



## **Ampliação e Reconstrução de um Edifício Unifamiliar**

**LUÍSA GONÇALVES OUTEIRO**

Outubro de 2012



isep

isep Instituto Superior de  
Engenharia do Porto

## AGRADECIMENTOS

A realização deste projecto para conclusão final do mestrado, pela sua dimensão e complexidade, envolveu mais pessoas que não apenas eu. Deste modo, e marcando este trabalho a etapa final de um percurso não como estudante universitária, mas também como estudante dos diversos níveis de ensino, quero expressar o meu agradecimento a algumas pessoas pela contribuição valerosa que sempre prestaram.

Aos Engenheiros Maria do Rosário Oliveira e José Moreira de Carvalho, orientadores do projecto, agradeço a orientação empenhada e séria, a disponibilidade e sugestões que contribuíram para o enriquecimento deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos, pelo companheirismo e amizade que me transmitiram não só nos bons momentos mas também nas horas mais complicadas.

Finalmente um muito obrigada à minha família, em especial ao meu pai, mãe, irmã e namorado aos quais expresso a minha gratidão não só pelo apoio e motivação mas principalmente pelos cuidados prestados à minha filha enquanto eu me encontrava ausente. Sem eles, a obtenção deste grau de ensino não passaria de um mero sonho.



## RESUMO

Pretende-se com este trabalho apresentar os Projectos de estruturas, de Comportamento Térmico e de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Pluviais e Residuais de uma habitação unifamiliar. Trata-se de um edifício situado no concelho de Ponte Lima que será reconstruído e ampliado de forma a se constituir uma habitação de tipologia T3.

Uma vez que a realidade da actividade do projecto de estruturas actual é baseada na aplicação de ferramentas de processo automático de dados, foi naturalmente utilizado um programa de cálculo na modelação do edifício. No entanto, foram igualmente aplicados métodos tradicionais, nomeadamente na fase de pré-dimensionamento, na validação do modelo e no dimensionamento do edifício existente.

O Estudo do Comportamento Térmico teve como objectivo primordial optar por soluções construtivas que permitissem, aos ocupantes da habitação, um conforto térmico com o mínimo esforço energético possível. Desta forma, analisaram-se as plantas de arquitectura, definiram-se os elementos da envolvente e os equipamentos necessários, e procedeu-se à avaliação térmica segundo o disposto na Legislação Nacional

Para culminar o trabalho, desenvolveu-se o Projecto de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Pluviais e Residuais, dispondo os elementos e acessórios das redes segundo as regras de implantação e dimensionamento previstas na regulamentação em vigor.

**Palavras – chave:** Projecto de Estruturas; Modelação; Pré-Dimensionamento; Estudo do Comportamento Térmico; Projecto de Abastecimento de Água; Projecto de Drenagem de Águas Pluviais e Residuais.



## ABSTRACT

The aim of this essay is to present a project of structures, thermal performance, of water supply and storm water drainage and residual of a building.

This is a building located in the municipality of Ponte de Lima, which is going to be rebuilt and enlarged to build a type T3.

As, nowadays, the project activity of structures is based on the application of tools of automatic process of data, it was used a calculation program in the shaping of the building. Traditional methods were also used, namely, in the role of pre-sizing, in the validation of the model, on the dimensioning of the existing building.

The study of the thermal behavior has an important aim, to choose constructive solutions that could provide its inhabitants, thermal comfort, with the minimum thermal strain. This way, the architectural drafts were analyzed, the elements of the environment defined, and the necessary equipment and then the thermal evaluation following the national legislation concluded.

Finally, the water supply and storm water drainage and residual project was developed, placing the elements and networks accessories, following the rules of localization and dimensioning according to the current legislation.

**Key words:** Structure Project; modeling; pre-dimensioning; Thermal behavior study; water supply project; storm water drainage and residual project.



# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE QUADROS.....	xv
ÍNDICE DE EQUAÇÕES.....	xxi
ANEXOS .....	xxv
LISTA DE ABREVIATURAS .....	xxvii
INTRODUÇÃO .....	1
Bases Arquitectónicas:.....	1
Organização:.....	2
CAPÍTULO I - PROJECTO DE ESTRUTURAS.....	5
1. DIPLOMAS LEGAIS E REGULAMENTARES .....	7
2. MATERIAIS APLICÁVEIS.....	9
2.1. Betão .....	9
2.2. Aço .....	13
2.3. Madeira .....	17
3. QUANTIFICAÇÃO DE ACÇÕES.....	21
3.1. Acções Permanentes.....	21

3.1.1.	Peso Próprio .....	21
3.1.2.	Restantes Cargas Permanentes .....	21
3.1.2.1.	Paredes Divisórias Interiores .....	22
3.1.2.2.	Cobertura.....	22
3.1.2.3.	Pavimento.....	23
3.2.	Acções Variáveis .....	23
3.2.1.	Sobrecargas.....	24
3.2.2.	Vento.....	24
3.2.3.	Sismo .....	25
3.2.4.	Acção da Neve .....	25
3.2.5.	Acção da Temperatura.....	26
4.	CRITÉRIOS GERAIS DE DIMENSIONAMENTO .....	27
4.1.	Hipóteses Admitidas – Corpo Novo.....	27
4.1.1.	Verificação da Segurança em Relação aos Estados Limites Últimos .....	28
4.1.2.	Verificação da Segurança em Relação aos Estados Limites de Utilização ....	30
4.1.2.1.	Estados Limites de Utilização – Fendilhação .....	31
4.1.2.2.	Estados Limites de Utilização – Deformação .....	34
4.2.	Hipóteses Admitidas – Corpo Existente .....	35
4.2.1.	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos.....	36
4.2.2.	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites de Utilização.....	37
4.2.3.	Verificação dos Estados Limites através do Método dos Coeficientes Parciais	

4.2.3.1.	Valor de cálculo de uma propriedade de um material.....	38
4.2.3.2.	Valor de cálculo das resistências.....	39
4.2.3.3.	Valores de $k_{mod}$ e $k_{def}$ .....	39
5.	CÁLCULO ESTRUTURAL.....	41
5.1.	Lajes.....	41
5.1.1.	Lajes Aligeiradas.....	41
5.1.2.	Lajes Maciças.....	43
5.1.2.1.	Laje Maciça Lm1.1.....	44
5.1.2.2.	Laje Maciça Lm1.2.....	45
5.1.2.3.	Laje Maciça Lm.PS1.....	45
5.1.3.	Laje de Escadas.....	46
5.2.	Vigas.....	49
5.3.	Pilares.....	53
5.4.	Muro de Suporte.....	53
5.5.	Fundações.....	58
5.5.1.	Sapatas Isoladas.....	58
5.5.2.	Sapatas Contínuas.....	61
5.6.	Estrutura de madeira – corpo existente.....	63
	CAPÍTULO II – PROJECTO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO.....	65
1.	DIPLOMAS REGULAMENTARES.....	67
2.	ANÁLISE CLIMÁTICA.....	68
3.	QUANTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS.....	71

3.1.	Coefficiente de Transmissão Térmica .....	71
3.1.1.	Coefficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos .....	76
3.2.	Inércia Térmica.....	77
3.3.	Factores Solares .....	79
3.3.1.	Factor Solar dos Vãos Envidraçados .....	79
3.3.2.	Factor de obstrução e Factor de Orientação .....	80
4.	MÉTODO DE CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE AQUECIMENTO .....	83
4.1.	Perdas de calor por condução através da envolvente.....	83
4.2.	Perdas de calor Resultantes da Renovação de Ar.....	84
4.3.	Ganhos Térmico Úteis.....	86
4.4.	Cálculo das Necessidades Nominais de energia Útil de Aquecimento.....	87
5.	MÉTODO DE CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO .....	89
5.1.	Ganhos de calor através da envolvente .....	89
5.2.	Cálculo das Necessidades Nominais de Energia Útil de Arrefecimento .....	90
6.	MÉTODO DE CÁLCULO DAS NECESSIDADE DE ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS.....	93
6.1.	Energia despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS.....	93
6.2.	Eficiência de conversão do sistema de preparação das AQS .....	94
6.3.	Contribuição dos sistemas solares de preparação de AQS.....	95
6.4.	Contribuição de outros sistemas de preparação de AQS.....	95
6.5.	Cálculo das necessidades de energia para preparação das AQS .....	96
6.6.	Limitações das necessidades nominais de energia útil na preparação de AQS.....	96

7.	NECESSIDADES GLOBAIS ANUAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA .....	99
7.1.	Desempenho energético dos edifícios .....	100
CAPÍTULO III – ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DRENAGEM DE ÁGUAS		
PLUVIAIS E RESIDUAIS .....		
		103
1.	INFORMAÇÃO CADASTRAL E DIPLOMAS REGULAMENTARES .....	105
2.	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	107
2.1.	Descrição Geral da Rede .....	107
2.2.	Dimensionamento da Rede.....	108
2.2.1.	Caudais de cálculo .....	108
2.2.2.	Diâmetro da Tubagem .....	111
2.2.3.	Perdas de Carga.....	113
2.2.4.	Pressão de Serviço.....	114
3.	REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS.....	115
3.1.	Descrição Geral da Rede .....	115
3.2.	Dimensionamento da Rede.....	116
3.2.1.	Caudais de Cálculo .....	116
3.2.2.	Ramais de Descarga.....	116
3.2.3.	Tubos de queda.....	117
3.2.4.	Colectores prediais .....	120
4.	REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	123
4.1.	Descrição Geral da Rede .....	123
4.2.	Dimensionamento da Rede.....	123

4.2.1.	Caudais de cálculo .....	123
4.2.2.	Caleiras.....	125
4.2.3.	Tubos de Queda.....	126
4.2.4.	Colectores Prediais.....	128
CONCLUSÃO.....		131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		135

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Perspectiva do modelo global do edifício a construir.....	Pág.28
Figura 2 – Componentes da deformação de uma viga.....	Pág.37
Figura 3 – Zonas Climáticas de Inverno (à esquerda) e de Verão (à direita) para Portugal Continental.....	Pág.68
Figura 4 – Inércia Térmica do edifício em estudo.....	Pág.79
Figura 5 – Caudais de cálculo em função dos caudais acumulados para um nível médio de conforto.....	Pág.109
Figura 6 – Caudais de cálculo da rede de abastecimento de água quente do edifício em estudo.....	Pág.110
Figura 7 – Caudais de cálculo da rede de abastecimento de água fria do edifício em estudo.....	Pág.110
Figura 8 – Tubo multicamada.....	Pág.111
Figura 9 – Diâmetros adoptados para a tubagem de água fria.....	Pág.112
Figura 10 – Diâmetros adoptados para a tubagem de água quente.....	Pág.113
Figura 11 – Dimensionamento do tubo de queda TQ1 da rede de drenagem de águas residuais do edifício em estudo.....	Pág.120
Figura 12 – Dimensionamento dos colectores prediais da rede de drenagem de águas residuais do edifício em estudo.....	Pág.121
Figura 13 – Regiões pluviométricas e parâmetros das Curvas IDF.....	Pág.124
Figura 14 – Intensidade de precipitação para o concelho do edifício em estudo....	Pág.125
Figura 15 – Caleira de secção semi-rectangular.....	Pág.125
Figura 16 – Dimensionamento das caleiras do edifício em estudo.....	Pág.126

Figura 17 – Dimensionamento dos tubos de queda da rede de drenagem de águas pluviais do edifício em estudo.....	Pág.127
Figura 18 – dimensionamento dos colectores prediais da rede de drenagem de águas pluviais do edifício em estudo.....	Pág.129

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Classes de exposição.....	Pág.11
Quadro 2 – Limites da composição e da classe de resistência do betão sob acção do dióxido de carbono, para uma vida útil de 50 anos.....	Pág.12
Quadro 3 – Betão a utilizar nos elementos estruturais.....	Pág.13
Quadro 4 – Principais características do aço para as armaduras.....	Pág.16
Quadro 5 – Aço a utilizar nas armaduras ordinárias.....	Pág.17
Quadro 6 – Propriedades físicas e mecânicas de madeira resinosa para estruturas	Pág.19
Quadro 7 – Propriedades físicas e mecânicas de madeira folhosa para estruturas..	Pág.19
Quadro 8 – Relação entre classes de qualidade e classes de resistência.....	Pág.20
Quadro 9 – Acções das paredes divisórias.....	Pág.22
Quadro 10 – Acções permanentes da cobertura do balneário.....	Pág.22
Quadro 11 – Acções permanente da cobertura do corpo novo.....	Pág.22
Quadro 12 – Acções permanentes da cobertura do corpo existente.....	Pág.22
Quadro 13 – Acções permanente no pavimento do corpo novo.....	Pág.23
Quadro 14 – Acções permanentes do pavimento do sótão.....	Pág.23
Quadro 15 – Acções permanentes do pavimento do corpo existente.....	Pág.23
Quadro 16 – Sobrecargas consideradas no dimensionamento estrutural.....	Pág.24
Quadro 17 – Cargas do vento.....	Pág.24
Quadro 18 – Coeficientes para a combinação de acções fundamentais sem considerar a acção sísmica.....	Pág.30

Quadro 19 – Coeficientes para a combinação de acções fundamentais considerando a acção sísmica.....	Pág.30
Quadro 20 – Estados limites de fendilhação para armaduras ordinárias.....	Pág.33
Quadro 21 – Classes de serviço.....	Pág.36
Quadro 22 – Classes de duração das acções.....	Pág.36
Quadro 23 – Valores limite de deformadas em vigas.....	Pág.38
Quadro 24 – Coeficientes parciais de segurança.....	Pág.39
Quadro 25 – Valores de $k_{mod}$ .....	Pág.40
Quadro 26 – Valores de $k_{def}$ .....	Pág.40
Quadro 27 – Síntese das lajes aligeiradas utilizadas.....	Pág.41
Quadro 28 – Síntese das lajes maciças utilizadas.....	Pág.44
Quadro 29 – Largura de fendas da laje LM.PS1.....	Pág.46
Quadro 30 – Síntese das soluções adoptadas para as vigas.....	Pág.53
Quadro 31 – Elementos base para a execução do estudo térmico do edifício.....	Pág.69
Quadro 32 – Resistências Térmicas Superficiais.....	Pág.71
Quadro 33 – Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior do edifício existente...	Pág.72
Quadro 34 – Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior do edifício a ampliar.	Pág.72
Quadro 35 – Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas para o exterior.....	Pág.72
Quadro 36 – Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas para o exterior (madeira).....	Pág.73
Quadro 37 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior do edifício a ampliar.....	Pág.73

Quadro 38 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior do edifício a reconstruir.....	Pág.73
Quadro 39 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura do corredor de ligação do edifício a ampliar ao edifício existente.....	Pág.74
Quadro 40 - Coeficiente de transmissão térmica do pavimento em contacto com o exterior.....	Pág.74
Quadro 41 - Coeficiente de transmissão térmica do pavimento em contacto com espaços não úteis – Lavandaria/arrumos.....	Pág.74
Quadro 42 - Coeficiente de transmissão térmica do pavimento em contacto com espaços não úteis – Sótão.....	Pág.75
Quadro 43 – Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados verticais	Pág.75
Quadro 44 – Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados verticais..	Pág.75
Quadro 45 – Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis.....	Pág.76
Quadro 46 – coeficientes de transmissão térmica de referência .....	Pág.76
Quadro 47 – Valores do coeficiente obtidos.....	Pág.77
Quadro 48 – Classes de inércia térmica interior.....	Pág.77
Quadro 49 – Valores máximos de $M_{si}$ em função dos elementos de construção no edifício.....	Pág.78
Quadro 50 – Factores solares máximos admissíveis.....	Pág.80
Quadro 51 – Perdas de calor pela envolvente do edifício em estudo.....	Pág.84
Quadro 52 – Definição da classe de exposição do edifício em estudo à acção do vento.....	Pág.85
Quadro 53 – Valor convencional de $R_{ph}$ para o edifício em estudo.....	Pág.85
Quadro 54 – Ganhos térmicos úteis do edifício em estudo.....	Pág.87

Quadro 55 – Necessidades nominais de energia útil de aquecimento do edifício em estudo.....	Pág.87
Quadro 56 – Cálculo de Ni em função de FF.....	Pág.88
Quadro 57 – Ganhos totais brutos do edifício em estudo.....	Pág.90
Quadro 58 – Necessidades nominais de energia útil do edifício em estudo.....	Pág.90
Quadro 59 – Necessidades nominais de referência para a estação de arrefecimento.....	Pág.91
Quadro 60 – Número convencional de ocupantes de referência de cada fracção autónoma.....	Pág.93
Quadro 61 – Número anual de dias de consumo AQS.....	Pág.94
Quadro 62 – Valores convencionais de eficiência de conversão do sistema de preparação das AQS.....	Pág.95
Quadro 63 – Necessidades de energia para preparação das AQS do edifício em estudo.....	Pág.96
Quadro 64 – Necessidade nominais anuais de energia primária do edifício em estudo.....	Pág.100
Quadro 65 – Classe energética de edifícios e valores limite das respectivas classes	Pág.102
Quadro 66 – Dispositivos de utilização e respectivos caudais mínimos.....	Pág.108
Quadro 67 – Diâmetros do tubo multicamada.....	Pág.111
Quadro 68 – Caudais de descarga dos aparelhos sanitários.....	Pág.116
Quadro 69 – Diâmetros mínimos dos ramais de descarga individuais.....	Pág.117
Quadro 70 – Taxa de ocupação.....	Pág.118
Quadro 71 – Caudais de descarga dos aparelhos sanitários.....	Pág.118
Quadro 72 – Diâmetros comerciais e respectivos caudais dos tubos de queda.....	Pág.119

Quadro 73 - Diâmetros comerciais dos colectores prediais.....	Pág.120
Quadro 74 - Diâmetros comerciais dos tubos de queda da rede de drenagem de entrada com aresta viva.....	Pág.127
Quadro 75 – Diâmetros Comerciais dos Colectores Prediais.....	Pág.128



## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

[1] – Condição da verificação da segurança em relação aos estados limites últimos que não envolvam perda de equilíbrio ou fadiga.....	Pág.29
[2] – Valor de cálculo do esforço actuante para a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos – Combinação fundamental.....	Pág.29
[3] – Valor de cálculo do esforço actuante para a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos, no caso da variável base ser a acção sísmica – Combinação fundamental.....	Pág.29
[4] – Valor de cálculo do esforço actuante para a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos – Combinação acidental.....	Pág.29
[5] – Valor de cálculo do esforço actuante para a verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização – Combinação rara.....	Pág.31
[6] – Valor de cálculo do esforço actuante para a verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização – Combinação frequente.....	Pág.31
[7] – Valor de cálculo do esforço actuante para a verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização – Combinação quase permanente.....	Pág.31
[8] – Valor característico da largura de fendas.....	Pág.33
[9] – Distância média entre fendas .....	Pág.33
[10] – Coeficiente dependente da distribuição de tensões de tracção na secção.....	Pág.34
[11] – Extensão média das armaduras traccionadas .....	Pág.34
[12] – Valor médio final do módulo de elasticidade da madeira para os estados limites últimos.....	Pág.36
[13] – Valor médio final do módulo de distorção da madeira para os estados limites últimos.....	Pág.36

[14] – Valor médio final do módulo de deslizamento da madeira para os estados limites últimos.....	Pág.37
[15] – Valor médio final do módulo de elasticidade da madeira para os estados limites de utilização.....	Pág.37
[16] – Valor médio final do módulo de distorção da madeira para os estados limites de utilização.....	Pág.37
[17] – Valor médio final do módulo de deslizamento da madeira para os estados limites de utilização.....	Pág.37
[18] – Deformada final.....	Pág.37
[19] – Valor de cálculo de uma propriedade de resistência.....	Pág.39
[20] – Valor de cálculo do módulo de elasticidade da madeira.....	Pág.39
[21] – Valor de cálculo do módulo de distorção da madeira.....	Pág.39
[22] – Capacidade resistente.....	Pág.39
[23] – Coeficiente de transmissão térmica superficial.....	Pág.71
[24] – Resistências térmicas dos materiais da envolvente do edifício.....	Pág.71
[25] – Inércia térmica interior (It) de uma fracção autónoma ou edifício.....	Pág.77
[26] – Factor de obstrução.....	Pág.80
[27] – Necessidades nominais de energia útil de aquecimento.....	Pág.83
[28] – Perdas de calor por condução através da envolvente.....	Pág.84
[29] – Energia necessária para compensar todas as perdas pela envolvente.....	Pág.84
[30] – Perdas de calor por unidade de tempo relativas à renovação do ar interior.	Pág.85

[31] – Energia necessária para compensar as perdas associadas à renovação de ar	Pág.86
[32] – Ganhos térmicos úteis.....	Pág.86
[33] – Ganhos solares brutos – método simplificado.....	Pág.86
[34] – Ganhos solares brutos – método detalhado.....	Pág.86
[35] – Factor de forma.....	Pág.87
[36] – Condição de verificação da quantificação das necessidades de aquecimento.	Pág.88
[37] – Necessidades nominais de arrefecimento.....	Pág.89
[38] – Ganhos térmicos totais brutos.....	Pág.89
[39] – Condição de verificação da quantificação das necessidades de arrefecimento.....	Pág.91
[40] – Necessidades nominais para preparação de AQS.....	Pág.93
[41] – Energia despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS.....	Pág.93
[42] – Consumo de água quente médio diário de referência.....	Pág.93
[43] – Limite máximo admissível das necessidades de energia para preparação de AQS.....	Pág.97
[44] – Condição de verificação da quantificação das necessidades de energia para preparação de AQS.....	Pág.97
[45] – Necessidades globais anuais nominais de energia primária.....	Pág.99
[46] – Condição de verificação da quantificação das necessidades globais anuais de energia primária.....	Pág.100
[47] – Parâmetro da classificação energética.....	Pág.100

[48] – Classificação energética de edifícios de habitação.....	Pág.102
[49] – Determinação do Caudal acumulado para a curva 1 – Abastecimento de Água.....	Pág.109
[50] – Determinação do Caudal acumulado para a curva 2 – Abastecimento de Água.....	Pág.109
[51] – Determinação do Caudal acumulado para a curva 3 – Abastecimento de Água.....	Pág.110
[52] – Velocidade de escoamento – Abastecimento de Água.....	Pág.112
[53] – Perda de carga total – Abastecimento de Água.....	Pág.113
[54] – Perda de carga contínua – Abastecimento de Água.....	Pág.113
[55] – Diâmetro do tubo de queda – Águas Residuais.....	Pág.117
[56] - Caudal acumulado – Águas Residuais.....	Pág.118
[57] – Caudal - Manning Strickler.....	Pág.119
[58] – Caudal de cálculo – Águas Pluviais.....	Pág.124
[59] – Intensidade de precipitação.....	Pág.124
[60] – Diâmetro dos tubos de queda – Águas Pluviais.....	Pág.126
[61] – Diâmetro dos colectores prediais – Águas Pluviais.....	Pág.128

## **ANEXOS**

Anexo I – Projecto de Estruturas – Peças Escritas e Peças Desenhadas

Anexo II – Projecto de Comportamento Térmico – Peças Escritas e Peças Desenhadas

Anexo III – Projecto de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais e Pluviais – Peças Escritas e Peças Desenhadas

Anexo IV – Plantas de Arquitectura



## LISTA DE ABREVIATURAS

### I – PROJECTO DE ESTRUTURAS

$Rd$  – Valor de cálculo do esforço resistente;

$Sd$  – Valor de cálculo do esforço actuante;

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

$S_{Qik}$  – Esforço resultante da acção variável considerada como acção de base da combinação, tomada com o seu valor característico;

$S_{EK}$  – Esforço resultante da acção sísmica considerada como acção de base da combinação, tomada com o seu valor característico;

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

$S_{Fa}$  – Esforço resultante de uma acção de acidente, tomada com o seu valor nominal;

$E_s$  – Módulo de elasticidade do aço;

$\sigma_s$  – Tensão de tracção na armadura correspondente ao esforço resultante da combinação de acções em causa;

$\sigma_{sr}$  – Tensão de tracção na armadura calculada em secção fendilhada;

$c$  – Recobrimento da armadura;

$s$  – Espaçamento dos varões da armadura;

$\phi$  – Diâmetro dos varões da armadura;

$\rho_r$  – Relação  $A_s/A_{c,r}$ , em que  $A_s$  é a área da secção da armadura (excluinto as armadura pós-tensionadas) e  $A_{c,r}$  é a área da secção do betão traccionado envolvente da armadura;

$\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$  – Extensões aos níveis inferior e superior, respectivamente, da área do betão envolvente da armadura;

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

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

$\psi_{0j}$  e  $\psi_{2j}$  – Coeficientes  $\psi$  correspondentes à acção variável de ordem  $j$ ;

$\eta_1$  – Coeficiente dependente das características de aderência dos varões;

$\beta_1$  – Coeficiente dependente das características de aderência dos varões da armadura;

$\beta_2$  – Coeficiente dependente da permanência ou da repetição das acções;

$E_{mean}$  – Valor médio do módulo de elasticidade da madeira;

$G_{mean}$  – Valor médio do módulo de distorção da madeira;

$W_{inst}$  – Valor da deformada instantânea;

$W_{creep}$  – Valor da deformada devido à fluência;

$W_c$  – Valor da pré-deformada;

$X_k$  – Valor característico de uma propriedade de resistência;

$R_k$  – Valor de cálculo da capacidade resistente;

$K_{ser}$  – Valor médio do módulo de deslizamento da madeira;

$k_{def}$  – Factor para a avaliação da deformação devido à fluência de acordo com a classe de serviço do material;

$k_{mod}$  – Factor de modificação da resistência, que tem em conta a duração da carga e o teor de água do material;

$\gamma_M$  – Coeficiente parcial de segurança;

## II – PROJECTO DE COMPORTAMENTO TÉRMICO

$U$  – Coeficiente de transmissão térmica superficial;

$R_j$  – Resistência térmica da camada  $j$ ;

$R_{si}$  e  $R_{se}$  – Resistências térmicas superficiais interior e exterior, respectivamente;

$d_j$  – Espessura da camada  $j$ ;

$\lambda_j$  – Condutibilidade térmica do material que constitui a camada j;

$I_t$  – Inércia térmica interior;

$M_{si}$  – Massa superficial útil do elemento i;

$S_i$  – Área da superfície interna do elemento;

$A_p$  – Área útil de pavimento;

$Pd$  – Pé direito;

$V$  – Volume da fracção autónoma;

$A_{ext}$  – Área da envolvente exterior;

$A_{inti}$  – Área da envolvente interior;

$\eta$  – Factor de utilização dos ganhos térmicos;

$FF$  – Facto de forma;

$F_s$  – Factor de obstrução;

$F_h$  – Factor de sombreamento do horizonte;

$F_o$  – Factor de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao envidraçado;

$F_r$  – Factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado;

$X$  – Factor de orientação;

$F_g$  – Fracção envidraçada;

$F_w$  – Factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados;

$Nic$  – Necessidades nominais de energia útil de aquecimento;

$N_{vc}$  – Necessidades nominais de arrefecimento;

$N_{ac}$  – Necessidades nominais para preparação de AQS;

$N_{tc}$  – Necessidades globais anuais nominais de energia primária

$N_i$  – Necessidades nominais de aquecimento máximas;

$N_v$  – Necessidades nominais de arrefecimento máximas;

$N_a$  – Necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias máximas;

$N_t$  – Valor máximo admissível das necessidades globais anuais nominais de energia primária;

$Q_{gu}$  – Ganhos de calor úteis resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos solares através dos envidraçados;

$Q_g$  – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar;

$Q_i$  – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor (iluminação, utilização de equipamentos e presença de ocupantes);

$Q_{opaco}$  - Ganhos solares pela envolvente opaca devido à incidência da radiação solar;

$Q_s$  – Ganhos solares brutos;

$Q_v$  – Perdas de calor resultantes da renovação de ar;

$Q_t$  – Perdas de calor por condução através da envolvente do edifício;

$Q_{ext}$  – Perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados, coberturas e pavimento em contacto com o exterior;

$Q_{lna}$  – Perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados e pavimentos em contacto com locais não aquecidos;

$Q_{pe}$  – Perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo;

$Q_{pt}$  – Perdas de calor pelas pontes térmicas lineares existente no edifício;

$Q_{ra}$  - Perdas de calor resultantes da renovação de ar;

$Q_A$  – Energia necessária para compensar as perdas pela envolvente;

$Q_a$  – Energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS;

$R_{ph}$  - Valor convencional da taxa de renovação de ar horária nominal;

$E_{solar}$  – Contribuição de sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de AQS;

$E_{ren}$  – Contribuição de quaisquer formas de energia renováveis para preparação de AQS;

$M_{AQS}$  – Consumo médio diário de referência de AQS;

$\Delta T$  – Aumento de temperatura necessário para preparação de AQS;

$n_d$  – número anual de dias de consumo;

$\eta_v$  – Rendimento do eventual sistema de recuperação de calor;

$\eta_i$  – Eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento

$\eta_v$  – Eficiência nominal dos equipamentos para arrefecimento;

$\eta_a$  – Eficiência de conversão dos sistemas de preparação de AQS a partir da fonte primária de energia;

$F_{pui}$  – Factor de conversão de energia útil de aquecimento para energia primária;

$F_{puv}$  – Factor de conversão de energia útil de arrefecimento para energia primária;

$F_{pua}$  – Factor de conversão de energia útil de águas quentes sanitárias para energia primária (kgep/kWh);

$R$  – Classificação energética de edifícios de habitação e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização inferior a 25 kW de potência instalada.

### III – PROJECTO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS

$J$  – Perda de carga total;

$j$  – Perda de carga contínua;

$c$  – Constante de Hazen Williams;

$k$  – Rugosidade do material da tubagem;

$ts$  – Taxa de ocupação;

$i$  – Inclinação;

$C$  – Coeficiente de Escoamento;

$I$  – Intensidade de Precipitação;

$t$  – Duração da precipitação;

$H$  – Altura da lâmina líquida;

$A$  – Secção da tubagem ocupada pelo fluído;

$L$  – Comprimento do trecho;

$R_h$  – Raio hidráulico;

$Dq$  – Diâmetro do tubo de queda;

$Q_{calc}$  – Caudal de cálculo;

$Q_{acum}$  – Caudal acumulado;



## INTRODUÇÃO

No presente trabalho desenvolvem-se os Projectos de Estruturas, de Comportamento Térmico e de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Pluviais e Residuais de uma habitação unifamiliar. Tendo por base um projecto de arquitectura, o objectivo do trabalho consiste em criar soluções que garantam a segurança do edifício e que proporcionem aos seus utilizadores conforto e boas condições de utilização.

Uma vez que neste trabalho se encontram aplicados os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, revela-se um objectivo do mesmo a compreensão da aplicabilidade dessa plataforma de conhecimentos à actividade prática do projecto das diversas especialidades. Esses fundamentos são explicados ao longo do processo, seguidos da sua aplicação prática.

Relativamente ao objecto de estudo, este consiste num edifício de habitação unifamiliar que será reconstruído e ampliado, cujas bases arquitectónicas se encontram explicadas de seguida. As plantas, cortes e alçados das bases de arquitectura encontram-se no Anexo I.

### **Bases Arquitectónicas:**

O terreno do edifício em estudo possui uma difícil morfologia o que obrigou a um certo esforço de adaptabilidade tanto ao nível arquitectónico como ao nível das diversas especialidades.

O conjunto edificado é formado por dois corpos, um edifício novo a construir de raiz que dá continuidade a um edifício existente, apresentando ambos dois pisos.

O edifício existente é constituído, no 1º andar, por uma cozinha e uma sala de estar e de jantar e, no rés-do-chão, por uma lavandaria e um espaço para arrumos, perfazendo uma área bruta de 81 m<sup>2</sup>. No corpo novo ficam instalados, ao nível do 1º andar, uma suite com

um espaço complementar, dois quartos e duas casas de banho e, ao nível do rés-do-chão, um alpendre destinado ao estacionamento automóvel totalizando uma área bruta de 142 m<sup>2</sup>.

O corpo existente necessita de ser reconstruído na sua quase totalidade, aproveitando-se apenas as paredes exteriores. Os vãos existentes são igualmente conservados mas introduzem-se algumas adaptações, nomeadamente, o vão de porta situado na fachada sul e um vão de janela orientado a poente serão ligeiramente alargados. A cobertura e o pavimento do edifício existente, embora ainda não se tenha dado o colapso total terão de ser integralmente novos dado o seu avançado estado de degradação.

O terreno exterior que integra a propriedade possui um declive muito acentuado sendo definido por taludes extensos mas com uma largura reduzida, que varia entre os 2 m e os 4 m. Desta forma, optou-se por redefinir estes espaços propondo-se taludes com largura entre os quatro e os cinco metros e estruturaram-se quatro diferentes patamares. O primeiro, de acesso automóvel, situa-se à cota 49.70 e liga a um segundo nível situado à cota 51.90, através do qual se tem acesso ao piso do rés-do-chão do edifício. O terceiro patamar que se situa à cota 54.24, estabelece o acesso ao 1º andar. Por fim, no quarto nível da propriedade ficará situada uma piscina, à cota 58.08.

### **Organização:**

No sentido de se desenvolver um estudo individual para cada uma das especialidades abordadas, a exposição do trabalho encontra-se dividida em três capítulos os quais são precedidos pela presente introdução.

**O Capítulo I** é dedicado ao Projecto de Estruturas e divide-se em cinco subcapítulos sendo o primeiro destinado à exposição dos diplomas legais e regulamentares aplicáveis e o segundo subcapítulo destinado à descrição dos materiais estruturais utilizados. Nos

subcapítulos três e quatro enunciam as acções consideradas e respectiva quantificação e descrevem os métodos de análise e dimensionamento considerados para o modelo, incluindo critérios e hipóteses admitidas. O subcapítulo cinco reserva-se à concepção estrutural, descrevendo as dimensões e disposições dos diversos elementos, bem como as razões das suas escolhas quando necessário. É ainda apresentado um exemplo de cálculo para as diversas peças estruturais.

O **Capítulo II** desenvolve o projecto de comportamento térmico do edifício e divide-se em sete subcapítulos sendo o primeiro dedicado à exposição dos diplomas regulamentares, o segundo à análise climática do local onde se situa o edifício e o terceiro à quantificação dos parâmetros térmicos necessários ao estudo. Os subcapítulos quatro e cinco descrevem a metodologia de cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento, respectivamente, e o subcapítulo seis a metodologia de cálculo das necessidades de energia para preparação das AQS. Por fim, o subcapítulo sete destina-se à quantificação das necessidades globais anuais de energia primária que determinam o desempenho e classificação energética do edifício.

O **Capítulo III**, que contempla o projecto hidráulico, divide-se em três subcapítulos. O primeiro destina-se à rede de abastecimento de água, o segundo à drenagem de águas residuais e o terceiro à drenagem de águas pluviais. Cada um dos subcapítulos se inicia com uma breve descrição dos elementos e acessórios constituintes de cada uma das redes passando-se, posteriormente, à justificação do seu dimensionamento.

As conclusões são apresentadas no fim do Capítulo III reflectindo a análise dos resultados obtidos e soluções adoptadas.

Nos Anexos encontram-se disponíveis peças desenhadas e calculadas que serviram de base ao desenvolvimento deste trabalho. O Anexo I é referente ao projecto de estabilidade, o Anexo II ao estudo do comportamento térmico, o Anexo III destina-se às redes de distribuição de água e drenagem de águas pluviais e residuais e o Anexo IV às plantas de arquitectura.

## **CAPÍTULO I - PROYECTO DE ESTRUTURAS**



## 1. DIPLOMAS LEGAIS E REGULAMENTARES

Todo o dimensionamento é realizado em conformidade com a regulamentação portuguesa em vigor. No entanto, sempre que os regulamentos são omissos ou inadequados, são utilizadas as Normativas da União Europeia, nomeadamente os Eurocódigos.

### Regulamentos e Especificações Técnicas aplicáveis:

R.S.A.	DL 235/83 de 31/05	Regulamento De Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes.
R.E.B.A.P.	DL 349-C/83 de 30/07	Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado.
NP EN 206-1:2007	DL 301/2007 DE 23/08	Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade.
NP EN 1912:2000		Madeira para Estruturas. Classes de Resistência. Atribuição de Classes de Qualidade e Espécies.
LNEC E 464-2007		Betões. Metodologia prescritiva para uma vida útil de projecto de 50 e de 100 anos face às acções ambientais.

### Eurocódigos:

EUROCÓDIGO 2	Projecto de Estruturas de Betão prENV 1992-1-1 de Novembro de 2002
EUROCÓDIGO 5	Projecto de Estruturas de Madeiras NP ENV 1995-1-1 de Novembro de 2004
EUROCÓDIGO 7	Projecto Geotécnico NP ENV 1997-1-1 de Maio de 1999



## 2. MATERIAIS APLICÁVEIS

Nesta secção pretende-se definir os principais materiais utilizados nos elementos estruturais em apreço, nomeadamente, o betão, o aço e a madeira.

### 2.1. Betão

O betão é um material formado pela mistura de cimento, inertes (agregados grossos e finos) e água, com ou sem a incorporação de adjuvantes e adições, que desenvolve as suas propriedades por hidratação do cimento.

As propriedades físicas e mecânicas do betão dependem de diversos factores, assumindo especial relevo as propriedades dos inertes envolvidos, o tipo de cimento adoptado e as diversas proporções entre os elementos:

- Razão água/cimento (A/C);
- Quantidade de água por m<sup>3</sup>.

Os agregados são materiais minerais granulares, podem ser naturais, artificiais ou reciclados de materiais previamente usados na construção e interferem, principalmente, na trabalhabilidade e resistência do betão. Os agregados arredondados e lisos conferem maior trabalhabilidade e os agregados britados aumentam a sua resistência à tracção.

O cimento (ligante hidráulico) é um material inorgânico finamente moído que, quando misturado com água, forma uma pasta que faz presa e endurece por meio de reacções e processos de hidratação e que, depois de endurecer, mantém a sua resistência e estabilidade mesmo debaixo de água.

Este material, correntemente designado por cimento Portland, é obtido pela cozedura de uma mistura devidamente proporcionada de calcário e argila, a temperaturas da ordem de 1450°C.

No mercado português pode-se encontrar vários tipos de cimento, contudo, o mais comercializado e indicado para as obras de construção civil, pela sua excelente trabalhabilidade e baixo calor de hidratação, é o CEM II/B – “Cimento Portland de Calcário”, segundo a notação existente na Norma NP EN 197-1.

Quanto à água a utilizar na amassadura do betão, esta desempenha dois papéis importantes, nomeadamente, na massa fresca e na fase de endurecimento do betão. No betão fresco, a água confere à massa a trabalhabilidade adequada para permitir uma boa colocação e compactação. Na fase de endurecimento a água participa nas reacções de hidratação do cimento que conferem a resistência necessária ao betão.

Como se pode constatar, é a composição do betão que garante determinada classe de resistência ao material, contudo, essa composição deve ser especificada em função dos requisitos de durabilidade estabelecidos para cada obra. Isto é, definido o período de vida útil da construção, são indicados limites relativos assim como diversos parâmetros de composição do betão em função das classes de exposição ambiental a que os elementos estarão sujeitos.

Em Portugal, a Norma que define os tipos de classes de exposição relacionadas com as acções ambientais é a NP EN 206 – 1 (ver Quadro 1)

Designação da classe	Descrição do ambiente	Exemplos informativos de condições em que podem ocorrer as classes de exposição
<b>1. Nenhum risco de corrosão ou ataque</b>		
X0	Para betão sem armaduras ou elementos metálicos embebidos: todas as exposições excepto em situação de gelo/degelo, abrasão ou ataque químico Para betão com armadura ou elementos embebido: muito seco	Betão no interior de edifícios com uma humidade do ar ambiente muito baixa
<b>2. Corrosão induzida por carbonatação</b>		
XC1	Seco ou permanentemente húmido	Betão no interior de edifícios com uma humidade do ar ambiente baixa Betão permanentemente submerso
XC2	Húmido, raramente seco	Superfícies de betão sujeitas a contacto prolongado com água Um grande número de fundações
XC3	Humidade moderada	Betão no interior de edifícios com uma humidade do ar ambiente moderada ou elevada Betão exterior protegido da chuva
XC4	Alternadamente húmido e seco	Superfícies de betão sujeitas a contacto com água, não incluídas na classe de exposição XC2
<b>3. Corrosão induzida por cloretos</b>		
XD1	Humidade moderada	Superfícies de betão expostas a cloretos transportados pelo ar
XD2	Húmido, raramente seco	Piscinas Elementos de betão expostos a águas industriais contendo cloretos
XD3	Alternadamente húmido e seco	Elementos de pontes expostos a pulverizações contendo cloretos Pavimentos; Lajes de parques de estacionamento
<b>4. Corrosão induzida por cloretos presentes na água do mar</b>		
XS1	Humidade moderada	Estruturas próximas da costa ou na costa
XS2	Permanentemente submerso	Elementos de estruturas marítimas
XS3	Zonas sujeitas aos efeitos das marés, da rebentação e da neblina marítima	Elementos de estruturas marítimas
<b>5. Ataque gelo/degelo</b>		
XF1	Saturação moderada em água, sem produto descongelante	Superfícies verticais de betão expostas ao gelo/degelo
XF2	Saturação moderada em água, com produto descongelante	Superfícies verticais de betão de estruturas rodoviárias expostas ao gelo e a produtos descongelantes transportados pelo ar
XF3	Saturação elevada em água, sem produtos descongelantes	Superfícies horizontais de betão expostas à chuva e ao gelo
XF4	Saturação elevada em água, com produtos descongelantes ou com água do mar	Estradas e tabuleiros de pontes expostos a produtos descongelantes Superfícies de betão expostas a pulverizações directas contendo produtos descongelantes e expostas ao gelo Zonas sujeitas aos efeitos da rebentação de estruturas marítimas expostas ao gelo
<b>6. Ataque químico</b>		
XA1	Ambiente químico ligeiramente agressivo	Terrenos naturais e água no terreno
XA2	Ambiente químico moderadamente agressivo	Terrenos naturais e água no terreno
XA3	Ambiente químico altamente agressivo	Terrenos naturais e água no terreno

Quadro 1 - Condição da verificação da segurança em relação aos estados limites últimos que não envolvam perda de equilíbrio ou fadiga

Analisando o ambiente onde se insere o edifício em estudo, assim como os elementos que compõem a sua estrutura, verifica-se que estes estão sujeitos a três exposições ambientais distintas.

Na regularização das escavações deve ser utilizado um betão de limpeza que, pelo facto de não conter armaduras embebidas, não corre o risco de corrosão adoptando-se, assim, uma classe de exposição X0.

Para as lajes térreas, sapatas, lintéis e muros de suporte adopta-se uma classe de exposição XC2, dado o seu contacto prolongado com água.

Nos restantes elementos que constituem a superestrutura opta-se por uma classe de exposição XC1, uma vez que estão sujeitos a uma baixa humidade do ar ambiente.

Identificadas as classes de exposição é possível determinar a classe de resistência do betão a utilizar tendo como base o Quadro 6 da Especificação LNEC E44:2007, onde constam os limites da composição e da classe do betão em função das classes de exposição. (Quadro 2)

Tipo de Cimento	CEM I (Referência); CEM II/A <sup>(1)</sup>				CEM II/B <sup>(1)</sup> ; CEM III/A <sup>(2)</sup> ; CEM IV(2); CEM IV/A <sup>(2)</sup>			
	XC1	XC2	XC3	XC4	XC1	XC2	XC3	XC4
<b>Mínimo recobrimento nominal (mm)*</b>	25	35	40	40	25	35	35	40
<b>Máxima razão água/cimento</b>	0,65	0,65	0,6	0,6	0,65	0,65	0,55	0,55
<b>Mínima dosagem de cimento, C (kg/m<sup>3</sup>)</b>	240	240	280	280	260	260	300	300
<b>Mínima classe de resistência</b>	C25/30	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37

<sup>(1)</sup> Não aplicável aos cimentos II/A-T e II/A-W e aos cimentos II/B-T e II/B-W, respectivamente.

<sup>(2)</sup> Não aplicável aos cimentos com percentagem inferior a 50% de clínquer portland, em massa.

**Quadro 2 - Limites da composição e da classe de resistência do betão sob acção do dióxido de carbono, para uma vida útil de 50 anos. (Fonte – Especificação LNEC E 464:2007, pág.5)**

No Quadro 3 encontra-se uma síntese final do tipo de betão a utilizar nos elementos estruturais do edifício em estudo.

Elementos	Exposição Ambiental	Resistência à Compressão	Mínimo Recobimento Nominal
<b>Elementos em contacto com o terreno:</b>			
- Betão de Limpeza	X0	C12/15	-
- Lajes Têrreas	XC2	C25/30	-
- Sapatas, Lintéis e Muros de Suporte	XC2	C25/30	35 mm
<b>Superestrutura</b>			
- Restantes Elementos	XC1	C25/30	25 mm

Quadro 3 - Betão a utilizar nos elementos estruturais

As principais características do betão C25/30 são as seguintes:

- $f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}$  (Quadro 3.1 do EC2)
- $f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$  (Quadro 3.1 do EC2)
- $f_{ctk_{0,05}} = 1,8 \text{ MPa}$  (Quadro 3.1 do EC2)
- $E_{cm} = 31,0 \text{ GPa}$  (Quadro 3.1 do EC2)

## 2.2. Aço

O aço é composto por ferro, impurezas e vários componentes ligados, adicionados em diferentes proporções para que a liga atinja as propriedades requeridas. O principal componente não metálico do aço é o carbono que influencia significativamente a sua resistência e deformabilidade.

As armaduras para betão armado podem apresentar-se de diversas formas, sendo as mais correntes os varões, os fios e as redes.

Os varões e fios têm a secção com forma aproximadamente circular, sendo fios quando o seu diâmetro é relativamente pequeno. As redes são constituídas por fios ou varões, ligados entre si, formando malhas rectangulares ou quadradas às quais se pode designar redes

electrossoldadas sempre que as suas ligas sejam obtidas por soldadura. Os varões são o tipo de armaduras mais utilizado no betão armado.

O processo de produção das armaduras passa por diferentes fases. Numa primeira parte os “lingotes” (metal vazado) são sujeitos a uma laminagem a quente, sendo transformados no “produto base” que é constituído por um elemento de secção cheia de aço que serve para o fabrico dos varões.

A partir do produto base os varões podem ser obtidos por simples laminagem a quente (aço laminado a quente - NR) ou por laminagem a quente seguida de endurecimento a frio (aço endurecido a frio - EL).

O processo de endurecimento a frio consiste em sujeitar os varões a tratamentos mecânicos de diversas naturezas: torção, estiragem, estiragem combinada com torção, trefilagem, e trefilagem combinada com laminagem a frio. Com estes tratamentos pretende-se modificar as propriedades mecânicas do aço, nomeadamente elevar a sua resistência.

Para efeitos de projecto, o Eurocódigo 2 determina que as armaduras devem ser classificadas em função das seguintes características:

- Dimensões;
- Características de superfície
- Soldabilidade
- Classe, indicando as características de ductilidade;
- Qualidade, indicando o valor característico da tensão de cedência ( $f_{yk}$ );

No que respeita à dimensão, mais especificamente aos diâmetros, estes variam de país para país, apresentando a norma europeia prEN 10080:2005 os seguintes valores (em mm):

6 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16 - 20 - 25 - 28 - 32 - 40

Diâmetros superiores (50, 57 e 63 mm) são raramente produzidos, sendo utilizados essencialmente em estacas. Os diâmetros mais utilizados em Portugal apresentam-se em cima a sublinhado.

Relativamente às características da superfície, a sua configuração pode ser lisa ou rugosa. As superfícies rugosas podem ser obtidas com saliências (superfícies nervuradas) ou reentrâncias (superfícies indentadas). Assim, os varões podem ser classificados em lisos ou rugosos e relativamente a estes em nervurados e indentados.

Os varões nervurados são os que se utilizam mais pois são os que conferem maior aderência entre a armadura e o betão. Os varões indentados utilizam-se, em geral, apenas em redes.

A soldabilidade dos aços é outra propriedade importante das armaduras pois permite efectuar emendas por soldadura. Esta aptidão é influenciada essencialmente pela composição química do aço, nomeadamente o teor em carbono e o teor em impurezas.

Os aços com boas características de soldabilidade apresentam baixos teores em carbono pelo que as armaduras ordinárias são, em geral, soldáveis. Pelo contrário, os aços de pré-esforço, devido ao seu elevado teor em carbono, não são soldáveis.

Relativamente à ductilidade das armaduras, esta é medida normalmente por dois parâmetros: a deformação associada a carga máxima ( $\epsilon_u$ ) e a relação entre a tensão de rotura e a tensão de cedência, designada por coeficiente de endurecimento ( $f_t/f_y$ ).

O EC2 classifica as armaduras, quanto à ductilidade, em três classes:

- Aços de baixa ductilidade (classe A)  $(f_t/f_y)_k \geq 1,05$  e  $\epsilon_{uk} \geq 2,5\%$
- Aços de ductilidade normal (classe B)  $(f_t/f_y)_k \geq 1,08$  e  $\epsilon_{uk} \geq 5,0\%$
- Aços de alta ductilidade (classe C)  $1,15 \leq (f_t/f_y)_k < 1,35$  e  $\epsilon_{uk} \geq 7,5\%$

A tensão de cedência não é mais do que a tensão máxima que o material suporta ainda no regime elástico de deformação. Se houver algum acréscimo de tensão o material começa a sofrer deformação plástica até se dar a rotura.

O EC2 define três diferentes valores característicos da tensão de cedência das armaduras,  $f_{yk}$ , cujas principais características constam no seguinte Quadro:

Classe	$f_{yk}$ (Mpa)	$f_{yd}$ (Mpa)	$\epsilon_{yd}$ (‰)	$E_s$ (Gpa)	$\gamma_s$ (kN.m <sup>-3</sup> )
A400	400	348	1,74	200	78,5
A500	500	435	2,175		
A600	600	522	2,61		

**Quadro 4 - Principais características do aço para as armaduras (Fonte - Eurocódigo 2, pág. 46 e 235 – adaptado pela autora)**

Em edifícios correntes, o aço mais utilizado nas armaduras é o A400, contudo, no projecto em estudo será utilizado o A500.

Como se pode constar no Quadro 4, o aço A500 apresenta um valor característico da tensão de cedência superior ao aço A400 e, conseqüentemente, uma capacidade resistente superior.

Desta forma, e tendo em conta que a diferença de preço entre ambos ronda, no mercado nacional, apenas 10€ por tonelada, justifica-se a opção pelo aço A500 ao invés do A400.

No Quadro 5 encontra-se uma síntese das armaduras ordinárias a utilizar no projecto em estudo.

	<b>Designação</b>	<b>Classe Ductilidade</b>	<b>Tensão de Cedência (MPa)</b>	<b>Processo de Fabrico</b>	<b>Configuração da Superfície</b>	<b>Características de Aderência</b>
Varões	A500NR	Classe A	500	Laminado a quente	Rugosa	Alta
Redes Electrossoldadas	A500EL	Classe A	500	Endurecido a frio	Lisa	Normal

**Quadro 5 - Aço a utilizar nas armaduras ordinárias**

### 2.3. Madeira

A madeira é um material orgânico com origem no tecido formado pelas plantas lenhosas. É um dos materiais mais antigos a ser empregue na construção civil a nível mundial, começando nas civilizações primitivas até aos dias de hoje.

A utilização deste material na construção civil é variada e pode ser agrupada da seguinte forma:

- Construção civil estrutural pesada:

Reúne as peças de madeira serrada na forma de tábuas empregues em usos temporários como andaimes, escoramentos e cofragens. Engloba peças de madeira serrada na forma de vigas, madres, pranchas e tábuas utilizadas em estruturas, coberturas e fundações.

- Construção civil leve:

Abrange peças de madeira serrada como painéis ou forros, onde a madeira pode apresentar desenhos e cores decorativas. Reúne peças de madeira serrada como tábuas corridas, tacos e tacões. Engloba ainda peças como portas, janelas ou caixilhos.

Os produtos de madeira utilizados na construção civil podem variar desde peças com vários graus de tratamento, como madeira serrada, painéis, madeira tratada com produtos preservadores, até peças com pouco ou nenhum processamento.

Entre as espécies de madeira mais usadas em Portugal, para estruturas de cobertura ou de pavimentos, destacam-se o Pinho Bravo (*Pinus pinaster*), o Pinheiro Casquinha (*Pinus sylvestris*), Cedro (*Cedrus atlântica*), o Carvalho Português (*Quercus faginea*), o Castanheiro Bravo (*Castanea sativa*) e o Eucalipto Comum (*Eucalyptus globulus*).

