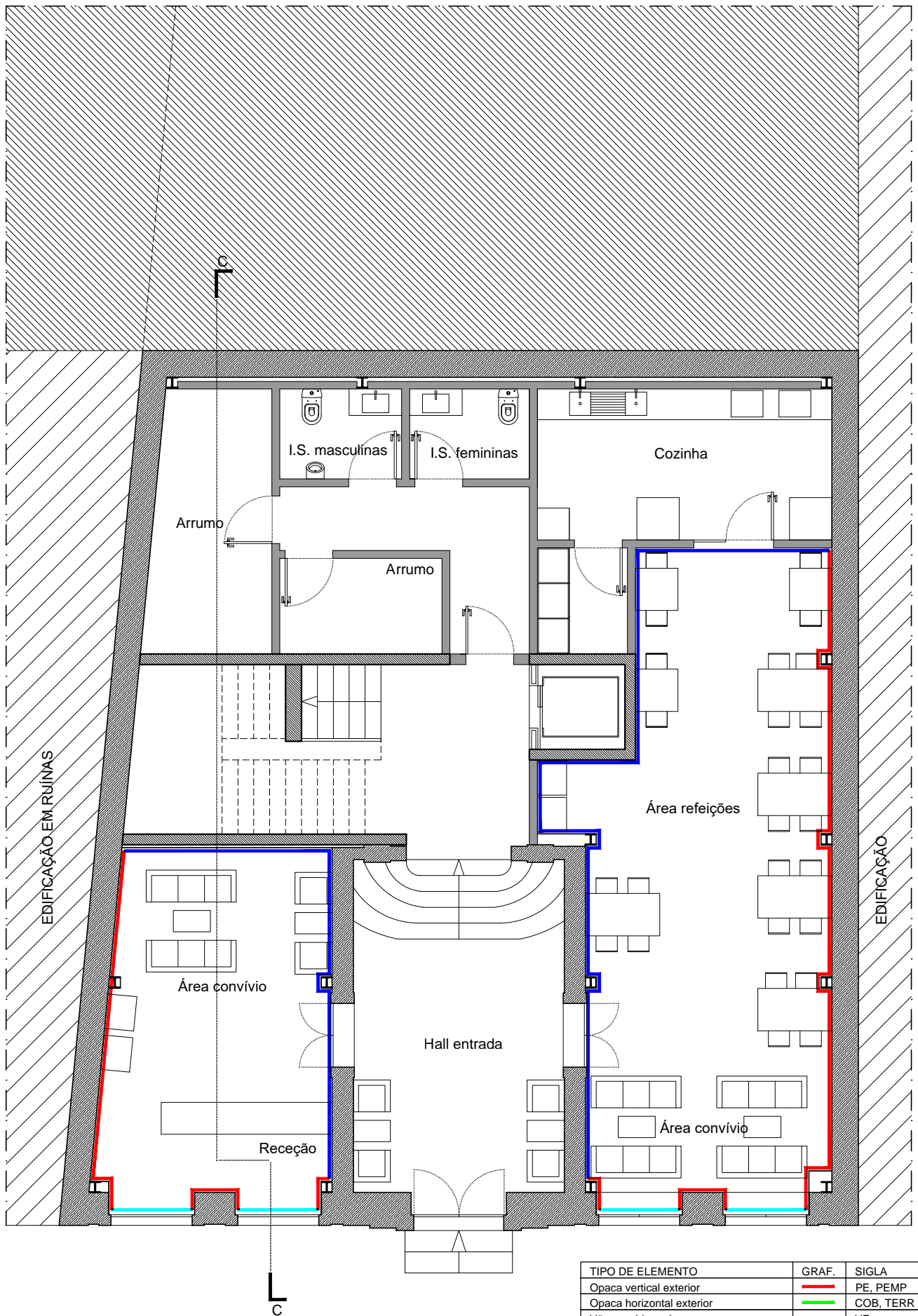
ANEXO	ANEXO V - ESTUDO PRÉVIO DO PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 3	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	4



Planta da Cobertura

ANEXO	ANEXO V - ESTUDO PRÉVIO DO PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DA COBERTURA	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	5

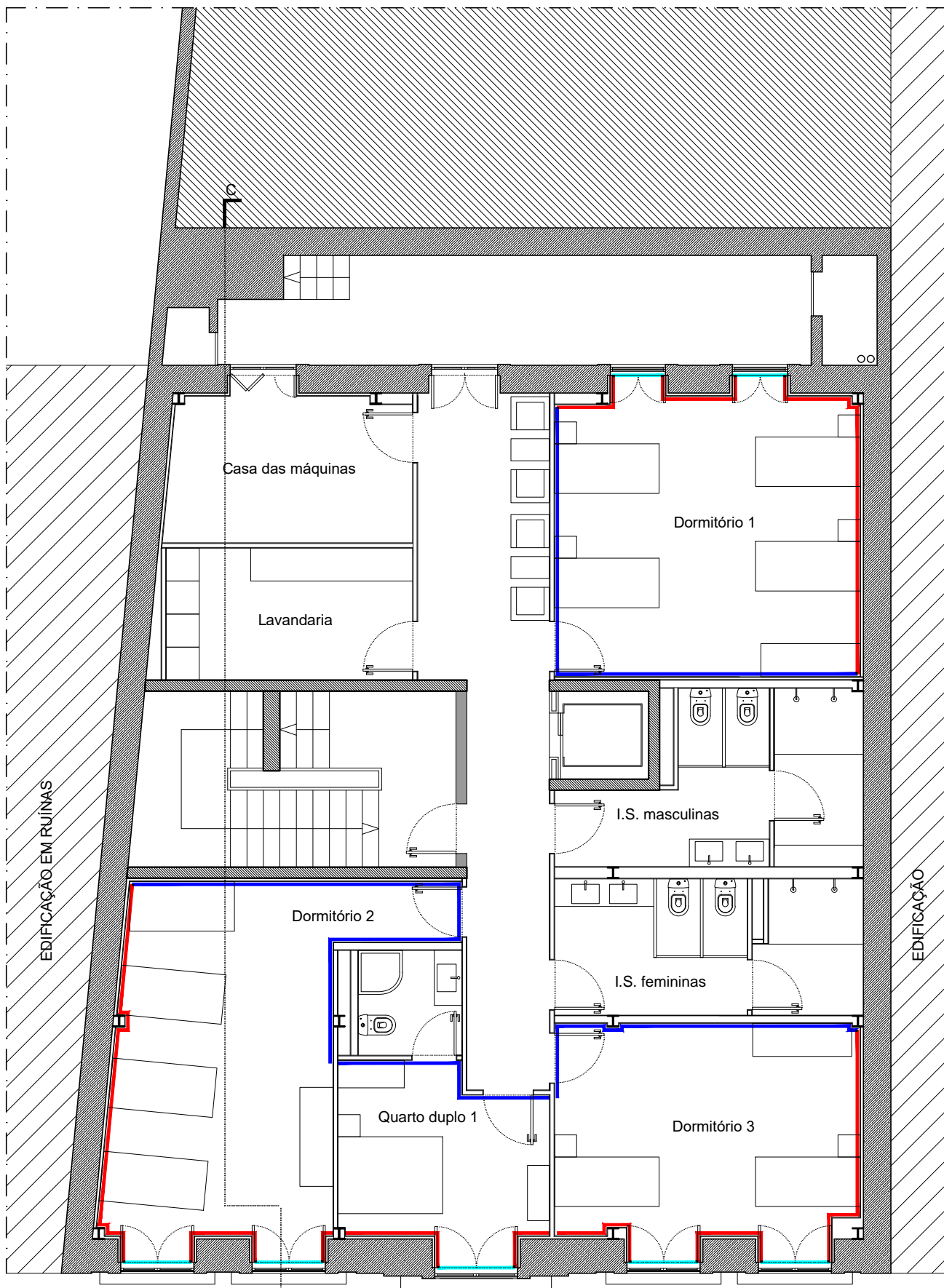
ANEXO VI – COMPORTAMIENTO TÉRMICO



Planta do R/chão

TIPO DE ELEMENTO	GRAF.	SIGLA
Opaca vertical exterior		PE, PEMP
Opaca horizontal exterior		COB, TERR
Vãos envidraçados		VE
Opaca vertical interior		PI
Opaca horizontal interior		PAV