No caso de estudo, a estrutura que compõe a cobertura e o pavimento do edifício a reabilitar será em madeira, optando-se pelo Pinho Bravo Nacional por ser, dentro da sua espécie, a árvore mais representativa em Portugal (Santos, Uva, & Almeida, 2002).

O Pinho Bravo é uma espécie resinosa originária da região sudoeste da Europa. Em Portugal era inicialmente uma espécie espontânea da faixa costeira a norte do rio Tejo mas, devido à acção do homem, o Pinho Bravo está actualmente presente em todo o país representando, na região da Madeira, 70% da área plantada (Santos, Uva, & Almeida, 2002).

O dimensionamento das estruturas pode ser feito tendo em vista a utilização de madeira de determinada espécie, origem e classe de qualidade, para a qual são conhecidos os valores característicos. Este procedimento implica no entanto a escolha prévia da madeira a empregar, podendo ser restritivo no caso de a oferta real do mercado conduzir mais tarde à preferência por outras madeiras.

Para obviar esta limitação a norma europeia EN 338:2003 estabelece dois conjuntos de classes de resistência para madeira (um para Resinosas e Choupo e outro para Folhosas), sendo cada classe de resistência definida por um conjunto de valores característicos de resistência, módulo de elasticidade e massa volúmica (Quadros 6 e 7)

Espécies Resinosas	Classes de Resistência												
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	
<b>Propriedades resistentes, N/mm<sup>2</sup> (MPa)</b>													
Flexão	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tracção paralela ao fio	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
Tracção perpendicular ao fio	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compressão paralela ao fio	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
Compressão perpendicular ao fio	$f_{c,90,k}$	2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
Corte	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,8	3	3,4	3,8	3,8	3,8
<b>Propriedades de rigidez, kN/mm<sup>2</sup> (GPa)</b>													
Módulo de Elasticidade paralelo ao fio (valor médio)	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
Módulo de Elasticidade paralelo ao fio (valor característico)	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6	6,4	6,7	7,4	7,7	8	8,7	9,4	10	10,7
Módulo de elasticidade perpendicular ao fio (valor médio)	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,3	0,32	0,33	0,37	0,38	0,4	0,43	0,47	0,5	0,53
Módulo de distorção (valor médio)	$G_{mean}$	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1
<b>Massa Volúmica, kg/m<sup>3</sup></b>													
Valor característico	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
Valor médio	$\rho_{mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	500	550
Nota:													
i) Os valores indicados para a resistência à tração, resistência à compressão, resistência ao corte, valor característico do módulo de elasticidade, valor médio do módulo de elasticidade perpendicular ao fio e valor médio do módulo de distorção foram calculados usando as equações apresentadas no Anexo A.													
ii) Os valores tabelados correspondem a madeira com um teor em água equilibrado com uma temperatura de 20°C e humidade relativa do ar de 65%.													
iii) Madeira das classes C45 e C50 pode não estar disponível de imediato.													

**Quadro 6 - Propriedades físicas e mecânicas de madeira resinosa para estruturas (Fonte: NP EN 338:2003, pág. 6 e 7)**

Espécies Resinosas	Classes de Resistência						
	D30	D35	D40	D50	D60	D70	
<b>Propriedades resistentes, N/mm<sup>2</sup> (MPa)</b>							
Flexão	$f_{m,k}$	30	35	40	50	60	70
Tracção paralela ao fio	$f_{t,0,k}$	18	21	24	30	36	42
Tracção perpendicular ao fio	$f_{t,90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compressão paralela ao fio	$f_{c,0,k}$	23	25	26	29	32	34
Compressão perpendicular ao fio	$f_{c,90,k}$	8	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Corte	$f_{v,k}$	3	3,4	3,8	4,6	5,3	6
<b>Propriedades de rigidez, kN/mm<sup>2</sup> (GPa)</b>							
Módulo de Elasticidade paralelo ao fio (valor médio)	$E_{0,mean}$	10	10	11	14	17	20
Módulo de Elasticidade paralelo ao fio (valor característico)	$E_{0,05}$	8	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Módulo de elasticidade perpendicular ao fio (valor médio)	$E_{90,mean}$	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Módulo de distorção (valor médio)	$G_{mean}$	0,6	0,75	0,7	0,88	1,06	1,25
<b>Massa Volúmica, kg/m<sup>3</sup></b>							
Valor característico	$\rho_k$	530	560	590	650	700	900
Valor médio	$\rho_{mean}$	640	670	700	780	840	1080
Nota:							
i) aplicam-se as mesmas notas explícitas no Quadro [2]							

**Quadro 7 - Propriedades físicas e mecânicas de madeira folhosa para estruturas (Fonte – NP EN 338:2003, pág. 6 e 7)**

A correspondência entre as classes de qualidade e as classes de resistência a nível europeu está indicada na norma NP EN 1912:2003 para as espécies correntemente utilizadas em estruturas. No Quadro 8 são apresentadas, a título de exemplo, algumas relações entre as classes referidas.

<b>Espécie da Madeira</b>	<b>Designação Botânica</b>	<b>Origem</b>	<b>Classe de Qualidade</b>	<b>Classe de Resistência</b>
Pinho Bravo	Pinus Pinaster	Portugal	E	C18
Casquinha	Pinus Sylvestris	Reino Unido	SS	C22
Espruce	Picea Abies	CNE Europa	S13	C30
		África		
Câmbala	Milícia Excelsa	Austrália Ocidental	Hs	D40
		Sudeste Asiático		

Nota:

CNE Europa é uma abreviatura para Europa Central, Setentrional e Oriental

**Quadro 8 - Relação entre classes de qualidade e classes de resistência (Fonte – NP EN 1912:2000, pág. 7 – adaptado pela autora)**

No caso de estudo, o dimensionamento do pavimento e da cobertura do edifício a reabilitar será efectuado considerando-se que ambas as estruturas são em madeira de Pinho Bravo e, portanto, de classe de resistência C18, e cujas características se encontram descritas no Quadro 6.

### 3. QUANTIFICAÇÃO DE ACÇÕES

As acções consideradas são as definidas nos capítulos III, IV, V, VII e VIII do Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes, RSA, e ainda no capítulo V do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, REBAP.

#### 3.1. Acções Permanentes

As acções permanentes são todas aquelas que actuam sobre a estrutura ao longo de todo ou praticamente todo o seu período de vida, de forma constante ou com pequena alteração relativamente ao seu valor médio.

As cargas permanentes resultam de dois conjuntos destas acções, o primeiro é composto exclusivamente pelo peso próprio da estrutura, e o segundo conjunto, designado por restante carga permanente, é composto pelos materiais não estruturais tais como paredes divisórias e revestimentos.

##### 3.1.1. Peso Próprio

O peso próprio obtém-se com base na volumetria de cada elemento e tomando, como peso específico dos materiais, os seguintes valores:

$$\gamma_{\text{betão}} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{aço}} = 77 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{pinho bravo nacional}} = 6 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{alvenaria de granito}} = 26 \text{ kN/m}^3$$

##### 3.1.2. Restantes Cargas Permanentes

São englobadas nas restantes cargas permanentes os pesos resultantes de enchimentos, paredes divisórias e revestimentos.

### 3.1.2.1. Paredes Divisórias Interiores

Elemento Construtivo	Pé-direito (m)	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Peso Equivalente (kN/m <sup>2</sup> )
Alvenaria de tijolo furado 30x20x11 incluindo reboco em ambas as faces	2,40	1,80	40% Peso Específico x Pé-Direito
<b>Total</b>			<b>1,73</b>

Quadro 9 – Acções das paredes divisórias (Fonte – RSA, Art.º15; Tabelas Técnicas, pág. 174)

### 3.1.2.2. Cobertura

Elemento Construtivo	Espessura (m)	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Peso Equivalente (kN/m <sup>2</sup> )
Godó	0,050	17,00	0,850
Enchimento - Betão Leve	0,050	20,00	1,000
Isolamento Térmico	0,050	0,60	0,030
Reboco	0,005	12,00	0,060
<b>Total</b>			<b>1,940</b>

Quadro 10 – Acções permanentes da cobertura do balneário (Fonte – Tabelas Técnicas, pág. 174, 175 e 177; Apontamentos do Grupo de Betão Armado e Pré-Esforçado do IST)

Elemento Construtivo	Espessura (m)	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Peso Equivalente (kN/m <sup>2</sup> )
Telha Marselha	-	-	0,45
Ripas metálicas	-	-	0,10
Isolamento	0,08	0,60	0,05
Argamassa de assentamento	0,015	20,00	0,30
Reboco	0,05	12,00	0,60
<b>Total</b>			<b>1,50</b>

Quadro 11 – Acções Permanente da Cobertura do Corpo Novo (Fonte – Tabelas Técnicas, pág. 174, 175 e 177; Apontamentos do Grupo de Betão Armado e Pré-Esforçado do IST)

Elemento Construtivo	Espessura (m)	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Peso Equivalente (kN/m <sup>2</sup> )
Telha Lusa incluindo ripas de madeira	-	-	0,70
Isolamento térmico	0,08	0,60	0,05
Forro de madeira	-	-	0,10
<b>Total</b>			<b>0,85</b>

Quadro 12 – Acções permanentes da cobertura do corpo existente (Fonte – Tabelas Técnicas, pág. 174, 175 e 177; Apontamentos do Grupo de Betão Armado e Pré-Esforçado do IST)

## 3.1.2.3. Pavimento

Elemento Construtivo	Espessura (m)	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Peso Equivalente (kN/m <sup>2</sup> )
Soalho de madeira	0,022	-	0,500
Argamassa de assentamento	0,050	20,00	1,000
Isolamento Térmico	0,080	0,60	0,048
Reboco	0,005	12,00	0,060
<b>Total</b>			<b>1,608</b>

**Quadro 13 – Acções permanente no pavimento do corpo novo (Fonte – Tabelas Técnicas, pág. 174, 175 e 177; Apontamentos do Grupo de Betão Armado e Pré-Esforçado do IST)**

Elemento Construtivo	Espessura (m)	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Peso Equivalente (kN/m <sup>2</sup> )
Azulejos cerâmicos incluindo argamassa de assentamento		-	0,60
Isolamento térmico	0,08	0,60	0,05
Reboco	0,05	12,00	0,60
Murete de alvenaria de tijolo furado 30x20x11 incluindo reboco	h = 0,95m	1,80	1,71
<b>Total</b>			<b>2,96</b>

**Quadro 14 – Acções permanentes do pavimento do sótão (Fonte - Tabelas Técnicas, pág. 174, 175 e 177; Apontamentos do Grupo de Betão Armado e Pré-Esforçado do IST)**

Elemento Construtivo	Espessura (m)	Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )	Peso Equivalente (kN/m <sup>2</sup> )
Soalho de madeira	0,022	-	0,50
Forro de madeira - rincado com tábuas a dois fios	-	-	0,10
<b>Total</b>			<b>0,60</b>

**Quadro 15 – Acções permanentes do pavimento do corpo existente (Fonte – Tabelas Técnicas, pág.175 e 177)**

## 3.2. Acções Variáveis

Sobrecargas; Segundo o disposto no RSA, as acções variáveis são todas aquelas que assumem valores com variação significativa ao longo da vida da estrutura, podendo ser do tipo:

- Sobrecargas;
- Acção do vento;

- Acção dos sismos;
- Acção da neve;
- Variações de temperatura.

### 3.2.1. Sobrecargas

As sobrecargas são acções directamente relacionadas com a utilização dos edifícios pelo que se consideraram os seguintes valores:

Destino	Observações	Sobrecarga
Habitação	Geral	2,00 kN/m <sup>2</sup>
Escadas	-	3,00 kN/m <sup>2</sup>
Cobertura inclinada	Cobertura ordinária	0,30 kN/m <sup>2</sup>

**Quadro 16 - Sobrecargas consideradas no dimensionamento estrutural (Fonte – RSA, art.º32, art.º35 e art.º37)**

### 3.2.2. Vento

A acção do vento resulta da interacção entre uma massa de ar em movimento e os edifícios, exercendo-se sob forma de pressões aplicadas nas superfícies. A sua quantificação, através do software de cálculo Cype, foi efectuada seguindo os pressupostos apresentados no RSA tendo-se considerado:

- Zona A (art.º20 do RSA);
- Rugosidade Tipo II (art.º21 do RSA).

As cargas do vento consideradas no modelo foram as seguintes:

Planta	Vento X (kN)	Vento Y (kN)
Piso 1	6,236	20,497
Piso 2	13,857	45,55

**Quadro 17 - Cargas do vento (Fonte – Software Cype)**

### 3.2.3. Sismo

A quantificação da acção sísmica, à semelhança da acção do vento, é feita através do programa de cálculo Cype.

Na análise dinâmica foram considerados três graus de liberdade por pisos: duas translações ( $\delta_x$  e  $\delta_y$ ) e uma rotação ( $\theta_z$ ). Na análise dos pórticos, esforços e deslocamentos adoptaram-se os modos de vibração correspondentes ao número de pisos do edifício. Na determinação dos efeitos da acção sísmica, consideraram-se as massas dos diversos pisos, correspondentes ao valor médio das cargas permanentes e ao valor quase permanente das cargas variáveis que actuam na estrutura.

De acordo com a regulamentação portuguesa, de entre os sismos de tipo I e tipo II, considerou-se a actuação do mais desfavorável para o dimensionamento dos vários elementos, assim como:

- Zona Sísmica D (alínea I, Anexo III do RSA);
- Terreno Tipo II (art.º29 do RSA)
- Coeficiente de Comportamento:  $\eta = 2.5$  (art.º33 do REBAP);
- Coeficiente de Amortecimento:  $\zeta = 5\%$ , para estruturas de betão armado.

### 3.2.4. Acção da Neve

A acção da neve deve ser tida em conta nos locais com altitude igual ou superior a 200 metros situados nos distritos de Viana do Castelo, Braga, Vila Real, Bragança, Porto, Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra, Leiria, Castelo Branco e Portalegre (art.º26 do RSA).

Apesar do edifício em estudo estar localizado no distrito de Viana do Castelo, a acção da neve não será contabilizada pois encontra-se abaixo dos 200 metros de altitude (137 metros).

### **3.2.5. Acção da Temperatura**

De acordo com o disposto no art.º31 do REBAP, dispensa-se a consideração dos efeitos da variação da temperatura, uma vez que a maior dimensão em planta não excede 30 metros.

## 4. CRITÉRIOS GERAIS DE DIMENSIONAMENTO

Como já foi referido, o edifício em estudo divide-se em dois corpos, um existente com necessidade de ser reabilitado e um corpo novo, a construir de raiz.

O edifício novo, cuja estrutura é em betão armado, foi dimensionado com o auxílio dos softwares de cálculo automático *Cype* e *Robot*, sendo que este último apenas foi utilizado para a determinação dos esforços em alguns elementos estruturais

O edifício existente não foi incorporado no modelo de cálculo automático, optou-se pelo dimensionamento manual da cobertura e pavimento, ambas as estruturas em madeira, assim como pela verificação, também manual, da capacidade resistente das paredes de alvenaria de granito.

### 4.1. Hipóteses Admitidas – Corpo Novo

Com base nos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Teoria das Estruturas e Estruturas de Betão Armado, optou-se por adoptar um modelo de estruturas reticuladas, com implantação ortogonal, que admite as seguintes hipóteses:

- O comportamento da estrutura é física e geometricamente linear, sendo válido o princípio da sobreposição dos efeitos;
- Os pisos constituem diafragmas indeformáveis no seu próprio plano, isto é, os pisos são considerados elementos rígidos;
- As forças horizontais, que resultam da análise dinâmica da estrutura tridimensional, têm por base uma distribuição uniforme da massa em toda a superfície dos pavimentos, e actuam ao nível de cada piso.

As tensões e os esforços nos elementos estruturais foram determinados de forma automática, com recurso aos softwares de cálculo de estruturas, *Cype* e *Robot*, destinando-

se este último apenas à determinação dos esforços nas lajes maciças. Ambos os softwares se desenvolvem num ambiente CAD e os resultados tanto se podem obter por listagem numérica como por via gráfica.

A utilização deste tipo de programas permite um dimensionamento de estruturas feito para uma envolvente de esforços, obtido pelo uso de um grande número de combinações. Possibilitam ainda uma análise tridimensional que assegura a distribuição precisa dos esforços provocados por acções horizontais por todos os elementos estruturais.

Dadas as limitações/dificuldades do software de cálculo automático Cype, os esforços dos elementos estruturais escadas foram calculados individualmente optando-se por introduzir, directamente no modelo global, as reacções que afectam a estrutura.

Na Figura 1 encontra-se representada a perspectiva do modelo global do edifício a construir.

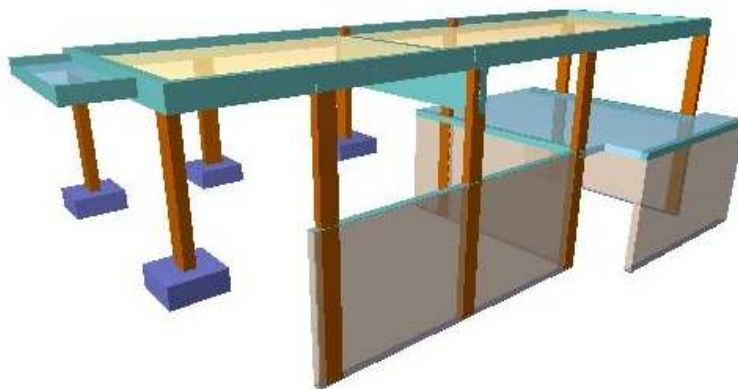


Figura 1 - Perspectiva do modelo global do edifício a construir (Fonte – Software Cype)

#### 4.1.1. Verificação da Segurança em Relação aos Estados Limites Últimos

Entende-se por Estados Limites Últimos o conjunto de acções que possa inferir na estrutura danos muito severos no seu funcionamento (art.º4 do RSA).

A segurança em relação a estes estados limites é elaborada em termos de esforços com base na condição:

$$[1] \quad S_d \leq R_d \quad (\text{Fonte – RSA, Art.º9.1});$$

em que  $S_d$  e  $R_d$  designam respectivamente os valores de cálculo do esforço actuante e do esforço resistente.

Segundo o preconizado do RSA, os valores de cálculo dos esforços actuantes para a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos, devem ser obtidos considerando as regras de combinação seguintes:

- **Combinações fundamentais** – intervêm as acções permanentes e variáveis;

Em geral:

$$[2] \quad S_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} \cdot S_{Gik} + \gamma_q \left[ S_{Q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{oj} \cdot S_{Qjk} \right] \quad (\text{Fonte – RSA, Art.9.2})$$

No caso de acção variável de base ser a acção sísmica:

$$[3] \quad S_d = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + \gamma_q \cdot S_{EK} + \sum_{j=2}^n \psi_{2j} \cdot S_{Qjk} \quad (\text{Fonte – RSA, Art.º9.2})$$

- **Combinações acidentais** – intervêm as acções permanentes, variáveis e de acidente.

$$[4] \quad S_d = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + S_{Fa} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} S_{Qjk} \quad (\text{Fonte – RSA, Art.º9.2})$$

Para o dimensionamento da estrutura em estudo considerou-se a combinação fundamental. Os coeficientes de segurança  $\gamma_g$  e  $\gamma_q$  considerados para acções permanentes e variáveis, respectivamente, e os coeficientes de combinação  $\psi$  relativos às acções variáveis foram os seguintes:

<b>Combinações Fundamentais (Sem sismo)</b>				
	<b>Coefficientes Parciais (<math>\gamma</math>)</b>		<b>Coefficientes (<math>\psi</math>)</b>	
	<b>Favorável</b>	<b>Desfavorável</b>	<b>Principal</b>	<b>Acompanhamento</b>
Permanente (G)	1,00	1,50	-	-
Sobrecarga (Q)	0,00	1,50	1,00	0,40
Vento (Q)	0,00	1,50	1,00	0,40

**Quadro 18 – Coeficientes para a combinação de acções fundamentais sem considerar a acção sísmica (Fonte – software Cype, pág.4)**

<b>Combinações Fundamentais (Com sismo)</b>				
	<b>Coefficientes Parciais (<math>\gamma</math>)</b>		<b>Coefficientes (<math>\psi</math>)</b>	
	<b>Favorável</b>	<b>Desfavorável</b>	<b>Principal</b>	<b>Acompanhamento</b>
Permanente (G)	1,00	1,00	-	-
Sobrecarga (Q)	0,00	1,00	0,20	0,20
Vento (Q)	0,00	1,00	0,00	0,00
Sismo (E)	-1,50	1,50	1,00	0,00

**Quadro 19 - Coeficientes para a combinação de acções fundamentais considerando a acção sísmica (Fonte – software Cype, pág.4)**

#### 4.1.2. Verificação da Segurança em Relação aos Estados Limites de Utilização

Por Estados Limites de Utilização entende-se o conjunto de acções que actuam sobre uma determinada estrutura, durante uma certa parcela do período de vida da mesma, do qual resultam prejuízos pouco severos (art.º4 do RSA).

Desta forma, o RSA define Estados Limites de Utilização para diversas durações de referência, em geral de três ordens de grandeza, nomeadamente:

- Estado limite de muito curta duração – Combinação Rara;
- Estado limite de curta duração – Combinação Frequente;
- Estado limite de longa duração – Combinação Quase Permanente.

A combinação rara considera as acções permanentes quantificadas pelo seu valor médio ( $G_m$ ), a acção variável base quantificada pelo seu valor raro ( $Q_k$ ) e as restantes acções variáveis pelos seus valores frequentes ( $\psi_1 Q_k$ ).

$$[5] \quad S_d = \sum_{i=1}^m S_{G_{ik}} + S_{Q_k} + \sum_{j=1}^n \psi_{1j} S_{Q_{jk}} \quad (\text{Fonte - RSA, Art.º12})$$

A combinação frequente considera as acções permanentes quantificadas pelo seu valor médio ( $G_m$ ), a acção variável base quantificada pelo seu valor frequente ( $\psi_1 Q_k$ ) e as restantes acções variáveis pelos seus valores quase permanentes ( $\psi_2 Q_k$ ).

$$[6] \quad S_d = \sum_{i=1}^m S_{G_{ik}} + \psi_1 S_{Q_k} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} S_{Q_{jk}} \quad (\text{Fonte - RSA, Art.º12})$$

A combinação quase permanente considera as acções permanentes quantificadas pelo seu valor médio ( $G_m$ ) e as acções variáveis quantificadas pelos seus valores quase permanentes ( $\psi_2 Q_k$ ).

$$[7] \quad S_d = \sum_{i=1}^m S_{G_{ik}} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} S_{Q_{jk}} \quad (\text{Fonte - RSA, Art.º12})$$

No REBAP, os Estados Limites de Utilização a considerar são:

- Estado Limite de Fendilhação;
- Estado Limite de Deformação

#### 4.1.2.1. Estados Limites de Utilização – Fendilhação

A fendilhação num elemento de betão armado ocorre quando é atingida a tensão de rotura de tracção do betão.

A consideração da fendilhação num determinado projecto está relacionada ao tipo de obra e à sua finalidade. Assim, no caso de reservatórios, por exemplo, a formação de fendas de grandes aberturas pode comprometer seriamente a estanqueidade exigida para este tipo de

estrutura. Para edifícios correntes, a fissuração excessiva do betão pode acarretar, além de problemas estéticos, problemas de deterioração da estrutura devido à corrosão da armadura.

Diversas são as circunstâncias que podem acarretar a formação de fendas, podendo destacar-se entre elas:

- Fendas causadas por solicitações devidas ao carregamento, causadas por acções directas de tracção, flexão ou corte, ocorrendo sempre na zona traccionada;
- Fendas causadas por deformações impostas (acções indirectas), tais como retracção, variação de temperatura e assentamentos diferenciais.

O limite de abertura de fendas admissível depende da agressividade do ambiente e/ou do tipo de utilização da estrutura e da sensibilidade das armaduras. Relativamente a este último ponto, são consideradas como muito sensíveis as armaduras de pré-esforço e pouco sensíveis as armaduras ordinárias. No que diz respeito à agressividade do ambiente, são preconizados no REBAP três diferentes tipos de ambientes (art.º67 do REBAP):

- Ambientes pouco agressivos – ambientes onde a humidade relativa é geralmente baixa e onde os agentes corrosivos são escassos (interior dos edifícios);
- Ambientes moderadamente agressivos – correspondem a ambientes interiores onde a presença de agentes corrosivos seja expectável ou a humidade relativa seja habitualmente elevada; ambientes exteriores sem concentrações especiais de agentes corrosivos, ou ainda águas e solos pouco agressivos;
- Ambientes muito agressivos – ambiente com presença elevada de agentes corrosivos, líquidos agressivos, ou solos especialmente agressivos.

Em função do tipo de ambiente é então definida a abertura máxima de fendas admissível (ver Quadro 20). Atingindo este valor máximo especificado, a durabilidade e o bom funcionamento da peça de betão fica em causa.

Ambiente	Combinação de Acções	Estado Limite
Pouco agressivo	Frequente	Largura de fendas, w=0,30mm
Moderadamente agressivo	Frequente	Largura de fendas, w=0,20mm
Muito agressivo	Rara	Largura de fendas, w=0,10mm

**Quadro 20 – Estados limites de fendilhação para armaduras ordinárias (Fonte – Art.º68 do REBAP)**

De acordo com o artigo 70º do REBAP, nos casos correntes de vigas e de lajes dispensa-se a verificação da segurança em relação ao estado limite de fendilhação quando se trate de armadura ordinárias e de ambientes pouco ou moderadamente agressivos, desde que sejam cumpridas as disposições relativas a espaçamento de varões contidas nos artigos 91º e 105º do mesmo regulamento.

No projecto em estudo, como foram adoptadas as disposições construtivas regulamentares em cima referidas, apenas foi efectuada a verificação da segurança em relação ao estado limite de fendilhação para a laje Lm.PS1. Esta excepção deve-se ao facto da laje LM.PS1 se tratar de uma laje de piscina e, como tal, sujeita a um ambiente muito agressivo dado o seu contacto permanente com o cloro.

A determinação da largura das fendas foi efectuada de acordo com as seguintes expressões, preconizadas no artigo 70º do REBAP:

$$[8] \quad w_k = 1,7 \cdot S_{rm} \cdot \varepsilon_{sm} \quad (\text{Fonte – REBAP, Art.º70.1})$$

$$[9] \quad S_{rm} = 2 \cdot \left( c + \frac{s}{10} \right) + \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \frac{\phi}{\rho_r} \quad (\text{Fonte – REBAP, Art.º70.1})$$

$$[10] \quad \eta_2 = 0,25 \cdot \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2 \varepsilon_1} \quad (\text{Fonte - REBAP, Art.º70.2})$$

$$[11] \quad \varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[ 1 - \beta_1 \beta_2 \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \quad (\text{Fonte - REBAP, Art.º70.2})$$

#### 4.1.2.2. Estados Limites de Utilização – Deformação

De forma análoga aos estados limites apresentados, estes correspondem aos estados onde as deformações dos elementos ultrapassam os limites máximos definidos e aceitáveis para a utilização normal da estrutura

A deformação das estruturas deve ser controlada de maneira a não comprometer o bom funcionamento da estrutura. Os valores limites da deformação devem ser tais que não comprometam a integridade de elementos não estruturais, tais como paredes divisórias, envidraçados ou mesmo revestimentos e acabamentos. Não deve ainda permitir a acumulação de águas pluviais ou outras (caso de lajes de coberturas) ou comprometer a estética da estrutura.

A deformação de um elemento de betão armado sujeito a esforços de tracção ou flexão deve ter em consideração, para além das características de deformabilidade do betão e a existência de armaduras longitudinais, a fendilhação do betão e ainda o comportamento diferido em resultado da fluência e retracção.

As deformações podem ser classificadas em:

- Deformações que dependem do carregamento;
- Deformações independentes do carregamento.

Por sua vez, as deformações que dependem do carregamento, classificam-se em:

- Deformação instantânea – deformação imediata que ocorre aquando da aplicação do carregamento e que pode ser inicialmente limitada por aplicação de contra-flechas;
- Deformação a longo prazo – definida como o aumento de deformação sob tensão e exerce importante influência no valor da flecha total.

Aquelas que não se enquadram nas deformações dependentes do carregamento não têm direcção definida. São função da variação da massa causada por retracção e variação de temperatura.

#### **4.2. Hipóteses Admitidas – Corpo Existente**

A análise da estabilidade de estruturas em madeira é um processo em tudo análogo à verificação realizada para estruturas de betão.

Contudo, nas estruturas de madeira surgem dificuldades que se prendem com o facto de este material possuir características próprias por ser orgânico e de estar sujeito, no seu tempo médio de vida, a formas de degradação diferentes dos materiais de origem mineral. Ou seja, no projecto de estruturas de madeira há que considerar a possibilidade da madeira ser um material que pode sofrer degradação por acção de agentes bióticos e, por este motivo, no Eurocódigo 5 surgem conceitos relevantes como as classes de serviço e de durabilidade do próprio material.

Para o projecto em estudo consideraram-se as seguintes hipóteses:

- Tanto o vigamento da cobertura como o pavimento, por se encontrarem num ambiente interior protegido, pertencem a uma classe de serviço 1 (ver Quadro 21);
- As classes de duração das acções consideradas para o dimensionamento foram a permanente e a média duração (ver Quadro 22);

Classe de serviço	Condições ambientais	Exemplo
1	$T \approx 20^{\circ}\text{C}$ $\text{HR} > 65\%$ em poucas semanas por ano	Estruturas interiores em geral
2	$T \approx 20^{\circ}\text{C}$ $\text{HR} > 85\%$ em poucas semanas por ano	Estruturas exteriores cobertas
3	$\text{HR} > \text{HR}_{\text{Classe 2}}$	Estruturas em ambientes muito húmidos (exteriores ou interiores)

Quadro 21 – Classes de serviço (Fonte – Eurocódigo 5, ponto 2.3.1.3 - adaptado pela autora)

Classe de duração das acções	Origem de grandeza do valor acumulado da duração da acção característica	Exemplo
Permanente	$> 10$ anos	Peso próprio
Longa duração	6 meses a 10 anos	Sobrecargas de carácter permanente (Mobiliário, produtos armazenados)
Média duração	1 semana a 6 meses	Sobrecargas correntes (pessoas), neve em certos casos
Curta duração	$< 1$ semana	Vento, neve em certos casos
Instantânea		Vento, Sismo, acções acidentais

Quadro 22 – Classes de duração das acções (Fonte – Eurocódigo 5, ponto 2.3.1.2 – adaptado pela autora)

#### 4.2.1. Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos

A verificação da segurança quanto aos estados limites de últimos, nas situações em que os esforços nos elementos são afectados pela distribuição da rigidez nas estruturas, deverá ser efectuada com base nos valores médios finais do módulo de elasticidade, do módulo de distorção e do módulo de deslizamento.

$$[12] \quad E_{\text{mean,fin}} = \frac{E_{\text{mean}}}{(1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}})} \quad (\text{Fonte – EC5, ponto 2.3.2.2})$$

$$[13] \quad G_{\text{mean,fin}} = \frac{G_{\text{mean}}}{(1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}})} \quad (\text{Fonte – EC5, ponto 2.3.2.2})$$

$$[14] \quad K_{ser,fin} = \frac{K_{ser}}{(1 + \psi_2 \cdot k_{def})} \quad (\text{Fonte - EC5, ponto 2.3.2.2})$$

#### 4.2.2. Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites de Utilização

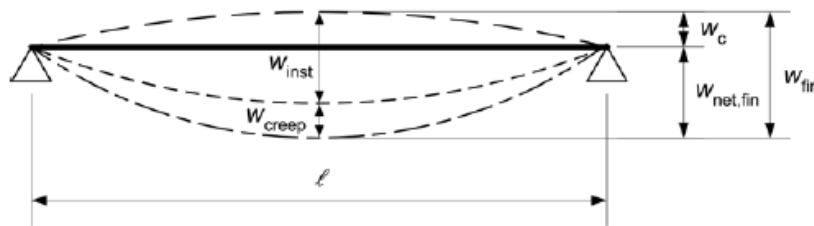
Para a verificação da segurança aos estados limites de utilização, no caso da estrutura ser constituída por elementos ou componentes com diferentes propriedades no tempo, segundo o EC5, os valores médios finais do módulo de elasticidade ( $E_{mean,fin}$ ), do módulo de distorção ( $G_{mean,fin}$ ) e do módulo de deslizamento ( $K_{ser,fin}$ ), utilizados no cálculo da deformação final, deverão ser obtidos com as seguintes equações:

$$[15] \quad E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{(1 + k_{def})} \quad (\text{Fonte - EC5, ponto 2.3.2.2})$$

$$[16] \quad G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{(1 + k_{def})} \quad (\text{Fonte - EC5, ponto 2.3.2.2})$$

$$[17] \quad K_{ser,fin} = \frac{K_{ser}}{(1 + k_{def})} \quad (\text{Fonte - EC5, ponto 2.3.2.2})$$

Na Figura 2, estão representadas as várias componentes da deformação de uma viga resultante dos esforços das combinações de acções actuantes.



**Figura 2 - Componentes da deformação de uma viga (Fonte - Eurocódigo 5, ponto 7.2)**

A deformação, obtida através do desvio relativamente a uma linha recta imaginária entre os dois apoios da viga, é dada pela deformada final:

$$[18] \quad W_{net,fin} = W_{inst} + W_{creep} - W_c = W_{fin} - W_c \quad (\text{Fonte - EC5, ponto 7.2})$$

Como referência, apresentam-se no Quadro 23 os valores limite para as deformadas aplicadas a vigas, ou seja, flechas máximas admissíveis de acordo com o EC5.

	$W_{inst}$	$W_{net,fin}$	$W_{fin}$
Viga simplesmente apoiada	1/300 a 1/500	1/250 a 1/350	1/150 a 1/300
Viga encastrada	1/150 a 1/250	1/125 a 1/175	1/75 a 1/150

**Quadro 23 – Valores limite de deformadas em vigas (Fonte – Eurocódigo 5, ponto 7.2 - Adaptado pela autora)**

#### 4.2.3. Verificação dos Estados Limites através do Método dos Coeficientes Parciais

O Eurocódigo 5 prevê a verificação dos Estados Limites através do Método dos Coeficientes Parciais, tratando-se de um método semi-probabilístico que utiliza os coeficientes parciais de segurança de forma a minorar a resistência característica e a majorar os valores médios das acções.

A grande vantagem na utilização deste método é o facto de possuir uma aplicabilidade relativamente simples para além de introduzir uma maior margem de confiança na verificação da segurança.

A verificação dos Estados Limites nos elementos estruturais de madeira contemplados neste projecto foi efectuada através do Método dos Coeficientes Parciais.

##### 4.2.3.1. Valor de cálculo de uma propriedade de um material

O valor de cálculo de uma propriedade de resistência de um material ( $X_d$ ) é um valor correspondente a que se considera seguro o cálculo para os estados limites da estrutura. Este valor é obtido a partir da divisão entre um valor característico e um coeficiente parcial de segurança, que por sua vez é corrigido em função da duração da carga e do teor em água.

$$[19] \quad X_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (\text{Fonte – EC5, ponto 2.4.1})$$

No Quadro 24 encontram-se os valores recomendado dos coeficientes parciais de segurança.

Tipo de combinações		$\gamma_M$
Fundamentais	Madeira maciça	1,3
	Ligações	1,3
	Ligadores em placas metálicas perfuradas	1,3
	Acidentais	1,0

**Quadro 24 – Coeficientes parciais de segurança (Fonte – Eurocódigo 5, ponto 2.4.1 – Adaptado pela autora)**

O valor de cálculo de uma propriedade de rigidez de um elemento deve ser obtido utilizando as seguintes expressões:

$$[20] \quad E_d = \frac{E_{\text{mean}}}{\gamma_M} \quad (\text{Fonte – EC5, ponto 2.4.1})$$

$$[21] \quad G_d = \frac{G_{\text{mean}}}{\gamma_M} \quad (\text{Fonte – EC5, ponto 2.4.1})$$

#### 4.2.3.2. Valor de cálculo das resistências

O valor de cálculo de uma resistência ( $R_d$ ), ou capacidade resistente é dado pela seguinte equação:

$$[22] \quad R_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (\text{Fonte – EC5, ponto 2.4.3})$$

#### 4.2.3.3. Valores de $k_{\text{mod}}$ e $k_{\text{def}}$

Nos Quadros 25 e 26 apresentam-se, respectivamente, os valores dos factores de  $k_{\text{mod}}$  e  $k_{\text{def}}$ , para madeira maciça.

Material	Classe de serviço	Classe de duração das acções				
		Acção permanente	Acção de longa duração	Acção de média duração	Acção de curta duração	Acção instantânea
Madeira maciça	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Quadro 25 – Valores de  $k_{mod}$  (Fonte – Eurocódigo 5, ponto 3.2 – adaptado pela autora)

Material	Classe de serviço		
	1	2	3
Madeira maciça	0,60	0,80	2,00

Quadro 26 – Valores de  $k_{def}$  (Fonte – Eurocódigo 5, ponto 3.3 - adaptado pela autora)

## 5. CÁLCULO ESTRUTURAL

### 5.1. Lajes

No âmbito da integração da estrutura no projecto de arquitectura sem prejuízo do mesmo optou-se por dois tipos de soluções para as lajes: lajes maciças e lajes aligeiradas.

Utilizaram-se, essencialmente, lajes aligeiradas nas coberturas e tecto pela necessidade de se reduzir as cargas permanentes, e lajes maciças na piscina, no piso do corpo novo e na cobertura de ligação do corpo novo ao existente.

Por questões económicas e estéticas as soluções foram estudadas culminando no que se pensa ser o melhor compromisso entre funcionamento estrutural e economia.

#### 5.1.1. Lajes Aligeiradas

As lajes aligeiradas são constituídas por nervuras prefabricadas – vigotas – dispostas paralelamente, sobre as quais se apoiam unidades de aligeiramento – abobadilhas ou blocos de cofragem -, sendo o conjunto solidarizado por um enchimento de betão complementar com função resistente (Camposinhos & Neves, 2005).

No Quadro 27 encontram-se as soluções adoptadas para o modelo, as quais foram obtidas a partir do programa de cálculo fornecido pela empresa PRÉTLANTI.

Elemento	Designação	Vão (m)	Solução	Peso Próprio (kN/m <sup>2</sup> )
Laje do Tecto	LA1	4,85	V4 - 40x20 - 25	3,12
Laje da Cobertura	LA2	3,00	V1 - 48x12 - 17	2,21
Laje do Balneário	LA3	3,00	V2 - 40x15 - 20	2,61

Quadro 27 – Síntese das lajes aligeiradas utilizadas

De modo a explicar a metodologia que está na base do programa utilizado exemplifica-se, de seguida, o cálculo detalhado da LA3.

**1) Condições de Apoio:**

Laje simplesmente apoiada;

Vão = 3,00m ;

$$h_{\min} \geq \frac{l_i}{30 \cdot \eta} \geq \frac{\alpha \cdot l}{30 \cdot \eta} \rightarrow \eta = 0,8 \text{ aço A500 (Art.º89 REBAP)}$$

$$\alpha = 1 \text{ laje simplesmente apoiada (Art.º102 REBAP)}$$

$$h_{\min} \geq \frac{1 \cdot 3,00}{30 \cdot 0,8} \geq 0,13\text{m} \rightarrow \mathbf{V2 - 40x15 - 20} \text{ (0,05m de recobrimento)}$$

**2) Acções**

Peso Próprio = 2,61 kN/m<sup>2</sup>

Paredes Divisórias = 0 kN/m<sup>2</sup>

Revestimentos = 2.96 kN/m<sup>2</sup>

Sobrecarga = 1,00kN/m<sup>2</sup>

**3) Verificação ao Estado Limite Último**

Sd1 = 1,5 · (pp + div + rev) + 1,5 · sob

Sd1 = 1,5 · (2,61 + 0 + 2,96) + 1,5 · 1,00 → Combinação fundamental

Sd1 = 9,86 kN/m<sup>2</sup>

$$MSd = \frac{Sd1 \cdot l^2}{8} = \frac{9,86 \cdot 3,00^2}{8} = 11,09 \text{ kN.m/m}$$

Msd ≤ Mrd → 11,09 kN.m/m ≤ 22,50 kN.m/m → Verifica!

$$VSd = \frac{Sd1 \cdot l}{2} = \frac{9,86 \cdot 2,80}{2} = 13,80 \text{ kN/m} \quad (\text{À face da Viga})$$

VSd ≤ VRd → 13,80 kN/m ≤ 22,90 kN/m → Verifica!

**4) Verificação ao Estado Limite de Utilização – Fendilhação**

Sd2 = pp + div + rev + 0,3 · sob

Sd2 = 2,61 + 0 + 2,96 + 0,3 · 1 → Combinação frequente

Sd2 = 5,87 kN/m<sup>2</sup>

$$M_f = \frac{S_d2 \cdot l^2}{8} = \frac{5,87 \cdot 3,00^2}{8} = 6,60 \text{ kN.m/m}$$

$$M_f \leq M_{fctk} \rightarrow 6,60 \text{ kN.m/m} \leq 13,70 \text{ kN.m/m} \rightarrow \text{Verifica!}$$

### 5) Verificação ao Estado Limite de Utilização – Deformação

$$f_{LP} = \frac{5}{384} \cdot \frac{S_d2 \cdot l^4}{EI/CR} \quad \text{sendo} \quad CR = \frac{2 \cdot G}{S_d2} + 1 \rightarrow (\text{Camposinhos \& Neves, ponto 2.2.1})$$

$$CR = \frac{2 \cdot (2,61 + 2,96)}{5,87} + 1 = 2,90$$

$$f_{LP} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5,87 \cdot 3^4}{8605/2,90} = 0,00209\text{m} \approx 2,09 \text{ mm}$$

$$f_{m\acute{a}x} = \frac{l}{400} = \frac{3,00}{400} = 0,0075\text{m} \approx 7,5 \text{ mm} \quad (\text{Art.}^\circ 72 \text{ REBAP})$$

$$f_{LP} \leq f_{m\acute{a}x} \rightarrow 2,09 \text{ mm} \leq 7,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Verifica!}$$

### 6) Tarugos

A distância entre eixos das nervuras transversais (tarugos) não deve ser superior a 10 vezes a espessura da laje (Art.º114 REBAP). Desta forma, a laje LA3 terá um tarugo com uma armadura 2Ø10 mm, de acordo com a solução da Prétlanti.

#### 5.1.2. Lajes Maciças

As lajes maciças são peças laminares planas que trabalham, fundamentalmente, à flexão, isto é, estão sujeitas a acções perpendiculares ao seu plano. Normalmente têm uma espessura inferior à das lajes aligeiradas excepto quando as imposições arquitectónicas não o permitam (Santos R. G.).

No Quadro 28 encontram-se as soluções adoptadas para as lajes maciças, contudo, nas peças desenhadas do Anexo I, encontram-se representadas de forma pormenorizada. As armaduras foram calculadas a partir dos esforços obtidos pelo software de análise e dimensionamento automático Robot cujos resultados se encontram no Anexo I.

Elemento	Designação	Ht (m)	Vão (m)	Ax <sub>inf</sub>	Ay <sub>inf</sub>	Ax <sub>sup</sub>	Ay <sub>sup</sub>
Lajo do Pavimento	Lm1.1	0,20	5,89	φ12//0,125	φ12//0,125	φ8//0,125	φ8//0,125
Laje da Cobertura	Lm1.2	0,15	1,00	φ8//0,125	φ8//0,125	φ8//0,125	φ8//0,125
Laje da Piscina	Lm.PS1	0,25	4,60	φ10//0,100	φ16//0,100	φ10//0,100	φ10//0,100

**Quadro 28 – Síntese das lajes maciças utilizadas**

### 5.1.2.1. Laje Maciça Lm1.1

Antes de se proceder ao cálculo automático efectuou-se um pré-dimensionamento o qual se exemplifica de seguida.

#### 1) Relação entre vãos/comportamento da laje

$$\begin{aligned} \gamma = \frac{L_{\text{maior}}}{L_{\text{menor}}} \geq 2 &\rightarrow \text{Laje armada numa só direcção} \\ \gamma = \frac{L_{\text{maior}}}{L_{\text{menor}}} < 2 &\rightarrow \text{Laje armada nas duas direcções} \end{aligned} \left\{ \begin{array}{l} \text{REBAP, Art.º100} \end{array} \right.$$

$$L_{\text{maior}} = 7,26 \text{ m}$$

$$L_{\text{menor}} = 5,89 \text{ m}$$

$$\gamma = \frac{7,26}{5,89} = 1,23 \text{ m} \rightarrow \text{A laje Lm1.1 será armada nas duas direcções}$$

#### 2) Altura mínima da laje

$$h_{\text{min}} \geq \frac{l_i}{30 \cdot \eta} \geq \frac{\alpha \cdot l}{30 \cdot \eta} \rightarrow \begin{array}{l} \eta = 0,8 \text{ aço A500 (Art.º89 REBAP)} \\ \alpha = 0,5 \text{ Laje duplamente encastrada (Art.º102 REBAP)} \end{array}$$

$$h_{\text{min}} \geq \frac{0,50 \cdot 7,26}{30 \cdot 0,8} \geq 0,15 \text{ m}$$

#### 3) Altura de cálculo

$$h_{\text{calc}} = \frac{l_i}{21 \cdot \eta} = \frac{\alpha \cdot l_{\text{menor}}}{21 \cdot \eta}$$

$$h_{\text{calc}} = \frac{0,5 \cdot 5,89}{21 \cdot 0,8} = 0,18 \text{ m} \rightarrow \text{Adoptar } h_{\text{calc}} = 0,20 \text{ m}$$

No dimensionamento através do software Cype, a solução para a Lm1.1 (h = 0,20 m) foi validada com sucesso verificando-se todas as condições de segurança. Contudo, e como se pode verificar nos mapas de esforços das lajes maciças do Anexo I, o software Robot

apresenta uma deformada superior à flecha máxima admissível contrariando, assim, os resultados inicialmente obtidos.

Tal incoerência justifica-se pelo facto de as condições de apoio admitidas, por defeito, em ambos os programas serem diferentes. O Cype considera que Lm1.1 é duplamente encastrada mas o Robot admite que a laje é rotulada.

No entanto, como é possível garantir o encastramento em obra, aceita-se o modelo gerado pelo robot para efeitos de cálculo das armaduras.

#### **5.1.2.2. Laje Maciça Lm1.2**

Dada a pequena dimensão desta laje bem como a reduzida carga que nela incide, foram previstas as soluções de armadura mínimas ( $\phi 8//0,125$ ).

#### **5.1.2.3. Laje Maciça Lm.PS1**

Segundo o Art.º73 do REBAP, considera-se satisfeita a verificação da segurança em relação ao estado limite de largura de fendas quando se trate de armaduras ordinárias e de ambientes pouco ou moderadamente agressivos e desde que sejam cumpridas as disposições contidas nos artigos 91º e 105º. Contudo, a laje Lm.PS1 está sujeita a um ambiente muito agressivo pelo que, a verificação da sua segurança ao estado limite de fendilhação é efectuada para a combinação de acções raras com uma largura máxima de fendas igual a 0,1mm ( $w = 0,1\text{mm}$ ).

Este limite apenas foi verificado para uma altura da laje igual a 0,25m e considerando que não existe nível freático. Assim, os resultados obtidos para a Lm.PS1 foram os seguintes:

Esforços Condicionantes	Armadura	$w_k$
$M_{x_{inf}} = 25,00 \text{ kN.m}$	$\phi 10 // 0,10$	0,07 mm
$M_{y_{inf}} = 46,00 \text{ kN.m}$	$\phi 16 // 0,10$	0,09 mm
$M_{x_{sup}} = 58,60 \text{ kN.m}$	$\phi 20 // 0,20 + \phi 16 // 0,20$	0,10 mm

**Quadro 29 – Largura de fendas da laje LM.PS1**

### 5.1.3. Laje de Escadas

De modo a criar uma comunicação entre os vários pisos foram introduzidas escadas duas das quais em betão armado, EB1 e EB2.

Para efeitos de cálculo estrutural considerou-se EB1 uma escada cujo apoio se encontra na extremidade dos degraus, isto é, os degraus estão encastrados no muro de suporte lateral e são solidarizados por uma laje inferior de betão. A escada EB2 encontra-se simplesmente apoiada nas extremidades, sendo a laje dimensionada como as lajes maciças e os degraus apenas contabilizados na quantificação das acções permanentes.

Desta forma, as armaduras para os momentos flectores foram calculadas de acordo com o diagrama de esforços segundo a direcção longitudinal do degrau e segundo a direcção longitudinal da escada, conforme se trate de EB1 e EB2, respectivamente. Nas peças desenhadas do Anexo I estão representadas, de forma pormenorizada, as soluções de armadura adoptadas.

A metodologia de dimensionamento das duas lajes de escadas é semelhante, exemplificando-se, de seguida, o cálculo de EB1.

#### 1) Pré-Dimensionamento

Laje em consola/degraus encastrados

Vão = 0,80 m

$$h \geq \frac{l_i}{30 \cdot \eta} \geq \frac{\alpha \cdot l}{30 \cdot \eta} \rightarrow \alpha = 2,4 \text{ Laje em consola armada numa só direcção} \\ (\text{Art.}^\circ 102 \text{ REBAP})$$

$$h \geq \frac{2,4 \cdot 0,80}{30 \times 0,8} \geq 0,08 \text{ m}$$

h laje adoptado = 0,15 m

## 2) Geometria

Espelho = 0,18 m

Cobertor = 0,28 m

## 3) Acções

$$p.p. = \left( h_{\text{laje}} + \frac{h_{\text{degrau}}}{2} \right) \cdot \gamma_{\text{betão}} = \left( 0,15 + \frac{0,18}{2} \right) \cdot 25 = 6,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{rev.} = 1,50 \text{ kN/m}^2$$

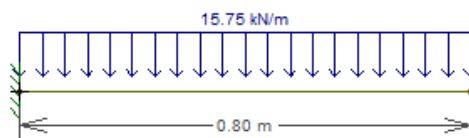
$$\text{sob.} = 3,00 \text{ kN/m}^2$$

## 4) Cálculo dos esforços

$$S_d = 1,50 \cdot (p.p. + \text{rev}) + 1,50 \cdot \text{sob.}$$

$$S_d = 1,50 \cdot (6,00 + 1,50) + 1,50 \cdot 3$$

$$S_d = 15,75 \text{ kN/m}^2$$



$$M_{sd} = \frac{S_d \cdot l^2}{2} = \frac{15,75 \cdot 0,80^2}{2} = 5,04 \text{ kN.m}$$

$$V_{sd} = S_d \cdot l = 15,75 \cdot 0,80 = 12,60 \text{ kN}$$

## 5) Verificação da Segurança ao Estado Limite Último

$$h_{\text{médio}} = 0,26 \text{ m}$$

$$\text{recobrimento} = 0,03 \text{ m}$$

$$V_{rd} = \tau_1 \cdot b \cdot d \cdot 0,60 \cdot (1,60 - d) \rightarrow \tau_1 = 0,75 \text{ MPa} \text{ Betão C25/30 (Art.}^\circ 53 \text{ REBAP)}$$

$$V_{rd} = 750 \cdot 0,80 \cdot 0,23 \cdot 0,60 \cdot (1,60 - 0,23) = 113,44 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \leq V_{rd} \rightarrow 12,60 \text{ kN} \leq 113,44 \text{ kN} \rightarrow \text{Verifica!}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5,04}{0,80 \cdot 0,23^2 \cdot 16700} = 0,0072$$

$$\omega = \mu \cdot (1 + \mu) = 0,0072 \cdot (1 + 0,0072) = 0,0073$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0073 \cdot 0,80 \cdot 0,23 \cdot 16700}{435000} = 0,52 \text{ cm}^2/\text{degrau}$$

$$A_{s, \min} = \frac{\rho \cdot b \cdot d}{100} \rightarrow \rho = 0,12 \text{ Aço A500 (Art.º90 REBAP)}$$

$$A_{s, \min} = \frac{0,12 \cdot 0,80 \cdot 0,23}{100}$$

$$A_{s, \min} = 2,76 \text{ cm}^2/\text{degrau} \rightarrow \text{Adoptar } 3\phi 12 \text{ (} A_{s, \text{ef}} = 3,39 \text{ cm}^2/\text{m)}$$

$$A_{s, \text{máx}} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 0,80 \cdot 0,26 = 83,20 \text{ cm}^2/\text{degrau}$$

$$A_{s, \text{dist}} = 20\% \cdot A_{s, \text{ef}}$$

$$A_{s, \text{dist}} = 0,20 \cdot 3,39 = 0,70 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{Adoptar } \phi 6 // 0,20 \text{ (} A_{s, \text{ef}} = 1,41 \text{ cm}^2/\text{m)}$$

#### 6) Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização – Deformação

Tendo-se cumprido as condições impostas no Art.º102 (espessura mínima) e no Art.º113 (vão teórico) do REBAP, fica dispensada a verificação ao estado limite de deformação, como consta no Art.º72 do mesmo regulamento.