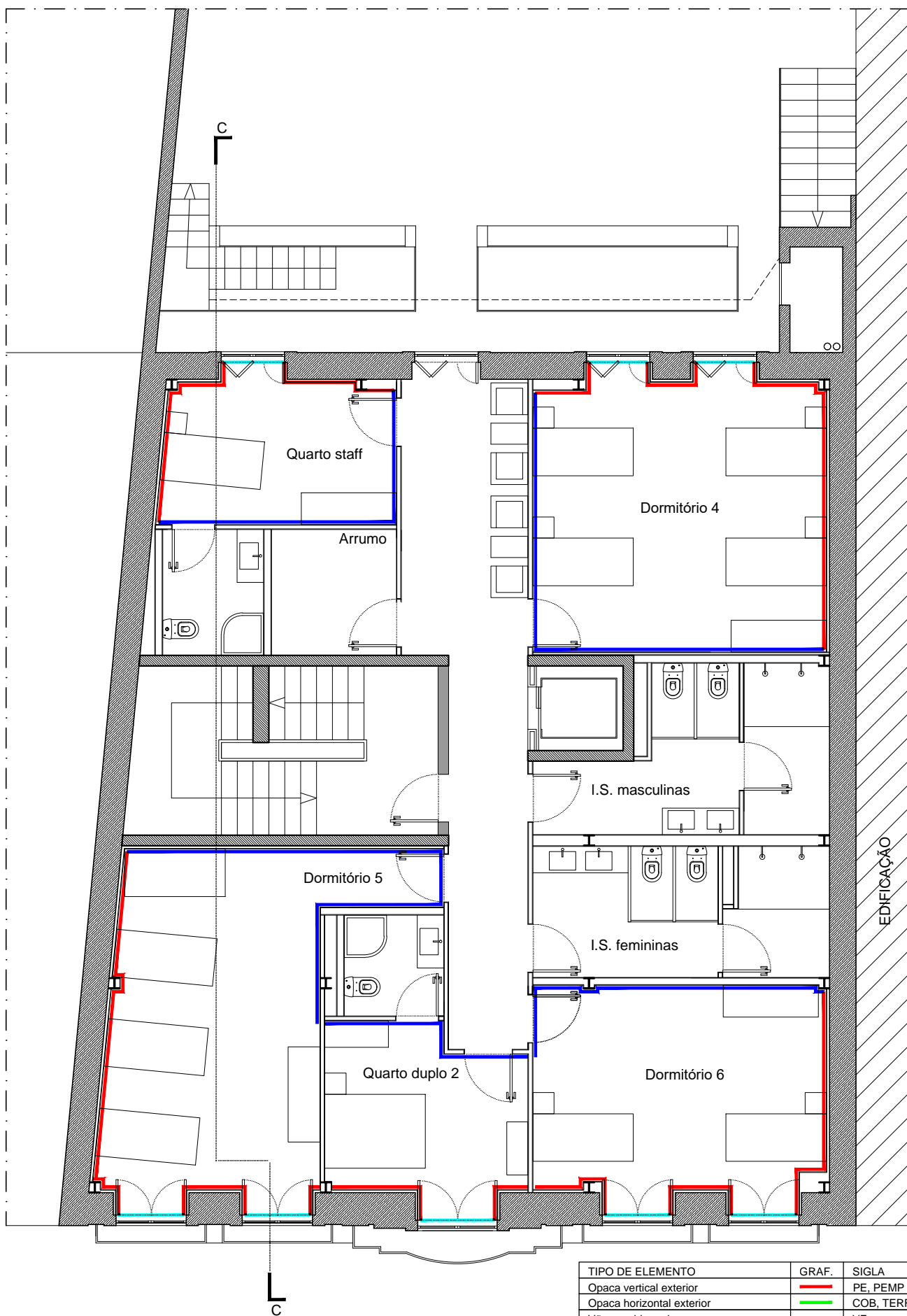
ANEXO	ANEXO VI - ESTUDO PRÉVIO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO R/CHÃO	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	1



Planta do Piso 1

TIPO DE ELEMENTO	GRAF.	SIGLA
Opaca vertical exterior	—	PE, PEMP
Opaca horizontal exterior	—	COB, TERR
Vãos envidraçados	—	VE
Opaca vertical interior	—	PI
Opaca horizontal interior	—	PAV

ANEXO	ANEXO VI - ESTUDO PRÉVIO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 1	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	2



Planta do Piso 2

ANEXO ANEXO VI - ESTUDO PRÉVIO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO

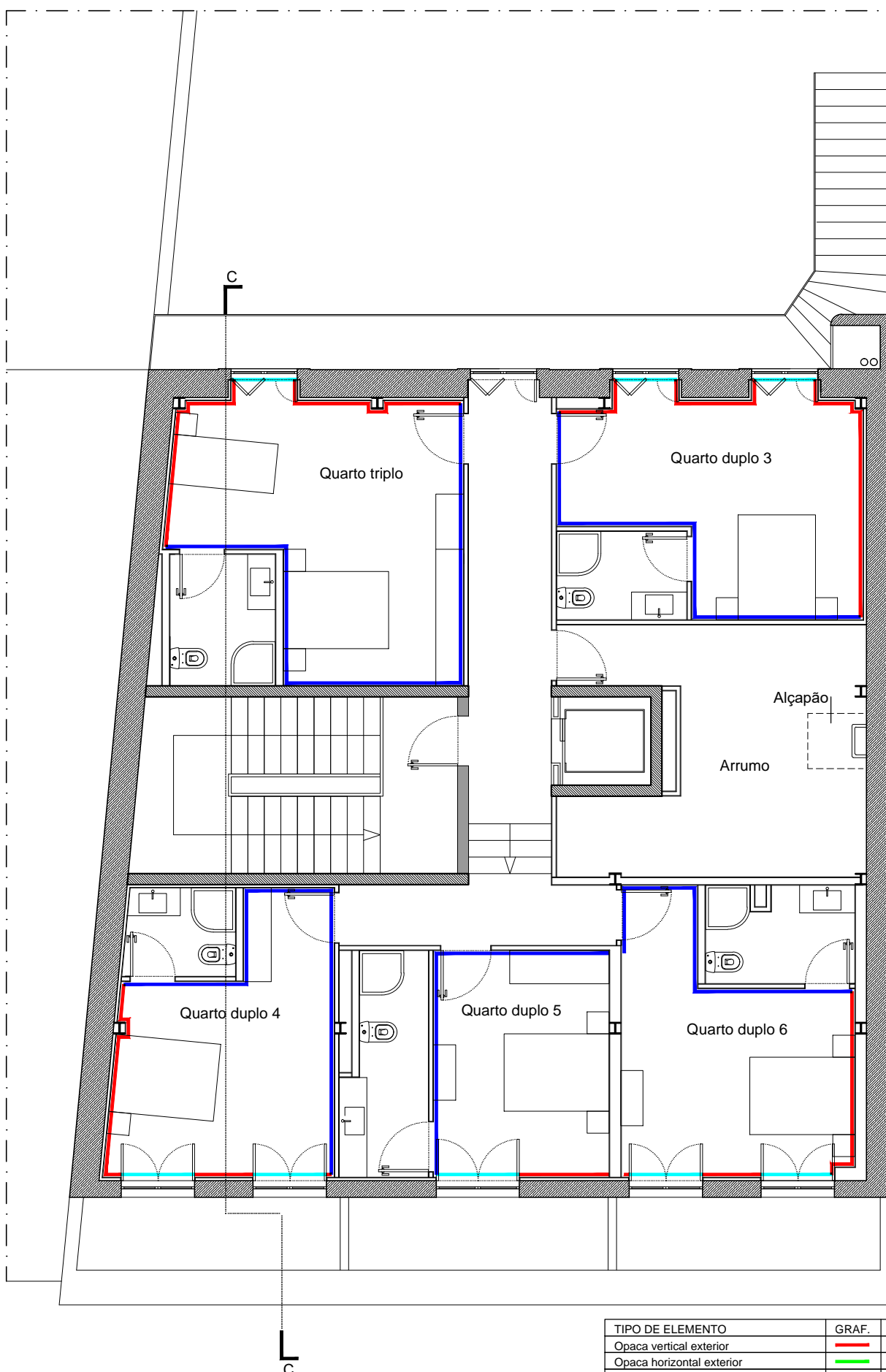
AUTOR PEDRO MENDES

DESIGNAÇÃO PLANTA DO PISO 2

ESCALA 1/100

OBRA REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"