#### 7) Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização – Fendilhação

Uma vez que foram adoptadas as disposições construtivas regulamentadas no Art.º90 (espaçamento máximo dos varões da armadura longitudinal) e no Art.º105 (espaçamento máximo da armadura principal), fica dispensada a verificação ao estado limite de fendilhação.

Espaçamento máximo entre varões da armadura principal (Art.º105 REBAP):

$$s_{\text{máx}} \leq \begin{cases} 1,5 \cdot h \\ 0,35 \text{ m} \end{cases} \quad s_{\text{máx}} \leq \begin{cases} 1,5 \cdot 0,26 \\ 0,35 \text{ m} \end{cases} \quad s_{\text{máx}} \leq \begin{cases} 0,39 \text{ m} \\ 0,30 \text{ m} \end{cases} \quad s_{\text{máx}} \leq 0,30 \text{ m}$$

Espaçamento mínimo (Art.º77 REBAP):

$$s_{\text{min}} \geq \begin{cases} \phi \text{ varões} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases} \quad s_{\text{min}} \geq \begin{cases} 0,012 \text{ m} \\ 0,020 \text{ m} \end{cases} \quad s_{\text{min}} \geq 0,02 \text{ m}$$

## 5.2. Vigas

Nas estruturas tradicionais, as vigas são elementos estruturais geralmente horizontais onde se apoiam as lajes. Normalmente apresentam uma secção rectangular constante que trabalham à flexão, isto é, sob acção de esforços perpendiculares ao seu eixo (Santos R. G.).

As vigas foram dimensionadas para a globalidade de acções (verticais e horizontais) através do programa de cálculo automático Cype e as armaduras foram calculadas em flexão simples com base nos esforços obtidos no cálculo global da estrutura (ver Anexo I). É de interesse salientar que a largura destes elementos encontra-se condicionada à dimensão das paredes exteriores.

A metodologia de cálculo das vigas seguiu os passos preconizados no exemplo a seguir demonstrado (Viga V1).

### 1) Condições de apoio

$$V\tilde{a}o = 5,79 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,8 \text{ Viga apoiada numa extremidade e encastrada na outra (Art.º89 REBAP)}$$

$$\eta = 0,8 \text{ Aço A500 (Art.º89 REBAP)}$$

$$h = 0,45 \text{ m}$$

$$b = 0,20 \text{ m Largura condicionada pela dimensão das paredes exteriores}$$

### 2) Esforços

$$M_{m\acute{a}x}^+ = 92,27 \text{ kN.m (Pórtico 1 Piso 2 - Anexo I)}$$

$$M_{m\acute{a}x}^- = 96,12 \text{ kN.m (Pórtico 4 Piso 2 - Anexo I)}$$

$$V_{sd}{}_{m\acute{a}x} = 114,26 \text{ kN (Pórtico 4 Piso 2 - Anexo I)}$$

### 3) Cálculo da armadura

Como os momentos máximos positivo e negativo assumem valores muito aproximados, a armadura foi calculada para o maior dos dois,  $M_{\text{máx}}$ , adoptando-se assim a mesma armadura em ambas as faces (superior e inferior).

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{96.12}{0,20 \cdot 0,42^2 \cdot 16700} = 0,1631$$

$$\omega = \mu \cdot (1 + \mu) = 0,1631 \cdot (1 + 0,1631) = 0,1897$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,1897 \cdot 0,20 \cdot 0,42 \cdot 16700}{435000} = 6,12 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Solução de armadura adoptada: } \phi 16 + \phi 12 \rightarrow A_{s,ef} = 6,28 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{\rho \cdot b \cdot d}{100} = \frac{0,12 \cdot 0,20 \cdot 0,42}{100} = 1,01 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,máx} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 0,20 \cdot 0,45 = 36 \text{ cm}^2$$

#### 4) Espaçamento mínimo

$$s_{\min} \geq \begin{cases} \phi_{\text{varão}} \\ 0,02 \text{ m} \end{cases} \quad s_{\min} \geq \begin{cases} 0,016 \\ 0,02 \end{cases} \quad s_{\min} \geq 0,02 \text{ m}$$

#### 5) Espaçamento máximo

$$\text{Ambiente pouco agressivo} \rightarrow s_{\text{máx}} \leq 0,10 \text{ m (Art.º91 REBAP)}$$

$$b' = b - 2 \cdot \text{rec.} - 2 \cdot \phi_{\text{estribo}}$$

$$b' = 0,20 - 2 \cdot 0,03 - 2 \cdot 0,006$$

$$b' = 0,128 \text{ m}$$

$$s = \frac{b' - (n \cdot \phi)}{n - 1} = \frac{0,128 - (2 \cdot 0,016 + 2 \cdot 0,012)}{4 - 1} = 0,072 \text{ m}$$

$$s_{\min} \leq s \leq s_{\text{máx}} \rightarrow 0,02 \text{ m} < 0,072 \text{ m} < 0,10 \text{ m} \rightarrow \text{Verifica!}$$

#### 6) Cálculo da armadura para resistir ao esforço transversal

$$V_{sd, \text{máx}} = 114,26 \text{ kN}$$

$$V_{rd, \text{máx}} = \tau_2 \cdot b \cdot d \rightarrow \tau_2 = 5 \text{ MPa C25/30 (Art.º53 REBAP)}$$

$$V_{rd, \text{máx}} = 5 \times 10^3 \cdot 0,20 \cdot 0,42$$

$$V_{rd, \text{máx}} = 420 \text{ kN}$$

$$V_{sd, \text{máx}} \leq V_{rd, \text{máx}} \rightarrow 114,26 \text{ kN} < 420 \text{ kN} \rightarrow \text{Verifica!}$$

$$V_{cd} = \tau_1 \cdot b \cdot d \rightarrow \tau_1 = 0,75 \text{ MPa C25/30 (Art.º53 REBAP)}$$

$$V_{cd} = 750 \cdot 0,20 \cdot 0,42$$

$$V_{cd} = 63 \text{ kN}$$

De acordo com o Art.º143,5 REBAP numa zona de extensão igual a  $2d$  ( $2 \cdot 0,42 = 0,84 \text{ m}$ ) o valor do termo  $V_{cd}$  é zero (a secção de  $V_{sd,max}$  é perto do apoio).

•  $V_{wd} = ?$

$$V_{rd} \geq V_{sd}$$

$$V_{rd} = V_{wd} + V_{cd}$$

$$V_{wd} \geq V_{sd} - V_{cd}$$

$$V_{wd} \geq 114,26 \text{ kN}$$

•  $(A_{sw}/s) = ?$

$$(A_{sw}/s) = \frac{V_{wd}}{0,90 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{114,26}{0,90 \cdot 0,42 \cdot 435000} = 5,45 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m}$$

$$(A_{sw}/s)_{\min} = \frac{\rho_w \cdot \sin \alpha \cdot b}{100} \rightarrow \rho_w = 0,08 \text{ Aço A500 (Art.º94 REBAP)}$$

$$(A_{sw}/s)_{\min} = \frac{0,08 \cdot \sin 90 \cdot 0,42}{100} = 1,60 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m}$$

## 7) Afastamento dos Estribos (Art.º94 REBAP)

$$V_{sd} = 114,26 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{6} \cdot \tau_2 \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot 5 \times 10^3 \cdot 0,20 \cdot 0,42 = 70 \text{ kN}$$

$$\frac{2}{3} \cdot \tau_2 \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \cdot 5 \times 10^3 \cdot 0,20 \cdot 0,42 = 280 \text{ kN}$$

$$\text{Zona em que } \frac{1}{6} \cdot \tau_2 \cdot b \cdot d < V_{sd} < \frac{2}{3} \cdot \tau_2 \cdot b \cdot d$$

$$\text{Art.º94.3} \rightarrow s \leq 0,5 \cdot d \text{ com máx } 25 \text{ cm}$$

$$s \leq 0,5 \cdot 0,42 = 0,21 \rightarrow s_{\text{adoptado}} = 0,20 \text{ m (zona central)}$$

Contudo, de acordo com o artigo 143.6º, os estribos para as zonas junto aos apoios devem ter um espaçamento máximo de  $0,25 \cdot d$  com máximo de 15 cm:

$$s = 0,25 \cdot 0,42 = 0,105 \text{ m} \rightarrow s_{\text{adoptado}} = 0,10 \text{ m (junto aos apoios)}$$

## 8) Armadura em Estribos

- Junto aos apoios :

$$s = 0,10 \text{ m}$$

$$(A_{sw}/s) = 5,45 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sw} = 5,45 \times 10^{-4} \cdot 0,10$$

$$A_{sw} = 5,45 \times 10^{-5} \text{ m}^2 = 0,545 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi6 \text{ As,ef} = 0,57 \text{ cm}^2$$

Solução adoptada :  $\phi6//0,10$

- Zona Central :

Na zona central da viga existe um troço no qual a segurança em relação ao esforço transversal fica garantida com os estribos correspondentes à percentagem mínima regulamentar. Este troço fica limitado pelas secções onde o valor de cálculo do esforço transversal é o seguinte:

$$V_{sd} = V_{cd} + V_{wd}, \text{ min}$$

$$V_{sd} = V_{cd} + 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s)_{\text{min}} \cdot f_{yd}$$

$$V_{sd} = 63 + 0,9 \cdot 0,42 \cdot 1,60 \times 10^{-4} \cdot 435000$$

$$V_{sd} = 89,31 \text{ kN}$$

Analisando os diagramas que constam no Anexo I, podemos verificar que o esforço transversal não chega a atingir os 89,31kN, à excepção dos apoios, pelo que os estribos a colocar na zona central corresponderão à percentagem mínima.

$$s = 0,20 \text{ m}$$

$$(A_{sw}/s)_{\text{min}} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_{sw} = 1,6 \times 10^{-4} \cdot 0,20$$

$$A_{sw} = 3,2 \times 10^{-5} \text{ m}^2 = 0,32 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi6 \text{ As,ef} = 0,57 \text{ cm}^2$$

Solução adoptada :  $\phi6//0,20$

Nas peças desenhadas do Anexo I encontram-se representadas as soluções de armadura adoptadas para cada uma das vigas e no Quadro 30 encontra-se uma síntese dessas soluções.

<b>Viga</b>	<b>Geometria</b>	<b>Armadura Superior</b>	<b>Armadura Inferior</b>	<b>Estribos</b>
V1	0,20 × 0,45	2φ16+2φ12	2φ16+2φ12	φ6//0,10
V2	0,20 × 0,45	2φ12	2φ12	φ6//0,20
V3	0,20 × 1,30	3φ12	3φ12	φ6//0,20
V4	0,15 × 0,30	2φ12	2φ12	φ6//0,20

Quadro 30 – Síntese das soluções adoptadas para as vigas

### 5.3. Pilares

O dimensionamento dos pilares foi integralmente efectuado pelo software Cype, adoptando-se as mesmas soluções de armaduras por ele geradas, nomeadamente 6φ12 com estribos φ 6//0.12.

Estes elementos foram integrados em pórticos e, como tal, submetidos à acção conjunta do esforço axial e de momentos flectores (flexão composta desviada). No seu dimensionamento foi considerada a majoração de momentos produzida pelas excentricidades devido a encurvadura definidas pelo EC2.

Nas peças desenhadas do Anexo I encontram-se representadas, de forma pormenorizada, as soluções de armaduras adoptadas.

### 5.4. Muro de Suporte

Os muros de suporte serão em betão armado e fazem a contenção das terras, servindo também de apoio a algumas lajes dos pisos superiores.

As armaduras para os momentos flectores foram determinadas a partir dos esforços obtidos pelo software de cálculo automático.

A caracterização das solicitações teve como base os impulsos de Rankine tendo sido considerado, para os muros em consola, o impulso activo.

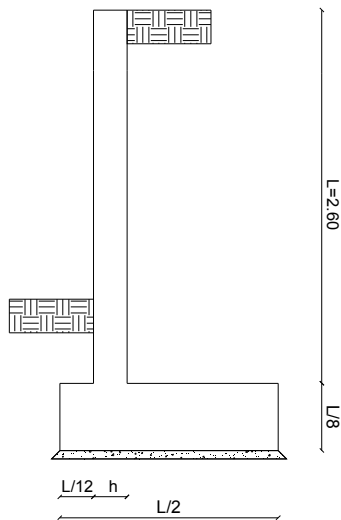
No Anexo I encontram-se representados de forma pormenorizada todos os muros de suporte assim como as respectivas sapatas.

Todos os muros foram dimensionados de forma análoga ao exemplo que se segue, o qual é referente ao muro MS4.

1) Dados

Terreno				Materiais		Sobrecarga
$\sigma$ (Mpa)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	ka	Betão	Aço	q (kN/m <sup>2</sup> )
0,20	20,00	30,00	0,33	C25/30	A500	5,00

2) Dimensões Admitidas



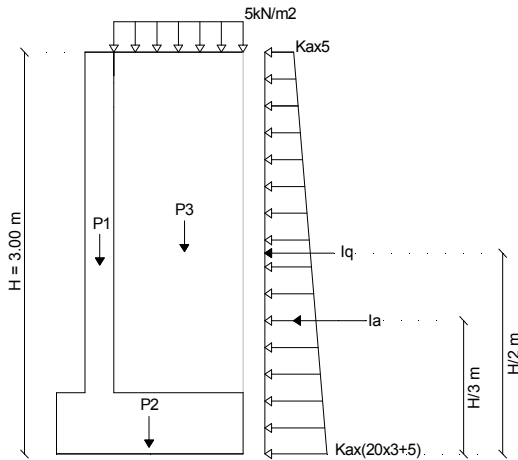
$$L/2 = 1,30 \approx 1,50\text{m}$$

$$L/8 = 0,33 \approx 0,40\text{m}$$

$$L/12 = 0,22 \approx 0,30\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

## 3) Verificação ao derrube



$$P1 = 0,20 \times 2,60 \times 1,00 \times 25 = 13,00 \text{ kN/m}$$

$$P2 = 0,40 \times 1,50 \times 1,00 \times 25 = 15,00 \text{ kN/m}$$

$$P3 = 1,00 \times 2,60 \times 1,00 \times 20 = 52,00 \text{ kN/m}$$

$$Iq = k_a \times q \times H = 4,95 \text{ kN/m}$$

$$Ia = k_a \times \gamma \times \frac{H^2}{2} = 29,27 \text{ kN/m}$$

$$M_{EST} = P1 \cdot 0,40 + P2 \cdot 0,75 + P3 \cdot 1,00$$

$$M_{EST} = 13,00 \cdot 0,40 + 15,00 \cdot 0,75 + 52,00 \cdot 1,00$$

$$M_{EST} = 68,45 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{DER} = Ia \cdot \frac{1}{3} \cdot H + Iq \cdot \frac{H}{2}$$

$$M_{DER} = 29,27 \cdot \frac{3}{3} + 4,95 \cdot \frac{3}{2}$$

$$M_{DER} = 36,70 \text{ kN.m/m}$$

$$F_s = \frac{M_{EST}}{M_{DER}} \geq 1,5 \quad \rightarrow \quad 1,87 \geq 1,5 \quad \text{Verifica!}$$

## 1) Verificação ao Escorregamento

$$V = P1 + P2 + P3 = 13,00 + 15,00 + 52,00 = 80,00 \text{ kN/m}$$

$$H = Iq + Ia = 4,95 + 29,27 = 34,22 \text{ kN/m}$$

$$F_s = \frac{\sum \text{Vert.} \times \text{tg} \varphi}{\sum \text{Horiz.}} \geq 1,5 \quad \rightarrow \quad 2,03 \geq 1,5 \quad \text{Verifica!}$$

2) Verificação das Tensões de Segurança no Solo de Fundação

$$M = M_{EST} - M_{DER} = 68,45 - 36,70 = 31,75 \text{ kN.m}$$

$$e' = \frac{M}{V} = \frac{31,75}{80,00} = 0,397$$

$$e = \frac{B}{2} - e' = \frac{1,50}{2} - 0,397 = 0,353$$

$$\sigma_1 = \frac{V}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B}\right) = \frac{80,00}{1,50} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,353}{1,50}\right) = 128,64 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{V}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B}\right) = \frac{80,00}{1,50} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 0,353}{1,50}\right) = -21,97 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{2 \cdot V}{3 \cdot e} = \frac{2 \cdot 80,00}{3 \cdot 0,353} = 151,09 \text{ kPa}$$

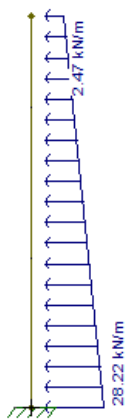
$$\sigma_{\frac{3}{4}} = \frac{3}{4} \cdot \sigma_{\text{máx}} = \frac{3}{4} \cdot 151,09 = 113,32 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{\frac{3}{4}} \leq \sigma_{ADM} \quad \rightarrow \quad 113,32 \text{ kPa} \leq 200,00 \text{ kPa} \quad \text{Verifica!}$$

3) Dimensionamento da Laje Vertical

[T]

[M]



$$\mu = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{37,40}{1 \cdot 0,16^2 \cdot 16700} = 0,087$$

$$\omega = \mu \cdot (1 + \mu) = 0,087 \cdot (1 + 0,087) = 0,095$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,095 \cdot 1 \cdot 0,16 \cdot 16700}{435000} = 5,85 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Solução Adoptada :  $\phi 10 // 0,125 \rightarrow A_{s, ef} = 6,26 \text{ cm}^2/\text{m}$

- Armadura de distribuição:

$$A_{s, d} = 20\% \cdot A_s = 0,20 \cdot 6,28 = 1,26 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Solução Adoptada :  $\phi 8 // 0,125 \rightarrow A_{s, ef} = 4,02 \text{ cm}^2/\text{m}$

- Armadura mínima:

$$A_{s, \min} = \frac{\rho \cdot b \cdot d}{100} = \frac{0,12 \cdot 1 \cdot 0,16}{100} = 1,92 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Armadura máxima:

$$A_{s, \max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,20 = 80 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Espaçamento máximo:

$$s_{\max} \leq \begin{cases} 1,5 \cdot h \\ 0,35\text{m} \end{cases} \leq \begin{cases} 0,30\text{m} \\ 0,35\text{m} \end{cases} \rightarrow s_{\max} = 0,30\text{m}$$

- Armadura de Esforço Transverso:

$$V_{rd} = \tau_1 \cdot b \cdot d \cdot 0,6 \cdot (1,6 - d)$$

$$V_{rd} = 750 \cdot 1 \cdot 0,16 \cdot 0,6 \cdot (1,6 - 0,16)$$

$$V_{rd} = 103,68 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \leq V_{rd} \rightarrow 39,9 \text{ kN} \leq 103,68 \text{ kN} \quad \text{Verifica!}$$

∴ A laje vertical do muro de suporte não necessita de armadura de esforço transverso.

## 5.5. Fundações

As fundações podem ser definidas como elementos estruturais de transição, entre a estrutura de uma construção e o terreno sobre o qual ela se apoia, a fim de transmitir com segurança as solicitações oriundas da edificação.

São portanto elementos fundamentais na estabilidade de uma estrutura e, dependendo das cargas de solicitação e do tipo de solo em que se apoiam, podem ser superficiais/directas ou profundas.

No presente projecto optou-se por fundações apoiados directamente nos terrenos com um valor de tensão admissível igual a 200kPa, segundo informação dos dados geotécnicos.

Adoptaram-se sapatas isoladas para os pilares e sapatas corridas para os muros de suporte, dispondo-se lintéis de fundação que absorvem os momentos flectores introduzidos e permitem um maior funcionamento de conjunto ao edifício.

### 5.5.1. Sapatas Isoladas

Como exemplo do dimensionamento de uma sapata isolada, descreve-se de seguida o procedimento efectuado para a sapata S1.

#### 1) Esforços

$$M_x = 19,90 \text{ kN.m}$$

$$M_y = 12,10 \text{ kN.m}$$

$$N = 138,30 \text{ kN}$$

$$\sigma_{adm} = 0,20 \text{ MPa} = 200 \text{ kPa}$$

## 2) Geometria

$$\sigma_{\text{base da sapata}} = \frac{N}{A}$$

$$\sigma_{\text{base da sapata}} \leq \sigma_{\text{adm}}$$

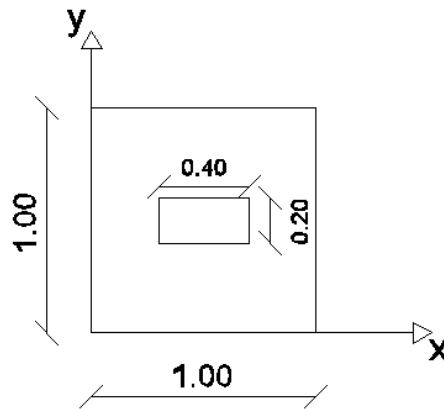
$$A \geq \frac{N}{\sigma_{\text{adm}}} \geq \frac{138,30}{200} \geq 0,69 \text{ m}^2$$

Considerando a sapata quadrada tem-se:

$$A = A \cdot B \rightarrow A = B$$

$$0,69 = A^2$$

$$A = \sqrt{0,69} = 0,83 \rightarrow \text{Admitir } A = B = 1,00 \text{ m}$$



## 3) Determinação da altura H da sapata rígida

Para ser uma sapata rígida temos:

$$H \geq \frac{L}{2} \rightarrow \begin{cases} H - \text{altura da sapata} \\ L = \frac{(A - a)}{2} \end{cases}$$

$$H \geq \frac{1,00 - 0,40}{4} \geq 0,15 \rightarrow \text{Adoptou-se } H = 0,40 \text{ m}$$

## 4) Direcção x

### a) Cálculo dos esforços

$$pp_{\text{sapata}} = A \cdot B \cdot H \cdot \gamma_{\text{betão}} = 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,40 \cdot 25 = 10 \text{ kN}$$

$$N' = N_{\text{sd}} + pp_{\text{sapata}} = 138,30 + 10 = 148,30 \text{ kN}$$

$$M' = 19,90 \text{ kN.m}$$

**b) Comprimento da consola**

$$L = \frac{A}{2} - 0,35 \cdot a = 0,50 - 0,35 \cdot 0,40 = 0,36 \text{ m}$$

**c) Tensão exercida sobre o solo**

$$\sigma = \frac{N_{sd}}{A} = \frac{148,30}{1,00} = 148,30 \text{ kN/m}^2$$

**d) Cálculo da armadura principal**

$$rec = 0,04 \text{ m} \rightarrow d = 0,36 \text{ m}$$

$$M_{sd} = \frac{\sigma \cdot L^2}{2} = \frac{148,30 \cdot 0,36^2}{2} = 9,61 \text{ kN.m/m}$$

$$V_{sd} = \sigma \cdot L = 148,30 \cdot 0,36 = 53,39 \text{ kN/m}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{9,61}{1 \cdot 0,36^2 \cdot 16700} = 0,0044$$

$$\omega = \mu \cdot (1 + \mu) = 0,0044 \cdot (1 + 0,0044) = 0,0044$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0044 \cdot 1,00 \cdot 0,36 \cdot 16700}{435000} = 6,08 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{\rho \cdot b \cdot d}{100} = \frac{0,12 \cdot 1,00 \cdot 0,36}{100} = 4,92 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_{s_{\text{adoptado}}} = \phi 10 / 0,125 \rightarrow A_{s, \text{ef}} = 6,28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

**e) Verificação ao ELU**

$$V_{sd} = 1,5 \cdot 53,39 = 80,09 \text{ kN}$$

$$V_{rd} = \tau_1 \cdot b \cdot d \cdot 0,6 \cdot (1,6 - d) = 750 \cdot 1,00 \cdot 0,36 \cdot 0,6 \cdot (1,6 - 0,36) = 200,88 \text{ kN}$$

$$V_{sd} < V_{rd}! \rightarrow \text{Verfica!}$$

**5) Direcção y**

**a) Comprimento da consola**

$$L = \frac{A}{2} - 0,35 \cdot a = 0,50 - 0,35 \cdot 0,20 = 0,43 \text{ m}$$

**b) Tensão exercida sobre o solo**

$$\sigma = \frac{N_{sd}}{A} = \frac{148,30}{1,00} = 148,30 \text{ kN/m}^2$$

**c) Cálculo da armadura principal**

$$rec = 0,04 \text{ m} \rightarrow d = 0,36 \text{ m}$$

$$M_{sd} = \frac{\sigma \cdot L^2}{2} = \frac{148,30 \cdot 0,43^2}{2} = 13,71 \text{ kN.m/m}$$

$$V_{sd} = \sigma \cdot L = 148,30 \cdot 0,43 = 63,77 \text{ kN/m}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{13,71}{1 \cdot 0,36^2 \cdot 16700} = 0,0063$$

$$\omega = \mu \cdot (1 + \mu) = 0,0063 \cdot (1 + 0,0063) = 0,0063 = 0,0063$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0063 \cdot 1,00 \cdot 0,36 \cdot 16700}{435000} = 8,71 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{\rho \cdot b \cdot d}{100} = \frac{0,12 \cdot 1,00 \cdot 0,36}{100} = 4,92 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_{s_{\text{adoptado}}} = \phi 10 / 0,125 \rightarrow A_{s, \text{ef}} = 6,28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

#### d) Verificação ao ELU

$$V_{sd} = 1,5 \cdot 63,77 = 95,65 \text{ kN}$$

$$V_{rd} = \tau_1 \cdot b \cdot d \cdot 0,6 \cdot (1,6 - d) = 750 \cdot 1,00 \cdot 0,36 \cdot 0,6 \cdot (1,6 - 0,36) = 200,88 \text{ kN}$$

$$V_{sd} < V_{rd}! \rightarrow \text{Verifica!}$$

#### 6) Verificação do Punçoamento (Art.º54, REBAP)

$$d = 0,36 \text{ m}$$

$$\tau_1 = 750 \text{ kPa}$$

$$\eta = 1,6 - d = 1,24$$

$$v_{rd} = \eta \cdot \tau_1 \cdot d = 1,24 \cdot 750 \cdot 0,36 = 334,80 \text{ kN}$$

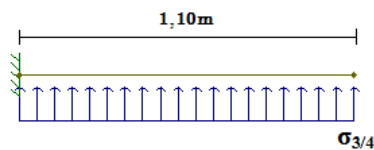
$$V_{rd1} = v_{rd} \cdot u = 334,80 \cdot \left( 2 \cdot 0,20 + 2 \cdot 0,40 + 2\pi \cdot \frac{d}{2} \right) = 780,08 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 175,74 \text{ kN}$$

$$V_{sd} < V_{rd1} \rightarrow \text{Verifica!}$$

#### 5.5.2. Sapatas Contínuas

Para efeitos de demonstração do cálculo estrutural de sapatas contínuas, dimensionou-se a fundação do muro de suporte MS4, aproveitando-se os resultados obtidos no exemplo de cálculo do referido muro.



#### 1) Verificação ao Estado Limite Último

$$sd = \sigma_{\frac{3}{4}} \cdot 1,50 = 113,32 \cdot 1,50 = 169,95 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{sd} = sd \cdot l = 169,95 \cdot 1,10 = 187,95 \text{ kN}$$

$$V_{rd} = \tau_1 \cdot b \cdot d \cdot 0,6 \cdot (1,6 - d)$$

$$V_{rd} = 750 \cdot 1 \cdot 0,36 \cdot 0,6 \cdot (1,6 - 0,36)$$

$$V_{rd} = 200,88 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \leq V_{rd} \quad \rightarrow \quad 187,95 \text{ kN} \leq 200,88 \text{ kN} \quad \text{Verifica!}$$

## 2) Dimensionamento das Armadura

- Armadura Longitudinal:

$$M_{sd} = \frac{sd \cdot l^2}{2} = \frac{169,95 \cdot 1,10^2}{2} = 102,82 \text{ kN.m}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{102,82}{1 \cdot 0,36^2 \cdot 16700} = 0,048$$

$$\omega = \mu \cdot (1 + \mu) = 0,048 \cdot (1 + 0,048) = 0,050$$

$$A_s = \frac{\omega \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,050 \cdot 1 \cdot 0,36 \cdot 16700}{435000} = 6,91 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Solução Adoptada :  $\phi 12 // 0,25 + \phi 10 // 0,25 \quad \rightarrow \quad A_{s,ef} = 7,66 \text{ cm}^2/\text{m}$

- Armadura de distribuição:

$$A_{s,d} = 20\% \cdot A_s = 0,20 \cdot 7,66 = 1,53 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Solução Adoptada :  $\phi 8 // 0,125 \quad \rightarrow \quad A_{s,ef} = 4,02 \text{ cm}^2/\text{m}$

- Armadura mínima:

$$A_{s,\min} = \frac{\rho \cdot b \cdot d}{100} = \frac{0,12 \cdot 1 \cdot 0,36}{100} = 4,32 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Armadura máxima:

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,40 = 160,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

3) **Espaçamento máximo**

$$s_{\text{máx}} \leq \begin{cases} 1,5 \cdot h \\ 0,35\text{m} \end{cases} \leq \begin{cases} 0,60\text{m} \\ 0,35\text{m} \end{cases} \rightarrow s_{\text{máx}} = 0,35\text{m}$$

**5.6. Estrutura de madeira – corpo existente**

De forma a manter a identidade do edifício existente, optou-se por manter a madeira como material estrutural da cobertura e pavimento. Dado o elevado estado de degradação do existente, dimensionou-se novas estruturas em madeira de pinho bravo nacional exemplificando-se, em baixo, o cálculo do vigamento do pavimento.

De salientar que as vigas secundárias e a cobertura foram dimensionadas de forma análoga.

**1) Dados**

$$\text{Pinho Bravo Nacional} \rightarrow \gamma = 6 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Classe de resistência} \rightarrow \text{C18}$$

$$\text{Classe de serviço} \rightarrow 1$$

$$k_{\text{mod}} = \begin{cases} 0,60 & \rightarrow \text{acções permanentes} \\ 0,80 & \rightarrow \text{acções variáveis} \end{cases}$$

$$k_{\text{def}} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

$$\text{Secção} = 0,11 \times 0,27 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,11 \cdot 0,27^3}{12} = 1,80 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

**2) Acções**

$$\text{p.p.} = b \cdot h \cdot \gamma_{\text{pinho bravo}} = 0,11 \cdot 0,27 \cdot 6,00 = 0,18 \text{ kN/m}$$

$$\text{r.c.p.} = \text{rev.} \cdot \text{largura de influência} = 0,60 \cdot 0,85 = 0,50 \text{ kN/m}$$

$$\text{sob.} = 2,00 \cdot \text{largura de influência} = 2,00 \cdot 0,85 = 1,70 \text{ kN/m}$$

### 3) Resistência

$$M_{sd} = \frac{p \cdot l^2}{8} = \frac{3,35 \cdot 3,70^2}{8} = 5,73 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{sd}}{I} \cdot y = \frac{5,73}{1,80 \times 10^{-4}} \cdot \frac{2,70}{2} = 4297,50 \text{ kPa} = 4,30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot \sigma_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,60 \cdot 18,00}{1,3} = 8,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} \leq \sigma_{m,d} \rightarrow 4,30 \text{ MPa} < 8,31 \text{ MPa} \rightarrow \text{Verifica!}$$

### 4) Deformação

$$w_{inst \text{ (permanentes)}} = 0,09 \text{ cm}$$

$$w_{inst \text{ (permanentes)}} \leq \frac{l}{300} \rightarrow 0,09 < \frac{370}{300} \rightarrow 0,09 \text{ cm} < 1,23 \text{ cm} \rightarrow \text{Verifica!}$$

$$w_{inst \text{ (variáveis)}} = 0,26 \text{ cm}$$

$$w_{inst \text{ (variáveis)}} \leq \frac{l}{300} \rightarrow 0,26 < \frac{370}{300} \rightarrow 0,26 \text{ cm} < 1,23 \text{ cm} \rightarrow \text{Verifica!}$$

$$w_{fin \text{ (permanente)}} = w_{inst \text{ (permanente)}} \cdot (1 + k_{def}) = 0,09 \cdot (1 + 0,60) = 0,15 \text{ cm}$$

$$w_{fin \text{ (variáveis)}} = w_{inst \text{ (variáveis)}} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) = 0,26 \cdot (1 + 0,2 \cdot 0,60) = 0,30 \text{ cm}$$

$$w_{fin} = w_{fin \text{ (permanentes)}} + w_{fin \text{ (variáveis)}} = 0,15 + 0,30 = 0,45 \text{ cm}$$

$$w_{fin} \leq \frac{l}{400} \rightarrow 0,45 < \frac{370}{400} \rightarrow 0,45 \text{ cm} < 0,92 \text{ cm} \rightarrow \text{Verifica!}$$

## **CAPÍTULO II – PROYECTO DE COMPORTAMIENTO TÉRMICO**



## 1. DIPLOMAS REGULAMENTARES

Os elementos necessários ao estudo do comportamento térmico do edifício foram o projecto de Arquitectura e as plantas dos pormenores construtivos, cumprindo-se sempre a regulamentação em vigor:

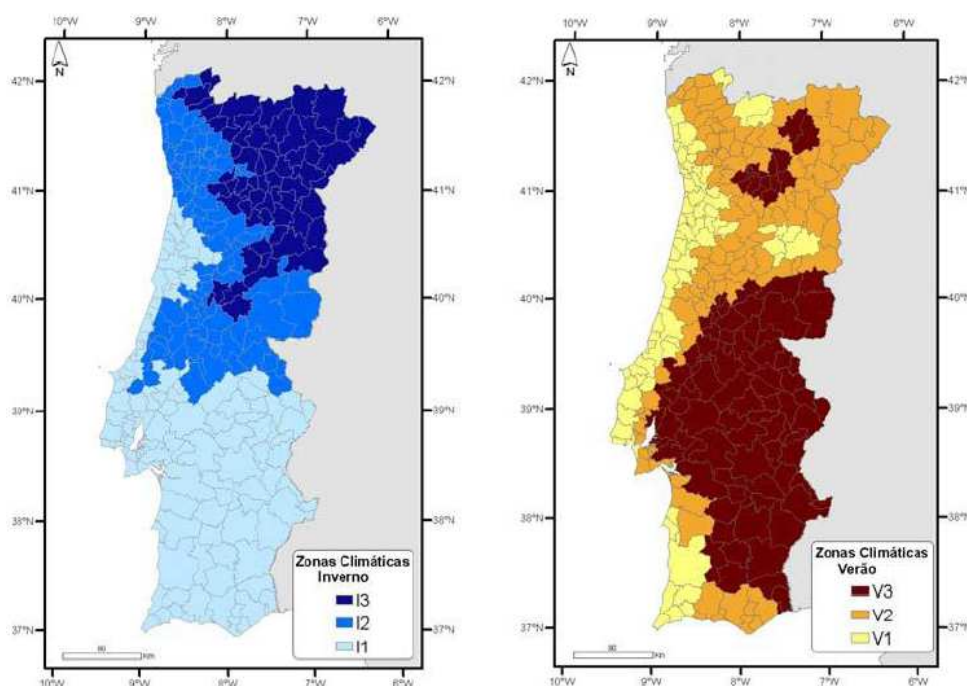
- Decreto – Lei nº 80/2006 de 4 de Abril de 2006 – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios.

Como apoio à realização deste estudo recorreu-se à publicação do LNEC ITE 50 (Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios – Versão actualizada 2006) a qual apresenta, sob forma tabelar, valores convencionais de cálculo de condutibilidades térmicas dos materiais e de resistências térmicas superficiais.

## 2. ANÁLISE CLIMÁTICA

A análise climática a considerar-se nos estudos térmicos de edifícios, consiste em dois parâmetros essenciais: o zonamento climático e os dados de referência por concelho.

Portugal Continental encontra-se dividido em três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e em três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3). Na Figura 3 pode-se visualizar a delimitação das zonas referidas (Anexo III do RCCTE):



**Figura 3 – Zonas Climáticas de Inverno (à esquerda) e de Verão (à direita) para Portugal Continental (Fonte – RCCTE, Anexo III)**

A delimitação das zonas climáticas de Inverno baseia-se no número de Graus-dias de aquecimento na base de 20°C ( $GD_{20}$ ), enquanto que a delimitação das zonas climáticas de Verão é determinada com base nos valores actualizados da temperatura exterior de projecto.

Além da divisão de Portugal Continental por zonas climáticas, no caso particular das zonas climáticas de Verão, considera-se ainda que o território encontra-se dissociado em região Norte e Sul. A região Norte abrange concelhos situados acima da linha do rio Tejo, a região Sul localiza-se abaixo dessa linha, incluindo ainda os concelhos de Lisboa, Oeiras, Cascais, Amadora, Loures, Odivelas, Vila Franca de Xira, Azambuja, Cartaxo e Santarém.

A divisão da zona climática de Verão entre Norte e Sul torna-se importante na obtenção dos valores de temperatura do ar exterior ( $\theta_{atm}$ ) e da intensidade da radiação solar incidente ( $I_r$ ), neste último caso, consoante a orientação das fachadas do edifício.

Outro parâmetro climático importante a considerar num estudo térmico consiste no valor de referência da energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul ( $G_{sul}$ ) durante a estação de aquecimento.

No Quadro 31, encontram-se os dados climáticos referentes ao edifício em estudo neste projecto:

<b>Dados climáticos do edifício em estudo</b>	
Localização:	Ponte de Lima
Zona climática de Inverno:	I2
Zona climática de Verão:	V2
Altitude:	60 m
Alteração em função da altitude:	Não
Número de graus dia (GD):	1790 °C.dias
Duração da estação de aquecimento:	6,3 meses
Temperatura externa do projecto:	32 °C
Amplitude térmica:	13 °C
Energia solar média mensal incidente ( $G_{sul}$ ):	93 kWh/m <sup>2</sup> .mês

**Quadro 31 – Elementos base para a execução do estudo térmico do edifício – Dados Climáticos**  
(Fonte – RCCTE, Anexo III)



### 3. QUANTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS TÉRMICOS

#### 3.1. Coeficiente de Transmissão Térmica

De acordo com o Anexo II do RCCTE, o coeficiente de transmissão térmica superficial ( $U$ ) corresponde à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa, sendo calculado pela seguinte expressão:

$$[23] \quad U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (\text{Fonte - RCCTE, Anexo VII})$$

$$[24] \quad R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (\text{Fonte - RCCTE, Anexo VII})$$

Como se pode verificar no Quadro 32, o valor das resistências térmicas superficiais exterior ( $R_{se}$ ) e interior ( $R_{si}$ ) difere consoante o sentido do fluxo de calor.

Sentido do fluxo de calor	Resistência Térmica Superficial ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )		
	$R_{se}$	$R_{se}$ (Local não aquecido)	$R_{si}$
Horizontal	0,04	0,13	0,13
Vertical Ascendente	0,04	0,10	0,10
Vertical Descendente	0,04	0,17	0,17

**Quadro 32 – Resistências Térmicas Superficiais (Fonte – RCCTE, Anexo VII – adaptado pela autora)**

Tanto os valores de condutibilidade térmica ( $\lambda_j$ ) como as resistências térmicas ( $R_j$ ) dos materiais da envolvente do edifício em estudo foram obtidos através da publicação do LNEC *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios – Versão actualizada de 2006*.

Nos Quadros seguintes encontram-se expressos os coeficientes de transmissão térmica necessários ao estudo do comportamento térmico do edifício em questão.

1) Elementos verticais em contacto com o exterior:

<b>Parede Exterior Granito</b> <b>Pext.1</b>	<b>e</b> <b>[m]</b>	<b><math>\lambda</math></b> <b>[W/m°C]</b>	<b>Rt</b> <b>[m<sup>2</sup>°C/W]</b>
Alvenaria de granito	0,480	2,800	0,171
Poliestireno projectado	0,080	0,037	2,162
Placa de gesso cartonado	0,013	0,250	0,050
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C]</b>			<b>0,39</b>

Quadro 33 – Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior do edifício existente

<b>Parede Exterior Tijolo –</b> <b>Pext.2</b>	<b>e [m]</b>	<b><math>\lambda</math></b> <b>[W/m°C]</b>	<b>Rt</b> <b>[m<sup>2</sup>°C/W]</b>
Reboco Armado	0,005	1,800	0,003
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Tijolo de 22	0,220	-	0,520
Reboco	0,020	1,300	0,015
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,37</b>

Quadro 34 – Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior do edifício a ampliar

2) Pontes térmicas planas para o exterior:

<b>PTP Viga/Pilar em betão</b> <b>– PTP.1 e PTP.3</b>	<b>e [m]</b>	<b><math>\lambda</math></b> <b>[W/m°C]</b>	<b>Rt</b> <b>[m<sup>2</sup>°C/W]</b>
Reboco Armado	0,005	1,800	0,003
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Viga de Betão	0,200	2,000	0,100
Reboco	0,020	1,300	0,015
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,41</b>

Quadro 35 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas para o exterior (betão)

PTP Viga/Pilar em madeira – PTP.2	e [m]	$\lambda$ [W/m <sup>2</sup> °C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Viga de madeira	0,480	0,180	2,667
Poliestireno projectado	0,080	0,037	2,162
Placa de gesso catonado	0,013	0,250	0,050
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,20</b>

**Quadro 36 - Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas para o exterior (madeira)**

**3) Elementos horizontais – coberturas em contacto com o exterior**

Cobertura Exterior Quartos	e [m]	$\lambda$ [W/m <sup>2</sup> °C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Reboco	0,020	1,300	0,015
Laje aligeirada de blocos cerâmicos	0,170		0,220
Argamassa de assentamento	0,020	1,300	0,015
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Telha			
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,38</b>

**Quadro 37 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior do edifício a ampliar**

Cobertura Exterior Cozinha / Sala	e [m]	$\lambda$ [W/m <sup>2</sup> °C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Telha Canudo			
Membrana de PVC			
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Forro em Pinho assente em vigas de 1	0,020	0,150	0,133
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,40</b>

**Quadro 38 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior do edifício a reconstruir**

Cobertura Exterior Corredor	e [m]	$\lambda$ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> C/W]
Tijoleira ventilada			
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Argamassa de assentamento	0,020	1,300	0,015
Laje maciça	0,150	2,000	0,075
Reboco	0,02	1,300	0,015
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,41</b>

Quadro 39 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura do corredor de ligação do edifício a ampliar ao edifício existente

4) Elementos horizontais – pavimentos em contacto com o exterior

Pavimento Quartos em contacto com o Exterior	e [m]	$\lambda$ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> C/W]
Soalho em madeira	0,020	0,150	0,133
Argamassa de assentamento	0,010	1,300	0,008
Laje maciça	0,200	2,000	0,100
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Reboco	0,020	1,800	0,011
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,38</b>

Quadro 40 - Coeficiente de transmissão térmica do pavimento em contacto com o exterior

5) Elementos horizontais – pavimentos em contacto com espaços não úteis

Pavimento Cozinha/Sala em contacto com Lavandaria/Arrumos	e [m]	$\lambda$ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> C/W]
Soalho assente em vigas de madeira	0,020	0,150	0,133
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Forro em Pinho	0,020	0,150	0,133
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,36</b>

Quadro 41 - Coeficiente de transmissão térmica do pavimento em contacto com espaços não úteis – Lavandaria/arrumos

<b>Pavimento em contacto com o Sótão</b>	<b>e [m]</b>	<b><math>\lambda</math> [W/m°C]</b>	<b>Rt [m<sup>2</sup>C/W]</b>
Mosaico cerâmico	0,010	0,340	0,029
Argamassa de assentamento	0,010	1,300	0,008
Laje aligeirada	0,250		0,270
Isolamento térmico	0,080	0,037	2,162
Reboco	0,020	1,800	0,011
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,37</b>

**Quadro 42 - Coeficiente de transmissão térmica do pavimento em contacto com espaços não úteis – Sótão**

**6) Elementos envidraçados:**

<b>Envidraçado tipo – ENV. VERTICAIS</b>	<b>Uwdn [m<sup>2</sup>C/W]</b>
Caixilharia de madeira à vista com corte térmico e vidro duplo – laminado 33,1 + simples 4. Dispositivo de Sombreamento interior	2,000
Factor Solar - Protecção Activada – Verão	<b>g<sub>⊥</sub> 0,470</b>

**Quadro 43 – Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados verticais**

<b>Envidraçado tipo – ENV. HORIZONTAIS</b>	<b>Uwdn [m<sup>2</sup>C/W]</b>
Clarabóia com vidro duplo – laminado 33,1 + simples 4. Dispositivo de Sombreamento interior constituído por cortina interior opaca.	2,900
Factor Solar - Protecção Activada – Verão	<b>g<sub>⊥</sub> 0,484</b>

**Quadro 44 – Coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados verticais**

A legislação estabelece valores máximos toleráveis bem como valores de referência para o coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca consoante as zonas climáticas e o tipo de elemento. Nos Quadros seguintes encontram-se os referidos valores podendo-se concluir que, no edifício em estudo, as soluções adoptadas para os elementos da envolvente opaca cumprem os requisitos admissíveis.

Elemento da Envolvente	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Elementos Exteriores:			
Verticais	1,80	1,60	1,45
Horizontais	1,25	1,00	0,90
Elementos Interiores			
Verticais	2,00	2,00	1,90
Horizontais	1,65	1,30	1,20

**Quadro 45 – Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis ( $U_{\text{máx}}$ ) (Fonte – RCCTE, Anexo IX, Quadro IX.1)**

Elemento da Envolvente	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Elementos Exteriores:			
Verticais	0,70	0,60	0,50
Horizontais	0,50	0,45	0,40
Elementos Interiores			
Verticais	1,40	1,20	1,00
Horizontais	1,00	0,90	0,80
Envidraçados	4,30	3,30	3,30

**Quadro 46 – Coeficientes de transmissão térmica de referência ( $U_{\text{ref}}$ ) (Fonte – RCCTE, Anexo IV, IX.3)**

### 3.1.1. Coeficiente de redução de perdas térmicas para locais não aquecidos

No cálculo do coeficiente de transmissão térmica superficial dos elementos que separam o espaço útil interior dos espaços não aquecidos tem-se em consideração o coeficiente de redução das perdas térmicas associadas à envolvente interior( $\tau$ ).

No edifício em estudo houve a necessidade de se calcular o parâmetro  $\tau$  para dois elementos, nomeadamente, para o pavimento que separa a sala/cozinha dos arrumos e para o tecto da habitação em contacto com o sótão (desvão não habitado sob cobertura inclinada) (ver Quadro 47).

Tipo de espaço	Designação do espaço	Ai (m <sup>2</sup> )	Au (m <sup>2</sup> )	A <sub>i</sub> /A <sub>u</sub>	Intervalo Ai/Au	τ
Armazéns, arrumos, arquivos, casas das máquinas, zonas técnicas, arrecadações	Arrumo	21,620	12,490	1,731	1 ≤ Ai/Au <10	0,70
Coberturas sobre desvão fortemente ventilado	Sótão	71,550	65,550	1,092	1 ≤ Ai/Au <10	1,00

**Quadro 47 – Valores do coeficiente τ obtidos (Fonte – RCCTE, Anexo IV, Tabela IV.1 – adaptado pela autora)**

No sótão, pelo facto de se ter obtido um valor de  $\tau > 0,7$ , passou-se a aplicar os requisitos mínimos definidos para os elementos exteriores da envolvente, segundo o disposto do Anexo IV do RCCTE.

### 3.2. Inércia Térmica

A inércia térmica interior ( $I_t$ ) de uma fracção autónoma consiste na capacidade de armazenamento e restituição de calor a elementos construtivos como paredes, pavimentos e coberturas, podendo ser determinada pela seguinte expressão:

$$[25] \quad I_t = \frac{\sum M_{si} \cdot S_i}{A_p} \quad (\text{Fonte – RCCTE, Anexo VII, ponto 2.2})$$

A classe de inércia térmica interior de uma fracção é definida de acordo com os limites presentes no seguinte Quadro:

Classe de Inércia	Massa superficial útil por m <sup>2</sup> de área útil de pavimento, $I_t$ (kg/m <sup>2</sup> )
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t \geq 400$

**Quadro 48 – Classes de inércia térmica interior ( $I_t$ ) (Fonte – RCCTE, Anexo VII, Quadro VII.6)**

Para a determinação da massa superficial útil de um elemento ( $M_{si}$ ), o RCCTE estipula valores limites deste parâmetro a considerar em função de três casos genéricos de localização dos elementos de construção no edifício ou fracção autónoma, nomeadamente:

- Elementos em contacto com o ambiente exterior, outras fracções autónomas ou espaços não-úteis (EL1);
- Elementos em contacto com o solo (EL2);
- Elementos de compartimentação interior da fracção autónoma (EL3).

Localização dos elementos de construção no edifício	Valores Máximos de $M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> ) a considerar no cálculo de $I_t$	
	Com isolamento	Sem isolamento
EL1	$M_{si} = m_i$ e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = m_t/2$ e $M_{si} \leq 150$
EL2	$M_{si} = m_i$ e $M_{si} \leq 150$	$M_{si} = 150$
EL3	$M_{si} = m_i$ e $M_{si} \leq 300$	

**Quadro 49 – Valores máximos de  $M_{si}$  em função dos elementos de construção no edifício (Fonte – RCCTE, Anexo VII, Fig.VII.2 a Fig.VII.4)**

Com base no Quadro 49 bem como na informação presente no ponto 2 do Anexo VII do RCCTE, calculou-se a inércia térmica para o edifício em estudo, obtendo-se o seguinte resultado:

Elemento de Construção	Massa $M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> )	Área $S_i$ (m <sup>2</sup> )	Factor Correcção r	$M_{si} \cdot S_i \cdot r$ (kg)
<b>Paredes exteriores</b>	<b><math>M_{si} \leq 150</math></b>			
Parede N1 - PEXT2 - Norte	150	4,46	1	669,00
Parede N2 - PEXT2 - Norte	150	4,88	1	732,00
Parede E3, E4 e E5 - PEXT2 - Este	150	11,89	1	1783,50
Parede E6, E7 e E8 - PEXT2 - Este	150	12,79	1	1918,50
Parede E10 - PEXT2 - Este	150	2,24	1	336,00
Parede E11 - PEXT1 - Este	0	10,20	1	0,00
Parede E12 - PEXT1 - Este	0	19,18	1	0,00
Parede S13 - PEXT1 - Sul	0	6,27	1	0,00
Parede O14 - PEXT1 - Oeste	0	16,60	1	0,00
Parede O15 - PEXT1 - Oeste	0	8,23	1	0,00
Parede O16 - PEXT2 - Oeste	150	2,09	1	313,50
Parede O17 - PEXT2 - Oeste	150	5,01	1	751,50
Parede O18 - PEXT2 - Oeste	150	6,37	1	955,50
Parede O19 - PEXT2 - Oeste	150	3,86	1	579,00
Parede O20 - PEXT2 - Oeste	150	8,30	1	1245,00
PTP.1 - Viga - Norte	150	2,62	1	393,00
PTP.2 - Viga - Sul	0	1,64	1	0,00
PTP.2 - Viga - Oeste	0	5,56	1	0,00
PTP.2 - Viga - Este	0	5,52	1	0,00
PTP.3 - Pilar - Norte	150	0,82	1	123,00
PTP.3 - Pilar - Este	150	3,79	1	568,50
PTP.3 - Pilar - Oeste	150	0,63		
PTP.3 - Pilar - Sull	150	0,51		
<b>Paredes em contacto com o solo</b>	<b><math>M_{si} \leq 150</math></b>			
Parede em contacto com o solo	150	0,00	1	0,00
<b>Paredes interiores à fracção autónoma</b>	<b><math>M_{si} \leq 300</math></b>			
Paredes interiores	300	12,94	1	3882,00
<b>Cobertura</b>	<b><math>M_{si} \leq 150</math></b>			
Cobertura exterior (sala/cozinha)	28	42,92	1	1201,76
Cobertura exterior horizontal	150	3,4	0	0,00
<b>Pavimento Exterior</b>	<b><math>M_{si} \leq 150</math></b>			
Pavimento Quartos em contacto com o Exterior	150	26,49	1	3973,50
Pavimento em contacto com o sótão ( $\tau > 0,7$ )	0	71,55	1	0,00
<b>Pavimento de separação com espaço não útil</b>	<b><math>M_{si} \leq 150</math></b>			
Pavimento Cozinha/Sala em contacto com Lavandaria/Arrumos	0	21,2	1	0,00
<b>Pavimento em contacto com o solo</b>	<b><math>M_{si} \leq 150</math></b>			
Pavimento em contacto com o solo	0	80,05	1	0,00
<b>TOTAL</b>				<b>19.425,26</b>
		Área útil de Pavimento		128,15 m <sup>2</sup>
		Inércia Térmica Média		151,58

Figura 4 - Inércia Térmica do edifício em estudo (Fonte - Folhas de cálculo do Anexo II)

### 3.3. Factores Solares

#### 3.3.1. Factor Solar dos Vãos Envidraçados

No edifício em estudo, os vãos envidraçados são todos compostos por vidro duplo incolor 5mm+5mm.

O factor solar para os vãos envidraçados na estação de aquecimento (g<sub>L</sub>) assume o valor de 0,63, por se considerar a existência de cortinas interiores muito transparentes de cor clara.

Na estação de arrefecimento, o factor solar do vão envidraçado ( $g_{\perp}$ ) corresponde à soma de 30% do factor solar do vidro ( $g_{\perp v}$ ) mais 70% do factor solar do vão envidraçado com protecção solar activa a 100% ( $g_{\perp 100\%}$ ). Tendo em conta que o  $g_{\perp v}$  assume o valor de 0,75, por se tratar de um vidro duplo corrente (Tabela IV.4 do RCCTE), e que  $g_{\perp 100\%}$  toma o valor de 0,35 por a protecção ser do tipo portadas de madeira (Tabela V.4 do RCCTE), o factor solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento ( $g_{\perp}$ ) é igual a 0,47.

Nenhum vão envidraçado da envolvente de qualquer edifício com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que serve, desde que não orientado a norte, pode apresentar um factor solar correspondente ao vão envidraçado com os respectivos dispositivos de protecção 100% activos que exceda os valores indicados no Quadro 50.

Classe de inércia térmica	Zona Climática		
	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,15	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

**Quadro 50 – Factores solares máximos admissíveis ( $g_{\perp \text{máx}}$ ) (Fonte – RCCTE, Anexo IX, Quadro IX.2)**

### 3.3.2. Factor de obstrução e Factor de Orientação

O factor de obstrução ( $F_s$ ) é condicionado pelo factor de sombreamento do horizonte ( $F_h$ ), pelo factor de sombreamento por elementos horizontais sobrepostos ao envidraçado ( $F_o$ ) e pelo factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado ( $F_f$ ) (ver Equação [26]).

$$[26] \quad F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (\text{Fonte – RCCTE, Anexo IV, ponto 4.3.3})$$

Relativamente ao factor de orientação ( $X$ ), depende do tipo de envidraçado, simples ou duplo, e da orientação.

Para efeitos de cálculo destes coeficientes recorreu-se ao Quadro IV.4 e às Tabelas IV.5, IV.6 IV.7, V.1 e V.2 do RCCTE, tendo sempre como base as plantas de arquitectura e o meio que envolve habitação em estudo.



## 4. MÉTODO DE CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE AQUECIMENTO

Necessidades nominais de energia útil de aquecimento ( $N_{ic}$ ) é o parâmetro que exprime a quantidade de energia útil necessária para manter em permanência um edifício ou uma fracção autónoma a uma temperatura interior de referência durante a estação de aquecimento.

Este parâmetro resulta do valor integrado na estação de aquecimento de 3 parcelas, nomeadamente as perdas de calor por condução através da envolvente do edifício ( $Q_t$ ), as perdas de calor resultantes da renovação de ar ( $Q_v$ ) e os ganhos de calor úteis resultantes da iluminação, dos equipamentos, dos ocupantes e dos ganhos solares através dos envidraçados ( $Q_{gu}$ ):

$$[27] \quad N_{ic} = \frac{(Q_t + Q_v - Q_{gu})}{A_p} \quad (\text{Fonte - RCCTE, Anexo IV, ponto 1})$$

### 4.1. Perdas de calor por condução através da envolvente

Na estação de aquecimento, as perdas de calor por condução através da envolvente ( $Q_t$ ) ocorrem ao nível das paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos devido à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício, através da soma de quatro parcelas. Estas parcelas correspondem às perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados, coberturas e pavimento em contacto com o exterior ( $Q_{ext}$ ), às perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados e pavimentos em contacto com locais não aquecidos ( $Q_{lna}$ ), às perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o

solo ( $Q_{pe}$ ) e às perdas de calor pelas pontes térmicas lineares existente no edifício ( $Q_{pt}$ ) (ver a Equação [28]).

$$[28] \quad Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt} \quad (\text{Fonte – RCCTE, Anexo IV, ponto 2})$$

No Quadro 51 apresenta-se uma síntese das perdas de calor pela envolvente do edifício em estudo contudo, nas folhas de cálculo FCIV.1a, FCIV.1b e FCIV.1c que fazem parte integrante do Anexo II apresentam-se os cálculos das perdas de calor por condução através da envolvente com maior pormenor.

$Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt}$	
$Q_{ext}$	166,35 W/°C
$Q_{lna}$	5,34 W/°C
$Q_{pe}$	88,75 W/°C
$Q_{pt}$	73,05 W/°C
$Q_t$	<b>333,49 W/°C</b>

**Quadro 51 – Perdas de calor pela envolvente do edifício em estudo**

Durante a estação de aquecimento, a energia necessária para compensar todas as perdas pela envolvente assume o valor  $Q_A=14326,73$  kWh/ano e é obtida pela equação [29]:

$$[29] \quad Q_A = 0,024 \times (Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt}) \times GD \quad \text{Fonte – RCCTE, Anexo IV}$$

#### 4.2. Perdas de calor Resultantes da Renovação de Ar

Por razões de higiene e conforto dos ocupantes, é necessário que os edifícios sejam ventilados em permanência por um caudal mínimo de ar.

O edifício em estudo, apesar de ser ventilado naturalmente, não cumpre as exigências da NP 1037-1 pelo que, para a obtenção de um valor convencional da taxa de renovação de ar horária nominal ( $R_{ph}$ ), é necessária a definição de determinados parâmetros relacionados com a localização do edifício, o tipo de caixilharias e dispositivos de admissão na fachada:

Altura do edifício acima do solo	Região onde se situa o edifício	Rugosidade da zona circundante
Menor que 10 metros	Região A	Rugosidade II
Classe de Exposição II		

**Quadro 52 – Definição da classe de exposição do edifício em estudo à acção do vento (Fonte – RCCTE, Anexo IV, Quadro IV.2 – adaptado pela autora)**

Definida a classe de exposição e com o auxílio do Quadro IV.1 do RCCTE, o parâmetro  $R_{ph}$  para o edifício em estudo assume o seguinte valor:

Classe de Exposição	Dispositivo de admissão na fachada	Permeabilidade ao ar das caixilharias	Caixa de estore
II	Não	Classe III	Não
$R_{ph} = 0,8 + 0,10 - 0,05 = 0,85h^{-1}$			

**Quadro 53 – Valor convencional de  $R_{ph}$  para o edifício em estudo**

Observando o Quadro 53,  $R_{ph}$  é agravado em 0,10 uma vez que a área dos vãos envidraçados é superior a 15% da área útil de pavimento e bonifica-se 0,05 pois é previsto que as portas do edifício serão bem vedadas em todo o seu perímetro, de acordo com o disposto no ponto 3.2.1 do Anexo IV do RCCTE.

As perdas de calor resultantes da renovação de ar correspondem às perdas de calor por unidade de tempo relativas à renovação do ar interior ( $Q_{ra}$ ) e são calculadas pela seguinte equação:

$$[30] \quad Q_{ra} = 0,34 \cdot R_{ph} \cdot A_p \cdot P_d \quad (\text{Fonte – RCCTE, Anexo IV, ponto 3.1})$$

Na FCIV.1d do Anexo II encontra-se disponível, com maior pormenor, o cálculo das perdas associadas à renovação de ar, as quais assumem o valor  $Q_{ra}=87,77 \text{ W/}^\circ\text{C}$ .

A energia necessária para compensar as perdas associadas à renovação de ar assume o valor  $Q_{ra}=3770,60$  kWh/ano é obtida pela equação [31]:

$$[31] \quad Q_v = 0,024 \times Q_{ra} \times GD \quad (\text{Fonte – RCCTE, Anexo IV, ponto 3.1})$$

### 4.3. Ganhos Térmico Úteis

Os ganhos térmicos úteis ( $Q_{gu}$ ) a considerar nos edifícios e fracções autónomas resultam de duas fontes, nomeadamente dos ganhos térmicos associados a fontes internas de calor ( $Q_i$ ) e dos ganhos solares brutos ( $Q_s$ ), ambos minorados por um factor de utilização ( $\eta$ ):

$$[32] \quad Q_{gu} = \eta \cdot Q_g \quad (\text{Fonte – RCCTE, Anexo IV, Ponto 4.1})$$

em que :  $Q_g = Q_i + Q_s$

A legislação prevê dois métodos de cálculo dos ganhos solares brutos ( $Q_s$ ), o simplificado (ver Equação [33]) e o detalhado (ver Equação [34]), contudo utilizou-se o método detalhado.

$$[33] \quad Q_s = G_{sul} \cdot \sum_j [X_j \cdot 0,46 \cdot A_j \cdot g_{\perp}] \cdot M \quad (\text{Fonte – RCCTE, Anexo IV, ponto 4.3.1.2})$$

$$[34] \quad Q_s = G_{sul} \cdot \sum_j [X_j \cdot \sum_n A_{snj}] \cdot M \quad (\text{Fonte – RCCTE, Anexo IV, ponto 4.3.1.1})$$

A principal diferença entre ambos os métodos é o facto de o método simplificado, como o nome indica, simplifica o cálculo exaustivo dos coeficientes F para cada orientação, desde que sejam satisfeitos as condições dispostas no ponto 4.3.1.2 do Anexo IV do RCCTE.

No Quadro 54 apresenta-se uma síntese dos ganhos térmicos úteis do edifício em estudo constando o seu cálculo detalhado na folha de cálculo FCIV.1e do Anexo II.

$Q_{gu} = \eta \cdot (Q_i + Q_s)$	
$\eta$	0,97
$Q_i$	2325,15 kWh/ano
$Q_s$	2633,78 kWh/ano
$Q_{gu}=4833,44 \text{ kWh/ano}$	

Quadro 54 – Ganhos térmicos úteis do edifício em estudo

#### 4.4. Cálculo das Necessidades Nominais de energia Útil de Aquecimento

No Quadro 55 encontram-se sintetizados os dados necessários à obtenção das necessidades nominais de energia útil de aquecimento ( $Nic$ ), contudo na folha de cálculo FCIV.2 do Anexo II está disponível, com maior pormenor, o cálculo de  $Nic$ .

$Nic = \frac{(Q_t + Q_v - Q_{gu})}{A_p}$	
$Q_t$ (kWh/ano)	18097,98
$Q_v$ (kWh/ano)	0,00
$Q_{gu}$ (kWh/ano)	4833,44
$A_p$ (m <sup>2</sup> )	128,25
$Nic=103,51 \text{ kWh/m}^2$	

Quadro 55 – Necessidades nominais de energia útil de aquecimento ( $Nic$ ) do edifício em estudo

O valor máximo admissível das necessidades nominais de aquecimento ( $Ni$ ) calcula-se em função do factor forma (FF) do edifício ou fracção autónoma e dos graus-dias na base de 20°C (Art.º15, Capítulo V do RCCTE).

Por sua vez, factor de forma (FF) define-se como o quociente entre o somatório das superfícies da envolvente exterior ( $A_{ext}$ ) e da envolvente interior ( $A_{int}$ ) nas quais ocorrem trocas de calor, e o volume interior da fracção autónoma ( $V$ ) (ver equação [35]).

$$[35] \quad FF = \frac{\sum A_{ext} + \sum_i (\tau \cdot A_{int})_i}{V} \quad (\text{Fonte – RCCTE, Anexo II, alínea dd})$$

No caso de estudo, o factor de forma assume o valor  $FF = 1,09$  o que, segundo o Art.º15, Capítulo V do RCCTE, leva a um valor das necessidades nominais de aquecimento máximas ( $N_i$ ) igual a  $112,10 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$  (ver Quadro 56).

<b>Factor de Forma</b>	<b>Necessidades Nominais de aquecimento</b>
$FF \leq 0,5$	$N_i = 4,5 + 0,0395 \cdot GD$
$0,5 < FF \leq 1$	$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \cdot FF) \cdot GD$
$1 < FF \leq 1,5$	$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \cdot FF) \cdot GD \cdot (1,2 - 0,2 \cdot FF)$
$FF > 1,5$	$N_i = 4,05 + 0,06885 \cdot GD$

**Quadro 56 – Cálculo de  $N_i$  em função de  $FF$  (Fonte – RCCTE, Capítulo V, Art.º15)**

Finda a quantificação das necessidades de aquecimento pode-se então concluir que se verifica a seguinte condição:

$$[36] \quad N_{ic} \leq N_i$$

$$103,51 \leq 112,10$$

## 5. MÉTODO DE CÁLCULO DAS NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO

As necessidades nominais de arrefecimento ( $N_{vc}$ ) representam a energia útil que é necessário retirar de uma fracção autónoma para a manter permanentemente a uma temperatura de referência ( $25^{\circ}\text{C}$ ), durante a estação convencional de arrefecimento (Junho a Setembro) [9]. As necessidades de arrefecimento são calculadas com recurso à seguinte expressão:

$$[37] \quad N_{vc} = \frac{Q_g \cdot (1 - \eta)}{A_p} \quad (\text{Fonte - RCCTE, Anexo V, ponto 2.1})$$

### 5.1. Ganhos de calor através da envolvente

Os ganhos térmicos totais brutos ( $Q_g$ ) são obtidos pela soma das parcelas seguidamente descritas:

- Ganhos solares pela envolvente opaca devido à incidência da radiação solar ( $Q_{opaco}$ );
- Ganhos solares através dos vãos envidraçados ( $Q_s$ );
- Cargas internas devidas aos ocupantes, equipamentos e à iluminação artificial ( $Q_i$ ).

$$[38] \quad Q_g = Q_{opaco} + Q_s + Q_i \quad (\text{Fonte - RCCTE, Anexo V, ponto 2.1})$$

No Quadro 57 apresenta-se uma síntese dos ganhos totais brutos totais do edifício contudo, nas folhas de cálculo FCV.1c, 1d e 1e do Anexo II apresenta-se o cálculo detalhado.

$Q_g = Q_i + Q_s + Q_{opaco}$	
Qi (kWh)	1500,890
Qs (kWh)	3422,220
Qopaco (kWh)	326,160
$Q_g = 5249,27$	

**Quadro 57 – Ganhos totais brutos ( $Q_g$ ) do edifício em estudo**

## 5.2. Cálculo das Necessidades Nominais de Energia Útil de Arrefecimento

No Quadro 58 encontram-se sintetizados os dados necessários à obtenção das necessidades nominais de energia útil de arrefecimento ( $N_{vc}$ ). Fazem parte integrante do Anexo II as folhas de cálculo que expressam pormenorizadamente os cálculos necessários à obtenção de  $\eta$  (Factor de utilização dos ganhos) bem como de  $N_{vc}$ .

$N_{vc} = \frac{Q_g \cdot (1 - \eta)}{A_p}$	
Qg (kWh)	5249,270
$\eta$	0,660
Ap (m <sup>2</sup> )	128,250
$N_{vc} = 13,86 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	

**Quadro 58 – Necessidades nominais de energia útil do edifício em estudo**

Tal como referido no cálculo de  $N_i$ , o limite máximo admissível das necessidades nominais de arrefecimento ( $N_v$ ) foi determinado recorrendo a estudos paramétricos de diferentes zonas climáticas de Verão e tipologias de fracções autónomas. Os estudos referidos focam-se nas soluções construtivas ao nível do edifício, em que no Quadro IX.3 do Anexo IX do RCCTE estão presentes os valores dos coeficientes de transmissão térmica de referência para vários níveis de isolamento térmico, no que diz respeito à envolvente opaca em zona corrente e envidraçados.

No Quadro 59 apresentam-se os valores de  $N_v$ , em função da zona climática de Verão.

<b>V1 (Norte)</b>	$N_v = 16 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	<b>V1 (Sul)</b>	$N_v = 22 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
<b>V2 (Norte)</b>	$N_v = 18 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	<b>V2 (Sul)</b>	$N_v = 32 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$
<b>V3 (Norte)</b>	$N_v = 26 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	<b>V3 (Sul)</b>	$N_v = 32 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$

**Quadro 59 – Necessidades nominais de referência para a estação de arrefecimento ( $N_v$ ) (Fonte – RCCTE, Capítulo V, Art.º15)**

Tendo em conta que o conselho de Ponte de Lima se insere numa zona climática de Verão V2, o valor de referência a ter em conta para as necessidades nominais é  $N_v=18\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$ . Sendo assim, pode-se concluir que a seguinte condição é verificada:

$$[39] \quad N_{vc} \leq N_v$$

$$13,86 \leq 18$$



## 6. MÉTODO DE CÁLCULO DAS NECESSIDADE DE ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS

Segundo o RCCTE, os edifícios residenciais devem estimar as suas necessidades nominais para preparação de AQS ( $N_{ac}$ ). Para tal, apresenta-se o respectivo método de cálculo, segundo a Equação [40].

$$[40] \quad N_{ac} = \frac{\left( \frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren} \right)}{A_p} \quad (\text{Fonte - RCCTE, Anexo VI, ponto 1})$$

### 6.1. Energia despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS

A determinação da energia despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS ( $Q_a$ ) é calculada em função do período de utilização do sistema, sendo determinada pela Equação [41].

$$[41] \quad Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d}{3600000} \quad (\text{Fonte - RCCTE, Anexo VI, ponto 2})$$

Em edifícios residenciais, o consumo médio diário de referência ( $M_{AQS}$ ) é calculado segundo a Equação [42], em que o número convencional de ocupantes de cada fracção autónoma é definido pela consulta do Quadro VI.1 do Anexo VI do RCCTE (ver Quadro 60).

$$[42] \quad M_{AQS} = 40l \cdot n^\circ \text{ de ocupantes} \quad (\text{Fonte - RCCTE, Anexo VI, ponto 2.1})$$

	Tipologia					
	T0	T1	T2	T3	...	Tn
n° de	2	2	3	4	...	n+1

**Quadro 60 – Número convencional de ocupantes de referência de cada fracção autónoma (Fonte – RCCTE, Anexo VI, Quadro VI.1)**

O edifício em estudo trata-se de uma habitação de tipologia T3, como tal, o consumo médio diário de referência assume o valor  $M_{AQS}=160$  litros.

De acordo com o ponto 2.2 do Anexo VI do RCCTE, o parâmetro de aumento da temperatura ( $\Delta T$ ) toma o valor de referência de  $45^{\circ}\text{C}$ , tendo em consideração que a água de abastecimento proveniente da rede pública é disponibilizada à temperatura média de  $15^{\circ}\text{C}$ , devendo ser aquecida até à temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ .

O parâmetro número anual de dias de consumo de AQS ( $n_d$ ) depende do período convencional de utilização dos edifícios, podendo ser retirado directamente do Quadro VI.2 do Anexo VI do RCCTE (ver Quadro 61).

<b>Tipo de Edifícios</b>	<b>Utilização</b>	<b>Nº de dias de consumo de AQS</b>
Residenciais	Permanente	365
	Permanente	365
Serviços	Encerrado 1 dia por semana	313
	Encerrado 1,5 dias por semana	287
	Encerrado 2 dias por semana	261

**Quadro 61 – Número anual de dias de consumo AQS (fonte – RCCTE, Anexo VI, Quadro VI.2)**

Como o caso de estudo se trata de um edifício residencial de utilização permanente,  $n_d$  assume o valor 365 dias e, portanto, a energia despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS toma o valor  $Q_a=3056,51$  kWh/ano.

## **6.2. Eficiência de conversão do sistema de preparação das AQS**

O termo de eficiência de conversão dos sistemas de preparação de AQS a partir da fonte primária de energia ( $\eta_a$ ) pode ser obtido através do valor fornecido pelo fabricante do sistema solar térmico ou, em alternativa, utilizarem-se os valores convencionais dos equipamentos que constam na Secção 3, do Anexo VI do RCCTE (ver Quadro 62).

Equipamento	$\eta_a$
Termoacumulador eléctrico com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,95
Idem, com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,90
Idem, com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,80
Termoacumulador a gás, com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,80
Idem, com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,75
Idem, com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,70
Caldeira mural com acumulação com pelo menos 100 mm de isolamento térmico	0,87
Idem, com 50 a 100 mm de isolamento térmico	0,82
Idem, com menos de 50 mm de isolamento térmico	0,65
Esquentador a gás	0,50

**Quadro 62 – Valores convencionais de eficiência de conversão do sistema de preparação das AQS ( $\eta_a$ ) (Fonte – RCCTE, Anexo VI, ponto 3)**

O equipamento a instalar no edifício em estudo será uma caldeira mural com acumulação com 50 a 100 mm de isolamento térmico e, portanto, com uma eficiência  $\eta_a = 0,82$ .

### 6.3. Contribuição dos sistemas solares de preparação de AQS

A contribuição de sistemas colectores solares para o aquecimento da AQS ( $E_{\text{solar}}$ ) só pode ser contabilizada, para efeitos do Regulamento, se os sistemas ou equipamentos forem certificados de acordo com as normas e legislação em vigor. Têm de ser instalados por entidades certificadas pela DGGE e, cumulativamente, tem de ser garantida a manutenção do sistema em funcionamento eficiente durante um período mínimo de seis anos após a instalação (Secção 4, Anexo VI do RCCTE).

Quanto ao método de cálculo do  $E_{\text{solar}}$ , recorreu-se à utilização do programa SolTerm 5.0 desenvolvido pelo INETI, o qual revelou um valor  $E_{\text{solar}}=1571$  kWh/ano.

### 6.4. Contribuição de outros sistemas de preparação de AQS

A contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis ( $E_{\text{ren}}$ ) (solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, etc.) para a preparação de AQS, bem como de quaisquer

formas de recuperação de calor, de equipamentos ou de fluidos residuais, deve ser calculada com base num método devidamente justificado e reconhecido e aceite pela entidade licenciadora.

No edifício em estudo não estão previstas quaisquer outras formas de energias renováveis pelo que,  $E_{ren}=0$  kWh/ano.

### 6.5. Cálculo das necessidades de energia para preparação das AQS

No Quadro 63 encontram-se sintetizados os dados necessários à obtenção das necessidades de energia para preparação das AQS ( $N_{ac}$ ).

$N_{ac} = \frac{\left( \frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren} \right)}{A_p}$	
Qa (kWh/ano)	3056,51
$\eta_a$	0,62
Esolar (kWh/ano)	1571
Ap (m2)	128,25
Nac = 20,87 kWh/m <sup>2</sup> .ano	

**Quadro 63 – Necessidades de energia para preparação das AQS do edifício em estudo**

### 6.6. Limitações das necessidades nominais de energia útil na preparação de AQS

No que diz respeito ao valor máximo admissível das necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias ( $N_a$ ), o RCCTE refere que “(...) como resultado dos tipos e eficiências dos equipamentos de produção de água quente sanitária, bem como da utilização de formas de energias renováveis, cada fracção autónoma não pode exceder um valor máximo admissível de necessidades nominais anuais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias (...)” (Art.º7, Capítulo III do RCCTE).

A área de painel colector solar óptima a aplicar em coberturas de terraços ou inclinadas consiste em 1 m<sup>2</sup> por ocupante, desde que os edifícios estejam orientados numa gama de

azimutes de 90° entre Sudeste e Sudoeste. Esta área pode ser reduzida se ocorrer mais de 50% da área de cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante sul, seja ultrapassada pela inserção dos sistema solar térmico.

O limite máximo admissível das necessidades de energia para preparação de AQS ( $N_a$ ) é calculado através da Equação [43].

$$[43] \quad N_a = \frac{0,081 \cdot M_{AQS} \cdot n_d}{A_p} \quad (\text{Fonte – RCCTE, Capítulo V, Art.º15})$$

Na FC.AQS está disponibilizado com maior pormenor o cálculo do valor das necessidades de energia para preparação das AQS, contudo, o resultado obtido para o caso de estudo foi  $N_a = 36,91 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$ .

Desta forma, pode-se concluir que se verifica a seguinte condição:

$$[44] \quad \begin{aligned} N_{ac} &\leq N_a \\ 20,87 &\leq 36,91 \end{aligned}$$



## 7. NECESSIDADES GLOBAIS ANUAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Após a descrição das metodologias de cálculo para as necessidades energéticas das fracções autónomas dos edifícios, e aplicando-as concretamente ao caso de estudo, é necessário converter a energia útil em energia primária, através das necessidades globais anuais nominais de energia primária ( $N_{tc}$ ), segundo a Equação [45].

$$[45] \quad N_{tc} = 0,1 \cdot \left( \frac{N_{ic}}{\eta_i} \right) \cdot F_{pui} + 0,1 \cdot \left( \frac{N_{vc}}{\eta_v} \right) \cdot F_{puv} + N_{ac} \cdot F_{pua} \quad (\text{Fonte - RCCTE, Capítulo V, Art.º15})$$

No cálculo de  $N_{tc}$ , deve-se ter em consideração as formas de energia final utilizadas em cada uma das necessidades energéticas referidas. Assim sendo, utilizam-se os factores de conversão ( $F_{pu}$ ) referidos na Equação [45], permitindo converter as formas da energia útil em energia primária da seguinte forma (Art.º18, Capítulo V do RCCTE):

- Electricidade:  $F_{pu}=0,29$  kgep/kWh;
- Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos:  $F_{pu}=0,086$  kgep/kWh.

Os factores de conversão ( $F_{pu}$ ) são afectados pela eficiência nominal dos equipamentos utilizados para os sistemas de aquecimento ( $\eta_i$ ), arrefecimento ( $\eta_v$ ) e preparação de AQS ( $\eta_a$ ).

No Quadro 64 encontra-se de forma sintetizada o cálculo do parâmetro  $N_{tc}$ , contudo, na Ficha nº 1 do Anexo II,  $N_{tc}$  está evidenciado com maior pormenor.

$N_{tc} = 0,1 \cdot \left( \frac{N_{ic}}{\eta_i} \right) \cdot F_{pui} + 0,1 \cdot \left( \frac{N_{vc}}{\eta_v} \right) \cdot F_{puv} + N_{ac} \cdot F_{pua}$	
Nic (kWh/m2.ano)	103,51
$\eta_i$	0,87
Fpui (kgep/kWh)	0,09
Nvc (kWh/m2.ano)	13,86
$\eta_v$	3,00
Fpu (kgep/kWh)	0,29
Nac (kWh/m2.ano)	20,87
Fpua (kgep/kWh)	0,09
$N_{tc} = 2,95 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$	

**Quadro 64 – Necessidade nominais anuais de energia primária (Ntc) do edifício em estudo**

No estudo térmico de edifícios, o valor das necessidades globais anuais nominais de energia primária (Ntc) não pode exceder o seu valor máximo admissível (Nt).

No cálculo das Nt, utilizam-se os valores máximos admissíveis das necessidades de aquecimento (Ni), arrefecimento (Nv) e preparação de AQS (Na), tal como se pode verificar pela Equação [46] (Art.º15, Capítulo V do RCCTE).

$$[46] \quad N_t = 0,9 \cdot (0,01 \cdot N_i + 0,01 \cdot N_v + 0,15 \cdot N_a) \quad (\text{Fonte – RCCTE, Capítulo V, Art.º15})$$

No caso de estudo, o valor máximo admissível das necessidades globais anuais nominais de energia primária assume o valor  $N_t=6,15 \text{ kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$  o que leva a concluir que a seguinte condição é verificada:

$$[47] \quad \begin{aligned} N_{tc} &\leq N_t \\ 2,95 &\leq 6,15 \end{aligned}$$

### 7.1. Desempenho energético dos edifícios

Após a conclusão do estudo térmico do edifício, é necessária a verificação e validação do mesmo por peritos qualificados, os quais podem emitir dois tipos de documentos

comprovativos da situação regulamentar e do desempenho energético do edifício ou fracção autónoma, nomeadamente (ADENE, 2009):

- Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR) após a verificação do projecto, devendo ser integrada no processo de pedido de licenciamento ou de autorização de construção;
- Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior (CE) após verificação da obra concluído, devendo ser integrada no processo de pedido de licenciamento ou autorização de utilização.

A DCR apresenta-se como um “pré-certificada” na medida em que os dados apenas são analisados ao nível de projecto, passando a definitiva com a emissão do CE em que o perito verifica os requisitos regulamentares do RCCTE *in-situ* no final da obra. A emissão de certificados energéticos permite comprovar a correcta aplicação da regulamentação térmica em vigor por um prazo de validade igual a 10 anos (SCE, 2006).

No CE inclui-se a classificação energética do edifício tendo sido delineada uma escala de 7+2 classes (A<sup>+</sup>, A, B, B<sup>-</sup>, C, D, E, F e G), em que a classe A<sup>+</sup> corresponde ao edifício com melhor desempenho energético, enquanto que a classe G corresponde ao edifício de pior desempenho energético (ADENE, 2009).

Em edifícios novos, ou seja, edifícios com pedido de licença de construção após entrada em vigor do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios – SCE (1 de Julho de 2007), as classes de desempenho energético de edifícios novos ou remodelados variam apenas entre A<sup>+</sup> e B<sup>-</sup>, enquanto que os edifícios existente podem verificar qualquer classe (ADENE, 2009).

A classificação energética de edifícios de habitação e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização inferior a 25 kW de potência instalada (R) calcula-se a partir da Equação [48], apresentando-se no Quadro 65 a escala utilizada na classificação energética dos mesmos (ADENE, 2009):

$$[48] \quad R = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad \text{(Fonte – ADENE, Perguntas e respostas)}$$

Para o edifício em estudo, R assume um valor igual a 0,48 o que, segundo o Quadro 65 corresponde a uma classe energética A.

Edifícios Existentes	Edifícios Novos	Classe Energética	R
		A+	$R \leq 0,25$
	A	$0,25 < R \leq 0,50$	
	B	$0,50 < R \leq 0,75$	
	B-	$0,75 < R \leq 1,00$	
	C	$1,00 < R \leq 1,50$	
	D	$1,50 < R \leq 2,00$	
	E	$2,00 < R \leq 2,50$	
	F	$2,50 < R \leq 3,00$	
	G	$R > 3,00$	

Quadro 65 – Classe energética de edifícios e valores limite das respectivas classes (Fonte – ADENE, Perguntas e respostas)

**CAPÍTULO III – ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DRENAGEM  
DE ÁGUAS PLUVIAIS E RESIDUAIS**



## 1. INFORMAÇÃO CADASTRAL E DIPLOMAS REGULAMENTARES

O presente capítulo refere-se à descrição e justificação dos projectos de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Pluviais e Residuais Domésticas da moradia unifamiliar em estudo.

Para o seu desenvolvimento foram analisadas as plantas de Arquitectura e os cadastros fornecidos pelos Serviços Municipalizados de Ponte de Lima, nomeadamente:

- Abastecimento de Água: Existência de uma conduta de abastecimento com pressão disponível de 40mca, a passar no caminho público junto à zona superior do edifício.
- Drenagem de Águas Pluviais: Existência de uma valeta no caminho pública;
- Drenagem de Águas Residuais Domésticas: Existência de um colector público municipal.

As soluções projectadas tiveram como principal objectivo dotar o edifício de instalações eficientes com capacidade de resposta às solicitações das condições de utilização cumprindo-se, para o efeito, aos seguintes diplomas:

- DR 23/95 de 23/08 – Regras de Dimensionamento das Redes Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais Domésticas e Pluviais;
- LNEC ITE 31 – Regras de Dimensionamento dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais Domésticas e Pluviais – Edição 2006.



## 2. REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### 2.1. Descrição Geral da Rede

O abastecimento de água efectuar-se-á a partir da rede pública por um ramal de diâmetro  $\varnothing 50\text{mm}$ , como representado nas peças desenhadas em anexo.

No início do ramal, existirá um contador que ficará instalado, junto ao portão de entrada da moradia, em armário apropriado e de fácil leitura. Serão colocadas válvulas adufas de macho e tampa para selar, a manobrar pelos serviços, e passador de segurança para manobra do utente. Existirá ainda uma válvula redutora de pressão calibrada para a pressão de projecto.

A rede interna, constituída por uma rede de abastecimento de água fria e uma rede de abastecimento de água quente, encontra-se definida nas peças desenhadas com a indicação dos traçados, diâmetros e tipo de dispositivos e o material utilizado será o tubo multicamada.

Toda a rede será convenientemente seccionada por intermédio de válvulas de seccionamento e corte, localizadas de modo a permitir sempre que necessário colocar fora de serviço zonas em reparação.

As peças, com excepção dos reservatórios de sanitas, máquinas de lavar louça e roupa e torneiras de lavagem, serão providas de água fria e quente.

Sendo a área disponível de cobertura voltada a Sul suficiente para instalação de painéis solares, optou-se por prever para o aquecimento de água, a instalação de painéis solares e um depósito acumulador, apoiado por caldeira mural a gás estanque.

Os sistemas foram concebidos, analisados e dimensionados segundo o traçado ditado pela arquitectura, tendo em conta a ocupação normal que se encontra definida nesse projecto, os consumos instantâneos e os coeficientes de simultaneidade regulamentares.

## 2.2. Dimensionamento da Rede

### 2.2.1. Caudais de cálculo

Os caudais de cálculo deverão ser obtidos em função dos somatórios dos caudais instantâneos (ver Quadro 66) atribuídos aos dispositivos de utilização que as tubagens consideradas vão ter de alimentar, afectadas de um coeficiente de simultaneidade.

Dispositivos de utilização:	Caudais Mínimos
Lavatório individual	0,10
Bidé	0,10
Banheira	0,25
Chuveiro individual	0,15
Autoclismo de bacia de retrete	0,10
Pia lava-loiça	0,20
Máquina de lavar loiça	0,15
Máquina de lavar roupa	0,20
Tanque	0,20
Torneira (boca de lavagem)	0,30

**Quadro 66 – Dispositivos de utilização e respectivos caudais mínimos (Fonte – DR 23/95, Anexo IV)**

O ábaco ilustrado na Figura [5] permite obtenção directa dos caudais de cálculo a partir dos caudais acumulados, para os casos correntes de habitação sem fluxómetros, tal como acontece na no edifício em estudo.

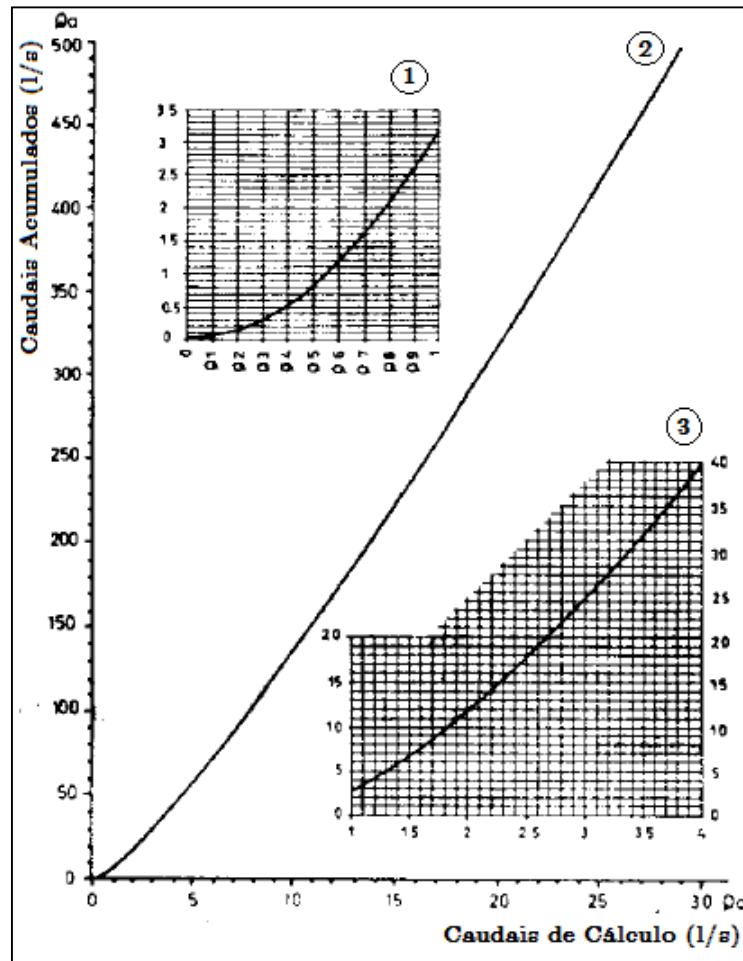


Figura 5 – Caudais de cálculo em função dos caudais acumulados para um nível médio de conforto  
(Fonte – DR 23/95, Anexo V – adaptado pela autora)

Associadas a cada uma das curvas representadas na Figura [5] estão as seguintes Equações as quais foram utilizadas para o dimensionamento dos caudais de cálculo.

- Curva 1 - Quando  $Q_{\text{acumulado}} \leq 3,50 \text{ l/s}$  :

[49] 
$$Q_{\text{calc}} = 0,5469 \cdot Q_{\text{acum}}^{0,5137}$$
 (Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP)

- Curva 2 - Quando  $3,50 < Q_{\text{acumulado}} \leq 25,00 \text{ l/s}$  :

[50] 
$$Q_{\text{calc}} = 0,5226 \cdot Q_{\text{acum}}^{0,5364}$$
 Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP)

- Curva 3 - Quando  $25,00 < Q_{\text{acumulado}} \leq 500,00 \text{ l/s}$  :

[51]

$$Q_{\text{calc}} = 0,2525 \cdot Q_{\text{acum}}^{0,7587}$$

Fonte – Apontamentos  
Hidráulica II, ISEP)

Com base nestas equações, chegou-se aos seguintes resultados:

Troço entrada	Troço saída	Táguas Q/F	MLL 0,15	MLR 0,20	Banc. 0,20	Banh. 0,25	Chuv. 0,15	Bid. 0,10	Aut. 0,10	Lav. 0,10	Tanq. 0,20	Torn. 0,30	Q <sub>acum</sub> l/s
Lav.1	Chuv.1	60					1						0,15
3	Lav.1	60					1			1			0,25
Banh.2	Bid.2	60						1					0,10
Lav.2	Banh.2	60				1		1					0,35
2	Lav.2	60				1		1		1			0,45
2	Lav.3	60									1		0,10
3	2	60				1		1			2		0,55
4	3	60				1	1	1			3		0,80
4	Banc.	60			1								0,20
5	4	60			1	1	1	1			3		1,00
5	Tanq.	60										1	0,20
6	5	60			1	1	1	1		3	1		1,20

Figura 6 – Caudais de cálculo da rede de abastecimento de água quente do edifício em estudo

Troço entrada	Troço saída	Táguas Q/F	MLL 0,15	MLR 0,20	Banc. 0,20	Banh. 0,25	Chuv. 0,15	Bid. 0,10	Aut. 0,10	Lav. 0,10	Tanq. 0,20	Torn. 0,30	Q <sub>acum</sub> l/s
Aut.5	Lav.5	10								1			0,10
Lav.4	Aut.5	10							1	1			0,20
Chuv.4	Lav.4	10							1	2			0,30
TE	Chuv.4	10					1		1	2			0,45
7	TE	10					1		1	2			0,45
8	7	10					1		1	2		1	0,75
MLL	Banc.	10			1								0,20
4	MLL	10	1		1								0,35
4	5	10	1		1								0,35
5	6	10	1		1							1	0,65
5	MLR	10		1									0,20
MLR	Tanq.	10									1		0,20
Bid.2	Aut.2	10							1				0,10
Banh.2	Bid.2	10						1	1				0,20
Lav.2	Banh.2	10				1		1	1				0,45
Lav.3	Aut.3	10							1				0,10
2	Lav.2	10				1		1	1	1			0,55
2	Lav.3	10							1	1			0,20
3	2	10				1		1	2	2			0,75
3	4	10	1	1	1						1	1	1,05
1	3	10	1	1	1	1		1	2	2	1	1	1,80
Aut.1	Chuv.1	10					1						0,15
Lav.1	Aut.1	10					1		1				0,25
1	Lav.1	10					1		1	1			0,35
8	1	10	1	1	1	1	1	1	3	3	1	2	2,45
9	8	10	1	1	1	1	2	1	4	5	1	3	3,20

Figura 7 – Caudais de cálculo da rede de abastecimento de água fria do edifício em estudo

### 2.2.2. Diâmetro da Tubagem

Os diâmetros são determinados em função do caudal de água que as respectivas tubagens têm de assegurar nos diferentes dispositivos de utilização, do seu desenvolvimento, da altura de distribuição, da pressão mínima a assegurar nos dispositivos e da rugosidade do material.

O material utilizado para a rede do edifício em estudo será tubo multicamada constituído por diversos materiais perfeitamente ligados entre si, nomeadamente, PEAD, duas camadas adesivas, alumínio e polietileno (ver Figura 8), cujos diâmetros comerciais se encontram no Quadro 67

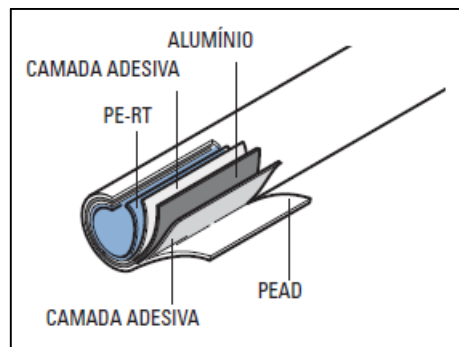


Figura 8 - Tubo multicamada (Fonte – Catálogo Comercial da empresa Termodouro)

Tubo Multicamada		
$\phi_{\text{ext}}$ (mm)	e (mm)	$\phi_{\text{int}}$ (mm)
14	2	10
16	2	12
18	2	14
20	2	16
26	3	20
32	3	26
40	4	32
50	5	41
63	6	51

Quadro 67 – Diâmetros do tubo multicamada (Fonte – Catálogo Comercial da empresa Termodouro)

O cálculo dos diâmetros teve em consideração o limite da velocidade de escoamento,  $(0,50\text{m/s} \leq v \leq 2,00\text{m/s})$  de modo a evitar as incrustações provocadas por velocidades baixas e diminuir os ruídos e fortes golpes de ariete devido a velocidades demasiado elevada.

A velocidade foi calculada em função do caudal de cálculo ( $Q_{\text{calc}}$ ) e da secção da tubagem (S) de acordo com a Equação [52] obtendo-se os resultados descritos as Figuras 9 e 10.

$$[52] \quad V = \frac{Q_{\text{calc}} \cdot 10}{S} \quad \text{Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP}$$

Troço entrada	Troço saída	Táguas Q/F	Q <sub>acum</sub> l/s	nº apar.	Q <sub>calc</sub> l/s	ø <sub>ext</sub> mm	ø <sub>int</sub> mm	U m/s	Verif.U m/s
Aut.5	Lav.5	10	0,10	1,0	0,1	16	12,0	0,9	OK!
Lav.4	Aut.5	10	0,20	2,0	0,2	20	16,0	1,0	OK!
Chuv.4	Lav.4	10	0,30	3,0	0,3	20	16,0	1,7	OK!
TE	Chuv.4	10	0,45	4,0	0,4	26	20,0	1,3	OK!
7	TE	10	0,45	4,0	0,4	26	20,0	1,3	OK!
8	7	10	0,75	5,0	0,5	26	20,0	1,7	OK!
MLL	Banc.	10	0,20	1,0	0,2	20	16,0	1,0	OK!
4	MLL	10	0,35	2,0	0,4	26	20,0	1,1	OK!
4	5	10	0,35	2,0	0,4	26	20,0	1,1	OK!
5	6	10	0,65	3,0	0,5	26	20,0	1,6	OK!
5	MLR	10	0,20	1,0	0,2	20	16,0	1,0	OK!
MLR	Tanq.	10	0,20	1,0	0,2	20	16,0	1,0	OK!
Bid.2	Aut.2	10	0,10	1,0	0,1	16	12,0	0,9	OK!
Banh.2	Bid.2	10	0,20	2,0	0,2	20	16,0	1,0	OK!
Lav.2	Banh.2	10	0,45	3,0	0,4	26	20,0	1,3	OK!
Lav.3	Aut.3	10	0,10	1,0	0,1	16	12,0	0,9	OK!
2	Lav.2	10	0,55	4,0	0,5	26	20,0	1,4	OK!
2	Lav.3	10	0,20	2,0	0,2	20	16,0	1,0	OK!
3	2	10	0,75	6,0	0,5	26	20,0	1,7	OK!
3	4	10	1,05	5,0	0,6	26	20,0	2,0	OK!
1	3	10	1,80	11,0	0,8	32	26,0	1,5	OK!
Aut.1	Chuv.1	10	0,15	1,0	0,2	20	16,0	0,7	OK!
Lav.1	Aut.1	10	0,25	2,0	0,3	20	16,0	1,2	OK!
1	Lav.1	10	0,35	3,0	0,4	26	20,0	1,2	OK!
8	1	10	2,45	15,0	0,9	50	41,0	0,7	OK!
9	8	10	3,20	20,0	1,1	50	41,0	0,8	OK!

Figura 9 – Diâmetros adoptados para a tubagem de água fria

Troço entrada	Troço saída	Táguia Q/F	Q <sub>acum</sub> l/s	n <sup>o</sup> apar.	Q <sub>calc</sub> l/s	ø <sub>ext</sub> mm	ø <sub>int</sub> mm	U m/s	Verif.U m/s
Lav.1	Chuv.1	60	0,15	1,0	0,2	20	16,0	0,7	OK!
3	Lav.1	60	0,25	2,0	0,3	20	16,0	1,2	OK!
Banh.2	Bid.2	60	0,10	1,0	0,1	16	12,0	0,9	OK!
Lav.2	Banh.2	60	0,35	2,0	0,4	26	20,0	1,1	OK!
2	Lav.2	60	0,45	3,0	0,4	26	20,0	1,3	OK!
2	Lav.3	60	0,10	1,0	0,1	16	12,0	0,9	OK!
3	2	60	0,55	4,0	0,5	26	20,0	1,4	OK!
4	3	60	0,80	6,0	0,5	26	20,0	1,7	OK!
4	Banc.	60	0,20	1,0	0,2	20	16,0	1,0	OK!
5	4	60	1,00	7,0	0,6	26	20,0	1,9	OK!
5	Tanq.	60	0,20	1,0	0,2	20	16,0	1,0	OK!
6	5	60	1,20	8,0	0,7	32	26,0	1,2	OK!

Figura 10 – Diâmetros adoptados para a tubagem de água quente

### 2.2.3. Perdas de Carga

Um aspecto importante a ter em conta no dimensionamento da tubagem é a perda de carga existente ao longo do percurso que não é mais do que uma perda de pressão.

Para efeitos de dimensionamento, as perdas de carga totais foram determinadas pelas equações:

[53]

$$J = 1,2 \cdot j \cdot L$$

Fonte – Apontamentos  
Hidráulica II, ISEP

[54]

$$j = \frac{10,643 \cdot c^{-1,85} \cdot Q_{calc}^{1,85}}{\phi_{int}^{4,87}}$$

Fonte – Apontamentos  
Hidráulica II, ISEP

Sendo:

J – Perda de carga total (m.c.a.);

j – Perda de carga contínua (m.c.a./m);

c – constante de Hazen Williams (para multicamada c = 145 );

L – comprimento do trecho (m);

A perda de carga total corresponde não só à perda de carga contínua mas também à localizada, contudo, por uma questão de simplificação de cálculo é admissível considerar as perdas de carga localizadas equivalentes a 20% da perda de carga contínua.

#### **2.2.4. Pressão de Serviço**

De acordo com o disposto no ponto 2 do Art.º87 do DR 23/95, a pressão de serviço nos dispositivos de utilização deverá situar-se entre 50kPa e 600kPa, sendo no entanto recomendável por razões de durabilidade dos materiais e de conforto, pressões na ordem dos 150kPa a 300kPa.

No Anexo III encontram-se os resultados do dimensionamento da rede de abastecimento de água sob a forma de uma tabela de cálculo na qual constam as condições de abastecimento a fornecer pela rede pública a montante do contador.

### 3. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

#### 3.1. Descrição Geral da Rede

A rede projectada refere-se à rede de esgoto de todas as peças previstas no projecto, utilizando-se para o efeito um sistema unitário de águas negras e de águas de sabão.

Trata-se, portanto, de um sistema de quedas conjunto, onde o ramal de descarga do esgoto da sanita e o das restantes peças descarregam ambos na mesma caixa de inspecção.

Os esgotos provenientes dos balneários e moradia serão conduzidos para uma rede horizontal enterrada ao nível do piso 1, com caixas de inspecção estrategicamente colocadas, de modo a se efectuar a desobstrução da rede sempre que necessário.

Da rede enterrada, os esgotos serão encaminhados para uma câmara de inspecção de fundo roto e desta para o tubo de queda que desaguará numa câmara de inspecção localizada sob o alpendre ao nível do piso 0. Esta câmara recolherá o saneamento proveniente da lavandaria que, posteriormente será encaminhado para uma câmara de ramal de ligação existente que procederá à ligação ao colector público municipal. É de salientar que todos os inícios da rede de saneamento são ventilados através de um tubo de queda que se eleva 0,50m acima da cobertura.

Toda a rede de esgotos será executada em PVC rígido para a pressão nominal de 6Kg/cm<sup>2</sup> e em todos os trechos da canalização foi considerado que o escoamento se realizaria a meia secção.

### 3.2. Dimensionamento da Rede

#### 3.2.1. Caudais de Cálculo

Os caudais de cálculo deverão ser obtidos em função do somatório dos caudais de descarga atribuídos aos aparelhos sanitários que confluem para a tubagem a dimensionar, afectados de um coeficiente de simultaneidade.

Quando os caudais de descarga dos aparelhos sanitários não são fornecidos pelos respectivos fabricantes, em projecto deverão considerar os valores expressos no Quadro 68.

<b>Aparelhos Sanitários</b>	<b>Caudal de Descarga (l/min)</b>
Lavatório individual	30
Bidé	30
Banheira	60
Chuveiro individual	30
Autoclismo de bacia de retrete	90
Pia lava-loiça	30
Máquina de lavar loiça	60
Máquina de lavar roupa	60
Tanque	60
Torneira (boca de lavagem)	30

**Quadro 68 – Caudais de descarga dos aparelhos sanitários (Fonte – DR 23/95, Anexo XIV)**

#### 3.2.2. Ramais de Descarga

Os ramais de descarga são responsáveis pelo transporte das águas residuais dos aparelhos sanitários para o tubo de queda ou colector predial. O diâmetro destes elementos tem de ser igual ou superior aos diâmetros dos sifões.

No Quadro 69 apresentam-se os valores mínimos a considerar e para os diâmetros dos ramais de descarga individuais dos aparelhos sanitários.

<b>Aparelho</b>	<b>Diâmetro mínimo do ramal individual (mm)</b>
Bacia de Retre	90
Banheira	
Bidé	40
Chuveiro	
Lavatório	
Máquina de lavar loiça	
Máquina de lavar roupa	
Tanque de lavar roupa	50
Urinol suspenso	
Lava loiça	
Urinol de espaldar	75

**Quadro 69 – Diâmetros mínimos dos ramais de descarga individuais (Fonte – DR 23/95, Anexo XIV)**

De acordo com o disposto no Art.º222 do DR 23/95, a inclinação destes elementos terá de estar compreendida entre 10 e 40 mm/m.

### **3.2.3. Tubos de queda**

Os tubos de queda têm como função receber a descarga dos pisos mais elevados e drená-la para o colector predial.

No projecto em estudo está previsto apenas um tubo de queda de diâmetro  $\varnothing 110\text{mm}$  que será colocado no interior de uma courete, junto da parede.

A determinação do diâmetro depende do caudal de cálculo e da taxa de ocupação e obtém-se pela seguinte equação:

$$[55] \quad D_q = 4,4205 \cdot Q_{\text{calc}}^{3/8} \cdot t_s^{-5/8} \quad (\text{Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP})$$

Sendo  $t_s$  a taxa de ocupação e cujos valores constam no Quadro 70.