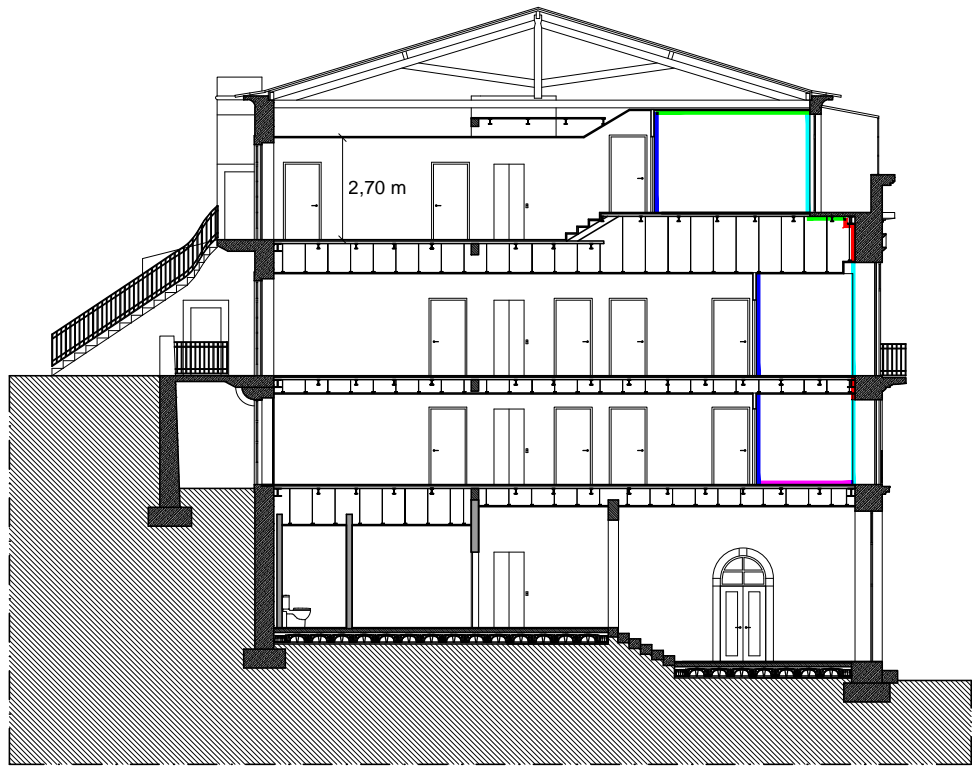
DESENHO N.º 3



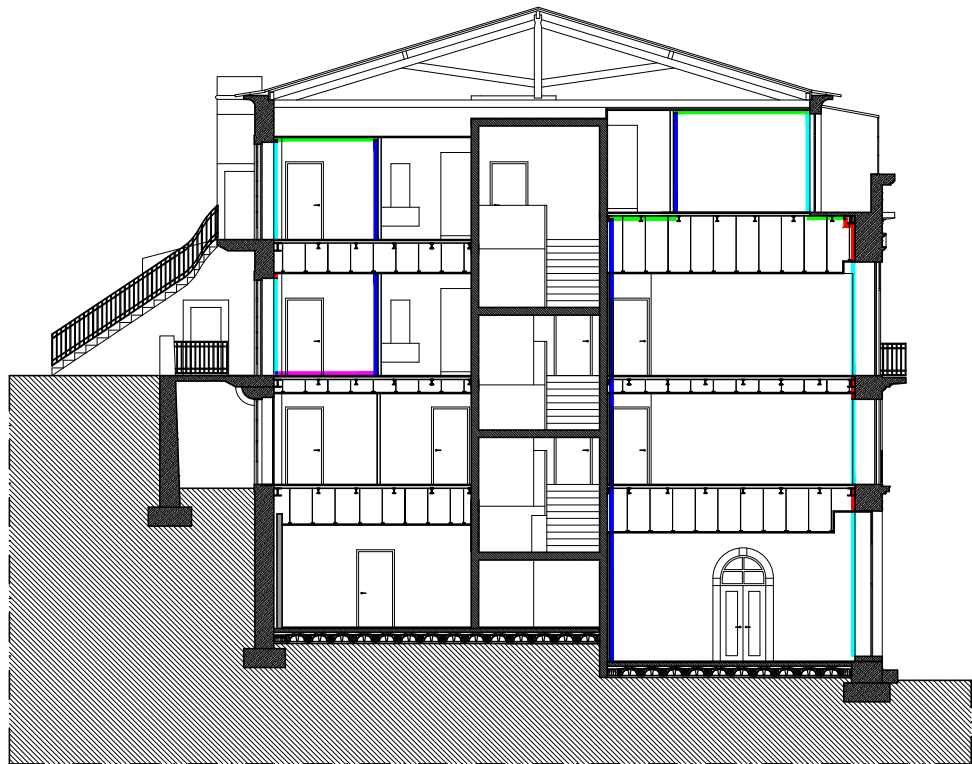
Planta do Piso 3

TIPO DE ELEMENTO	GRAF.	SIGLA
Opaca vertical exterior	—	PE, PEMP
Opaca horizontal exterior	—	COB, TERR
Vãos envidraçados	—	VE
Opaca vertical interior	—	PI
Opaca horizontal interior	—	PAV

ANEXO	ANEXO VI - ESTUDO PRÉVIO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	PLANTA DO PISO 3	ESCALA	1/100
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	4



Corte B



Corte C

TIPO DE ELEMENTO	GRAF.	SIGLA
Opaca vertical exterior	—	PE, PEMP
Opaca horizontal exterior	—	COB, TERR
Vãos envidraçados	—	VE
Opaca vertical interior	—	PI
Opaca horizontal interior	—	PAV

ANEXO	ANEXO VI - ESTUDO PRÉVIO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO	AUTOR	PEDRO MENDES
DESIGNAÇÃO	CORTE B - CORTE C	ESCALA	1/200
OBRA	REABILITAÇÃO DO "PALÁCIO DA FERVENÇA"	DESENHO N.º	5

ANEXO VII – CARACTERÍSTICAS DA CAIXILHARIA

Série de batente THERMOSTOP



A **PORTALEX ALUMÍNIO SA** dedica-se à extrusão de perfis de alumínio de secções variadas, com maior ou menor complexidade, consoante as necessidades dos clientes.

A extrusão de alumínio permite toda a liberdade de concepção em termos de design, de forma a ir de encontro às diferentes necessidades.

Diferentes ligas e ciclos de tratamento térmico, conferem ao produto final distintas propriedades mecânicas, pelo que uma boa definição inicial de características é essencial.

A Série de batente THERMOSTOP é uma série de corte térmico constituída por perfis térmicamente melhorados, pela ligação mecânica de perfis de alumínio extrudidos com barras de poliamida de 14,8 mm, reforçadas com fibra de vidro.