<b>Diâmetro do tubo de queda (mm)</b>	<b>Taxa de ocupação ts</b>
$D_q = 50$	1/3
$50 < D_q \leq 75$	1/4
$75 < D_q \leq 100$	1/5
$100 < D_q \leq 125$	1/6
$D_q > 125$	1/7

**Quadro 70 – Taxa de ocupação (Fonte – DR 23/95, Anexo XVII – adaptado pela autora)**

Por sua vez, o caudal de cálculo é avaliado em função dos caudais de descarga dos diversos aparelhos sanitários (ver Quadro 71).

<b>Aparelhos sanitários</b>	<b>Caudal de Descarga (l/min)</b>
Lavatório individual	30
Bidé	30
Banheira	60
Chuveiro individual	30
Autoclismo de bacia de retrete	90
Pia lava-loiça	30
Máquina de lavar loiça	60
Máquina de lavar roupa	60
Tanque	60
Torneira (boca de lavagem)	30

**Quadro 71 – Caudais de descarga dos aparelhos sanitários (Fonte – DR 23/95, Anexo XIV)**

Tendo em conta que o caudal acumulado corresponde ao somatório dos caudais de descarga de cada aparelho, o caudal de cálculo determina-se pela seguinte Equação:

$$[56] \quad Q_{\text{calc}} = 7,3497 \cdot Q_{\text{acum}}^{0,5353} \quad (\text{Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP})$$

No Quadro 72 estão disponibilizados os diâmetros comerciais e respectivos caudais para as diferentes taxas de ocupação. Os caudais foram determinados considerando que o escoamento se processa a meia secção a partir da fórmula de Manning Strickler:

$$Q \geq Q_{\text{calc}}$$

[57]

$$Q = k \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

(Fonte – Apontamento  
Hidráulica II, ISEP)

Sendo:

k – Rugosidade do material da tubagem (para PVC  $m^{1/3}/s$ );

A – secção da tubagem ocupada pelo fluído ( $m^2$ );

$R_h$  – Raio hidráulico (m);

i – Inclinação

$\varnothing_{\text{int}}$	Caudais (l/mim)				
	Taxa de Ocupação (ts)				
	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7
50	81	50	34	25	20
75	259	160	111	82	63
90	433	268	185	136	106
110	749	464	320	236	182
125	1055	653	450	332	257
140	1429	885	610	450	348
160	2039	1262	870	642	497
200	3704	2293	1581	1167	902
250	6728	4165	2872	2119	1639

**Quadro 72 – Diâmetros comerciais e respectivos caudais dos tubos de queda**

Na Figura [11] encontra-se a síntese do tubo de queda do edifício em estudo, contudo, no Anexo III, encontra-se a disponível a folha de cálculo.

Tubo de Queda	Q acum. l/min	Q calc. l/min	T <sub>s</sub>	ø cálc. mm	ø com. mm
TQ1	750	253,2	0,17	108	110

Figura 11 – Dimensionamento do tubo de queda TQ1 da rede de drenagem de águas residuais do edifício em estudo

### 3.2.4. Colectores prediais

Os colectores prediais destinam-se a receber as águas residuais dos tubos de queda e dos ramais de descarga e transportá-las, para jusante, até ao colector público.

Os diâmetros previstos no projecto para estes elementos são  $\phi 110\text{mm}$  e  $\phi 125\text{mm}$  e encontram-se identificados nas peças desenhadas do Anexo III, quanto às inclinações, estas variam entre os 10 mm/m e 40mm/m

O dimensionamento dos colectores foi efectuado de forma análoga aos tubos de queda à excepção da determinação dos diâmetros que teve como base o Quadro 73. Na Figura 12 encontra-se uma síntese do dimensionamento destes elementos contudo, no Anexo III está disposta a folha de cálculo.

$\phi_{\text{ext}}$	$\phi_{\text{int}}$	Caudais (l/min)			
		Inclinação			
		1%	2%	3%	4%
110	105	276	390	478	552
125	120	389	550	673	777
140	134	527	745	912	1053
160	153	751	1063	1301	1503
200	191	1365	1931	2365	2730
250	239	2479	3506	4294	4959
315	302	4598	6503	7965	9179

Quadro 73 - Diâmetros comerciais dos colectores prediais (Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP)

Colectores	Q Acum. (l/min)	Q Cálculo (l/min)	Ø Cálculo (mm)	Ø 1/2 secção (mm)	K (m/s <sup>1/3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	R (m)	i (%)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (l/min)	Conclusão
CO1	180	119	69,03	110	120	0,00475	0,0275	1%	0,00519	311,70	OK!
CO2	390	179	92,25	110	120	0,00475	0,0275	1%	0,00519	311,70	OK!
CO3	600	225	108,43	110	120	0,00475	0,0275	1%	0,00519	311,70	OK!
CO4	150	108	64,47	110	120	0,00475	0,0275	1%	0,00519	311,70	OK!
CO5	750	253	117,89	125	120	0,00614	0,03125	1%	0,00731	438,31	OK!
CO6	90	82	53,23	110	120	0,00475	0,0275	1%	0,00519	311,70	OK!
CO7	840	269	123,01	125	120	0,00614	0,03125	1%	0,00731	438,31	OK!

Figura 12 – Dimensionamento dos colectores prediais da rede de drenagem de águas residuais do edifício em estudo



## 4. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

### 4.1. Descrição Geral da Rede

Na cobertura do edifício a ampliar, a drenagem será efectuada por caleiras periféricas que conduzem a água até aos tubos de queda. Estes efectuam a descarga directamente para o terraço onde estão previstos, ao nível do piso 1 e no fim da escada de acesso deste ao alpendre, canais de drenagem com grelhas que irão desaguar na rede enterrada ao nível do piso 0.

A drenagem de cobertura do edifício existente, por decisão Arquitectónica, será efectuada através de beirais desprovidos de caleiras. Desta forma a drenagem das águas pluviais consistirá no escoamento livre da água para o terraço.

A drenagem dos balneários e piscina será efectuada através de uma câmara de inspecção com grelha, instalada no compartimento destinado ao equipamento técnico da piscina, que irá descarregar numa rede de drenagem a executar no terreno, conforme as peças desenhadas no Anexo III.

Toda a rede será em PVC rígido para a classe de  $6\text{Kg}/\text{cm}^2$  e em todos os trechos das canalizações foi considerado que o escoamento se realizaria a secção cheia.

### 4.2. Dimensionamento da Rede

#### 4.2.1. Caudais de cálculo

Os caudais de cálculo deverão ser obtidos através das Curva de Intensidade – Duração – Frequência (IDF), que fornecem os valores das médias das intensidades máximas de precipitação, para as diferentes regiões pluviométricas (ver Figura [13]), adoptando para o

feito um período de retorno mínimo de 5 anos, para uma duração de precipitação de 5 minutos.

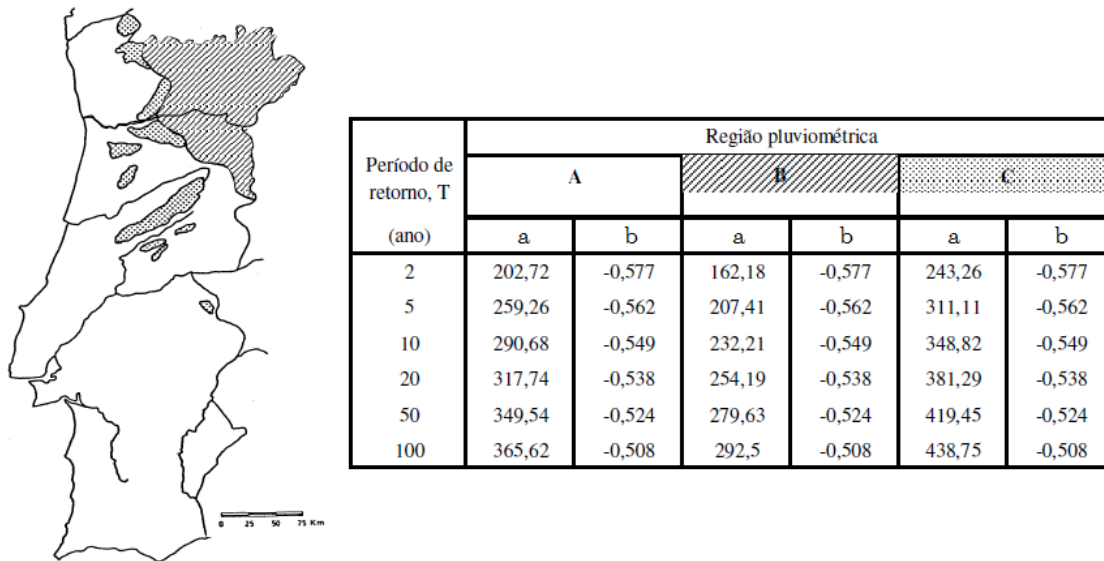


Figura 13 – Regiões pluviométricas e parâmetros das Curvas IDF (Fonte – DR 23/95, Anexo IX)

[58]  $Q = C \times I \times A$  (Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP)

[59]  $I = a \cdot t^b$  (Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP)

Sendo:

Q – Caudal de Cálculo (l/min);

C – Coeficiente de Escoamento (para coberturas e terraços C=1);

A – Área a drenar em projecção horizontal (m<sup>2</sup>);

I – Intensidade de Precipitação (l/min.m<sup>2</sup>);

t – duração da precipitação (min);

a e b – coeficientes que constam na tabela da Figura 15 e que variam em função das regiões pluviométricas e do período de retorno.

Na Figura [14] está representado o cálculo da Intensidade de Precipitação para o concelho onde se localiza o edifício em estudo, Ponte de Lima

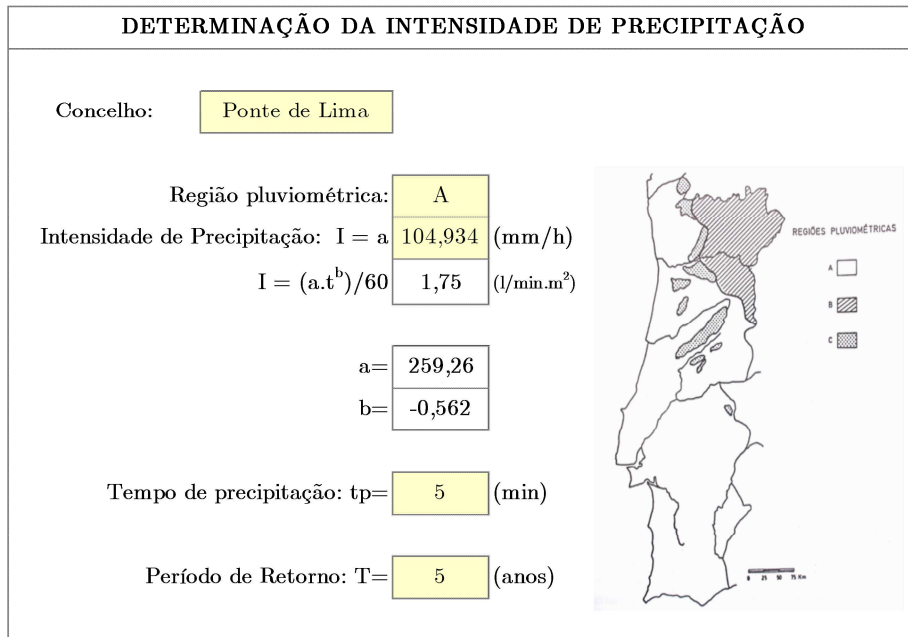


Figura 14 – Intensidade de precipitação para o concelho do edifício em estudo

#### 4.2.2. Caleiras

As caleiras têm por finalidade a recolha e condução das águas pluviais aos tubos de queda. A secção destes elementos pode ser semi-circular ou semi-rectangular, contudo, para o projecto em estudo foram previstas caleiras de secção semi-rectangular (ver Figura [17]).

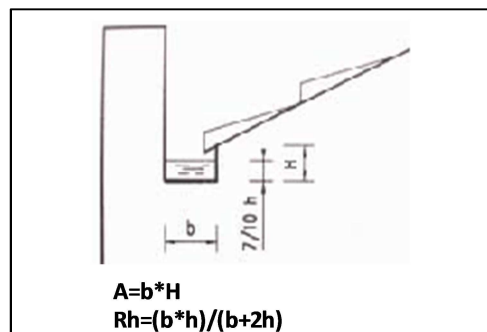


Figura 15 – Caleira de secção semi-rectangular

Quanto à inclinação, a legislação prevê que uma oscilação entre 2mm/m e 15mm/m mas o recomendável será adoptar valores entre 5mm/m e 10 mm/m, optando-se neste projecto pela inclinação 5mm/m.

O dimensionamento destes elementos encontra-se descrito, de forma pormenorizada, no Anexo III, contudo, na Figura [16] está sintetizado o dimensionamento das caleiras do edifício em estudo.

DIMENSIONAMENTO DE CALEIRAS							
EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO							
Caleira	Área	Inclinação	Quadro I	Caleira de semi-secção quadrangular			
	A (m <sup>2</sup> )	i (%)	Secção (cm <sup>2</sup> )	R <sub>h</sub> (mm)	b (mm)	H (mm)	h (mm)
1	19,09	0,5	23	10,31	200,00	11,50	8,05
2	14,44	0,5	23	10,31	200,00	11,50	8,05
3	21,21	0,5	32	13,79	200,00	16,00	11,2
4	14,44	0,5	23	10,31	200,00	11,50	8,05
5	3,5	0,5	23	10,31	200,00	11,50	8,05

Figura 16 – Dimensionamento das caleiras do edifício em estudo

#### 4.2.3. Tubos de Queda

Os tubos de queda têm como função conduzir as águas pluviais dos pisos mais elevados para os pisos inferiores.

O dimensionamento destes elementos depende essencialmente do caudal de cálculo ( $Q_{calc}$ ) e da altura da lâmina líquida (H) (ver Equação [60]).

$$D = \frac{Q_{calc} - 0,02638 \cdot \beta \cdot H^{5/2}}{0,02638 \cdot \alpha \cdot H^{3/2}} \quad \text{Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP}$$

Sendo:

$$\alpha = 0,445 \text{ (entrada de caudal no tubo de queda com aresta viva)}$$

$$\beta = 0,350$$

Na Figura [17] encontram-se as soluções adoptada para os tubos de queda do edifício em estudo, as quais tiveram como base os diâmetros comerciais descritos no Quadro 74.

$\varnothing_{ext}$ (mm)	$\varnothing_{int}$ (mm)	Caudais (l/min)										
		Altura										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
50	46	20	65	135	231	356						
75	71	30	92	184	307	462	650	873				
90	86	35	108	214	352	525	733	978	1260	1583		
110	105	43	129	252	411	607	841	1114	1427	1782	2179	
125	120	48	144	280	455	668	921	1215	1550	1929	2351	
140	134	54	160	308	498	729	1001	1316	1673	2075	2523	

**Quadro 74 - Diâmetros comerciais dos tubos de queda da rede de drenagem de entrada com aresta viva (Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP)**

DIMENSIONAMENTO DE TUBOS DE QUEDA							
<b>Entrada no tubo de queda:</b>			Tipo de Terreno <b>C</b>				
Entrada com aresta viva no tubo de queda	x		Terraços 1,0				
Entrada cónica no tubo de queda			± Permeável 0,7				
			+Permeável 0,3				
<b>Intensidade de Precipitação</b>	<b>1,75 l/min.m<sup>2</sup></b>						
EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO							
Tubos queda	Área (m <sup>2</sup> )	C	Q <sub>calc</sub> (l/min)	H (mm)	ø <sub>calc</sub> (mm)	ø <sub>com</sub> (mm)	ø <sub>esc</sub> (mm)
<b>TQ1</b>	19,09	1,0	33	20	15,8	50	50
<b>TQ2</b>	14,44	1,0	25	20	8,2	50	50
<b>TQ3</b>	21,21	1,0	37	20	19,3	50	50
<b>TQ4</b>	14,44	1,0	25	20	8,2	50	50
<b>TQ5</b>	3,50	1,0	6	20	-9,7	50	50
<b>TQ6</b>	84,10	1,0	212	30	84,7	90	90

**Figura 17 – Dimensionamento dos tubos de queda da rede de drenagem de águas pluviais do edifício em estudo**

O material adoptado para os tubos de queda foi o PVC e, no Anexo III, constam as folhas de cálculo utilizadas para o seu dimensionamento e respectivas soluções adoptadas.

#### 4.2.4. Colectores Prediais

O caudal de cálculo de cada colector corresponde ao somatório dos caudais dos tubos de queda que nele confluem pelo que, o seu cálculo já fora explicado na secção anterior.

O diâmetro destes elementos depende do caudal de cálculo ( $Q_{calc}$ ), da rugosidade da tubagem ( $k$ ), que para o material PVC assume o valor  $120m^{1/3}/s$ , e da sua inclinação ( $i$ ) (ver Equação [61]). É de salientar que o diâmetro mínimo admitido para os colectores é 100mm, segundo o disposto no Art.º247 do DR 23/95:

$$[61] \quad D = \frac{Q_{calc}^{3/8}}{k^{3/8} \cdot i^{3/16} \cdot 0,6495} \quad \text{Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP}$$

A adopção dos diâmetros comerciais teve como base no Quadro 75 cujos caudais foram calculados tendo em conta que o escoamento se processa a secção cheia.

$\varnothing_{ext}$	$\varnothing_{int}$	Caudais (l/min)			
		1%	2%	3%	4%
110	105	552	781	956	1104
125	120	777	1100	1347	1555
140	134	1053	1489	1824	2106
160	153	1503	2125	2603	3006
200	191	2730	3861	4729	5461
250	329	4950	7013	8589	9918
315	302	9197	13006	15929	18394

**Quadro 75 – Diâmetros Comerciais dos Colectores Prediais (Fonte – Apontamentos Hidráulica II, ISEP)**

Na Figura [18] encontra-se uma síntese do dimensionamento dos colectores prediais, contudo no Anexo III constam as folhas de cálculo utilizados para o efeito.

Colectores	$Q_{tq}$ (l/min)	K ( $m^{1/3}/s$ )	i (%)	$\varnothing_{calc}$ (mm)	$\varnothing_{com}$ (mm)
C1	43	120	1,0	40,43	110
C2	608	120	2,0	95,70	110
C3	725	120	4,0	89,75	110
C4	725	120	4,0	89,75	110
C5	50	120	1,0	42,70	110
C6	50	120	4,0	32,93	110
C7	50	120	4,0	32,93	110

Figura 18 – dimensionamento dos colectores prediais da rede de drenagem de águas pluviais do edifício em estudo



## CONCLUSÃO

Em primeiro lugar é de referir que o principal objectivo deste trabalho foi cumprido ao percorrer as principais fases que compõe os projectos de estruturas, de comportamento térmico, de abastecimento de água e drenagem de águas pluviais e residuais.

O projecto de estruturas iniciou-se com a análise global do edifício e sua envolvente, estudando-se, pormenorizadamente, o projecto de arquitectura de forma a se definir os elementos estruturais. De facto, esta análise inicial seguida de um pré-dimensionamento é de elevada importância uma vez que permite obter uma ideia razoável das dimensões iniciais necessárias aos elementos estruturais. No entanto, a profundidade dessa análise deve ser bem cuidada para não se desperdiçar demasiado tempo com cálculos que podem devolver resultados incorrectos. Deve assim ser pesado o rigor do cálculo do pré-dimensionamento com a fiabilidade dos resultados a obter. Posto isto, destaca-se a clara relevância da utilização de modelos tridimensionais no projecto de estruturas de forma a se alcançarem os valores o mais correcto possível.

Comparando os valores do pré-dimensionamento com os valores obtidos do modelo conclui-se que ao nível dos pilares e das vigas existiram pequenas diferenças. Inicialmente consideraram-se pilares com secção 0,20mx0,20m, contudo o modelo validou a solução 0,20mx0,40m. Nas vigas, a largura estava condicionada à dimensão das paredes exteriores e a altura inicialmente adoptada (0,40m) teve de ser aumentada em 5 cm de forma a se verificar todas as condições de segurança

Quanto às lajes aligeiradas pode-se concluir que foram, de certa forma, sobredimensionadas uma vez que se fixou a altura da camada de compressão em 5cm para

dificultar a deformada destes elementos. Assim, em todas as lajes aligeiradas adoptaram-se alturas superiores aos valores mínimos aceitáveis.

No piso de habitação do edifício existente optou-se pela solução laje maciça (Lm.1.1) ao invés da laje aligeirada dada a sua configuração contemplar aberturas de dimensões significativas, contudo, a solução mais económica passaria, de facto, pela adopção de uma laje aligeira.

O projecto do comportamento térmico do edifício iniciou-se com a compilação e revisão da informação pertinente à projecção térmica em edifícios, com vista à verificação dos requisitos mínimos presentes no RCCTE. Trata-se de um Regulamento extenso e complexo susceptível, principalmente, a erros de interpretação.

Findo o projecto desta especialidade, a principal conclusão que se retira consiste no elevado peso que as necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias ( $N_{ac}$ ) apresentam nas equações referentes às necessidades globais anuais nominais de energia primárias ( $N_{tc}$ ) e seu valor máximo admissível ( $N_t$ ).

Pela equação [40] verifica-se que as necessidades nominais de energia útil de aquecimento ( $N_{ic}$ ) e de arrefecimento ( $N_{vc}$ ) apresentam uma ponderação dez vezes inferior às  $N_{ac}$ , permitindo que pequenas alterações na modelação do parâmetro em causa tenham um impacte considerável no cálculo final de  $N_{tc}$ . O mesmo ocorre na equação 35 em que o cálculo de  $N_t$  é influenciado pela baixa ponderação de  $N_i$  e  $N_v$  relativamente a  $N_a$ . Esta ponderação revela-se deveras injusta perante a complexidade que envolve a quantificação das necessidades nominais de energia útil de aquecimento e arrefecimento.

Outra conclusão que se retira prende-se com as soluções construtivas adoptadas, principalmente ao nível da inércia térmica interior, que poderia ser melhorada se se optasse por outra distribuição do isolamento térmico, e ao nível da laje térrea. Como o RCCTE

não considera a existência de requisitos térmicos de pavimentos em contacto com o solo, a solução para minimizar as perdas de calor por estes elementos passaria por prever, sempre que fosse viável, vazios sanitários passando assim os pavimentos a serem tratados como elementos horizontais em contacto com espaços não úteis. Contudo, esta solução não foi adoptada e as perdas de calor através dos pavimentos em contacto com o solo representam a maior percentagem nas perdas associadas à envolvente exterior.

Relativamente ao projecto das redes prediais, o principal objectivo foi dimensionar as diversas redes de forma a que as soluções adoptados fossem funcionais e compatíveis com as restantes especialidades, principalmente ao nível estrutural.

É de salientar que o circuito hidráulico da piscina não é abordado no projecto de drenagem de águas pluviais optando o dono da obra entregar, por questões práticas, o seu dimensionamento à empresa encarregue pela instalação da piscina.

Apesar de o dimensionamento das redes prediais envolver uma menor complexidade relativamente ao projecto estrutural e de comportamento térmico, as maiores dúvidas surgiram nesta especialidade, fruto, talvez, de uma abordagem menos intensa desta área ao longo do curso de Engenharia Civil.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camposinhos, R. S. & Neves, A. S. (2005). *Lajes Aligeiradas com Vigotas Pré-Tensionadas*. FEUP edições;
- Reis, A. C., Farinha, M. B., Farinha, J. B. (2007). *Tabelas Técnicas*. Edições Técnicas E.T.L.,L.<sup>da</sup>. Lisboa
- Santos, C., Uva, J., Almeida, J. (2002). *Caracterização Espacial da Produtividade do Pinheiro-bravo em Portugal*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa;
- Pina dos Santos, C. A., Matias, L. (2006). *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. Laboratório Nacional de Engenharia. Lisboa;
- Pedroso, V. (2006). *LNEC ITE 31 – Regras de Dimensionamento dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais Domésticas e Pluviais*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa.
- R.S.A. – *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes*. Porto Editora (1983);
- R.E.B.A.P. – *Regulamento de Estruturas de betão Armado e Pré-Esforçado*. Porto Editora (1983);
- NP EN 206-1:2007 – *Betão. Parte 1: Especificações, desempenho, produção e conformidade*. Instituto Português da Qualidade (2007);

LNEC E 464-2007 – *Betões. Metodologia prescritiva para uma vida útil de projecto de 50 a 100 anos face às acções ambientais*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa (2007);

EN 1992-1-1:2004. *EUROCÓDIGO 2: Projecto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios*. CEN, Bruxelas (2004);

EN 1997-1-1:2004. *EUROCÓDIGO 7: Projecto geotécnico – Parte 1-1: Regras Gerais*. CEN, Bruxelas (2004);

EN 1995-1-1:2004. *EUROCÓDIGO 5: Projecto de estruturas de madeira – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios*. CEN, Bruxelas (2004);

NP EN 338:2003 – *Madeira para Estruturas – Classes de Resistência*. Instituto Português da Qualidade (2003).

NP EN 1912:2000 – *Madeira para Estruturas. Classes de Resistência. Atribuições de Classes de Qualidade e Espécies*. Instituto Português da Qualidade (2003);

Decreto-Lei n.º80/2006, de 4 de Abril de 2006. *RCCTE: Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*.

Decreto-Lei n.º79/2006, de 4 de Abril de 2006. *S.C.E.: Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*,

Decreto Regulamentar n.º23/95, de 23 de Agosto de 1995. *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais*.

Santos, R. G. *Apontamentos de Estruturas dos Edifício*. ISEP;

Cascaes, M. E. *Hidráulica II*. ISEP.

## ANEXO I – PROJECTO DE ESTRUTURAS

**AMPLIAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR**

# PEÇAS ESCRITAS

---

Projecto de Estruturas

**OUTUBRO 2012**

## 1. Âmbito

A presente memória descreve as soluções estruturais desenvolvidas no projecto das obras de ampliação e reconstrução de um edifício de habitação unifamiliar sito no Lugar da Forcada, freguesia da Facha, Conselho de Ponte de Lima.

Fazem parte integrante deste documento as folhas de cálculo que se anexam.



**Figura 1 – Fotografia do lote a intervir – (Fonte – Sapo Mapas)**

## 2. Descrição Geral da Estrutura

O edifício em questão será implantado num terreno amplo e em área de características urbanísticas similares à sua natureza construtiva. Será constituído por dois pisos, um inferior para o alpendre e um elevado com as restantes divisões, considerando-se como estrutura resistente o sistema constituído pelas lajes, vigas, pilares, muros de suporte e fundações. Na zona superior traseira está prevista a construção de uma piscina e respectivos balneários.

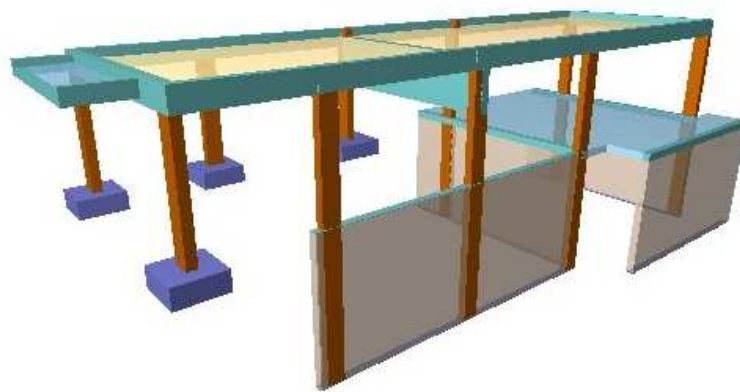
Existe ainda um edifício antigo a reabilitar e que será integrado na nova construção, aproveitando-se apenas as paredes em alvenaria de pedra.

Como o terreno é desnivelado, o alpendre ficará parcialmente enterrado existindo muros de suporte para a contenção das terras.

As escadas que realizam a comunicação vertical entre os pisos serão maciças em betão armado.

O projecto de estruturas segue, na globalidade, as orientações definidas na arquitectura com optimização das secções dos elementos estruturais.

Os critérios que presidiram ao dimensionamento prendem-se com a segurança, economia, durabilidade e boa integração nos espaços.



**Figura 2 – Perspectiva do modelo global do edifício a construir**

### **3. Fundações e Estruturas**

Na generalidade, as estruturas resistentes são executadas recorrendo a processos tradicionais, não apresentando cuidados especiais para além dos usuais neste tipo de estrutura.

Na fase de concepção estrutural do novo edifício, procurou-se, respeitando o conceito de base arquitectónico, transmitir as acções verticais ou gravíticas, resultados das acções permanentes e sobrecargas previstas, assim como as acções horizontais, resultantes da actuação do terreno, vento ou sismo, da forma mais eficaz possível.

### **3.1. Fundações directas**

Optou-se por fundações por sapatas apoiadas directamente no terreno de fundação.

Foi admitida a seguinte tensão admissível para o solo de fundação:

$$\sigma_{adm} = 200 \text{ kPa}$$

Caso se verifique que o solo não possua a resistência considerada deverão ser executados poços de fundação em betão C12/15 com as dimensões das sapatas que neles apoiam, até uma profundidade que garanta a tensão considerada no projecto.

### **3.2. Zonas em cave ou parcialmente enterradas – Muros de Suporte**

Nas zonas em cave ou parcialmente limitadas por paredes de betão armado encostadas ao terreno, serão adoptados os sistemas de drenagem exterior periférica e impermeabilização por telas coladas e protegidas por terreno convenientemente compactado.

Para os terrenos no tardo de muros de suporte, será feita uma selecção dos terrenos escavados. Reveste-se de particular importância a garantia da qualidade da compactação das camadas da sub-base das lajes térreas.

Todos os muros deverão ser drenados pelo tardo.

### **3.3. Piso térreo**

A laje do pavimento térreo com 0,15m de espessura e em betão levemente armado com uma malha de varões electrossoldados, será betonada sobre um duplo filme de impermeabilização em polietileno de 400 $\mu$ m (devidamente sobreposto e sem furos), uma camada de sub-base em brita 25/30 com 0,15m de espessura devidamente compactada e manta geotêxtil.

Para uma questão de segurança e protecção de águas superficiais, previu-se a drenagem das lajes térreas.

### **3.4. Pilares**

Os pilares serão em betão armado sendo que a sua implantação teve em consideração o projecto de arquitectura, por forma a não interferir com a utilização e estética dos espaços. Todos os pilares foram dimensionados de forma a verificarem a segurança em relação aos estados limites regulamentares.

Os resultados de cálculo encontram-se anexados a este documento.

### **3.5. Vigas**

As vigas têm dimensões diversas de forma a se inserirem nos pormenores de fachada definidos no projecto de Arquitectura e a verificarem a segurança aos estados limites regulamentares.

Estes elementos serão em betão armado e os resultados de cálculo encontram-se anexados a este documento.

### **3.6. Lajes**

No âmbito da integração da estrutura no projecto de arquitectura sem prejuízo do mesmo foi necessário optar por dois tipos de soluções para as lajes de pavimento: lajes aligeiradas e lajes maciças. Por questões económicas e estéticas, as soluções foram estudadas culminando no que se pensa ser o melhor compromisso entre o funcionamento estrutural e economia.

#### **3.6.1. Lajes aligeiradas**

A grande maioria das lajes são aligeiradas, adequadas aos vãos a vencer e às acções a que estão sujeitas.

Estas lajes, realizadas por vigotas pré-esforçadas e blocos de aligeiramento, apresentam espessuras máximas de 25 cm, encontrando-se não só no pavimento como na cobertura.

Todas as lajes foram dimensionadas de forma a verificarem a segurança em relação aos Estados Limites Últimos, tendo-se em conta os esforços de corte e flexão. Verificou-se também o comportamento em serviço (Estados Limites de Utilização – Fendilhação e Deformação), de modo a não existirem flechas e consequentes fendilhações que perturbem o bom funcionamento e o aspecto visual da estrutura e das paredes divisórias.

### **3.6.2. Lajes maciças**

As lajes maciças têm geometria e armaduras adequadas aos vãos a vencer e às acções a que estão sujeitas.

Todas as lajes foram dimensionadas de forma a verificarem a segurança, de forma análoga às lajes aligeiradas.

As armaduras para momentos flectores foram calculadas de acordo com os diagramas de esforços que se anexam a este documento, gerados por um software de análise e dimensionamento automático.

### **3.6.3. Lajes de escadas**

De modo a criar uma comunicação entre os pisos, foram introduzidas escadas em betão armado, com espessura da laje igual a 0,15m.

A escada exterior que faz a ligação do alpendre ao primeiro piso funcionará em consola, com os degraus encastrados no muro de suporte.

A escada, também exterior, que faz a ligação à piscina apoia-se na laje do piso superior e num lintel de fundação.

As armaduras para os momentos flectores foram calculadas de acordo com os diagramas de esforços e que estão anexados a este documento, gerados por um software de análise e dimensionamento automático.

As restantes escadas são térreas, remetendo-se o pormenor construtivo ao projecto de Arquitectura.

### 3.7. Estruturas de madeira

As soluções adoptadas para os novos telhados e piso no edifício a reabilitar serão estruturas em madeira de pinho bravo nacional, da classe de resistência C18, de acordo com a NP EN 1912.

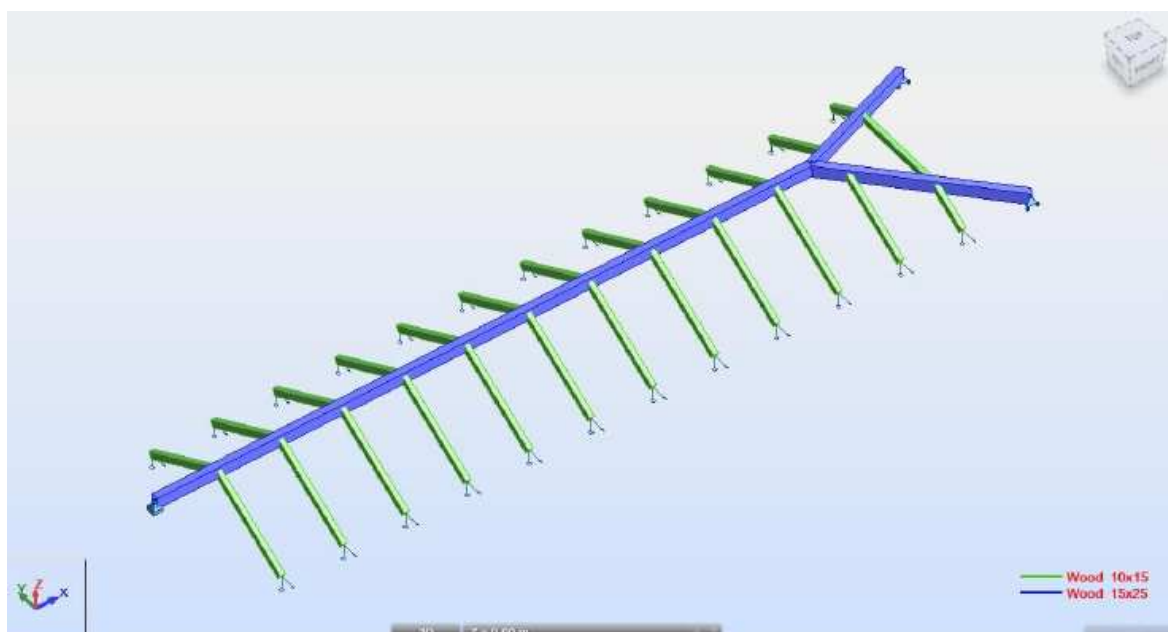


Figura 3 – Perspectiva do modelo do telhado

## 4. Acções Consideradas

### 4.1. Peso Próprio

O peso próprio obtém com base na volumetria de cada elemento e tomando como peso específico dos materiais os seguintes valores:

$$\gamma_{\text{betão}} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{madeira}} = 6 \text{ kN/m}^3$$

## 4.2. Restantes Cargas Permanentes

São englobadas nas restantes cargas permanente aquelas resultantes de enchimentos, paredes divisórias e revestimentos.

Piso	Destino	R. C. P. (kN/m <sup>2</sup> )
Piso 1	Habitação - Corpo Novo	3,34
	Habitação - Corpo Existente	0,60
Piso 2	Sótão	4,69
Ao nível do Piso 2	Piscina	15,00
Cobertura	Corpo Novo	1,50
	Corpo Existente	0,85
	Balneário	1,94

## 4.3. Sobrecargas

São acções directamente relacionadas com a utilização dos edifícios.

Piso	Destino	Sobrecarga (kN/m <sup>2</sup> )
Piso 1	Habitação - Corpo Novo	2,00
	Habitação - Corpo Existente	
Piso 2	Sótão	1,00
Ao nível do Piso 2	Piscina	2,00
Piso 0, 1 e 2	Escadas	3,00
Cobertura	Cobertura não acessível	1,00

## 4.4. Vento

Para o estudo da acção do vento sobre a edificação é utilizado o método preconizado no Regulamento de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA).

A quantificação da acção do vento é feita admitindo as pressões dinâmicas da zona A e considerando a rugosidade do terreno tipo II (os edifícios circundantes são de pequeno porte).

## 4.5. Sismo

A acção sísmica é quantificada de acordo com o Capítulo VII do RSA para a Zona D e terreno tipo II, cujas forças são determinadas e aplicadas directamente no modelo de cálculo.

## 5. Dimensionamento Estrutural

### 5.1. Regulamentação

Todo o dimensionamento é realizado preferencialmente de acordo com a regulamentação portuguesa em vigor. No entanto, sempre que esses regulamentos são omissos ou inadequados, são utilizadas outras normativas ou recomendações, com prioridade para os Eurocódigos.

R.S.A.	DL 235/83 de 31/05	Regulamento De Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes.
R.E.B.A.P.	DL 349-C/83 de 30/07	Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado.
NP EN 206-1:2007	DL 301/2007 DE 23/08	Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade.
NP EN 1912:2000		Madeira para Estruturas. Classes de Resistência. Atribuição de Classes de Qualidade e Espécies.
LNEC E 464-2007		Betões. Metodologia prescritiva para uma vida útil de projecto de 50 e de 100 anos face às acções ambientais.

EUROCÓDIGO 1	Bases de Cálculo e Acções em Estruturas ENV 1991-1-1 de Fevereiro de 1999
EUROCÓDIGO 2	Projecto de Estruturas de Betão prENV 1992-1-1 de Novembro de 2002
EUROCÓDIGO 5	Projecto de Estruturas de Madeiras NP ENV 1995-1-1 de Novembro de 2004
EUROCÓDIGO 7	Projecto Geotécnico NP ENV 1997-1-1 de Maio de 1999

## 5.2. Métodos de Análise e Dimensionamento

### 5.2.1. Hipóteses admitidas – Corpo novo

O modelo adoptado para o corpo novo foi um modelo de estruturas reticuladas, dispostas ortogonalmente que admite as seguintes hipóteses:

- O comportamento da estrutura é física e geometricamente linear, sendo válido o princípio da sobreposição dos efeitos;
- Os pisos constituem diafragmas indeformáveis no seu próprio plano, isto é, os pisos são considerados elementos rígidos;
- As forças horizontais, que resultam da análise dinâmica da estrutura tridimensional, têm por base uma distribuição uniforme da massa em toda a superfície dos pavimentos, e actuam ao nível de cada piso.

As tensões e os esforços nos elementos estruturais foram determinados de forma automática, com recurso aos softwares de cálculo de estruturas, *Cype* e *Robot*, destinando-se este último apenas à determinação dos esforços nas lajes maciças. Ambos os softwares se desenvolvem num ambiente CAD e os resultados tanto se podem obter por listagem numérica como por via gráfica.

### 5.2.2. Hipóteses admitidas – Corpo existente

A solução adoptada para a cobertura e o pavimento do edifício existente foi uma estrutura em madeira composta por vigas principais e secundárias em Pinho Bravo Nacional. As hipóteses admitidas para o seu dimensionamento foram as seguintes:

- Tanto o vigeamento da cobertura como o pavimento, por se encontrarem num ambiente interior protegido, pertencem a uma classe de risco 1;
- As classes de duração das acções consideradas para o dimensionamento foram a permanente e a média duração;

### 5.2.3. Critérios de Dimensionamento

A verificação da segurança das estruturas foi realizada para os estados limites últimos de resistência e para os estados limites de utilização (fendilhação e deformação), de acordo com o preconizado na regulamentação atrás referida.

#### 5.2.3.1. Combinação de acções

Foram consideradas as seguintes combinações de acções para a determinação da envolvente de esforços mais desfavoráveis da estrutura:

##### Estados Limites Últimos:

$$\text{Acção de base sobrecarga: } S_d = 1,5 \cdot \sum G_{k_i} + 1,5 \cdot \left( Q_{k_1} + \sum \psi_0 \cdot Q_{k_i} \right)$$

$$\text{Acção de base sismo: } S_d = \sum G_{k_i} + E_k + \sum \psi_2 \cdot Q_{k_i}$$

$$\text{Acção de base vento: } S_d = 1,5 \cdot \sum G_{k_i} + 1,5 \cdot \left( W_{k_1} + \sum \psi_0 \cdot Q_{k_i} \right)$$

##### Estados Limites de Utilização:

##### **Combinação rara:**

$$\text{Acção de base sobrecarga: } S_d = \sum G_{k_i} + Q_{k_1} \cdot \sum \psi_1 \cdot Q_{k_i}$$

$$\text{Acção de base sismo: } S_d = \sum G_{k_i} + E_k + \sum \psi_1 \cdot Q_{k_i}$$

$$\text{Acção de base vento: } S_d = \sum G_{k_i} + \psi_1 \cdot W_{k_1} + \sum \psi_1 \cdot Q_{k_i}$$

### Combinação frequente:

$$\text{Acção de base sobrecarga: } S_d = \sum G_{k_i} + \psi_1 \cdot Q_{k_1} + \sum \psi_2 \cdot Q_{k_i}$$

$$\text{Acção de base sismo: } S_d = \sum G_{k_i} + E_k + \sum \psi_2 \cdot Q_{k_i}$$

### Combinação quase permanente:

$$\text{Acção de base sobrecarga: } S_d = \sum G_{k_i} + \psi_1 \cdot Q_{k_1} + \sum \psi_2 \cdot Q_{k_i}$$

## 6. Materiais

Para a execução da estrutura foram adoptados os seguintes materiais:

### 6.1. Betão

De acordo com a Especificação LNEC E 464 que integra o Anexo Nacional da NP EN 206,

o betão a utilizar nos diversos elementos da estrutura será:

Elementos	Classe		Mínimo Recobrimento Nominal
	Exposição Ambiental	Resistência à compressão	
Elementos em contacto com o terreno:			
Betão de Limpeza	X0	C12/15	-
Lajes Têrreas	XC2	C25/30	-
Sapatas, Lintéis e Muros de Suporte	XC2	C25/30	35mm
Superestrutura:			
Restantes Elementos	XC1	C25/30	25mm

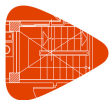
### 6.2. Aço

Para as armaduras ordinárias, o aço a utilizar será:

<b>Elemento</b>	
Aço em varão	A500NR
Redes Electrosoldadas	A500EL

### **6.3. Madeira**

A madeira a utilizar no pavimento e cobertura do edifício existente será Pinho Bravo Nacional de classe C18, segundo a Norma NP EN 1912.



## 1.- DADOS GERAIS DA ESTRUTURA

Projecto: Moradia Ponte de Lima

Chave: 001-01

## 2.- NORMAS CONSIDERADAS

Betão: REBAP

Aços enformados: MV110

Aços laminados e compostos: REAE

Categoria de utilização: Privado (Habitações, Hotéis)

## 3.- ACÇÕES CONSIDERADAS

### 3.1.- Verticais

Planta	SOBRE. (kN/m <sup>2</sup> )	Revest.paredes (kN/m <sup>2</sup> )
Piso 2	1.0	0.0
Piso 1	2.0	3.0
Fundação	0.0	0.0

### 3.2.- Vento

Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes

Zona eólica: A

Rugosidade: 2

Larguras de banda		
Plantas	Largura de banda Y (m)	Largura de banda X (m)
Em todas as plantas	5.05	16.60

Não se realiza análise dos efeitos de 2ª ordem

Coefficientes de Cargas

+X: 1.00      -X: 1.00

+Y: 1.00      -Y: 1.00

Cargas de vento		
Planta	Vento X (kN)	Vento Y (kN)
Piso 2	6.236	20.497
Piso 1	13.857	45.550



### 3.3.- Sismo

Segundo R.S.A. (Modal Espectral)

Não se realiza a análise dos efeitos de 2ª ordem

Acção sísmica segundo X

Acção sísmica segundo Y

Zona: D Amortecimento: 5% Tipo de solo: Solos duros

Critério de armadura a aplicar por ductilidade: Ductilidade normal

Número de modos: 6

Valor quase-permanente de sobrecarga: 0.50

Ductilidade: 2.50

### 3.4.- Acções de carga

Automáticas	Permanente
	Sobrecarga
	Sismo X 1
	Sismo X 2
	Sismo Y 1
	Sismo Y 2
	Vento +X
	Vento -X
	Vento +Y
	Vento -Y

### 3.5.- Impulsos nos muros

### 3.6.- Listagem de cargas

Cargas especiais introduzidas (em KN, KN/m e KN/m<sup>2</sup>)

Grupo	Hipóteses	Tipo	Valor	Coordenadas
2	Permanente	Linear	4.30	( 68.50, 78.00) ( 84.65, 78.00)
	Permanente	Linear	4.30	( 68.50, 73.80) ( 84.65, 73.80)
	Permanente	Linear	8.60	( 68.50, 75.90) ( 84.70, 75.90)
	Permanente	Superficial	3.00	( 85.79, 77.30) ( 84.78, 77.30) ( 84.78, 73.87) ( 85.69, 73.87)
	Sobrecarga	Linear	1.15	( 68.50, 78.00) ( 84.65, 78.00)
	Sobrecarga	Linear	1.15	( 68.55, 73.80) ( 84.65, 73.80)
	Sobrecarga	Linear	2.30	( 68.50, 75.90) ( 84.70, 75.90)



## 4.- ESTADOS LIMITE

E.L.U. Betão	REBAP
E.L.U. Betão em fundações	
Tensões sobre o terreno	Acções características
Deslocamentos	

## 5.- SITUAÇÕES DE PROJECTO

Para as distintas situações de projecto, as combinações de acções serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- Combinações fundamentais

- Com coeficientes

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sem coeficientes

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} Q_{ki}$$

- Combinações sísmicas

- Com coeficientes

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{AE} A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sem coeficientes

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + \gamma_{AE} A_E + \sum_{i \geq 1} Q_{ki}$$

- Em que:

$G_k$  Acção permanente

$Q_k$  Acção variável

$A_E$  Acção sísmica

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de segurança das acções permanentes

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de segurança da acção variável principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de segurança das acções variáveis de acompanhamento

$\gamma_{AE}$  Coeficiente parcial de segurança da acção sísmica

$\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinação da acção variável principal

$\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinação das acções variáveis de acompanhamento

### 5.1.- Coeficientes parciais de segurança ( $\gamma$ ) e coeficientes de combinação ( $\Psi$ )



# Listagem de dados da obra

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Para cada situação de projecto e estado limite os coeficientes a utilizar serão:

E.L.U. Betão: REBAP

E.L.U. Betão em fundações: REBAP

Combinações fundamentais (Sem sismo)				
	Coeficientes parciais ( $\gamma$ )		Coeficientes ( $\psi$ )	
	Favorável	Desfavorável	Principal ( $\psi_p$ )	Acompanhamento ( $\psi_a$ )
Permanente (G)	1.000	1.500	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.400
Vento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.400

Combinações fundamentais (Com sismo)				
	Coeficientes parciais ( $\gamma$ )		Coeficientes ( $\psi$ )	
	Favorável	Desfavorável	Principal ( $\psi_p$ )	Acompanhamento ( $\psi_a$ )
Permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.200	0.200
Vento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sismo (E)	-1.500	1.500	1.000	0.000

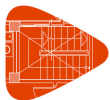
Tensões sobre o terreno

Acções variáveis sem sismo		
	Coeficientes parciais ( $\gamma$ )	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Vento (Q)	0.000	1.000

Sísmica		
	Coeficientes parciais ( $\gamma$ )	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Vento (Q)	0.000	0.000
Sismo (E)	-1.000	1.000

Deslocamentos

Acções variáveis sem sismo		
	Coeficientes parciais ( $\gamma$ )	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Vento (Q)	0.000	1.000



# Listagem de dados da obra

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Sísmica		
	Coeficientes parciais ( $\gamma$ )	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Vento (Q)	0.000	0.000
Sismo (E)	-1.000	1.000

## 5.2.- Combinações

- Nomes das acções

G Permanente

Qa Sobrecarga

V(+X) Vento +X

V(-X) Vento -X

V(+Y) Vento +Y

V(-Y) Vento -Y

SisX 1 Sismo X 1

SisX 2 Sismo X 2

SisY 1 Sismo Y 1

SisY 2 Sismo Y 2

- E.L.U. Betão

- E.L.U. Betão em fundações



# Listagem de dados da obra

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Comb.	G	Qa	V(+X)	V(-X)	V(+Y)	V(-Y)	SisX 1	SisX 2	SisY 1	SisY 2
1	1.000									
2	1.500									
3	1.000	1.500								
4	1.500	1.500								
5	1.000		1.500							
6	1.500		1.500							
7	1.000	0.600	1.500							
8	1.500	0.600	1.500							
9	1.000	1.500	0.600							
10	1.500	1.500	0.600							
11	1.000			1.500						
12	1.500			1.500						
13	1.000	0.600		1.500						
14	1.500	0.600		1.500						
15	1.000	1.500		0.600						
16	1.500	1.500		0.600						
17	1.000				1.500					
18	1.500				1.500					
19	1.000	0.600			1.500					
20	1.500	0.600			1.500					
21	1.000	1.500			0.600					
22	1.500	1.500			0.600					
23	1.000					1.500				
24	1.500					1.500				
25	1.000	0.600				1.500				
26	1.500	0.600				1.500				
27	1.000	1.500				0.600				
28	1.500	1.500				0.600				
29	1.000						-1.500			
30	1.000	0.200					-1.500			
31	1.000						1.500			
32	1.000	0.200					1.500			
33	1.000							-1.500		
34	1.000	0.200						-1.500		
35	1.000							1.500		
36	1.000	0.200						1.500		
37	1.000								-1.500	
38	1.000	0.200							-1.500	
39	1.000								1.500	
40	1.000	0.200							1.500	
41	1.000									-1.500
42	1.000	0.200								-1.500
43	1.000									1.500
44	1.000	0.200								1.500



# Listagem de dados da obra

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

- Tensões sobre o terreno
- Deslocamentos

Comb.	G	Qa	V(+X)	V(-X)	V(+Y)	V(-Y)	SisX 1	SisX 2	SisY 1	SisY 2
1	1.000									
2	1.000	1.000								
3	1.000		1.000							
4	1.000	1.000	1.000							
5	1.000			1.000						
6	1.000	1.000		1.000						
7	1.000				1.000					
8	1.000	1.000			1.000					
9	1.000					1.000				
10	1.000	1.000				1.000				
11	1.000						-1.000			
12	1.000	1.000					-1.000			
13	1.000						1.000			
14	1.000	1.000					1.000			
15	1.000							-1.000		
16	1.000	1.000						-1.000		
17	1.000							1.000		
18	1.000	1.000						1.000		
19	1.000								-1.000	
20	1.000	1.000							-1.000	
21	1.000								1.000	
22	1.000	1.000							1.000	
23	1.000									-1.000
24	1.000	1.000								-1.000
25	1.000									1.000
26	1.000	1.000								1.000

## 6.- DADOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS E PLANTAS

Grupo	Nome do grupo	Planta	Nome planta	Altura	Cota
2	Piso 2	2	Piso 2	2.70	6.00
1	Piso 1	1	Piso 1	3.30	3.30
0	Fundação				0.00

## 7.- DADOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PAREDES E MUROS

### 7.1.- Pilares

GI: grupo inicial

GF: grupo final

Âng: ângulo do pilar em graus sexagésimais



# Listagem de dados da obra

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Dados dos pilares

Referência	Coord(P.Fixo)	GI- GF	Vinculação exterior	Âng.	Ponto fixo	Altura de apoio
P1	( 68.40, 78.22)	0-2	Com vinculação exterior	0.0	Centro	0.00
P2	( 68.40, 73.57)	0-2	Com vinculação exterior	0.0	Centro	0.00
P3	( 74.29, 73.57)	0-2	Com vinculação exterior	0.0	Centro	0.00
P4	( 74.39, 78.32)	0-2	Com vinculação exterior	0.0	Centro	0.00
P5	( 78.32, 78.32)	0-2	Com vinculação exterior	0.0	Centro	0.00
P6	( 82.13, 78.32)	0-2	Com vinculação exterior	0.0	Centro	0.00
P7	( 82.03, 73.47)	1-2	Com vinculação exterior	0.0	Centro	0.40
P8	( 78.22, 73.57)	1-2	Com vinculação exterior	0.0	Centro	0.40
P9	( 84.78, 73.57)	1-2	Com vinculação exterior	0.0	Centro	0.40
P10	( 84.78, 78.22)	1-2	Com vinculação exterior	0.0	Centro	0.40

## 7.2.- Muros

- As coordenadas dos vértices inicial e final são absolutas.
- As dimensões estão expressas em metros.

Dados geométricos do muro

Referência	Tipo muro	GI- GF	Vértices		Planta	Dimensões Esquerda+Direita=Total
			Inicial	Final		
M1	Muro de betão armado	0-1	( 67.60, 79.52)	( 73.31, 79.52)	1	0.1+0.1=0.2
M2	Muro de betão armado	0-1	( 68.40, 72.20)	( 68.40, 78.22)	1	0.1+0.1=0.2
M3	Muro de betão armado	0-1	( 74.29, 72.26)	( 74.29, 78.32)	1	0.1+0.1=0.2
M4	Muro de betão armado	0-1	( 74.39, 78.32)	( 82.50, 78.32)	1	0.1+0.1=0.2

Impulsos e sapata do muro

Referência	Impulsos	Sapata do muro
M1	Impulso esquerdo: Sem impulsos Impulso direito: Sem impulsos	Com vinculação exterior
M2	Impulso esquerdo: Sem impulsos Impulso direito: Sem impulsos	Com vinculação exterior
M3	Impulso esquerdo: Sem impulsos Impulso direito: Sem impulsos	Com vinculação exterior
M4	Impulso esquerdo: Sem impulsos Impulso direito: Sem impulsos	Com vinculação exterior



## 8.- DIMENSÕES, COEFICIENTES DE ENCASTRAMENTO E COEFICIENTES DE ENCURVADURA PARA CADA PISO

Referência pilar	Planta	Dimensões	Coefs. encastramento		Coefs. encurvadura	
			Ext.Superior	Ext.Inferior	Encurvadura x	Encurvadura Y
P1,P2,P3	2	0.20x0.40	0.30	1.00	1.00	1.00
	1	0.20x0.40	1.00	1.00	1.00	1.00
P4,P5,P6	2	0.40x0.20	0.30	1.00	1.00	1.00
	1	0.40x0.20	1.00	1.00	1.00	1.00
P7	2	0.40x0.20	0.30	1.00	1.00	1.00
P8,P9,P10	2	0.20x0.40	0.30	1.00	1.00	1.00

## 9.- LISTAGEM DE LAJES

### Tipos de lajes consideradas

Nome	Descrição
PRETLANTI, 40x20 - 25, Cerâmica	LAJE DE VIGOTAS PRÉ-ESFORÇADAS Fabricante: PRETLANTI Tipo de abobadilha: Cerâmica Altura da laje: 25 = 20 + 5 (cm) Entre-eixos: 52 cm (simples) e 64 cm (dupla) Betão obra: B25 (C20/25) Betões vigotas: B45 (C40/50) Peso próprio: 3.11 kN/m <sup>2</sup> (simples) e 3.67 kN/m <sup>2</sup> (dupla)

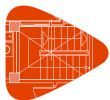
### 9.1.- Autorização de utilização

#### Dados da laje

Fabricante: PRETLANTI  
Tipo de abobadilha: Cerâmica  
Altura da laje: 25 = 20 + 5 (cm)  
Entre-eixos: 52 cm (simples) e 64 cm (dupla)  
Betão obra: B25 (C20/25)  
Betões vigotas: B45 (C40/50)  
Peso próprio: 3.11 kN/m<sup>2</sup> (simples) e 3.67 kN/m<sup>2</sup> (dupla)

Flexão positiva - Vigotas simples					
Tipo de vigota	Momento (kN·m/m)		Rigidez (m <sup>2</sup> ·kN/m)		Transverso último (kN/m)
	Último	Fendilhação	Total	Fendilhada	
V1	21.10	13.10	16310	16310	29.20
V2	29.50	19.30	16403	16403	29.20
V3	40.80	26.40	16531	16531	29.20
V4	50.80	28.90	16626	16626	29.20

Notas:  
Esforços por metro de largura



# Listagem de dados da obra

Morada Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Flexão positiva - Vigotas duplas					
Tipo de vigota	Momento (kN·m/m)		Rigidez (m <sup>2</sup> ·kN/m)		Transverso último (kN/m)
	Último	Fendilhação	Total	Fendilhada	
2V1	33.90	20.40	22558	22558	52.60
2V2	47.10	30.00	22676	22676	52.60
2V3	64.90	41.10	22840	22840	52.60
2V4	80.10	45.00	22955	22955	52.60

Notas:  
Esforços por metro de largura

## 10.- LAJES E ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO

-Tensão admissível em combinações fundamentais: 0.200 MPa

-Tensão admissível em combinações acidentais: 0.200 MPa

## 11.- MATERIAIS UTILIZADOS

### 11.1.- Betão

Para todos os elementos estruturais da obra: B30 (C25/30);  $f_{ck} = 25$  MPa;  $\gamma_c = 1.50$

### 11.2.- Aços por elemento

#### 11.2.1.- Aços em varões

Para todos os elementos estruturais da obra: A500;  $f_{yk} = 500$  MPa;  $\gamma_s = 1.15$

#### 11.2.2.- Aços em perfis

Tipo de aço para perfis	Aço	Limite elástico (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)
Aços enformados	Fe 430	275	206
Aços laminados	Fe 430	275	206

# Combinações

Nome da Obra: 001-01

Data: 21/06/11

---

- Nomes das acções

- G Permanente

- Qa Sobrecarga

- V(+X) Vento +X

- V(-X) Vento -X

- V(+Y) Vento +Y

- V(-Y) Vento -Y

- SisX 1 Sismo X 1

- SisX 2 Sismo X 2

- SisY 1 Sismo Y 1

- SisY 2 Sismo Y 2

- Categoria de utilização

- 2. Privado (Habitações, Hotéis)

- E.L.U. Betão

- REBAP

- E.L.U. Betão em fundações

- REBAP

- E.L.U. Aço enformado

- MV110-PORT

- E.L.U. Aço laminado

- REAE



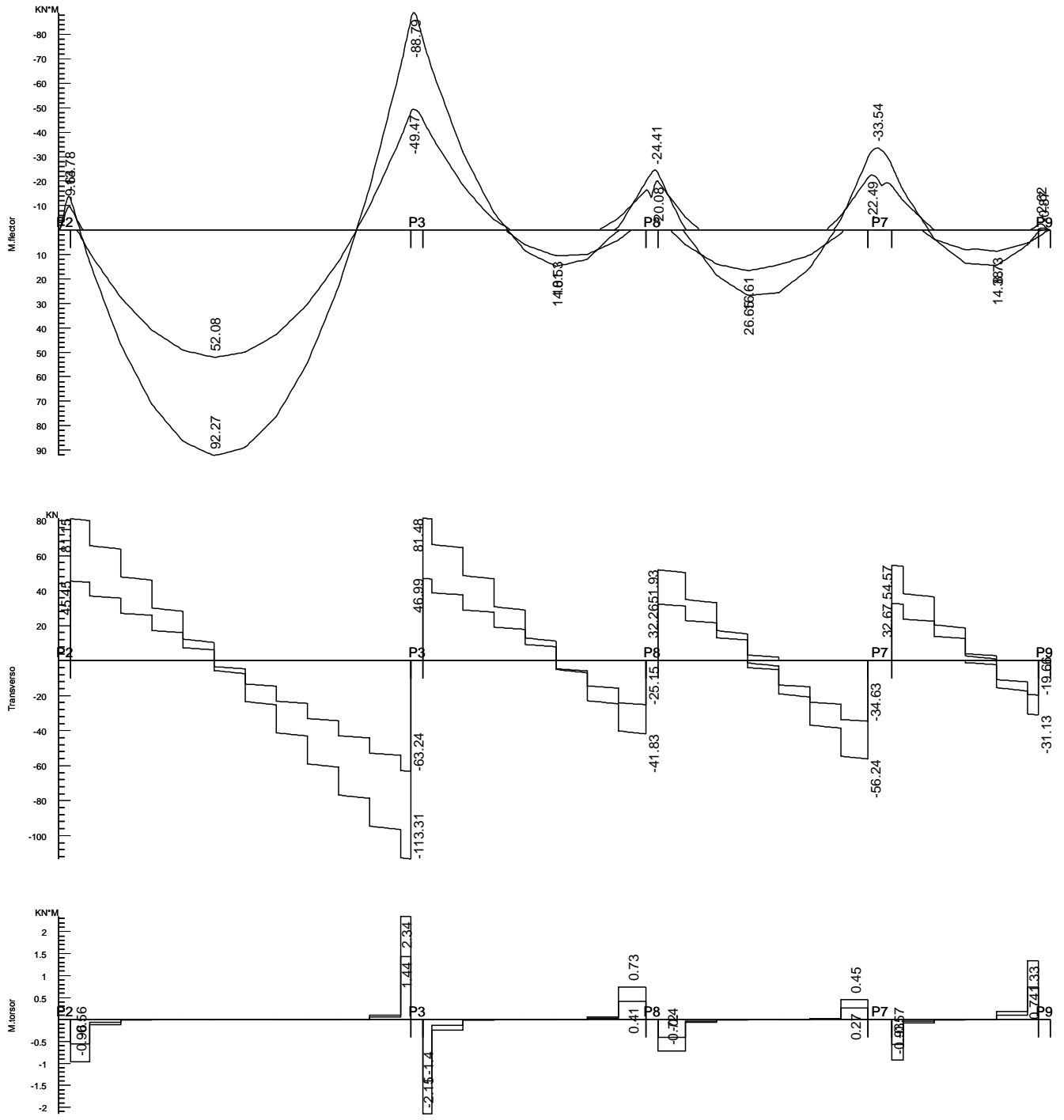






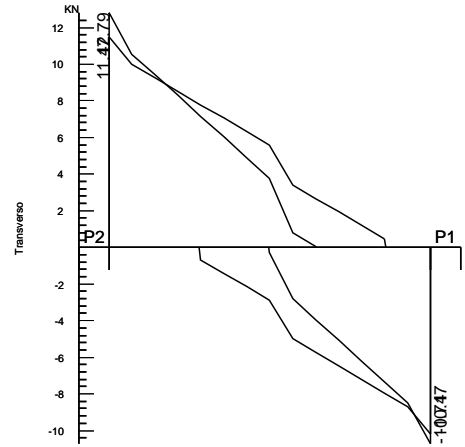
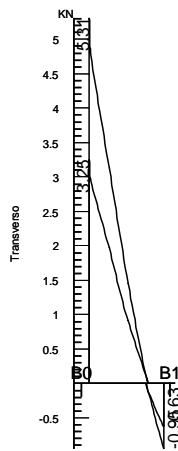
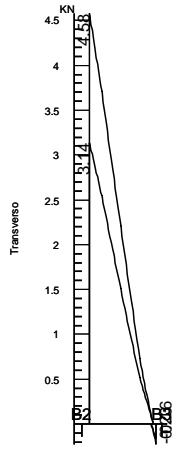
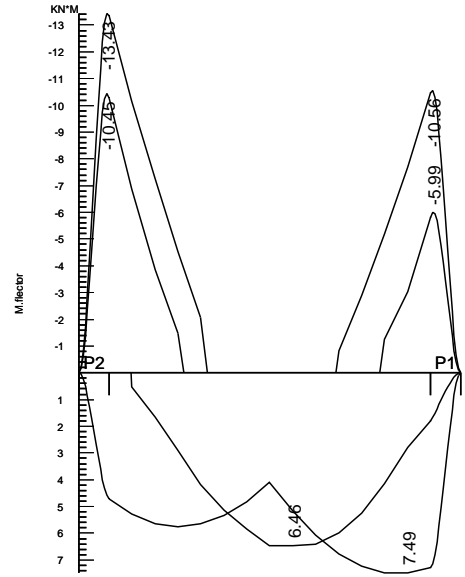
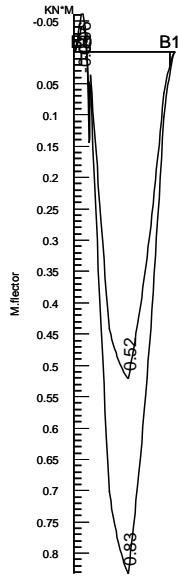
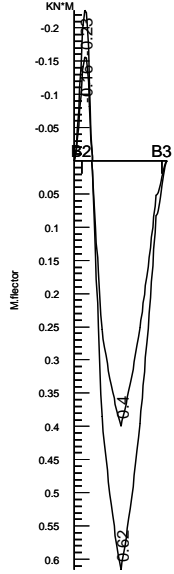


MORADIA PONTE DE LIMA  
Pórtico 1 Piso 2

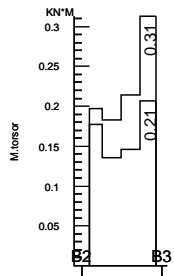


Envolvente

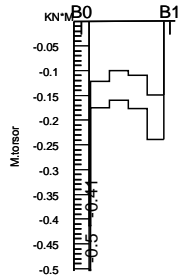
Envolvente



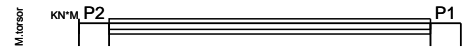
MORADIA PONTE DE LIMA  
Pórtico 2 Piso 2



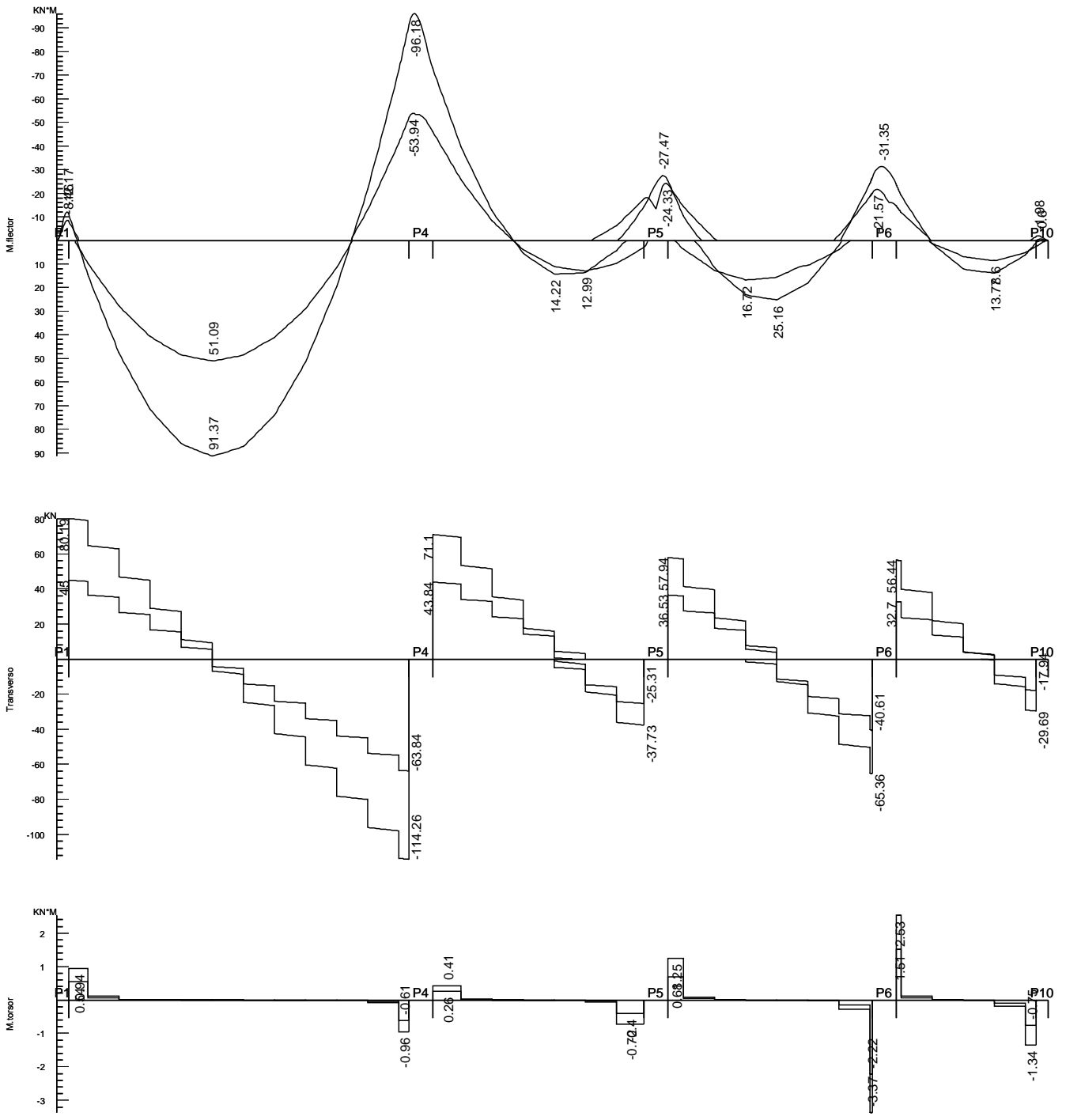
MORADIA PONTE DE LIMA  
Pórtico 3 Piso 2



MORADIA PONTE DE LIMA  
Pórtico 5 Piso 2

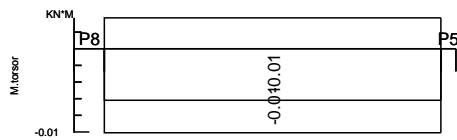
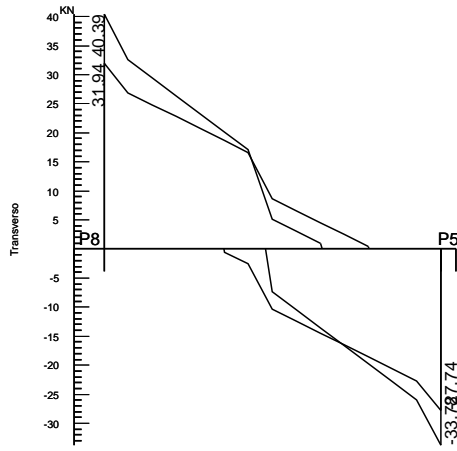
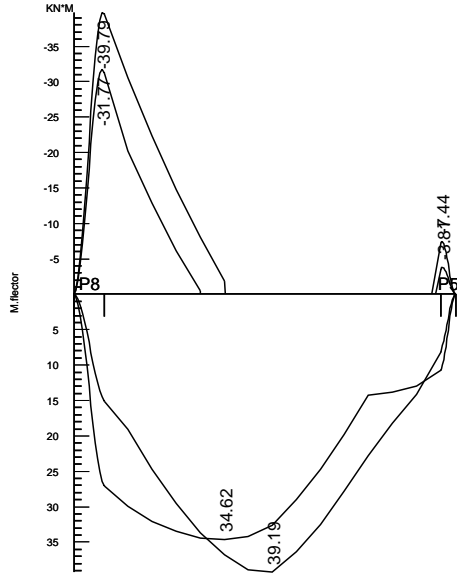


MORADIA PONTE DE LIMA  
Pórtico 4 Piso 2

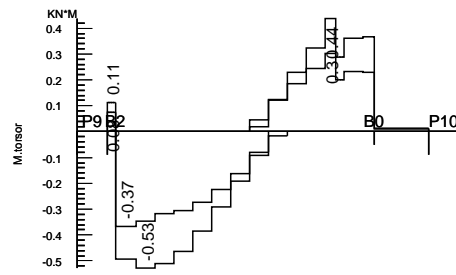
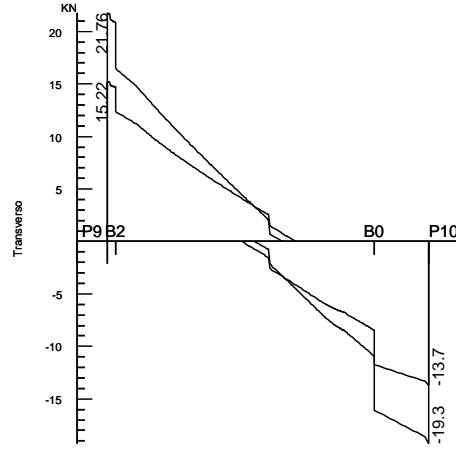
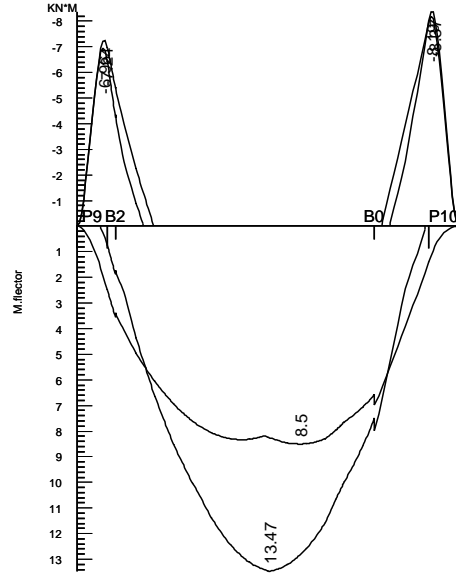


Envolvente

MORADIA PONTE DE LIMA  
Pórtico 6 Piso 2



MORADIA PONTE DE LIMA  
Pórtico 7 Piso 2



Envolvente



## 1.- MATERIAIS

### 1.1.- Betão

B30 (C25/30);  $f_{ck} = 25$  MPa;  $\gamma_c = 1.50$

### 1.2.- Aços por elemento

#### 1.2.1.- Aços em varões

Para todos os elementos estruturais da obra: A500;  $f_{yk} = 500$  MPa;  $\gamma_s = 1.15$

#### 1.2.2.- Aços em perfis

Tipo de aço para perfis	Aço	Limite elástico (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)
Aços enformados	Fe 430	275	206
Aços laminados	Fe 430	275	206

## 2.- ARMADURAS DE PILARES E PAREDES

### 2.1.- Pilares

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.
- Armaduras:
  - Primeira armadura: Armadura de canto.
  - Segunda armadura: Armadura da face X.
  - Terceira armadura: Armadura da face Y.
- Estribos: Indica-se apenas o estribo perimetral disposto. Se existirem outros estribos e ramos deve consultar o desenho do quadro de pilares. Podem existir distintas separações na cabeça, pé e nó, que pode consultar em opções e pormenorização de pilares.
- H: Altura livre do tramo de pilar sem travamento intermédio.
- H<sub>px</sub>: Comprimento de encurvadura do tramo de pilar em direcção 'X'.
- H<sub>py</sub>: Comprimento de encurvadura do tramo de pilar em direcção 'Y'.
- Desfavoráveis: Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem e excentricidade adicional por encurvadura.
- Referência: Esforços desfavoráveis (majorados), correspondentes à pior combinação que produz as maiores tensões e/ou deformações. Inclui a amplificação de esforços devidos aos efeitos de segunda ordem (não inclui encurvadura).
- Nota:
  - Os esforços referem-se aos eixos locais do pilar.



Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Armaduras	Estribos	H (m)	Hpx (m)	Hpy (m)	Desfavoráveis			Referência		
									N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
P1	Piso 2	20x40	3.30/5.75	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	2.45	2.45	2.45	94.7	18.5	9.0	94.7	15.2	7.1
	Piso 1	20x40	0.00/3.10	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	94.7	18.5	9.0	94.7	15.2	7.1
P2	Piso 2	20x40	3.30/5.75	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	2.45	2.45	2.45	100.2	24.1	10.5	100.2	20.5	8.5
	Piso 1	20x40	0.00/3.10	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	100.2	24.1	10.5	100.2	20.5	8.5
P3	Piso 2	20x40	3.30/5.75	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	2.45	2.45	2.45	208.3	23.1	12.0	208.3	15.8	7.8
	Piso 1	20x40	0.00/3.10	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	208.3	23.1	12.0	208.3	15.8	7.8
P4	Piso 2	40x20	3.30/5.75	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	2.45	2.45	2.45	211.2	24.9	15.0	211.2	20.6	7.6
	Piso 1	40x20	0.00/3.10	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	216.4	24.5	14.0	216.4	20.2	6.4
P5	Piso 2	40x20	3.30/4.80	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.80	4.80	4.80	122.2	10.0	12.8	122.2	4.1	3.0
	Piso 1	40x20	0.00/3.30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.80	4.80	4.80	122.2	10.0	12.8	122.2	4.1	3.0
P6	Piso 2	40x20	3.30/5.75	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	5.75	5.75	5.75	124.8	11.0	17.9	124.8	3.4	4.4
	Piso 1	40x20	0.00/3.30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	5.75	5.75	5.75	132.0	12.1	17.0	132.0	4.0	2.9
P7	Piso 2	40x20	3.30/5.75	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	2.45	2.45	2.45	78.4	19.8	6.0	78.4	18.3	3.3
P8	Piso 2	20x40	3.30/4.80	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	1.50	1.50	1.50	88.3	3.7	26.4	88.3	1.9	24.7
P9	Piso 2	20x40	3.30/5.75	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	2.45	2.45	2.45	55.1	3.9	9.8	55.1	1.9	8.7
P10	Piso 2	20x40	3.30/5.75	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	2.45	2.45	2.45	35.3	5.2	9.6	35.3	4.0	8.9

### 3.- VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO ESFORÇO TRANSVERSO EM PILARES DE BETÃO

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.
- Armaduras:
  - Primeira armadura: Armadura de canto.
  - Segunda armadura: Armadura da face X.
  - Terceira armadura: Armadura da face Y.
- Estribos: Indica-se apenas o estribo perimetral disposto. Se existirem outros estribos e ramos deve consultar o desenho do quadro de pilares. Podem existir distintas separações na cabeça, pé e nó, que pode consultar em opções e pormenorização de pilares.
- Desfavoráveis: Esforços transversos (majorados) correspondentes à combinação que produz o estado de tensões tangenciais mais desfavorável.
  - Nsd: Axial de cálculo [(+) compressão, (-) tracção]
  - Vsd<sub>x</sub>, Vsd<sub>y</sub>: Esforço transverso de cálculo em cada direcção
  - Vrd1<sub>x</sub>, Vrd1<sub>y</sub>: Em cada direcção, Vrd1 = τ<sub>2</sub>.bw.d
  - Vrd2<sub>x</sub>, Vrd2<sub>y</sub>: Em cada direcção, Vrd2 = Vcd.(1+Mo/Msd)+Vwd
  - Verificação da interacção nas duas direcções (CCI):

$$\sqrt{(V_{sd1x}/V_{rd1x})^2 + (V_{sd1y}/V_{rd1y})^2} \leq 1.00$$

$$\sqrt{(V_{sd2x}/V_{rd2x})^2 + (V_{sd2y}/V_{rd2y})^2} \leq 1.00$$

- Origem dos esforços desfavoráveis:
  - G: Verticais
  - GV: Verticais + vento
  - GSis: Verticais + sismo
  - GVSis: Verticais + vento + sismo
- Verifica:
  - Sim: Indica que o valor de CCI é ≤ 1 para as duas verificações
  - Não: Indica que o valor de CCI é > 1 para alguma das duas verificações ou que a separação de estribos é maior que a exigida pela norma
- Nota:
  - Os esforços referem-se aos eixos locais do pilar.



Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Armaduras	Estribos	Desfavoráveis								CC1	CC2	Origem	Verifica
						Nsd (kN)	Vsdx (kN)	Vrd1x (kN)	Vrd2x (kN)	Vsdy (kN)	Vrd1y (kN)	Vrd2y (kN)					
P1	Piso 2	20x40	3.30/5.75	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	87.83	-12.35	336.00	93.22	3.60	368.00	158.24	0.04	0.13	GV	Sim	
	Piso 1	20x40	0.00/3.10	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	70.55	3.78	336.00	133.08	27.79	368.00	158.24	0.08	0.18	GSis	Sim	
P2	Piso 2	20x40	3.30/5.75	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	100.25	-14.92	336.00	91.68	5.03	368.00	146.71	0.05	0.17	GV	Sim	
	Piso 1	20x40	0.00/3.10	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	45.38	7.74	336.00	106.45	-21.55	368.00	151.33	0.06	0.16	GSis	Sim	
P3	Piso 2	20x40	3.30/5.75	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	208.12	10.10	336.00	104.73	-8.04	368.00	158.24	0.04	0.11	GV	Sim	
	Piso 1	20x40	0.00/3.10	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	48.65	5.36	336.00	97.46	-0.28	368.00	158.24	0.02	0.05	GV	Sim	
P4	Piso 2	40x20	3.30/5.75	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	116.68	16.28	368.00	122.33	-2.76	336.00	133.08	0.04	0.13	GSis	Sim	
	Piso 1	40x20	0.00/3.10	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	100.38	9.83	368.00	158.24	-1.03	336.00	133.08	0.03	0.06	GV	Sim	
P5	Piso 2	40x20	3.30/4.80	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	74.73	-16.65	368.00	118.91	-0.36	336.00	133.08	0.05	0.14	GSis	Sim	
	Piso 1	40x20	0.00/3.30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	26.66	13.35	368.00	122.83	0.10	336.00	133.08	0.04	0.11	GSis	Sim	
P6	Piso 2	40x20	3.30/5.75	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	76.96	8.16	368.00	125.44	-1.75	336.00	133.08	0.02	0.07	GSis	Sim	
	Piso 1	40x20	0.00/3.30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	56.04	-28.85	368.00	140.91	1.93	336.00	133.08	0.08	0.21	GSis	Sim	
P7	Piso 2	40x20	3.30/5.75	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	78.37	11.06	368.00	119.33	2.73	336.00	129.11	0.03	0.10	GSis	Sim	
	Piso 2	20x40	3.30/4.80	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	88.22	-1.30	336.00	133.08	23.40	368.00	116.86	0.06	0.20	GSis	Sim	
P9	Piso 2	20x40	3.30/5.75	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	36.60	0.56	336.00	133.08	7.02	368.00	116.33	0.02	0.06	GSis	Sim	
P10	Piso 2	20x40	3.30/5.75	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	34.99	0.84	336.00	132.59	-8.06	368.00	114.05	0.02	0.07	GSis	Sim	

## 4.- DESFAVORÁVEIS DE PILARES, PAREDES E MUROS

### 4.1.- Pilares

- Tramo: Nível inicial / nível final do tramo entre pisos.
- Planta superior: É a secção correspondente à base do tramo superior até ao tramo anterior.
- Desfavoráveis: Esforços desfavoráveis, correspondentes às combinações que verificam para a armadura actual, mas não verificam com a anterior armadura da tabela. Inclui a ampliação de esforços devido aos efeitos de segunda ordem e excentricidade adicional por encurvadura. As colunas de esf. desfavoráveis que estejam vazias indicam que o pilar não verifica.
- Referência: Esforços desfavoráveis, correspondentes às combinações que verificam para a armadura actual, mas não verificam com a anterior armadura da tabela. Inclui a ampliação de esforços devido aos efeitos de segunda ordem (não inclui encurvadura).
- Nota:  
Os esforços referem-se aos eixos locais do pilar.

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência		
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
P1	Piso 2	20x40	3.30/5.75	96.3	18.5	4.2	96.3	15.1	2.3
				95.7	18.7	6.5	95.7	15.3	4.6
				95.2	18.3	6.7	95.2	15.0	4.8
				94.7	18.5	9.0	94.7	15.2	7.1
				86.9	16.3	3.9	86.9	13.2	2.1
				84.3	16.2	11.5	84.3	13.2	9.8
				57.8	11.3	9.9	57.8	9.3	8.7
				50.9	9.8	9.2	50.9	8.0	8.2
				89.1	18.2	1.8	89.1	15.1	0.0
				88.5	18.3	2.6	88.5	15.2	0.8
				87.8	18.2	3.5	87.8	15.1	1.8
				76.5	15.9	4.2	76.5	13.2	2.7
				54.6	11.4	1.4	54.6	9.4	0.3
				52.8	11.1	3.7	52.8	9.2	2.6
				58.5	9.3	14.5	58.5	7.3	13.4
57.6	12.7	8.3	57.6	10.7	7.2				
57.6	12.8	8.1	57.6	10.7	6.9				



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência		
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
				56.9	9.7	8.1	56.9	7.8	6.9
				56.8	9.5	7.7	56.8	7.5	6.5
				56.4	11.8	4.4	56.4	9.8	3.3
				56.4	13.1	3.3	56.4	11.2	2.1
				56.0	8.4	14.0	56.0	6.5	12.9
				54.5	9.0	7.8	54.5	7.1	6.7
				54.1	12.6	3.4	54.1	10.7	2.3
				52.8	7.5	8.0	52.8	5.7	6.9
				50.9	11.7	18.5	50.9	9.9	17.5
				50.7	11.3	19.1	50.7	9.5	18.1
				50.5	7.0	7.7	50.5	5.2	6.7
				48.7	11.2	18.3	48.7	9.5	17.3
				48.4	10.8	18.9	48.4	9.1	17.9
				52.8	11.2	4.3	52.8	9.4	3.3
				52.1	9.9	4.2	52.1	8.1	3.2
				49.8	9.4	4.3	49.8	7.7	3.3
				47.6	10.4	4.5	47.6	8.8	3.5
				47.0	9.0	4.6	47.0	7.4	3.7
				46.5	10.7	6.7	46.5	9.1	5.8
	Piso 1	20x40	0.00/3.10	56.0	5.1	1.3	56.0	2.6	0.2
				52.1	4.6	1.9	52.1	2.3	0.9
				37.0	3.3	1.4	37.0	1.7	0.6
				67.2	6.0	1.8	67.2	3.1	0.5
				65.6	6.0	1.7	65.6	3.1	0.4
				46.7	4.3	1.1	46.7	2.3	0.2
				37.7	3.5	0.8	37.7	1.9	0.1
				92.0	5.3	1.9	92.0	1.3	0.1
				87.1	4.9	2.9	87.1	1.1	1.2
				85.9	5.0	2.8	85.9	1.3	1.1
				80.7	4.5	2.8	80.7	1.0	1.2
				71.7	4.2	3.3	71.7	1.1	1.9
				47.3	2.8	2.7	47.3	0.8	1.8
				40.9	2.5	2.5	40.9	0.7	1.7
				30.9	3.3	0.7	30.9	1.9	0.0
				19.9	2.1	0.5	19.9	1.2	0.1
				45.9	3.9	1.6	45.9	1.8	0.7
				42.8	3.7	1.4	42.8	1.8	0.5
				35.4	3.4	0.9	35.4	1.9	0.2
				33.8	3.4	0.8	33.8	1.9	0.1
				28.9	2.9	0.8	28.9	1.6	0.2
				70.5	3.6	5.1	70.5	0.5	3.7
				68.4	3.5	5.1	68.4	0.4	3.8
				64.1	4.1	3.4	64.1	1.3	2.2
				62.5	3.3	3.4	62.5	0.6	2.1
				57.9	3.9	2.1	57.9	1.3	0.9
				37.6	1.8	3.3	37.6	0.1	2.5



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência		
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
				35.5	1.7	3.2	35.5	0.1	2.5
				32.0	2.4	4.6	32.0	1.0	4.0
				31.0	2.3	4.8	31.0	0.9	4.1
				29.9	2.3	4.6	29.9	1.0	4.0
				29.0	2.1	4.7	29.0	0.9	4.1
			Planta superior	96.3	19.4	4.2	96.3	15.1	2.3
				95.7	19.6	6.5	95.7	15.3	4.6
				95.2	19.2	6.7	95.2	15.0	4.8
				94.7	19.3	9.0	94.7	15.2	7.1
				86.9	17.1	3.9	86.9	13.2	2.1
				84.3	17.0	11.5	84.3	13.2	9.8
				70.2	14.2	2.6	70.2	11.1	1.2
				59.4	12.4	3.7	59.4	9.8	2.5
				57.8	11.8	9.9	57.8	9.3	8.7
				50.9	10.2	9.2	50.9	8.0	8.2
				58.5	9.9	14.5	58.5	7.3	13.4
				57.6	13.3	8.3	57.6	10.7	7.2
				57.6	13.3	8.1	57.6	10.7	6.9
				56.9	10.3	8.1	56.9	7.8	6.9
				56.8	10.0	7.7	56.8	7.5	6.5
				56.4	12.3	4.4	56.4	9.8	3.3
				56.4	13.6	3.3	56.4	11.2	2.1
				56.0	8.9	14.0	56.0	6.5	12.9
				54.5	9.5	7.8	54.5	7.1	6.7
				54.1	13.1	3.4	54.1	10.7	2.3
52.8	8.0	8.0	52.8	5.7	6.9				
50.9	12.2	18.5	50.9	9.9	17.5				
50.7	11.8	19.1	50.7	9.5	18.1				
50.5	7.5	7.7	50.5	5.2	6.7				
48.7	11.6	18.3	48.7	9.5	17.3				
48.4	11.2	18.9	48.4	9.1	17.9				
P2	Piso 2	20x40	3.30/5.75	100.2	24.1	10.5	100.2	20.5	8.5
				99.6	24.3	8.0	99.6	20.8	6.0
				99.6	23.9	8.2	99.6	20.4	6.2
				99.0	24.1	5.6	99.0	20.6	3.6
				90.4	21.1	13.3	90.4	17.9	11.5
				87.2	21.2	2.4	87.2	18.2	0.6
				82.1	19.2	12.7	82.1	16.3	11.1
				73.6	17.7	8.3	73.6	15.1	6.8
				71.8	17.7	3.4	71.8	15.2	2.0
				63.0	14.7	11.1	63.0	12.5	9.8
				61.6	15.3	4.7	61.6	13.1	3.5
				56.0	12.7	10.5	56.0	10.8	9.4
				61.0	13.5	20.7	61.0	11.3	19.5
				58.9	10.3	14.6	58.9	8.2	13.5
				58.1	12.8	20.5	58.1	10.8	19.4



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência		
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
				58.3	14.1	10.1	58.3	12.1	9.0
				57.7	10.2	10.0	57.7	8.2	8.8
				56.3	15.4	1.5	56.3	13.4	0.3
				55.9	16.7	2.9	55.9	14.8	1.8
				55.3	9.5	9.8	55.3	7.6	8.7
				54.7	16.6	7.4	54.7	14.7	6.3
				55.4	16.6	7.6	55.4	14.7	6.5
				52.6	13.4	13.6	52.6	11.6	12.5
				52.3	16.0	7.4	52.3	14.1	6.4
				52.2	16.0	7.7	52.2	14.1	6.6
				56.2	10.8	8.8	56.2	8.8	7.6
	Piso 1	20x40	0.00/3.10	38.5	7.1	1.0	38.5	5.4	0.2
				27.6	5.2	0.7	27.6	4.0	0.1
				52.1	9.6	1.0	52.1	7.3	0.0
				76.9	9.2	3.1	76.9	5.8	1.5
				77.1	9.2	2.7	77.1	5.8	1.1
				76.2	9.1	2.2	76.2	5.8	0.7
				68.6	8.2	3.4	68.6	5.2	2.0
				62.8	7.5	3.2	62.8	4.7	2.0
				42.1	5.0	2.5	42.1	3.2	1.6
				19.6	3.9	0.4	19.6	3.0	0.0
30.4				5.6	0.8	30.4	4.3	0.2	
29.8				5.6	0.7	29.8	4.3	0.1	
28.2				5.3	0.7	28.2	4.1	0.1	
27.9				5.3	0.8	27.9	4.1	0.2	
45.3				5.3	4.3	45.3	3.3	3.4	
44.5				5.1	3.1	44.5	3.2	2.2	
44.3				5.0	2.5	44.3	3.1	1.7	
43.9				5.1	2.1	43.9	3.1	1.2	
43.7				6.1	3.2	43.7	4.2	2.3	
43.4	4.9	4.1	43.4	3.0	3.2				
43.3	5.0	4.2	43.3	3.1	3.3				
43.2	5.7	2.1	43.2	3.8	1.2				
43.2	6.1	2.4	43.2	4.2	1.6				
Planta superior			100.2	25.0	10.5	100.2	20.5	8.5	
			99.6	25.2	8.0	99.6	20.8	6.0	
			99.6	24.8	8.2	99.6	20.4	6.2	
			99.0	25.0	5.6	99.0	20.6	3.6	
			90.4	21.9	13.3	90.4	17.9	11.5	
			88.8	21.4	7.5	88.8	17.5	5.7	
			87.2	22.0	2.4	87.2	18.2	0.6	
			82.1	19.9	12.7	82.1	16.3	11.1	
			73.6	18.3	8.3	73.6	15.1	6.8	
			71.8	18.3	3.4	71.8	15.2	2.0	
			63.0	15.3	11.1	63.0	12.5	9.8	
61.6	15.8	4.7	61.6	13.1	3.5				



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência					
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)			
				56.0	13.3	10.5	56.0	10.8	9.4			
				54.4	12.8	4.7	54.4	10.4	3.6			
				61.0	14.0	20.7	61.0	11.3	19.5			
				58.9	10.8	14.6	58.9	8.2	13.5			
				58.1	13.3	20.5	58.1	10.8	19.4			
				58.3	14.7	10.1	58.3	12.1	9.0			
				57.7	10.7	10.0	57.7	8.2	8.8			
				56.3	15.9	1.5	56.3	13.4	0.3			
				55.9	17.2	2.9	55.9	14.8	1.8			
				55.3	10.0	9.8	55.3	7.6	8.7			
				54.7	17.1	7.4	54.7	14.7	6.3			
				55.4	17.1	7.6	55.4	14.7	6.5			
				52.6	13.9	13.6	52.6	11.6	12.5			
				52.3	16.4	7.4	52.3	14.1	6.4			
				52.2	16.4	7.7	52.2	14.1	6.6			
P3	Piso 2	20x40	3.30/5.75	208.3	23.1	12.0	208.3	15.8	7.8			
				182.9	20.6	7.1	182.9	14.2	3.4			
				182.8	20.3	14.0	182.8	13.9	10.3			
				110.7	12.5	2.2	110.7	8.6	0.0			
				110.6	12.3	9.8	110.6	8.4	7.6			
				201.1	15.3	16.0	201.1	8.2	12.0			
				117.7	9.4	8.1	117.7	5.3	5.8			
				117.6	9.4	10.1	117.6	5.3	7.8			
				116.7	12.4	4.1	116.7	8.3	1.7			
				116.1	13.0	13.1	116.1	8.9	10.8			
				114.9	16.5	4.0	114.9	12.5	1.7			
				Piso 1	20x40	0.00/3.10	63.2	9.7	1.6	63.2	6.9	0.4
							48.6	7.9	1.0	48.6	5.8	0.0
							40.3	6.9	1.1	40.3	5.1	0.3
							26.2	4.7	0.9	26.2	3.6	0.3
							22.8	4.1	0.8	22.8	3.1	0.3
							51.0	2.8	1.9	51.0	0.5	0.9
47.3	2.6	1.8	47.3				0.5	0.9				
33.4	1.8	1.5	33.4				0.3	0.9				
22.3	1.3	1.3	22.3				0.3	0.8				
24.0	2.5	1.5	24.0				1.5	1.0				
47.8	5.9	2.0	47.8				3.8	1.1				
32.2	4.0	1.6	32.2				2.6	1.0				
27.8	3.5	1.5	27.8				2.3	0.9				
75.2	11.1	1.5	75.2				7.8	0.0				
74.4	11.1	1.6	74.4				7.8	0.1				
73.7	11.0	1.8	73.7				7.8	0.3				
57.3	8.8	1.6	57.3				6.2	0.4				
37.9	5.8	1.2	37.9	4.1	0.4							
127.6	12.8	3.6	127.6	7.2	1.0							
127.5	12.9	3.8	127.5	7.3	1.2							



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Morada Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência					
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)			
				127.4	12.9	4.0	127.4	7.3	1.4			
				111.8	11.3	3.9	111.8	6.4	1.6			
				39.7	5.8	1.1	39.7	4.1	0.3			
				28.2	4.5	0.6	28.2	3.2	0.0			
				27.4	4.4	0.6	27.4	3.2	0.1			
				42.6	6.2	0.9	42.6	4.4	0.0			
				42.1	6.2	1.0	42.1	4.4	0.1			
				41.8	6.3	0.9	41.8	4.5	0.0			
				41.3	6.2	1.1	41.3	4.3	0.3			
				41.5	6.1	1.1	41.5	4.3	0.2			
				71.5	8.2	2.7	71.5	5.0	1.3			
				71.4	8.2	2.4	71.4	5.0	1.0			
				71.4	7.2	3.3	71.4	4.1	1.9			
				71.3	7.2	2.8	71.3	4.1	1.4			
				Planta superior	208.3	25.0	12.0	208.3	15.8	7.8		
					182.9	22.2	7.1	182.9	14.2	3.4		
					182.8	21.9	14.0	182.8	13.9	10.3		
				110.7	13.5	2.2	110.7	8.6	0.0			
				110.6	13.2	9.8	110.6	8.4	7.6			
				117.7	10.4	8.1	117.7	5.3	5.8			
				117.6	10.4	10.1	117.6	5.3	7.8			
				116.7	13.5	4.1	116.7	8.3	1.7			
				116.1	14.0	13.1	116.1	8.9	10.8			
				114.9	17.6	4.0	114.9	12.5	1.7			
			P4	Piso 2	40x20	3.30/5.75	216.6	23.6	13.5	216.6	19.3	5.9
							216.4	24.5	14.0	216.4	20.2	6.4
							216.2	24.4	13.0	216.2	20.1	5.4
216.0	25.4	13.5					216.0	21.0	5.9			
188.9	23.6	11.8					188.9	19.8	5.2			
183.4	20.8	13.0					183.4	17.1	6.6			
131.6	17.1	8.2					131.6	14.5	3.6			
211.2	24.9	15.0					211.2	20.6	7.6			
211.0	25.2	14.8					211.0	21.0	7.4			
181.6	22.8	12.9					181.6	19.1	6.5			
127.8	15.3	9.3					127.8	12.7	4.8			
127.1	16.2	8.9					127.1	13.7	4.4			
124.8	3.3	8.0					124.8	0.8	3.7			
124.5	3.0	8.7					124.5	0.5	4.4			
122.9	6.9	5.4					122.9	4.4	1.1			
121.1	11.1	5.2					121.1	8.7	1.0			
120.3	16.0	9.7					120.3	13.6	5.5			
119.1	20.2	9.6					119.1	17.9	5.4			
118.6	2.4	8.4					118.6	0.0	4.2			
117.0	24.1	6.2					117.0	21.8	2.1			
116.7	25.4	6.9	116.7	23.1	2.8							
	Piso 1	40x20	0.00/3.10	47.7	1.1	2.4	47.7	0.1	0.3			



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência		
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
				34.9	0.9	2.0	34.9	0.2	0.5
				26.9	0.6	1.7	26.9	0.1	0.5
				24.3	0.6	1.5	24.3	0.1	0.4
				16.6	0.5	1.1	16.6	0.1	0.4
				14.0	0.5	0.9	14.0	0.2	0.3
				30.5	0.6	1.8	30.5	0.0	0.4
				64.6	4.3	3.3	64.6	3.0	0.4
				58.5	4.0	3.0	58.5	2.8	0.4
				41.5	2.9	2.1	41.5	2.1	0.3
				100.4	5.1	4.5	100.4	3.0	0.1
				98.7	4.8	4.5	98.7	2.8	0.2
				90.0	4.7	4.0	90.0	2.9	0.1
				84.2	4.0	4.1	84.2	2.3	0.4
				24.9	0.9	1.3	24.9	0.4	0.2
				21.4	0.4	1.2	21.4	0.0	0.3
				19.6	0.4	1.1	19.6	0.1	0.3
				19.3	0.6	1.1	19.3	0.2	0.2
				23.0	0.9	1.2	23.0	0.4	0.2
				21.5	0.6	1.2	21.5	0.1	0.3
				37.6	2.7	1.9	37.6	1.9	0.3
				54.1	3.6	2.8	54.1	2.5	0.4
				62.7	4.5	2.9	62.7	3.3	0.1
				62.6	4.7	2.8	62.6	3.4	0.0
				56.9	3.7	2.9	56.9	2.6	0.4
				54.2	3.0	2.8	54.2	1.9	0.4
			Planta superior	216.6	23.6	15.5	216.6	19.3	5.9
				216.4	24.5	15.9	216.4	20.2	6.4
				216.2	24.4	15.0	216.2	20.1	5.4
				216.0	25.4	15.4	216.0	21.0	5.9
				190.0	21.6	14.7	190.0	17.8	6.3
				188.9	23.6	13.5	188.9	19.8	5.2
				132.9	15.1	10.6	132.9	12.4	4.8
				131.6	17.1	9.4	131.6	14.5	3.6
				124.8	3.3	9.2	124.8	0.8	3.7
				124.5	3.0	9.9	124.5	0.5	4.4
				122.9	6.9	6.6	122.9	4.4	1.1
				121.1	11.1	6.3	121.1	8.7	1.0
				120.3	16.0	10.8	120.3	13.6	5.5
				119.1	20.2	10.7	119.1	17.9	5.4
				118.6	2.4	9.4	118.6	0.0	4.2
				117.0	24.1	7.2	117.0	21.8	2.1
				116.7	25.4	8.0	116.7	23.1	2.8
P5	Piso 2	40x20	3.30/4.80	131.4	11.3	11.8	131.4	4.9	1.3
				129.1	11.3	10.4	129.1	5.0	0.2
				129.1	12.5	10.4	129.1	6.2	0.2
				122.2	10.0	12.8	122.2	4.1	3.0



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Morada Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência					
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)			
				116.2	12.9	9.5	116.2	7.3	0.3			
				113.6	9.1	12.2	113.6	3.6	3.1			
				110.3	10.1	11.3	110.3	4.7	2.5			
				101.8	9.2	10.6	101.8	4.2	2.4			
				80.3	9.9	6.5	80.3	6.0	0.2			
				77.7	6.1	9.2	77.7	2.3	3.0			
				74.4	7.0	8.5	74.4	3.4	2.6			
				71.8	9.0	5.9	71.8	5.5	0.2			
				65.9	6.1	7.8	65.9	2.9	2.5			
				84.0	4.4	11.8	84.0	0.3	5.0			
				81.2	4.5	11.5	81.2	0.5	5.0			
				80.6	9.8	9.6	80.6	5.9	3.2			
				80.2	4.8	9.4	80.2	0.9	3.0			
				74.7	21.8	6.1	74.7	18.2	0.3			
				74.6	10.0	6.0	74.6	6.4	0.2			
				69.0	14.8	8.2	69.0	11.4	2.7			
				65.9	14.5	8.0	65.9	11.3	2.8			
				65.3	9.0	9.8	65.3	5.9	4.6			
				62.4	8.8	9.6	62.4	5.7	4.5			
				81.1	5.8	9.6	81.1	1.9	3.1			
				Piso 1	40x20	0.00/3.30	51.5	3.2	4.0	51.5	0.7	0.0
							52.2	3.3	5.1	52.2	0.7	1.0
							34.3	2.1	3.8	34.3	0.5	1.1
							51.0	3.9	4.0	51.0	1.4	0.0
							43.7	3.2	4.3	43.7	1.1	0.8
							31.3	2.9	2.4	31.3	1.4	0.0
							29.4	2.2	3.2	29.4	0.8	0.9
							33.6	3.7	3.7	33.6	2.1	1.1
34.2	2.9	4.6	34.2				1.2	1.9				
34.0	2.0	4.8	34.0				0.3	2.1				
32.8	5.3	3.0	32.8				3.7	0.4				
32.6	5.5	2.5	32.6				3.9	0.0				
26.7	6.4	2.1	26.7				5.1	0.0				
25.6	4.5	3.2	25.6				3.2	1.2				
25.2	2.8	3.9	25.2				1.6	1.9				
25.0	3.4	3.9	25.0				2.2	1.9				
Planta superior			131.4				11.3	11.8	131.4	4.9	1.3	
			129.1				11.3	10.4	129.1	5.0	0.2	
			129.1				12.5	10.4	129.1	6.2	0.2	
			122.2				10.0	12.8	122.2	4.1	3.0	
			116.2	12.9	9.5	116.2	7.3	0.3				
			113.6	9.1	12.2	113.6	3.6	3.1				
			110.3	10.1	11.3	110.3	4.7	2.5				
			101.8	9.2	10.6	101.8	4.2	2.4				
			90.8	8.3	8.2	90.8	3.9	1.0				
86.3	6.9	9.8	86.3	2.7	2.9							