Concebida para satisfazer as exigências técnicas de caixilharia de qualidade a Série de batente THERMOSTOP oferece elevados níveis de conforto térmico e acústico, contribuindo assim para um bem estar superior, e uma economia de recursos com consequente respeito pelo meio ambiente.

A Série de batente THERMOSTOP utiliza acessórios e equipamentos disponíveis no mercado e encontra-se caracterizada e classificada em conformidade com a norma NP EN 14351-1:2008, norma de produto para a Marcação CE.



Soluções construtivas, dimensões dos perfis e vidro

- Janelas e portas de 2, 3 e 4 folhas;
- Profundidade dos perfis do aro, 45,2 mm;
- Profundidade dos perfis da folha, 52,4 mm;
- Vidro duplo até 30 mm;

Classificações e caracterização

Janela 2 folhas com 1700 x 2030 mm

- Vidro duplo 4+14+6

- Permeabilidade ao Ar: Classe 4
- Estanquidade à Água: Classe E750
- Resistência à Pressão do Vento: Classe C3

· Coeficiente de Transmissão Térmica : $U_w = 3,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
 $U_f = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

- Desempenho Acústico: $R_w = 36 (-2; -4) \text{ dB}$

Classificações e caracterização

Janela 2 folhas com 1230 x 1480 mm

- Vidro duplo 4+14+6

- Permeabilidade ao Ar: Classe 4
- Estanquidade à Água: Classe 9A
- Resistência à Pressão do Vento: Classe C3

· Coeficiente de Transmissão Térmica : $U_w = 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
 $U_f = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

- Desempenho Acústico: $R_w = 36 (-2; -4) \text{ dB}$