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência		
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
				80.3	9.9	6.5	80.3	6.0	0.2
				77.7	6.1	9.2	77.7	2.3	3.0
				74.4	7.0	8.5	74.4	3.4	2.6
				71.8	9.0	5.9	71.8	5.5	0.2
				65.9	6.1	7.8	65.9	2.9	2.5
				84.0	4.4	11.8	84.0	0.3	5.0
				81.2	4.5	11.5	81.2	0.5	5.0
				80.6	9.8	9.6	80.6	5.9	3.2
				80.2	4.8	9.4	80.2	0.9	3.0
				78.0	13.1	8.1	78.0	9.3	1.9
				77.4	4.5	9.2	77.4	0.8	3.0
				74.7	21.8	6.1	74.7	18.2	0.3
				69.0	14.8	8.2	69.0	11.4	2.7
				65.9	14.5	8.0	65.9	11.3	2.8
				65.3	9.0	9.8	65.3	5.9	4.6
				62.4	8.8	9.6	62.4	5.7	4.5
P6	Piso 2	40x20	3.30/5.75	132.0	12.1	17.0	132.0	4.0	2.9
				131.9	11.3	17.3	131.9	3.2	3.2
				116.5	12.0	14.9	116.5	4.9	2.5
				106.1	11.1	13.5	106.1	4.6	2.2
				81.4	9.0	10.3	81.4	4.0	1.8
				70.9	8.1	8.9	70.9	3.7	1.5
				124.8	11.0	17.9	124.8	3.4	4.4
				124.7	10.7	17.9	124.7	3.0	4.5
				109.4	10.3	15.5	109.4	3.6	3.8
				76.6	7.5	10.8	76.6	2.8	2.7
				76.3	6.5	10.9	76.3	1.8	2.9
				66.1	6.6	9.2	66.1	2.6	2.3
				77.0	17.7	9.9	77.0	13.0	1.8
				75.7	13.1	9.7	75.7	8.4	1.7
				75.6	12.6	9.7	75.6	8.0	1.8
				75.5	12.5	9.8	75.5	7.8	1.9
				75.3	11.1	10.1	75.3	6.4	2.1
				74.5	7.3	10.7	74.5	2.8	2.8
				73.5	17.4	9.5	73.5	12.9	1.7
				72.2	11.4	10.1	72.2	7.0	2.5
70.9	9.2	9.9	70.9	4.8	2.4				
69.7	6.4	10.1	69.7	2.1	2.7				
68.7	11.1	9.6	68.7	6.9	2.3				
P6	Piso 1	40x20	0.00/3.30	85.3	8.1	10.9	85.3	2.9	1.9
				84.7	7.8	11.0	84.7	2.6	2.1
				84.6	7.8	10.8	84.6	2.6	1.9
				76.0	7.7	9.7	76.0	3.0	1.7
				74.7	6.9	10.0	74.7	2.3	2.1
				53.5	5.6	6.7	53.5	2.3	1.2
				52.1	4.8	7.0	52.1	1.6	1.6



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Morada Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência		
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
				46.7	5.0	5.9	46.7	2.1	1.0
				56.0	8.9	7.0	56.0	5.5	1.2
				53.8	8.7	6.8	53.8	5.4	1.2
				51.1	6.3	6.7	51.1	3.1	1.4
				48.4	4.8	6.9	48.4	1.8	1.9
			Planta superior	132.0	12.1	17.0	132.0	4.0	2.9
				131.9	11.3	17.3	131.9	3.2	3.2
				116.5	12.0	14.9	116.5	4.9	2.5
				116.3	10.0	15.6	116.3	2.8	3.2
				106.1	11.1	13.5	106.1	4.6	2.2
				81.4	9.0	10.3	81.4	4.0	1.8
				81.2	7.0	11.0	81.2	2.0	2.4
				70.9	8.1	8.9	70.9	3.7	1.5
				77.0	17.7	9.9	77.0	13.0	1.8
				75.7	13.1	9.7	75.7	8.4	1.7
				75.6	12.6	9.7	75.6	8.0	1.8
				75.5	12.5	9.8	75.5	7.8	1.9
				75.3	11.1	10.1	75.3	6.4	2.1
				74.5	7.3	10.7	74.5	2.8	2.8
73.5	17.4	9.5	73.5	12.9	1.7				
P7	Piso 2	40x20	3.30/5.75	138.3	9.4	11.6	138.3	6.7	6.7
				121.8	10.7	10.2	121.8	8.2	5.9
				73.9	7.4	6.2	73.9	5.9	3.6
				131.1	6.1	12.1	131.1	3.5	7.5
				78.4	19.8	6.0	78.4	18.3	3.3
				77.8	5.0	7.9	77.8	3.4	5.2
				77.7	3.1	8.0	77.7	1.6	5.3
				74.7	19.9	5.8	74.7	18.4	3.1
P8	Piso 2	20x40	3.30/4.80	138.5	4.3	14.9	138.5	1.6	12.2
				136.2	4.9	9.6	136.2	2.2	6.9
				128.5	3.8	22.1	128.5	1.3	19.5
				123.1	5.2	8.7	123.1	2.8	6.2
				119.3	3.6	21.5	119.3	1.2	19.1
				90.6	2.7	19.4	90.6	0.9	17.6
				85.2	4.0	6.0	85.2	2.3	4.3
				81.6	2.3	18.8	81.6	0.7	17.2
				78.7	2.7	10.7	78.7	1.2	9.1
				75.9	3.7	5.4	75.9	2.2	3.9
				69.7	2.4	11.0	69.7	1.0	9.6
				129.3	4.4	4.2	129.3	1.9	1.6
				88.3	3.7	26.4	88.3	1.9	24.7
				88.2	2.7	26.7	88.2	1.0	24.9
				80.6	10.4	6.2	80.6	8.8	4.6
				77.7	10.3	6.0	77.7	8.8	4.4
				85.4	3.1	11.8	85.4	1.4	10.1
85.3	2.8	11.9	85.3	1.1	10.2				



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência		
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
				81.5	3.2	8.4	81.5	1.5	6.8
				81.4	2.8	8.5	81.4	1.2	6.8
P9	Piso 2	20x40	3.30/5.75	59.3	4.3	6.9	59.3	2.2	5.7
				58.8	4.5	4.7	58.8	2.4	3.5
				58.7	4.2	4.8	58.7	2.2	3.6
				58.6	4.0	4.9	58.6	1.9	3.7
				58.1	4.2	2.6	58.1	2.1	1.5
				55.1	3.9	9.8	55.1	1.9	8.7
				53.9	4.4	4.2	53.9	2.5	3.2
				51.7	3.6	9.7	51.7	1.8	8.6
				38.2	2.7	8.4	38.2	1.4	7.7
				37.2	3.3	2.8	37.2	2.0	2.1
				34.8	2.4	8.2	34.8	1.2	7.5
				33.8	3.0	2.6	33.8	1.8	1.9
				32.4	2.4	4.0	32.4	1.3	3.3
				36.7	2.3	11.2	36.7	1.0	10.5
				36.6	2.0	11.5	36.6	0.7	10.8
				36.5	6.3	1.0	36.5	5.0	0.3
				36.0	6.4	2.7	36.0	5.1	1.9
				35.8	6.4	3.6	35.8	5.2	2.9
				35.0	2.0	5.6	35.0	0.7	4.9
				34.9	6.3	2.7	34.9	5.1	2.0
34.6	6.3	3.6	34.6	5.1	2.9				
33.9	1.9	5.5	33.9	0.7	4.9				
32.3	4.0	8.0	32.3	2.9	7.3				
P10	Piso 2	20x40	3.30/5.75	55.6	3.5	9.7	55.6	1.6	8.5
				55.2	3.8	7.6	55.2	1.8	6.5
				54.5	3.5	5.4	54.5	1.6	4.3
				51.7	3.2	12.3	51.7	1.4	11.3
				50.6	3.8	7.2	50.6	2.0	6.2
				48.8	3.1	1.7	48.8	1.4	0.7
				48.4	3.0	12.0	48.4	1.3	11.0
				40.0	2.5	7.4	40.0	1.1	6.6
				38.8	2.5	3.2	38.8	1.2	2.4
				35.1	2.8	5.0	35.1	1.6	4.3
				32.7	2.0	9.8	32.7	0.9	9.1
				31.8	2.6	4.7	31.8	1.4	4.0
				27.0	1.9	4.5	27.0	1.0	3.9
				35.3	5.2	9.6	35.3	4.0	8.9
				35.0	2.4	13.4	35.0	1.2	12.7
				34.8	5.3	7.5	34.8	4.1	6.8
				34.0	2.2	9.8	34.0	1.1	9.1
				33.9	4.0	6.3	33.9	2.8	5.6
				33.8	2.2	13.0	33.8	1.0	12.3
				32.9	3.8	3.0	32.9	2.6	2.4
29.8	3.3	1.1	29.8	2.2	0.5				



# Esforços e armaduras de pilares, paredes e muros

Morada Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Desfavoráveis			Referência		
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
				29.0	3.4	1.5	29.0	2.4	0.9



# Cargas horizontais de vento

Moradia Ponte de Lima

Data: 21/06/11

Cargas de vento		
Planta	Vento X (kN)	Vento Y (kN)
Piso 2	6.236	20.497
Piso 1	13.857	45.550

## Coeficientes de participação

Nome da Obra: Moradia Ponte de Lima

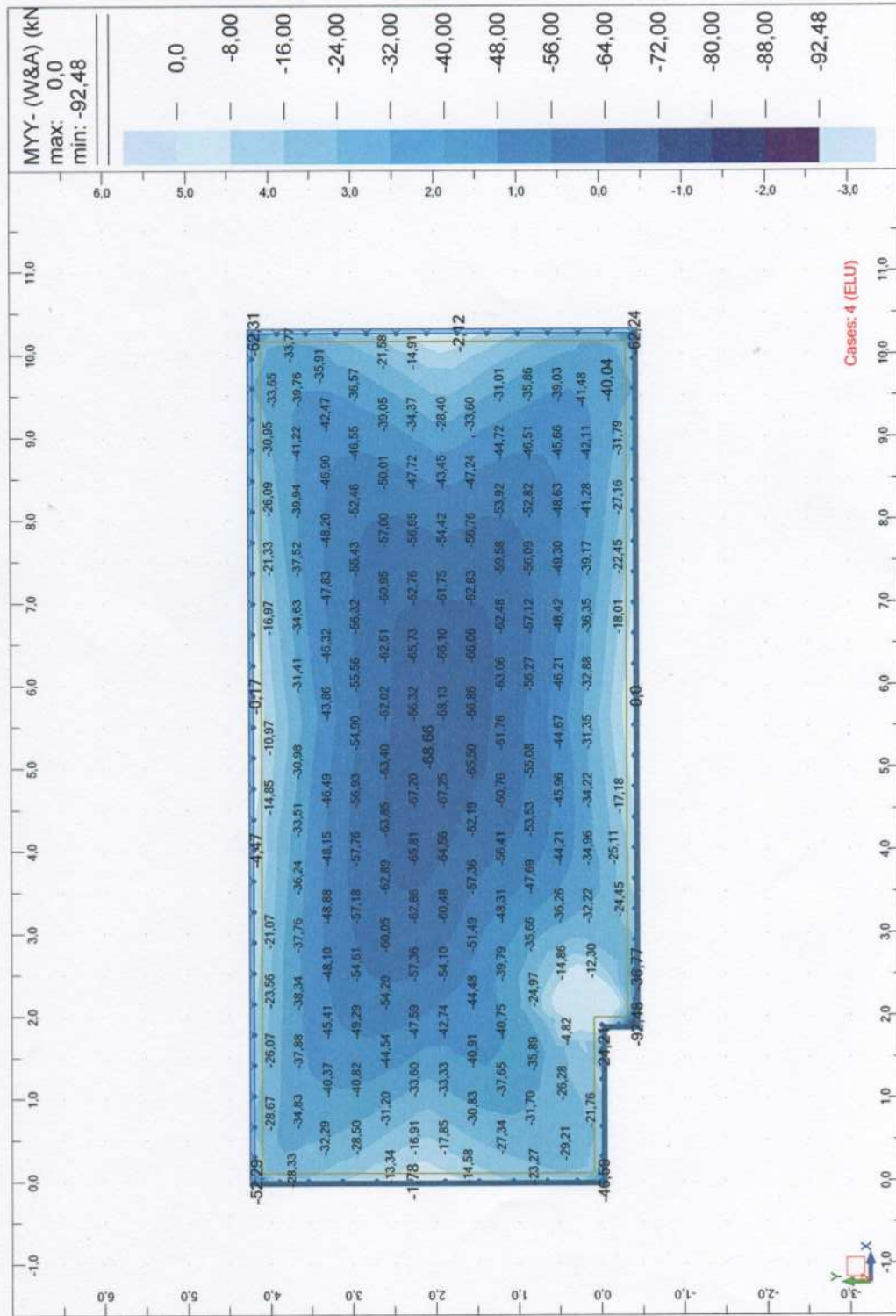
Data: 21/06/11

	T	Lx	Ly	Lgz	Mx	My	Hipóteses X(1)	Hipóteses X(2)	Hipóteses Y(1)	Hipóteses Y(2)
Modo 1	0.203	0.4734	0.0682	0.8782	53.07 %	1.09 %	R = 2.5 A = 0.475 m/s <sup>2</sup> D = 0.495 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.29397 mm	R = 2.5 A = 0.475 m/s <sup>2</sup> D = 0.495 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.29397 mm
Modo 2	0.181	0.2262	0.8025	0.5521	3.54 %	44.23 %	R = 2.5 A = 0.476 m/s <sup>2</sup> D = 0.39754 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.23522 mm	R = 2.5 A = 0.476 m/s <sup>2</sup> D = 0.39754 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.23522 mm
Modo 3	0.163	0.0328	0.0841	0.9959	1.93 %	12.57 %	R = 2.5 A = 0.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.32103 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.18935 mm	R = 2.5 A = 0.478 m/s <sup>2</sup> D = 0.32103 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.18935 mm
Modo 4	0.021	0.2696	0.0183	0.9628	19.92 %	0.09 %	R = 2.5 A = 0.48 m/s <sup>2</sup> D = 0.0054 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.00317 mm	R = 2.5 A = 0.48 m/s <sup>2</sup> D = 0.0054 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.00317 mm
Modo 5	0.014	0.0427	0.302	0.9524	0.83 %	41.24 %	R = 2.5 A = 0.48 m/s <sup>2</sup> D = 0.00251 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.00148 mm	R = 2.5 A = 0.48 m/s <sup>2</sup> D = 0.00251 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.00148 mm
Modo 6	0.01	0.234	0.0457	0.9711	20.7 %	0.78 %	R = 2.5 A = 0.48 m/s <sup>2</sup> D = 0.00122 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.00071 mm	R = 2.5 A = 0.48 m/s <sup>2</sup> D = 0.00122 mm	R = 2.5 A = 0.282 m/s <sup>2</sup> D = 0.00071 mm

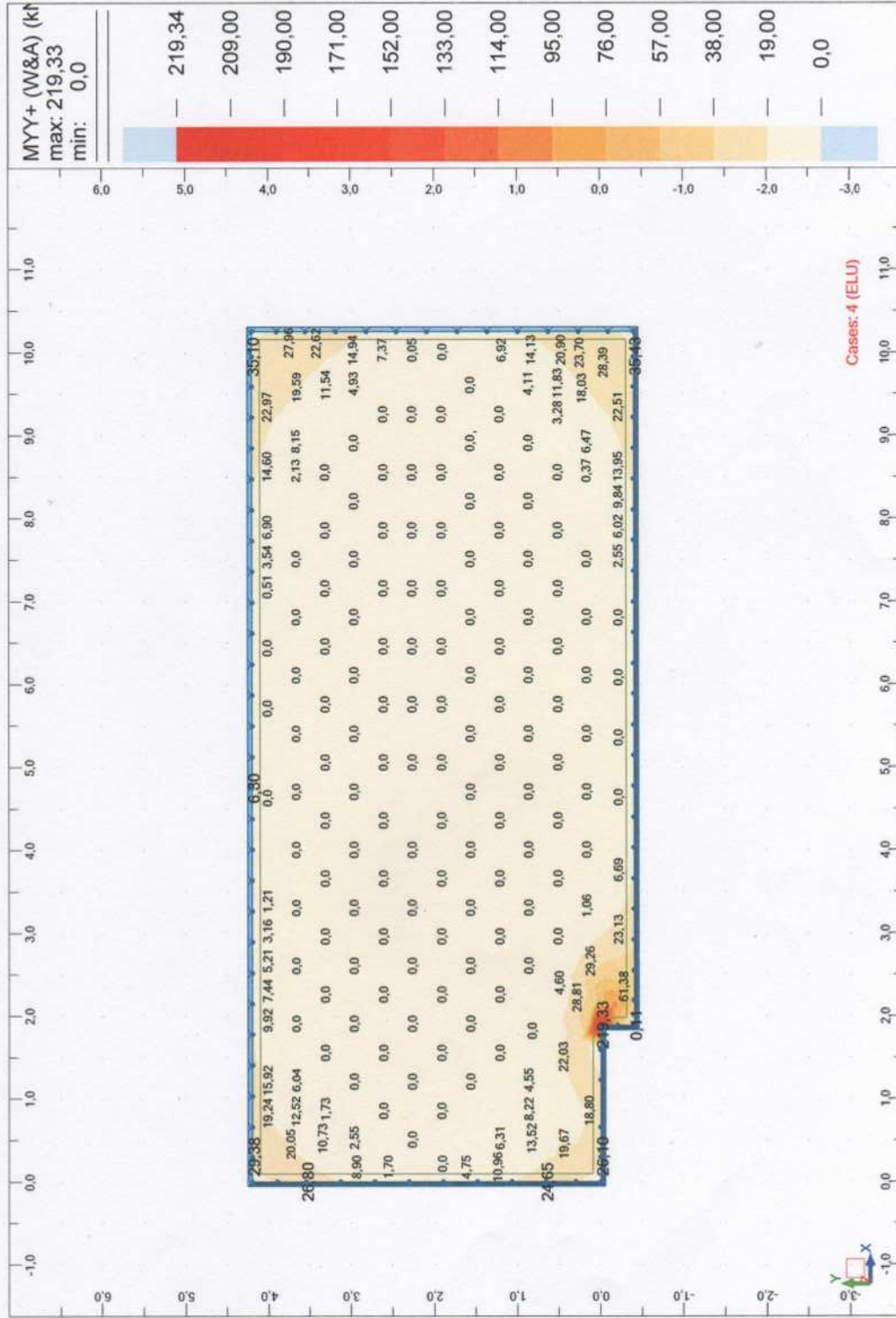
- T = Período de vibração em segundos.
- Lx, Ly, Lgz = Coeficientes de participação normalizados em cada direcção da análise.
- Mx, My = Percentagem de massa deslocada por cada modo em cada direcção da análise.
- R = Relação entre a aceleração de cálculo usando a ductilidade atribuída à estrutura e à aceleração de cálculo obtida sem ductilidade.
- A = Aceleração de cálculo, incluindo a ductilidade.
- D = Coeficiente do modo, equivale ao deslocamento máximo do grau de liberdade dinâmico.

	Massa total deslocada
Massa X	99.99 %
Massa Y	100 %

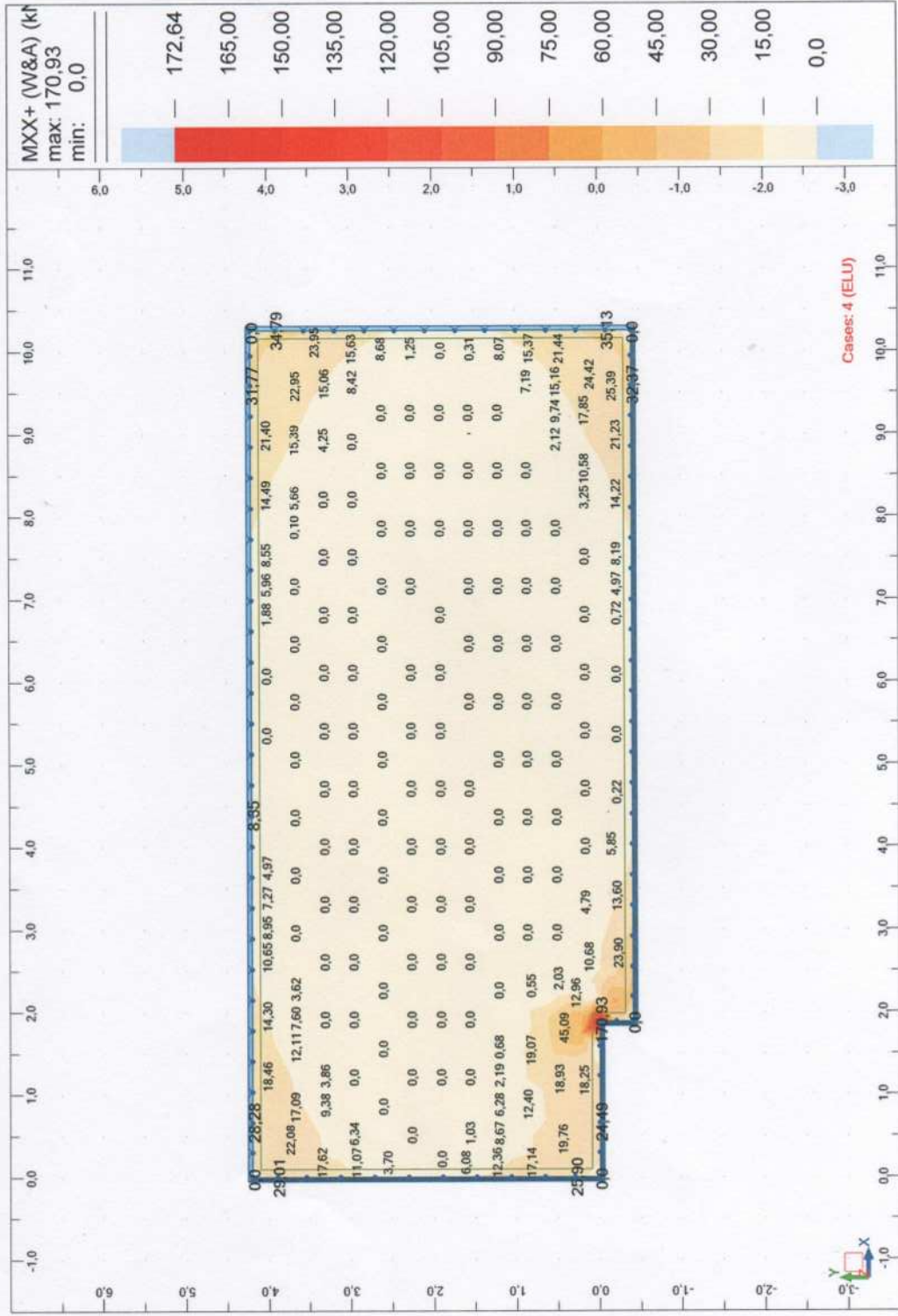
Maps for Panels - MYY- (W&A) Cases: 4 (ELU)



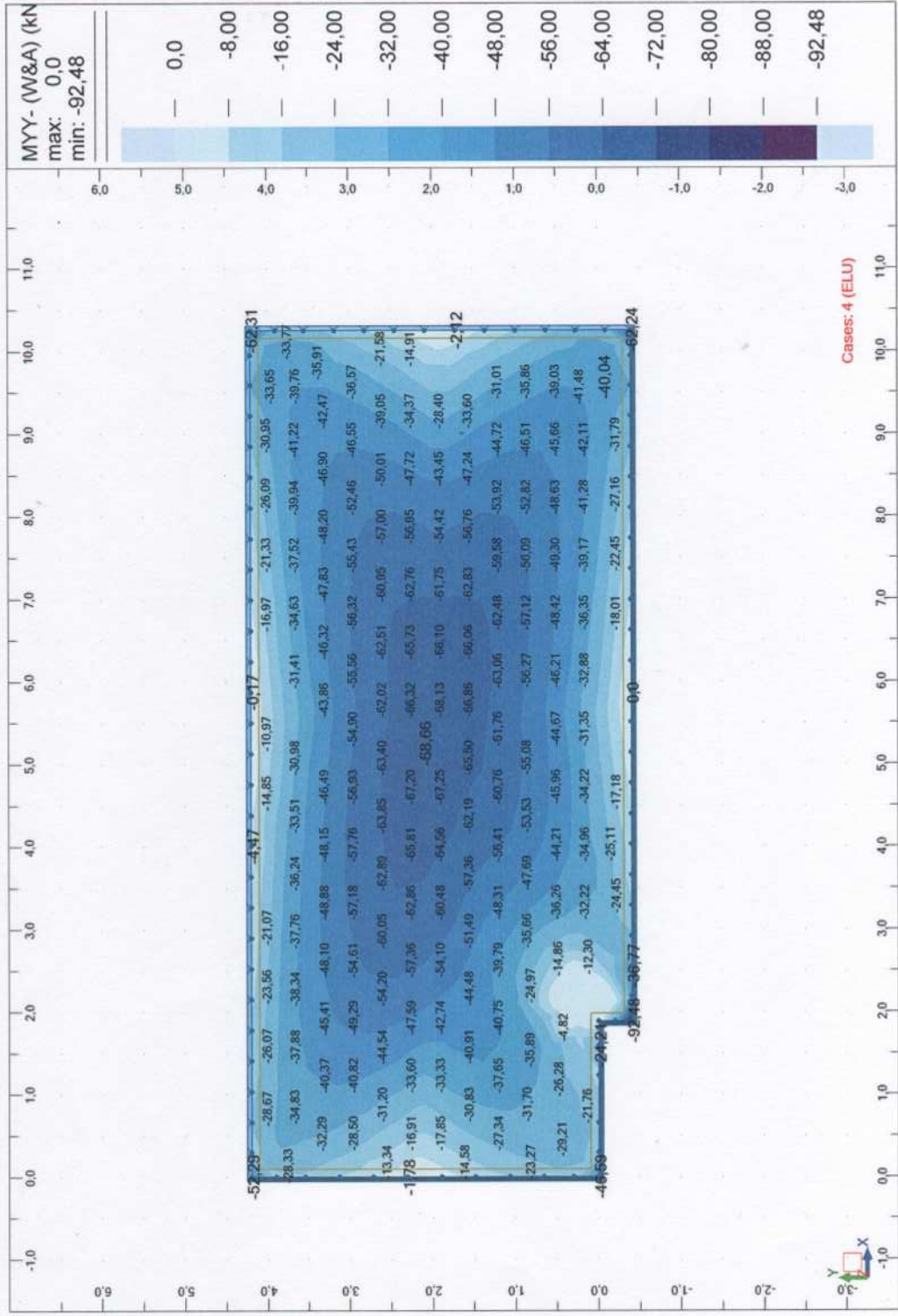
Maps for Panels - MYY+ (W&A) Cases: 4 (ELU)



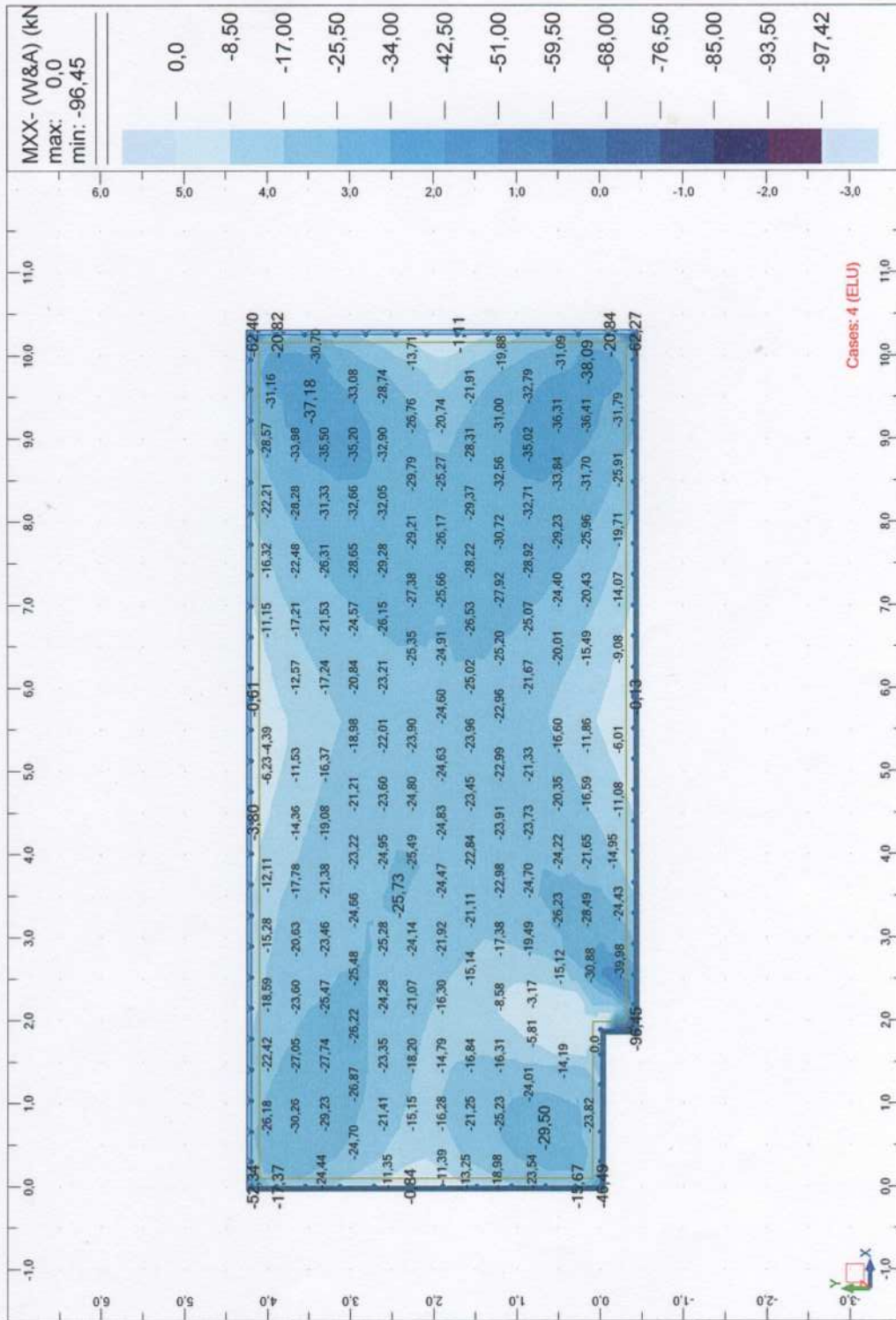
Maps for Panels - MXX+ (W&A) Cases: 4 (ELU)



Maps for Panels - MYY- (W&A) Cases: 4 (ELU)



Maps for Panels - MXX- (W&A) Cases: 4 (ELU)

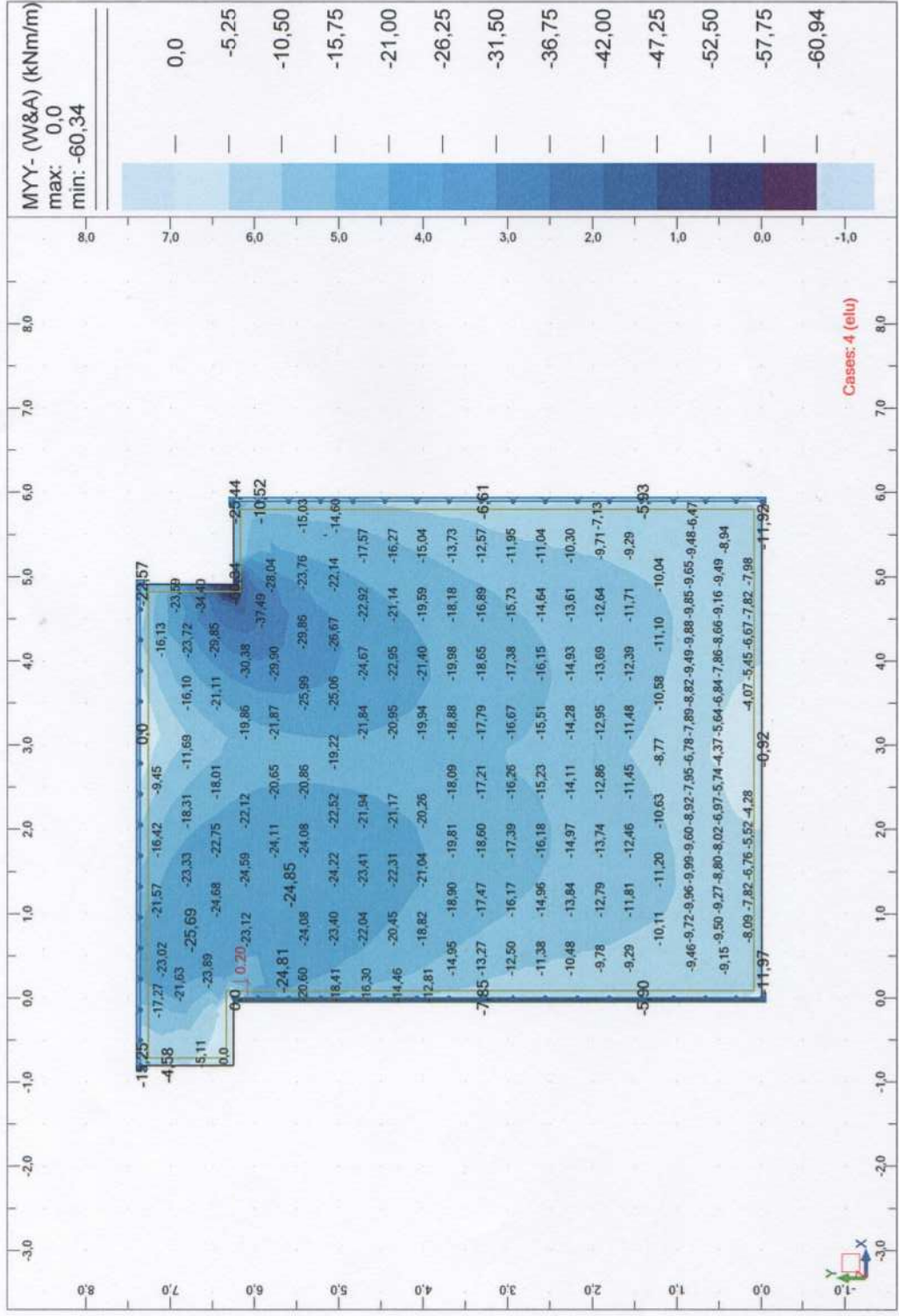




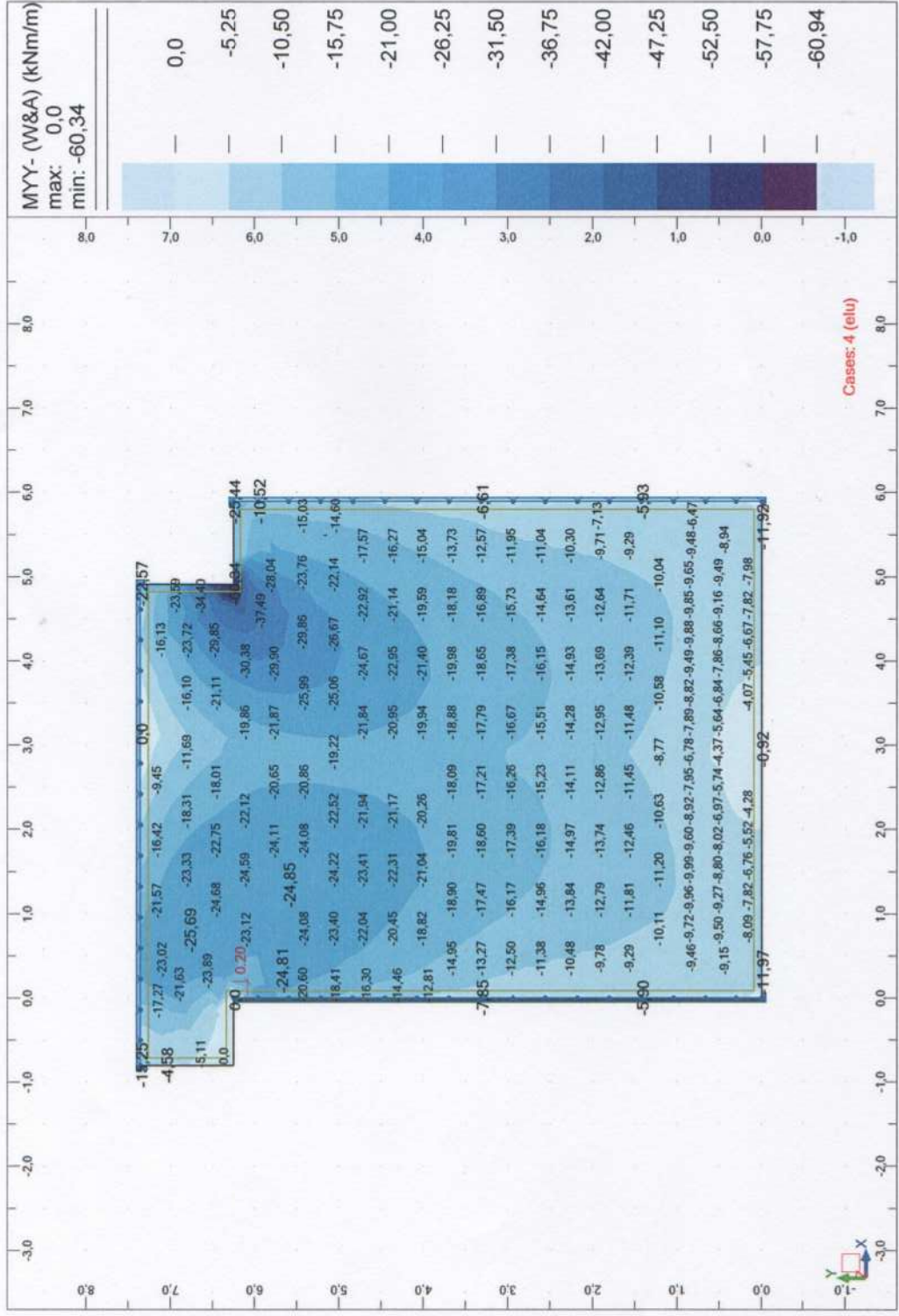




Maps for Panels - MYY- (W&A) Cases: 4 (elu)



Maps for Panels - MYY- (W&A) Cases: 4 (elu)







## Lajes Préfabricadas Prétlanti

---

**Designação da Obra:****Local:****Requerente:****Data:** 02-06-2011

---

### Laje LA2

---

Laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas Prétlanti: **V1-48x12-17****Condições de Apoio:**

Laje simplesmente apoiada

Vão = 3,00 m

Espessura = 0,17 m (0,12+0,05)

**Acções:****Cargas Unif. Distribuídas:**Peso Próprio = 2,21 kN/m<sup>2</sup>Paredes Divisórias = 0,00 kN/m<sup>2</sup>Revestimentos = 1,50 kN/m<sup>2</sup>Outras Permanentes = 0,00 kN/m<sup>2</sup>Sobrecarga = 1,00 kN/m<sup>2</sup>**Verificação aos Estados Limites Últimos:**

Msd = 7,95 kN.m/m Mrd = 11,20 kN.m/m

Vsd = 9,89 kN/m Vrd = 15,70 kN/m

(à face da viga)

**Verificação ao Estado Limite de Fendilhação:**

Ambiente Moderadamente Agressivo (comb. frequente: g + y1q)

Mo = 4,17 kN.m/m Mfctk = 7,70 kN.m/m

**Verificação ao Estado Limite de Deformação:**Flecha Instantânea = 0,82 mm EI=4772 kN m<sup>2</sup> /m

Flecha a longo prazo = 2,46 mm Flecha máxima admissível = 7,5 mm

(antes da betonagem deverá ser introduzida uma contra-flecha no escoramento de 1 mm )

**Armaduras:**

Sobre os Apoios (A400; C20/25):

As = 0,49 cm<sup>2</sup>/m ( 4Ø6 /m até 0,75 m )**Tarugos:**

Nº de tarugos = 0

afastamento = 0,00 m

Armadura (A400) = / tarugo

**Armadura de Distribuição:**Asd = 0,40 cm<sup>2</sup> (Malhasol AR30)

---

### Laje LA1

---

Laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas Prétlanti: **V4-40x20-25**

**Condições de Apoio:**

Laje simplesmente apoiada

Vão = 4,85 m

Espessura = 0,25 m (0,20+0,05)

**Acções:****Cargas Unif. Distribuídas:**

Peso Próprio = 3,12 kN/m<sup>2</sup>

Paredes Divisórias = 0,00 kN/m<sup>2</sup>

Revestimentos = 2,96 kN/m<sup>2</sup>

Outras Permanentes = 0,00 kN/m<sup>2</sup>

Sobrecarga = 1,00 kN/m<sup>2</sup>

**Cargas Pontuais:**

dn = 2,43 m G1 = 7,88 kN Q1 = 2,12 kN (y1 = 0,00)

dn = 0,40 m G1 = 3,94 kN Q1 = 1,06 kN (y1 = 0,00)

dn = 4,45 m G1 = 3,94 kN Q1 = 1,06 kN (y1 = 0,00)

**Verificação aos Estados Limites Últimos:**

Msd = 45,97 kN.m/m Mrd = 50,80 kN.m/m

Vsd = 34,58 kN/m Vrd = 29,20 kN/m (0,31 m de maciçamento)

(à face da viga)

**Verificação ao Estado Limite de Fendilhação:**

Ambiente Moderadamente Agressivo (comb. frequente: g + y1q)

Mo = 24,71 kN.m/m Mfctk = 28,39 kN.m/m

**Verificação ao Estado Limite de Deformação:**

Flecha Instantânea = 3,40 mm EI=16626 kN m<sup>2</sup> /m

Flecha a longo prazo = 10,21 mm Flecha máxima admissível = 12,1 mm

(antes da betonagem deverá ser introduzida uma contra-flecha no escoramento de 3 mm )

**Armaduras:**

Sobre os Apoios (A400; C20/25):

As = 1,38 cm<sup>2</sup>/m ( 4Ø8 /m até 1,21 m )

**Tarugos:**

Nº de tarugos = 2

afastamento = 1,62 m

Armadura (A400) = 2Ø10 / tarugo

**Armadura de Distribuição:**

Asd = 1,10 cm<sup>2</sup> (Malhasol AR38)

**Laje LA3**

---

Laje aligeirada com vigotas pré-esforçadas Prétlanti: **V2-40x15-20**

**Condições de Apoio:**

Laje simplesmente apoiada

Vão = 3,00 m

Espessura = 0,20 m (0,15+0,05)

**Acções:**

**Cargas Unif. Distribuídas:**Peso Próprio = 2,61 kN/m<sup>2</sup>Paredes Divisórias = 1,73 kN/m<sup>2</sup>Revestimentos = 1,94 kN/m<sup>2</sup>Outras Permanentes = 0,00 kN/m<sup>2</sup>Sobrecarga = 2,00 kN/m<sup>2</sup>**Verificação aos Estados Limites Últimos:**

Msd = 21,69 kN.m/m Mrd = 22,50 kN.m/m

Vsd = 21,12 kN/m Vrd = 22,90 kN/m

(à face da viga)

**Verificação ao Estado Limite de Fendilhação:**

Ambiente Moderadamente Agressivo (comb. frequente: g + y1q)

Mo = 11,80 kN.m/m Mfctk = 13,70 kN.m/m

**Verificação ao Estado Limite de Deformação:**Flecha Instantânea = 2,17 mm EI=8605 kN m<sup>2</sup> /m

Flecha a longo prazo = 6,10 mm Flecha máxima admissível = 9,8 mm

(antes da betonagem deverá ser introduzida uma contra-flecha no escoramento de 2 mm )

**Armaduras:**

Sobre os Apoios (A400; C20/25):

As = 0,79 cm<sup>2</sup>/m ( 4Ø6 /m até 0,98 m )**Tarugos:**

Nº de tarugos = 0

afastamento = 0,00 m

Armadura (A400) = / tarugo

**Armadura de Distribuição:**Asd = 0,63 cm<sup>2</sup> (Malhasol AR30)

---

12-07-2011

AMPLIAÇÃO E RENCONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

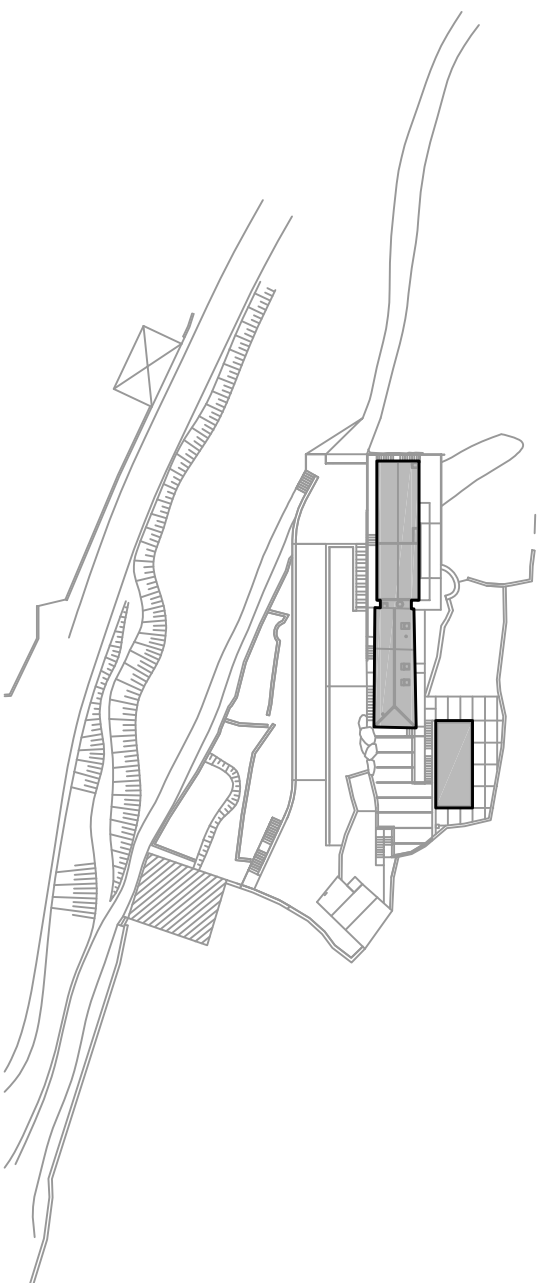
# PEÇAS DESENHADAS

---

Projecto de Estruturas

OUTUBRO 2012

Zona:



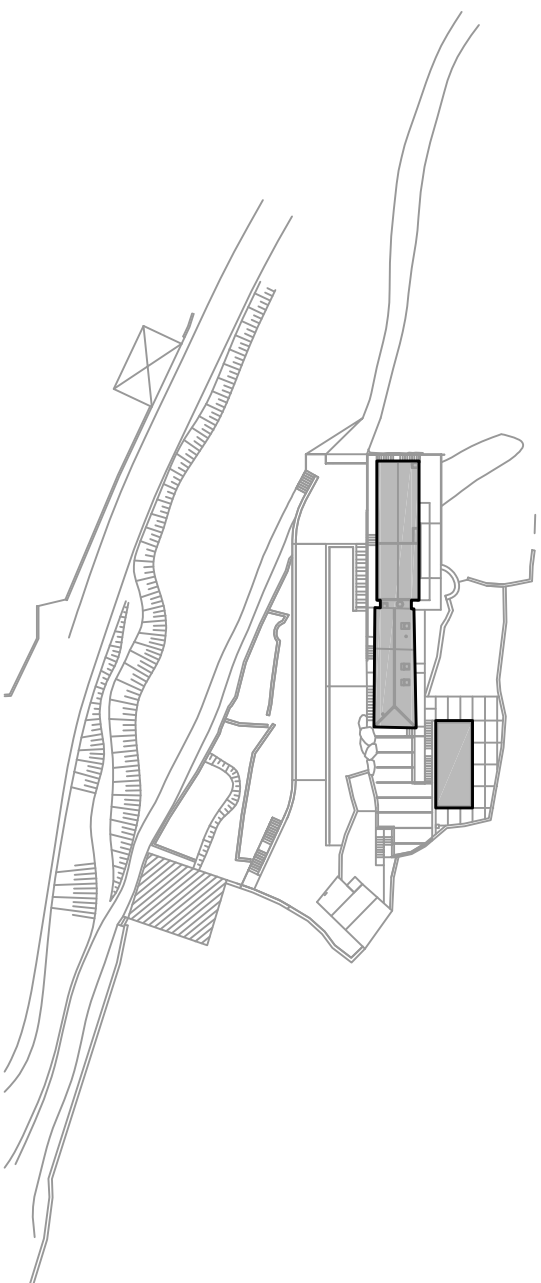
s ( planimétricas e altimétricas ) devem ser confirmadas no  
arquitectura e na Obra.

### ELAJES:

- Cota do Tosco (m) D - Peso Próprio (kN/m<sup>2</sup>)
- Cota do Acabado (m) E - Rest. Cargas Permanentes (kN/m<sup>2</sup>)
- Espessura da Laje (m) F - Sobre carga (kN/m<sup>2</sup>)

Proj:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj: Estabilidade	LUISA GONÇALVES OUTEIRO
Des:	NS	Requerente:	ALEXANDRA MARTINS E ADRIANO ZILHÃO	Desenho N.º:	P001-DS-EST-01-01-01-PL00
Copiou					
Visto	MRO				
Data:	Outubro 2012	Título:	PLANTA ESTRUTURAL DE FUNDAÇÕES	Substituído por	
Escalas:	1/100				

Zona:



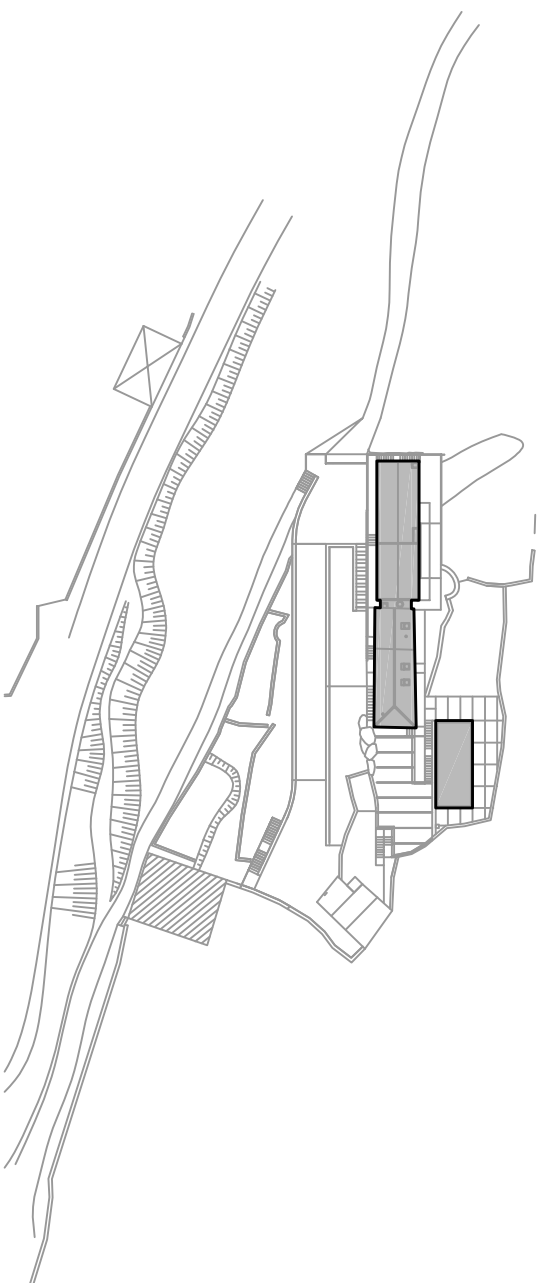
s ( planimétricas e altimétricas ) devem ser confirmadas no  
arquitectura e na Obra.

### E LAJES:

- Cota do Tosco (m) D - Peso Próprio (kN/m<sup>2</sup>)
- Cota do Acabado (m) E - Rest. Cargas Permanentes (kN/m<sup>2</sup>)
- Espessura da Laje (m) F - Sobre carga (kN/m<sup>2</sup>)

Proj:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj: Estabilidade	LUIZA GONÇALVES OUTEIRO
Des:	NS	Requerente:	ALEXANDRA MARTINS E ADRIANO ZILHÃO	Desenho N.º:	P001-DS-EST-01-01-02-PL00
Copiou					
Visto	MRO				
Data:	Outubro 2012				
Escalas:	1/100	Título:	PLANTA ESTRUTURAL DO PISO 0	Substituído por	

Zona:



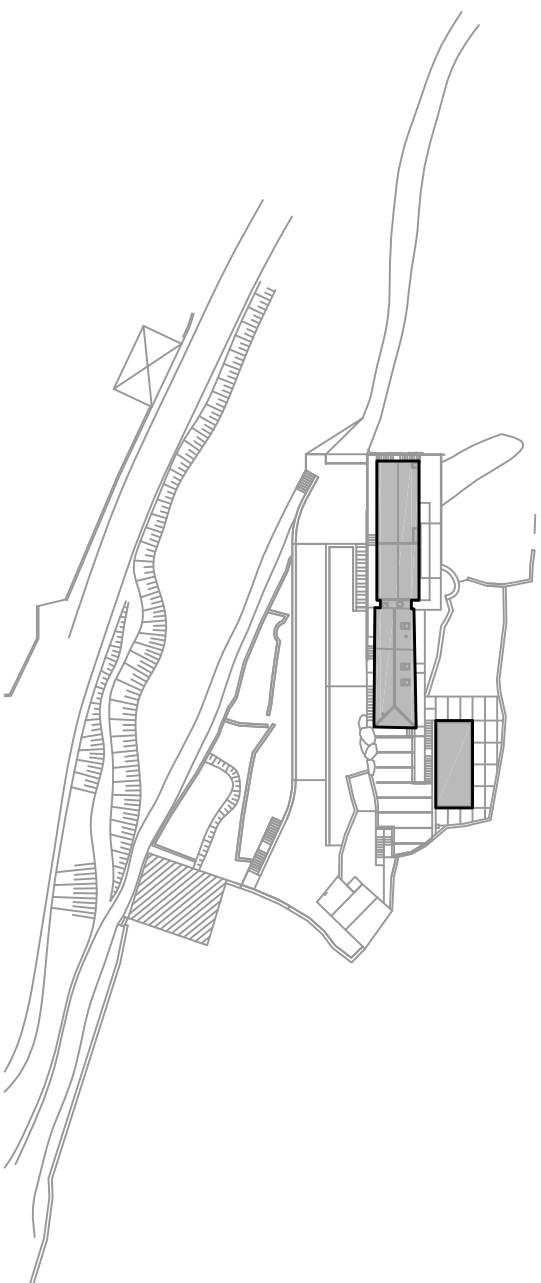
s ( planimétricas e altimétricas ) devem ser confirmadas no  
arquitectura e na Obra.

### ELAJES:

- Cota do Tosco (m) D - Peso Próprio (kN/m<sup>2</sup>)
- Cota do Acabado (m) E - Rest. Cargas Permanentes (kN/m<sup>2</sup>)
- Espessura da Laje (m) F - Sobre carga (kN/m<sup>2</sup>)

Proj:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj: Estabilidade	LUIZA GONÇALVES OUTEIRO
Des:	NS	Requerente:	ALEXANDRA MARTINS E ADRIANO ZILHÃO	Desenho N.º:	P001-DS-EST-01-01-03-PL00
Copiou		Data:	Outubro 2012	Desenho N.º:	
Visto	MRO	Título:	PLANTA ESTRUTURAL DO PISO 1	Substituído por	
Escalas:	1/100				

Zona:



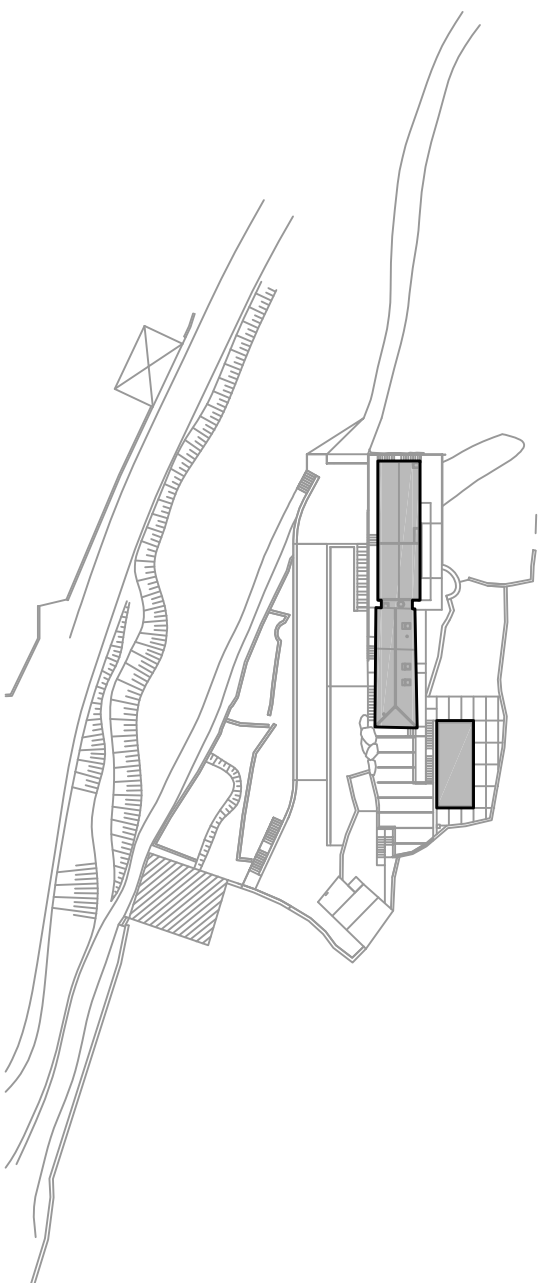
s ( planimétricas e altimétricas ) devem ser confirmadas no  
arquitectura e na Obra.

### ELAJES:

- Cota do Tosco (m) D - Peso Próprio (kN/m<sup>2</sup>)
- Cota do Acabado (m) E - Rest. Cargas Permanentes (kN/m<sup>2</sup>)
- Espessura da Laje (m) F - Sobre carga (kN/m<sup>2</sup>)

Proj:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj: Estabilidade	LUIZA GONÇALVES OUTEIRO
Des:	NS	Requerente:	ALEXANDRA MARTINS E ADRIANO ZILHÃO	Desenho N.º:	P001-DS-EST-01-01-04-PL00
Copiou					
Visto	MRO				
Data:	Outubro 2012	Título:	PLANTA ESTRUTURAL DO PISO 2	Substituído por	
Escalas:	1/100				

Zona:



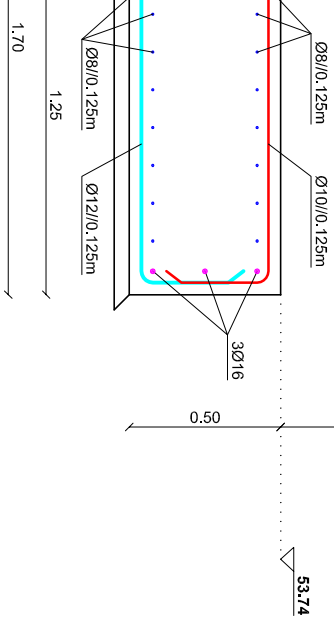
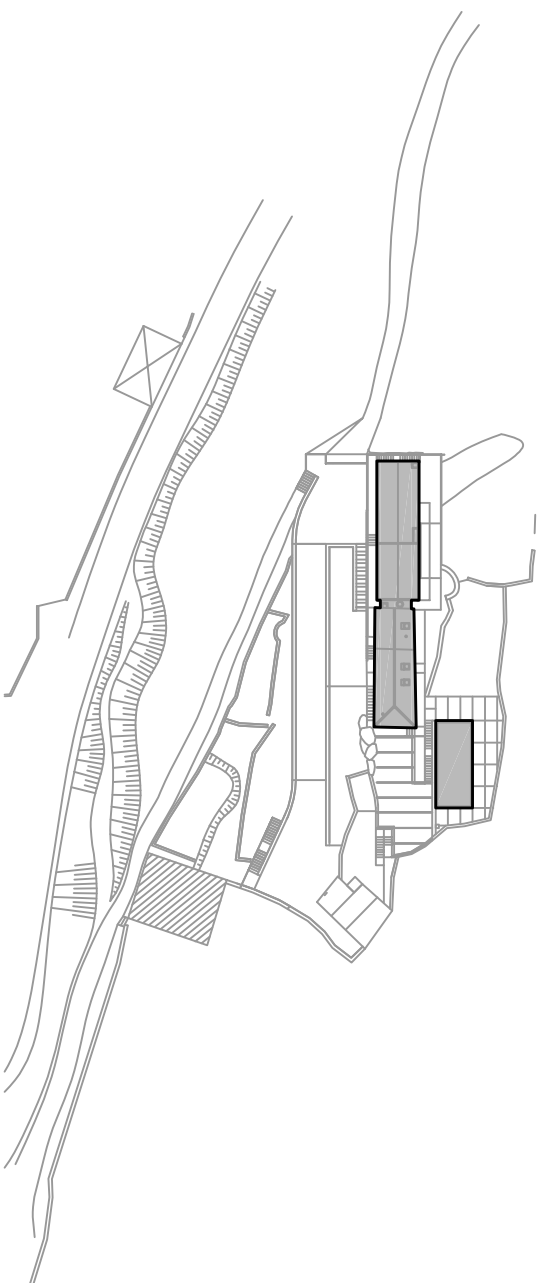
s ( planimétricas e altimétricas ) devem ser confirmadas no  
arquitectura e na Obra.

### E LAJES:

- Cota do Tosco (m) D - Peso Próprio (kN/m<sup>2</sup>)
- Cota do Acabado (m) E - Rest. Cargas Permanentes (kN/m<sup>2</sup>)
- Espessura da Laje (m) F - Sobre carga (kN/m<sup>2</sup>)

Proj:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj: Estabilidade	LUISA GONÇALVES OUTEIRO
Des:	NS	Requerente:	ALEXANDRA MARTINS E ADRIANO ZILHÃO	Desenho N.º:	P001-DS-EST-01-01-05-PL00
Copiou		Data:	Outubro 2012	Substituído por	
Visto	MRO	Escalas:	1/100		
Título:			PLANTA ESTRUTURAL DA COBERTURA		

Zona:



alimétricas e alimétricas ) devem ser confirmadas no tura e na Obra.

**AÇÃO:**

ção em contacto com as terras devem ser pintadas com de uma tinta asfáltica tipo "FLINTKOTE" ou equivalente. enterradas deve ser utilizado no betão um aditivo STOCRETE-N" ou equivalente.

<b>Proj:</b> LG	<b>Obra:</b> HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	<b>Proj: Estabilidade</b> LUISA GONÇALVES OUTEIRO
<b>Des:</b> NS		
<b>Copiou</b>		
<b>Visto</b> MRO		
<b>Data:</b> Outubro 2012	<b>Requerente:</b> ALEXANDRA MARTINS E ADRIANO ZILHÃO	<b>Desenho N.º:</b> P001-DS-EST-01-01-06-PL00
<b>Escala:</b> 1/25	<b>Título:</b> FUNDAÇÕES E MUROS DE SUPORTE	<b>Substituído por</b>



<i>Proj.:</i>	LG		<i>Obra:</i>	<b>HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA</b>		<i>Proj. Estabilidade</i>	<b>LUISA GONÇALVES OUTEIRO</b>	
<i>Des.:</i>	NS		<i>Requerente:</i>	<b>ALEXANDRA MARTINS E ADRIANO ZILHÃO</b>		<i>Desenho N.º</i>	<b>P001-DS-EST-01-01-08-PL00</b>	
<i>Cópiau</i>			<i>Título:</i>	<b>LAJES E VIGAS</b>		<i>Substitui o des. n.º</i>		
<i>Visto</i>	MRO		<i>Escalas:</i>	<b>1/50</b>		<i>Substituído por</i>		
<i>Data:</i>	Outubro 2012							

**ANEXO II – PROYECTO DE  
COMPORTAMIENTO TÉRMICO**

AMPLIAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

## PEÇAS ESCRITAS

---

Projecto de Comportamento Térmico

OUTUBRO 2012

## **1. Âmbito**

Refere-se a presente memória descritiva e justificativa ao projecto de Drenagem de Águas Pluviais a levar a efeito numa moradia unifamiliar sito no Lugar da Forcada, freguesia da Facha, concelho de Ponte de Lima.

O desenvolvimento deste projecto teve por base a análise das Plantas de Arquitectura.

## **2. Descrição Geral do Edifício**

O objectivo desta intervenção é reconstruir e ampliar o edifício existente, para aqui instalar uma segunda habitação.

O programa é constituído por três quartos, sala de estar, cozinha, incluindo espaço para refeições, casas de banho, lavandaria, arrumos, e coberto automóvel.

No edifício existente serão localizados no 1º andar, a sala de refeições e cozinha, e a sala de estar. No piso do rés-do-chão ficam localizadas a lavandaria e os arrumos.

No corpo a construir de raiz, e que ocupa o espaço do anexo a demolir, fica instalado ao nível do 1º andar o quarto principal, com casa de banho, e um espaço complementar, e mais dois quartos, servidos por uma casa de banho comum. No rés-do-chão, está localizado o estacionamento automóvel.

Por detrás da habitação, localizam-se os balneários e a casa das máquinas da piscina.

As plantas, alçados e cortes do edifício devem ser consultados no Projecto Geral de Arquitectura.

## **3. Dados Climáticos**

Os dados climáticos considerados para o estudo do comportamento térmico do edifício foram os seguintes:

Dados climáticos do edifício em estudo	
Localização:	Ponte de Lima
Zona climática de Inverno:	I2
Zona climática de Verão:	V2
Altitude:	60 m
Alteração em função da altitude:	Não
Número de graus dia (GD):	1790 °C.dias
Duração da estação de aquecimento:	6,3 meses
Temperatura externa do projecto:	32 °C
Amplitude térmica:	13 °C
Energia solar média mensal incidente (G <sub>sul</sub> ):	93 kWh/m <sup>2</sup> .mês

## 4. Soluções Construtivas

As soluções construtivas consideradas foram as seguintes:

### ELEMENTOS OPACOS

#### Ementos Verticais em contacto com o exterior

Parede Exterior Granito – Pext.1	e [m]	$\lambda$ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> C/W]
Alvenaria de Granito	0,480	2,800	0,171
Poliestireno projectado	0,080	0,037	2,162
Placa de gesso catonado	0,013	0,250	0,050
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,39</b>

Parede Exterior Tijolo – Pext.2	e [m]	$\lambda$ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> C/W]
Reboco Armado	0,005	1,800	0,003
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Tijolo de 22	0,220		0,520
Reboco	0,020	1,300	0,015
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,35</b>

#### Pontes Térmicas Planas para o exterior

PTP Viga/Pilar em betão – PTP.1 e PTP.3	e [m]	$\lambda$ [W/m°C]	$\lambda$ [W/m°C]
Reboco Armado	0,005	1,800	0,003
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Viga de Betão	0,200	2,000	0,100
Reboco	0,020	1,300	0,015
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,41</b>

PTP Viga/Pilar em madeira – PTP.2	e [m]	$\lambda$ [W/m°C]	$\lambda$ [W/m°C]
Viga de madeira	0,480	0,180	2,667
Poliestireno projectado	0,080	0,037	2,162
Placa de gesso catonado	0,013	0,250	0,050
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,20</b>

### Elementos Horizontais – Coberturas em contacto com o exterior

Cobertura Exterior Quartos – Espaço de ar fortemente ventilado	e [m]	$\lambda$ [W/m <sup>2</sup> °C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Reboco	0,020	1,300	0,015
Laje aligeirada de blocos cerâmicos	0,170		0,220
Argamassa de assentamento	0,020	1,300	0,015
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Telha			
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,38</b>

Cobertura Exterior Cozinha / Sala – Espaço de ar fortemente ventilado	e [m]	$\lambda$ [W/m <sup>2</sup> °C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Telha Canudo			
Membrana de PVC			
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Forro em Pinho assente em vigas de madeira	0,020	0,150	0,133
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,40</b>

Cobertura Exterior Corredor – Espaço de ar fortemente ventilado	e [m]	$\lambda$ [W/m <sup>2</sup> °C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Tijoleira ventilada			
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Argamassa de assentamento	0,020	1,300	0,015
Laje maciça	0,150	2,000	0,075
Reboco	0,020	1,300	0,015
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,41</b>

### Elementos Horizontais – Pavimentos em contacto com o exterior

Pavimento Quartos em contacto com o Exterior	e [m]	$\lambda$ [W/m <sup>2</sup> °C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Soalho em madeira	0,020	0,150	0,133
Argamassa de assentamento	0,010	1,300	0,008
Laje maciça	0,200	2,000	0,100
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Reboco	0,020	1,800	0,011
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,38</b>

### Elementos Horizontais – Pavimentos em contacto com espaços não uteis

Pavimento Cozinha/Sala em contacto com Lavandaria/Arrumos	e [m]	$\lambda$ [W/m <sup>2</sup> °C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Soalho assente em vigas de madeira	0,020	0,150	0,133
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Forro em Pinho	0,020	0,150	0,133
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,36</b>

Pavimento em contacto com o Sótão	e [m]	$\lambda$ [W/m <sup>2</sup> °C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Mosaico cerâmico	0,010	0,340	0,029
Argamassa de assentamento	0,010	1,300	0,008
Laje aligeirada	0,250		0,270
isolamento térmico	0,080	0,037	2,162
Reboco	0,020	1,800	0,011
<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] =</b>			<b>0,37</b>

### ELEMENTOS ENVIDRAÇADOS

Envidraçado tipo – ENV. VERTICAIS	Uw dn [m <sup>2</sup> °C/W]
Caixilharia de madeira à vista com corte térmico e vidro duplo – laminado 33,1 + simples 4. Dispositivo de Sombreamento interior constituído por cortina interior muito transparente e portada interior de madeira de cor clara.	2,00
Factor Solar - Protecção Activada – Verão	<b>g<sub>⊥</sub></b> <b>0,470</b>

Envidraçado tipo – ENV. HORIZONTAIS	Uw dn [m <sup>2</sup> °C/W]
Clarabóia com vidro duplo – laminado 33,1 + simples 4. Dispositivo de Sombreamento interior constituído por cortina interior opaca.	2,90
Factor Solar - Protecção Activada – Verão	<b>g<sub>⊥</sub></b> <b>0,484</b>

Para o cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica (U) foram considerados os seguintes valores de Resistências Térmicas Superficiais, sendo que todos cumpriram os valores mínimos regulamentares.

	<u>Resistências Térmicas Superficiais [m<sup>2</sup>.°C/W]</u>		
	<b>R<sub>si</sub></b>	<b>R<sub>se</sub></b>	<b>R<sub>se</sub></b> (Local não aquecido)
<b>Horizontal</b>	0,13	0,040	0,13
<b>Vertical Ascendente</b>	0,10	0,040	0,10
<b>Vertical Descendente</b>	0,17	0,040	0,17

## 5. Descrição dos Parâmetros Térmicos

### 5.1. Sistema de climatização

O equipamento previsto para o sistema de aquecimento é uma caldeira mural a gás e para o sistema de arrefecimento ambiente, como não está definido, considerou-se o sistema por defeito apontado no regulamento.

Equipamento	Eficiência Nominal Equipamentos		Factores de Conversão	
2- Caldeira a combustível gasoso	$\eta_i$	0,87	F <sub>pui</sub>	0,086 kgep/kWh
7- Máquina frigorífica (ciclo de compressão)	$\eta_v$	3,00	F <sub>puv</sub>	0,290 kgep/kWh
8- Caldeira mural com 50 a 100 mm de isolamento térmico	$\eta_a$	0,72	F <sub>pua</sub>	0,086 kgep/kWh

### 5.2. Sistema de produção de AQS

Para o sistema de aquecimento de água quente sanitária foi previsto uma caldeira a gás com 50 a 100 mm de isolamento térmico, mas não foi considerado isolamento térmico na tubagem de água quente.

Equipamento	Eficiência Nominal Equipamentos		Factores de Conversão	
8- Caldeira mural com 50 a 100 mm de isolamento térmico	$\eta_a$	0,72	F <sub>pua</sub>	0,086 kgep/kWh
Redes de distribuição de água quente internas à fracção autónoma isoladas com pelo menos 10 mm de isolamento térmico			Não	

### 5.3. Sistemas de aproveitamento de energias renováveis

Ao abrigo da legislação, foi considerada a instalação de um sistema de colectores solares para aproveitamento de energias renováveis.

Salienta-se que estes equipamentos devem ser certificados pela Certif ou Solar Keymark, instalados por técnicos certificados pela DGEG e com contrato de manutenção válido por 6 anos.

Sistema			Equipamento
Aproveitamento de Energias Renováveis			Sistema de Colectores Solares

Sistema	Inclinação	Orientação	Soluções alternativas de Energias Renováveis
Colector Solar	35 °	Sul	Não

#### 5.4. Sistema de ventilação

O tipo de ventilação considerado foi a ventilação natural dada a inexistência de aparelhos mecânicos para o efeito.

<b>VENTILAÇÃO NATURAL</b>		<i>(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)</i>	
Cumprir a NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	se SIM: $R_{ph} =$ <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da Caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="3"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1
Caixas de Estore	(S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Classe de Exposição <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text" value="2"/>	$R_{ph} =$ <input type="text" value="0,85"/>
Aberturas Auto-reguladas?	(S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Área de envidraçados > 15% $A_p$ ?	(S ou N)	<input type="text" value="Sim"/>	
Portas Exteriores bem vedadas?	(S ou N)	<input type="text" value="Sim"/>	

### 6. Disposições Gerais

As soluções propostas não são as únicas possíveis mas a sua escolha foi considerada a mais adequada, tendo em vista a compatibilização dos requisitos térmicos e as características definidas no projecto de Arquitectura.

A justificação do cálculo e conseqüente verificação dos valores de referência para dispensa da verificação detalhada do RCCTE apresenta-se em anexo a esta memória descritiva e justificativa.

**Habitación Unifamiliar**  
**Localización: Forcada, Freguesia da Facha – Ponte de Lima**

Zona Climática Inverno  
Altitude  
Nº Graus Dias  
Duração Estação de Aquecimento  
Zona Climática Verão  
Temp. extrema do projecto  
Amplitude Térmica

I2  
60,00 m  
1790 °C.dia  
6,3 meses  
V2  
32 °C  
13 °C

[Coeficiente de Transmissão Térmica Superficial Máximo – I2](#)

(Pág 2512, Quadro IX.1)

**Elementos exteriores**

vertical  
horizontal

1,60  
1,00

**Elementos interiores**

vertical  
horizontal

2,00  
1,30

[Coeficiente de Transmissão Térmica de Referência - I2](#)

(Pág 2512, Quadro IX.3)

**Elementos exteriores**

vertical  
horizontal

0,60  
0,45

**Elementos interiores**

vertical  
horizontal  
Envidraçados

1,20  
0,90  
3,30

[Factor Solar Máximo admisible se: Aenv > 15% Ap – V1](#)

(Pág 2512, Quadro IX.2)

**Inércia Térmica Média**

**Inércia Térmica**

Média

Radiación incidente num envidraçado a Sul (G<sub>sol</sub>) na zona do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m<sup>2</sup>.mês)

12  
93

Ganhos internos médios (Quadro IV. 3)

4,00 W/m<sup>2</sup>

Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)

19 °C

**Necessidades Nominais de Arref. Máximas – Nv** (Pág.2474 Artigo 15° – N°2)

18 W/m<sup>2</sup>.ano

Tipologia (Quadro VI.1)

T3

M<sub>AGS</sub>

160,00

nd (Quadro VI.2)

365,00

## Habitación Unifamiliar

Localização: Forcada, Freguesia da Facha – Ponte de Lima

### Resistências Térmicas Superficiais [m<sup>2</sup>.°C/W]

	R <sub>si</sub>	R <sub>se</sub>	R <sub>se</sub> (Local não aquecido)
Horizontal	0,13	0,040	0,13
Vertical Ascendente	0,10	0,040	0,10
Vertical Descendente	0,17	0,040	0,17

## ELEMENTOS OPACOS

### Elementos Verticais em contacto com o exterior

Parede Exterior Granito – Pext.1	e [m]	λ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Alvenaria de Granito	0,480	2,800	0,171
Poliestireno projectado	0,080	0,037	2,162
Placa de gesso catonado	0,013	0,250	0,050
	0,573		<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] = 0,39</b>

Parede Exterior Tijolo – Pext.2	e [m]	λ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Reboco Armado	0,005	1,800	0,003
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Tijolo de 22	0,220		0,520
Reboco	0,020	1,300	0,015
	0,325		<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] = 0,35</b>

### Pontes Térmicas Planas para o exterior

PTP Viga/Pilar em betão – PTP.1 e PTP.3	e [m]	λ [W/m°C]	λ [W/m°C]
Reboco Armado	0,005	1,800	0,003
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Viga de Betão	0,200	2,000	0,100
Reboco	0,020	1,300	0,015
	0,305		<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] = 0,41</b>

PTP Viga/Pilar em madeira – PTP.2	e [m]	λ [W/m°C]	λ [W/m°C]
Viga de madeira	0,480	0,180	2,667
Poliestireno projectado	0,080	0,037	2,162
Placa de gesso catonado	0,013	0,250	0,050
			<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] = 0,20</b>

### Elementos Horizontais – Coberturas em contacto com o exterior

Cobertura Exterior Quartos – Espaço de ar fortemente ventilado	e [m]	λ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Reboco	0,020	1,300	0,015
Laje aligeirada de blocos cerâmicos	0,170		0,220
Argamassa de assentamento	0,020	1,300	0,015
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Telha			
			<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] = 0,38</b>

Cobertura Exterior Cozinha / Sala – Espaço de ar fortemente ventilado	e [m]	λ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Telha Canudo			
Membrana de PVC			
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Forro em Pinho assente em vigas de madeira	0,020	0,150	0,133
			<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] = 0,40</b>

Cobertura Exterior Corredor – Espaço de ar fortemente ventilado	e [m]	λ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> °C/W]
Tijoleira ventilada			
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Argamassa de assentamento	0,020	1,300	0,015
Laje maciça	0,150	2,000	0,075
Reboco	0,020	1,300	0,015
			<b>U [W/m<sup>2</sup>°C] = 0,41</b>

## Habitação Unifamiliar

Localização: Forcada, Freguesia da Facha – Ponte de Lima

### Elementos Horizontais – Pavimentos em contacto com o exterior

Pavimento Quartos em contacto com o Exterior	e [m]	$\lambda$ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> C/W]
Soalho em madeira	0,020	0,150	0,133
Argamassa de assentamento	0,010	1,300	0,008
Laje maciça	0,200	2,000	0,100
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Reboco	0,020	1,800	0,011
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,38</b>

### Elementos Horizontais – Pavimentos em contacto com espaços não uteis

Pavimento Cozinha/Sala em contacto com Lavandaria/Arrumos	e [m]	$\lambda$ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> C/W]
Soalho assente em vigas de madeira	0,020	0,150	0,133
isolamento termico	0,080	0,037	2,162
Forro em Pinho	0,020	0,150	0,133
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,36</b>

Pavimento em contacto com o Sótão	e [m]	$\lambda$ [W/m°C]	Rt [m <sup>2</sup> C/W]
Mosaico cerâmico	0,010	0,340	0,029
Argamassa de assentamento	0,010	1,300	0,008
Laje aligeirada	0,250		0,270
Isolamento térmico	0,080	0,037	2,162
Reboco	0,020	1,800	0,011
<b>U [W/m<sup>2</sup>C] =</b>			<b>0,37</b>

## ELEMENTOS ENVIDRAÇADOS

Envidraçado tipo – ENV. VERTICAIS	Uwdn [m <sup>2</sup> C/W]
Caixilharia de madeira à vista com corte térmico e vidro duplo – laminado 33,1 + simples 4. Dispositivo de Sombreamento interior constituído por cortina interior muito transparente e portada interior de madeira de cor clara.	2,00

Factor Solar - Protecção Activada – Verão	<b>g<sub>⊥</sub></b>	<b>0,470</b>
---	----------------------	--------------

Envidraçado tipo – ENV. HORIZONTAIS	Uwdn [m <sup>2</sup> C/W]
Clarabóia com vidro duplo – laminado 33,1 + simples 4. Dispositivo de Sombreamento interior constituído por cortina interior opaca.	2,90

Factor Solar - Protecção Activada – Verão	<b>g<sub>⊥</sub></b>	<b>0,484</b>
---	----------------------	--------------

Área ENV2	1,400	20,9%
Área Cozinha	6,700	<15% Área env.

É necessária correcção

**Folha de Cálculo FC  $\tau$**   
**Cálculo do coeficiente  $\tau$**

Tipo de espaço	Designação do espaço	AI	AU	A/A <sub>u</sub>	Intervalo AI/AU	$\tau$
4. Armazéns, arrumos, arquivos, casas das máquinas, zonas técnicas, arrecadações	Arrumo	21,62	12,49	1,730984788	1 ≤ AI/AU < 10	0,7
7.3 Coberturas sobre desvão fortemente ventilado	Sólo	71,55	65,55	1,091533181	1 ≤ AI/AU < 10	1

**Quadro 2.14 — Valores do coeficiente  $\tau$  (Tabela IV.1 do Anexo IV do RCCTE).**

Tipo de espaço não-útil	AI/AU (1)	
	0 ≤ AI/AU < 1	1 ≤ AI/AU < 10
<b>1. Circulação comum:</b>		
1.1 Circulação comum sem abertura directa para o exterior (janelas)	0,60	0,30
1.2 Circulação comum com abertura permanente para o exterior (p.ex., para ventilação ou desenfumagem):	0,80	0,50
a) Circulação comum com abertura permanente para o exterior - Área de aberturas permanentes /volume total < 0,05 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	0,90	0,70
b) Circulação comum com abertura permanente para o exterior - Área de aberturas permanentes /volume total ≥ 0,05 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	0,80	0,60
<b>2. Espaços comerciais, salas de condomínio</b>	0,60	0,60
<b>3. Edifícios adjacentes</b>	0,95	0,70
<b>4. Armazéns, arrumos, arquivos, casas das máquinas, zonas técnicas, arrecadações</b>	0,80	0,30
<b>5. Garagens:</b>	0,90	0,70
5.1 Garagem privada	0,90	0,40
5.2 Garagem colectiva	0,95	0,80
5.3 Garagem pública	0,80	0,50
<b>6. Varandas (fechadas), marquises, solários, lavandarias, estufas, jardins de inverno e similares (2)</b>	0,80	0,60
<b>7. Coberturas sobre desvão não habitado (acessível ou não) (3):</b>		
7.1 Coberturas sobre desvão não ventilado, courretes, ductos	0,80	0,60
7.2 Coberturas sobre desvão fracamente ventilado	0,90	0,70
7.3 Coberturas sobre desvão fortemente ventilado	1,00	1,00

(1) AI - área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não-útil  
AU - área do elemento que separa o espaço não-útil do ambiente exterior

(2) Corresponde aos espaços do tipo varandas e marquises fechadas, ou equivalentes, em que a envolvente de separação com os espaços aquecidos deve satisfazer, obrigatoriamente, os requisitos mínimos de transmissão térmica (U) definidos no Anexo IX.  
(3) Os valores de  $\tau$  indicados neste ponto aplicam-se aos desvãos não habitados (não-úteis) de coberturas inclinadas, acessíveis ou não. No caso dos desvãos acessíveis, estes podem não ter qualquer uso ou ser utilizados, nomeadamente, como zona de arrecadações ou espaços técnicos. A Caracterização da ventilação baseia-se nas definições que constam do Anexo II.

**Nota:**

Sempre que  $\tau > 0,7$ , ao elemento que separa o espaço útil interior do espaço não-útil aplicam-se os requisitos mínimos definidos no Anexo IX, para os elementos exteriores da envolvente.  
(Ver nº 2 do art. 18.º do texto regulamentar).

**ELEMENTOS OPACOS**

Envolvente Exterior

Designação	L(m)	h (m)	Avão (m²)	Aparede (m²)	Orient.	U [W/m²°C]
<b>Elementos Verticais em contacto com o exterior</b>						
<b>Parede Exterior Granito – Pext.1</b>						
O15 – Cozinha	4,27	2,40	2,01	60,49	5- Oeste	0,39
O14 – Sala	8,03	2,40	2,67	16,60	5- Oeste	0,39
E11 – Cozinha	4,25	2,40		10,20	4- Este	0,39
E12 – Sala	7,99	2,40		19,18	4- Este	0,39
S13 – Sala	3,58	2,40	2,32	6,27	6- Sul	0,39
<b>Parede Exterior Tijolo – Pext.2</b>						
O20 – Suite	5,62	2,30	4,62	8,30	5- Oeste	0,35
O19 – Quarto 1	3,69	2,30	4,62	3,86	5- Oeste	0,35
O18 – Quarto 2	3,45	2,30	4,46	3,47	5- Oeste	0,35
O17 – WC	2,37	2,30	0,44	5,01	5- Oeste	0,35
O16 – WC Serviço	0,91	2,30	2,09	2,09	5- Oeste	0,35
E3, E4 e E5 – Suite	7,17	2,30	4,60	11,89	4- Este	0,35
E6, E7 e E8 – Corredor	7,45	2,20	3,60	12,79	4- Este	0,35
E10 – Corredor Cozinha	1,02	2,20		2,24	4- Este	0,35
N1 – Suite	1,94	2,30		4,46	1- Norte	0,35
N2 – WC Suite	2,12	2,30		4,88	1- Norte	0,35
S9 - Corredor de ligação	0,64	2,20		1,41	6- Sul	0,35
<b>Pontes Térmicas Planas para o exterior</b>						
<b>PTP Viga/Pilar em betão – PTP.1 e PTP.3</b>						
Viga Norte				15,34		0,41
				2,62	1- Norte	0,41
<b>Pontes térmicas para o exterior</b>						
<b>PTP Viga em madeira - PTP.2</b>						
Viga Sul				1,64	6- Sul	0,20
Viga Oeste				5,56	5- Oeste	0,20
Viga Este				5,52	4- Este	0,20
<b>PTP P1 Pilar em betão – PTP.3</b>						
Pilares Norte				5,25		0,41
Pilares Este				0,82	1- Norte	0,41
Pilares Oeste				3,79	4- Este	0,41
Pilares Sul				0,63	5- Oeste	0,41
				0,51	6- Sul	0,41
<b>Elementos Horizontais – Coberturas em contacto com o exterior</b>						
<b>Cobertura Exterior Quartos – Espaço de ar fortemente ventilado</b>						
Cobertura quartos/corredor/wc				71,55		0,38
				71,55	9- Horizontal	0,38
<b>Cobertura Exterior Corredor – Espaço de ar fortemente ventilado</b>						
Cobertura Exterior Corredor – Espaço de ar fortemente ventilado			1,23	2,17		0,41
				2,17	9- Horizontal	0,41
<b>Elementos Horizontais – Pavimentos em contacto com o exterior</b>						
<b>Pavimento Quartos em contacto com o Exterior</b>						
Pavimento Suite/WC				26,49		0,38
				26,49	9- Horizontal	0,38
					9- Horizontal	0,38

Envolvente Interior

Designação	Aparede (m²)	U [W/m²°C]
<b>Elementos Verticais em contacto com espaços não úteis</b>		
<b>Elementos Horizontais – Pavimentos em contacto com espaços não úteis</b>		
<b>Pavimento Cozinha/Sala em contacto com Lavandaria/Arrumos</b>	21,20	0,36
Pavimento Cozinha/Sala em contacto com Lavandaria/Arrumos	21,20	0,36

Elemento de Construção	Massa $M_{Si}$ (kg/m <sup>2</sup> )	Área $S_i$ (m <sup>2</sup> )	Factor Correcção r	$M_{Si} \cdot S_i \cdot r$ (kg)
<b>Paredes exteriores</b>	<b><math>M_{Si} \leq 150</math></b>			
Parede N1 - PEXT2 - Norte	150	4,46	1	669,00
Parede N2 - PEXT2 -Norte	150	4,88	1	732,00
Parede E3, E4 e E5 - PEXT2 - Este	150	11,89	1	1783,50
Parede E6, E7 e E8 - PEXT2 - Este	150	12,79	1	1918,50
Parede E10 - PEXT2 - Este	150	2,24	1	336,00
Parede E11 - PEXT1 - Este	0	10,20	1	0,00
Parede E12 - PEXT1 - Este	0	19,18	1	0,00
Parede S13 - PEXT1 - Sul	0	6,27	1	0,00
Parede O14 - PEXT1 - Oeste	0	16,60	1	0,00
Parede O15 - PEXT1 - Oeste	0	8,23	1	0,00
Parede O16 - PEXT2 - Oeste	150	2,09	1	313,50
Parede O17 - PEXT2 - Oeste	150	5,01	1	751,50
Parede O18 - PEXT2 - Oeste	150	6,37	1	955,50
Parede O19 - PEXT2 - Oeste	150	3,86	1	579,00
Parede O20 - PEXT2 - Oeste	150	8,30	1	1245,00
PTP.1 - Viga - Norte	150	2,62	1	393,00
PTP.2 -Viga - Sul	0	1,64	1	0,00
PTP.2 - Viga - Oeste	0	5,56	1	0,00
PTP.2 - Viga - Este	0	5,52	1	0,00
PTP.3 - Pilar - Norte	150	0,82	1	123,00
PTP.3 - Pilar - Este	150	3,79	1	568,50
PTP.3 - Pilar - Oeste	150	0,63		
PTP.3 - Pilar - Sull	150	0,51		
<b>Paredes em contacto com o solo</b>	<b><math>M_{Si} \leq 150</math></b>			
Parede em contacto com o solo	150	0,00	1	0,00
			1	0,00
<b>Paredes interiores à fracção autónoma</b>	<b><math>M_{Si} \leq 300</math></b>			
Paredes interiores	300	12,94	1	3882,00
			1	0,00
			1	0,00
<b>Cobertura</b>	<b><math>M_{Si} \leq 150</math></b>			
Cobertura exterior (sala/cozinha)	28	42,92	1	1201,76
Cobertura exterior horizontal	150	3,4	0	0,00
<b>Pavimento Exterior</b>	<b><math>M_{Si} \leq 150</math></b>			
Pavimento Quartos em contacto com o Exterior	150	26,49	1	3973,50
Pavimento em cOntacto com o sótão ( $\tau > 0,7$ )	0	71,55	1	0,00
<b>Pavimento de separação com espaço não útil</b>	<b><math>M_{Si} \leq 150</math></b>			
Pavimento Cozinha/Sala em contacto com Lavandaria/Arrumos	0	21,2	1	0,00
			1	0,00
<b>Pavimento em contacto com o solo</b>	<b><math>M_{Si} \leq 150</math></b>			
Pavimento em contacto com o solo	0	80,05	1	0,00
			1	0,00
<b>TOTAL</b>				<b>19.425,26</b>

Área útil de Pavimento 128,15 m<sup>2</sup>  
Inércia Térmica Média 151,58

**ELEMENTOS ENVIDRAÇADOS**

Zona V2 N

Desig.	A (m <sup>2</sup> )	Protecção		VIDRO	Uwdn	g <sub>L</sub>	Factor Solar g <sub>L</sub>		Orient.	X (-)	Fw	Fg	Ir
		Exterior	Interior				Inverno	Verão					
<b>Verticais:</b>													
Env. 1 - S1 - Sul	2,32	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,00	0,75	0,35	0,470	6- Sul	1,00	0,75	0,65	420
Env. 2 - O1 - Oeste	2,18	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,00	0,75	0,35	0,470	5- Oeste	0,56	0,85	0,65	450
Env. 3 - O2 - Oeste	0,48	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,00	0,75	0,35	0,470	5- Oeste	0,56	0,85	0,57	450
Env. 4 - O3 - Oeste	1,57	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,00	0,75	0,35	0,470	5- Oeste	0,56	0,85	0,65	450
Env. 5 - O4 - Oeste	0,44	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,00	0,75	0,35	0,470	5- Oeste	0,56	0,85	0,57	450
Env. 6 - O5 - Oeste	0,44	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,00	0,75	0,35	0,470	5- Oeste	0,56	0,85	0,65	450
Env. 7 - O6 - Oeste	4,46	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,00	0,75	0,35	0,470	5- Oeste	0,56	0,85	0,65	450
Env. 8 - O7 - Oeste	4,62	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,00	0,75	0,35	0,470	5- Oeste	0,56	0,85	0,65	450
Env. 9 - O8 - Oeste	4,62	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,00	0,75	0,35	0,470	5- Oeste	0,56	0,85	0,65	450
Env. 10 - E1 - Este	4,60	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,00	0,75	0,35	0,470	4- Este	0,56	0,85	0,65	450
<b>Horizontais:</b>													
Env. 13 - H5 - Horizontal	0,63	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,90	0,75	0,35	0,470	9- Horizontal	0,89	0,90	0,65	790
Env. 14 - H6 - Horizontal	0,63	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,90	0,75	0,35	0,470	9- Horizontal	0,89	0,90	0,65	790
Env. 16 - H3 - Horizontal	0,63	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,90	0,75	0,35	0,470	9- Horizontal	0,89	0,90	0,65	790
Env. 17 - H4 - Horizontal	0,60	Sem protecção	Portadas de madeira (opacas)	Duplo	2,90	0,75	0,35	0,470	9- Horizontal	0,89	0,90	0,65	790





**Folha de Cálculo FCIV.1a**  
**Perdas associadas à Envolvente Exterior**

<b>Paredes Exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Parede N1 - PEXT2 - Norte	4,46	0,35	1,56
Parede N2 - PEXT2 - Norte	4,88	0,35	1,71
Parede E3, E4 e E5 - PEXT2 - Este	11,89	0,35	4,16
Parede E6, E7 e E8 - PEXT2 - Este	12,79	0,35	4,48
Parede E10 - PEXT2 - Este	2,24	0,35	0,78
Parede E11 - PEXT1 - Este	10,20	0,39	3,98
Parede E12 - PEXT1 - Este	19,18	0,39	7,48
Parede S13 - PEXT1 - Sul	6,27	0,39	2,45
Parede O14 - PEXT1 - Oeste	16,60	0,39	6,47
Parede O15 - PEXT1 - Oeste	8,23	0,39	3,21
Parede O16 - PEXT2 - Oeste	2,09	0,35	0,73
Parede O17 - PEXT2 - Oeste	5,01	0,35	1,75
Parede O18 - PEXT2 - Oeste	6,37	0,35	2,23
Parede O19 - PEXT2 - Oeste	3,86	0,35	1,35
Parede O20 - PEXT2 - Oeste	8,30	0,35	2,91
PTP.1 - Viga - Norte	2,62	0,41	1,07
PTP.2 - Viga - Sul	1,64	0,2	0,33
PTP.2 - Viga - Oeste	5,56	0,2	1,11
PTP.2 - Viga - Este	5,52	0,2	1,10
PTP.3 - Pilar - Norte	0,82	0,41	0,34
PTP.3 - Pilar - Este	3,79	0,41	1,55
PTP.3 - Pilar - Oeste	0,63	0,41	0,26
PTP.3 - Pilar - Sul	0,51	0,41	0,21
<b>TOTAL</b>			<b>51,22</b>

<b>Pavimentos Exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Pavimento Quarto/ Alpendre	25,13	0,38	9,55
Sótão ( $\tau > 0,7$ )	71,55	0,37	26,47
<b>TOTAL</b>			<b>36,02</b>

<b>Coberturas Exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
Cobertura exterior (sala/cozinha)	42,92	0,40	17,17
Cobertura exterior horizontal	3,40	0,41	1,39
<b>TOTAL</b>			<b>18,56</b>

<b>Paredes e pavimentos em contacto com o solo</b>	<b>Perímetro B (m)</b>	<b><math>\psi</math> (W/m.°C)</b>	<b><math>\psi.B</math> (W/°C)</b>
Perímetro de pavimento em contacto com o solo, a uma profundidade entre 0 m e -1,20 m em relação ao terreno exterior	15,91	1,2	19,09
Perímetro de pavimento em contacto com o solo, a uma altura entre 0,05 m e 1,50 m em relação ao terreno exterior	38,70	1,8	69,66
Perímetro da parede enterrada, com 0 m a 1 m de altura em contacto com o solo			0,00
<b>TOTAL</b>			<b>88,75</b>

<b>Pontes térmicas lineares</b>	<b>Comp. B (m)</b>	<b><math>\psi</math> (W/m.°C)</b>	<b><math>\psi.B</math> (W/°C)</b>
<b>Ligações entre:</b>			
Ligação de fachada com pavimento térreo (isolamento pelo interior)	15,37	0,5	7,69
Ligação de fachada com pavimento térreo (isolamento pelo exterior)	23,33	0,3	7,00
Ligação de fachada com pav. sobre local ã aquec./exterior - isol. interior)	14,00	0,25	3,50
Ligação de fachada com pav. Sobre local ã aquec./exterior - isol. exterior)	11,58	0,45	5,21
Ligação de fachada com cobertura inclinada ou terraço - parte nova	33,10	0,5	16,55
Ligação de fachada com cobertura inclinada ou terraço	1,97	0,35	0,69
Ligação entre duas paredes verticais	4,80	0,25	1,20
Ligação entre duas paredes verticais	9,60	0,15	1,44
Ligação de fachada com padieira, ombreira ou peitoril	57,45	0,2	11,49
Ligação de fachada com cobertura inclinada (reconstrução)	28,13	0,65	18,28
<b>TOTAL</b>			<b>73,05</b>

**Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma (W/°C)**

<b>TOTAL</b>	<b>267,61</b>
--------------	---------------

**Folha de Cálculo FCIV.1b**  
**Perdas associadas à Envoltente Interior**

<b>Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>τ (-)</b>	<b>τ.U.A (W/°C)</b>
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

<b>Pavimentos sobre espaços não-úteis</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>τ (-)</b>	<b>τ.U.A (W/°C)</b>
Pavimento Cozinha/Sala em contacto com Lavandaria/Arrumos	21,20	0,36	0,70	5,34
<b>TOTAL</b>				<b>5,34</b>

<b>Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>τ (-)</b>	<b>τ.U.A (W/°C)</b>
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

<b>Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>τ (-)</b>	<b>τ.U.A (W/°C)</b>
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

<b>Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com τ&gt;0,7)</b>	<b>Comp. B (m)</b>	<b>ψ (W/m.°C)</b>	<b>τ (-)</b>	<b>τ.ψ.B (W/°C)</b>
				0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

**Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma (W/°C)**

<b>TOTAL</b>	<b>5,34</b>
--------------	-------------

*Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a Fracção Autónoma dos seguintes espaços:*

*Zonas comuns em edifícios com mais de uma Fracção Autónoma;*

*Edifícios anexos;*

*Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;*

*Sotãos não-habitados.*

**Folha de Cálculo FCIV.1c**  
**Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores**

<b>Vãos envidraçados exteriores</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>U.A (W/°C)</b>
<b>Verticais:</b>			
Env. 1 - S1 - Sul	2,32	2,00	4,64
Env. 2 - O1 - Oeste	2,18	2,00	4,37
Env. 3 - O2 - Oeste	0,48	2,00	0,97
Env. 4 - O3 - Oeste	1,57	2,00	3,14
Env. 5 - O4 - Oeste	0,44	2,00	0,88
Env. 6 - O5 - Oeste	0,44	2,00	0,88
Env. 7 - O6 - Oeste	4,46	2,00	8,92
Env. 8 - O7 - Oeste	4,62	2,00	9,25
Env. 9 - O8 - Oeste	4,62	2,00	9,25
Env. 10 - E1 - Este	4,60	2,00	9,20
<b>Horizontais:</b>			
Env. 13 - H5 - Horizontal	0,63	2,90	1,83
Env.14 - H6 - Horizontal	0,63	2,90	1,83
Env.15 - H7 - Horizontal	0,63	2,90	1,83
Env. 16 - H3 - Horizontal	0,63	2,90	1,83
Env. 17 - H4 - Horizontal	0,60	2,90	1,74
	28,8703	<b>TOTAL</b>	<b>60,55</b>

<b>Perdas pelos Vãos Envidraçados Exteriores (W/°C)</b>	<b>TOTAL</b>	<b>60,55</b>
---	--------------	--------------

**Folha de Cálculo FC IV.1d**  
**Perdas associadas à Renovação de Ar**

Área Útil de Pavimento	( $A_p$ )	128,15	( $m^2$ )
		x	
Pé-direito médio	( $Pd_{med.}$ )	2,37	(m)
		=	
Volume interior	(V)	303,72	( $m^3$ )

**VENTILAÇÃO NATURAL** *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N)  se SIM:  $R_{ph} =$

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="3"/>	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 $R_{ph} =$ <input type="text" value="0,85"/>
Caixas de Estore (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	<input type="text" value="2"/>	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	
Área de envidraçados > 15% $A_p$ ? (S ou N)	<input type="text" value="Sim"/>	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	<input type="text" value="Sim"/>	

**VENTILAÇÃO MECÂNICA** *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação - $V_{ins}$ ( $m^3/h$ )	<input type="text"/>	$V_f =$ <input type="text" value="0,00"/>
Caudal Extraído - $V_{ev}$ ( $m^3/h$ )	<input type="text"/>	
Diferença entre $V_{ins}$ e $V_{ev}$ ( $m^3/h$ )	<input type="text" value="0,00"/>	$V =$ <input type="text" value="0,00"/> (volume int) $R_{ph}$
Infiltrações ( <i>Vent. Natural</i> ) - $V_x$ ( $h^{-1}$ )	<input type="text" value="0"/>	
Recuperador de calor (S ou N)	<input type="text"/>	se SIM, $\eta =$ <input type="text"/> se NÃO, $\eta =$ <input type="text" value="0"/>
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)	<input type="text" value="0,00"/>	$(V_f / V + V_x) \cdot (1 - \eta)$
Consumo de Electricidade para os ventiladores (kWh)	<input type="text" value="0,00"/>	$(E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03 M)$

Volume ( $m^3$ )	<input type="text" value="303,72"/>	
	x	
Taxa de Renovação Nominal ( $h^{-1}$ )	<input type="text" value="0,850"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	x	
	1	(1- $\eta$ )
	=	
<b>Perdas pela Renovação de Ar (W/°C)</b>	<b>TOTAL</b>	<input type="text" value="87,77"/>

**Folha de Cálculo FC IV.1e**  
**Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)**

**Ganhos Solares:**

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples / duplo)	Área A (m <sup>2</sup> )	Factor de orientação X (-) pág. 2489 Quadro IV.4	Factor Solar do vidro g (-) pág. 2490 - Tab IV.4	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff pág. 2490	Fracção Envidraçada Fg (-) pág. 2490 (IV.5)	Factor de Sel. Angular Fw (-) pág. 2491 4.3.5	Área Efectiva Ae (m <sup>2</sup> )
<b>Verticais:</b>								
Env. 1 - S1 - Sul	Duplo	2,32	1,00	0,63	0,58	0,65	0,90	0,50
Env. 2 - O1 - Oeste	Duplo	2,18	0,56	0,63	0,79	0,65	0,90	0,36
Env. 3 - O2 - Oeste	Duplo	0,48	0,56	0,63	0,80	0,57	0,90	0,07
Env. 4 - O3 - Oeste	Duplo	1,57	0,56	0,63	0,79	0,65	0,90	0,26
Env. 5 - O4 - Oeste	Duplo	0,44	0,56	0,63	0,79	0,57	0,90	0,06
Env. 6 - O5 - Oeste	Duplo	0,44	0,56	0,63	0,84	0,65	0,90	0,08
Env. 7 - O6 - Oeste	Duplo	4,46	0,56	0,63	0,84	0,65	0,90	0,77
Env. 8 - O7 - Oeste	Duplo	4,62	0,56	0,63	0,84	0,65	0,90	0,80
Env. 9 - O8 - Oeste	Duplo	4,62	0,56	0,63	0,84	0,65	0,90	0,80
Env. 10 - E1 - Este	Duplo	4,60	0,56	0,63	0,58	0,65	0,90	0,55
<b>Horizontais:</b>								
Env. 13 - H5 - Horizontal	Duplo	0,63	0,89	0,63	0,30	0,65	0,90	0,06
Env. 14 - H6 - Horizontal	Duplo	0,63	0,89	0,63	0,30	0,65	0,90	0,06
Env. 16 - H3 - Horizontal	Duplo	0,63	0,89	0,63	0,30	0,65	0,90	0,06
Env. 17 - H4 - Horizontal	Duplo	0,60	0,89	0,63	0,30	0,65	0,90	0,06

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m <sup>2</sup> )	4,50
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G <sub>sul</sub> ) na zona	x
<input type="text" value="12"/> do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m <sup>2</sup> .mês)	<input type="text" value="93"/>
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 - (meses)	x
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	<input type="text" value="6,3"/>
	=
	<input type="text" value="2633,78"/>

**Ganhos Internos:**

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	<input type="text" value="4,00 W/m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;"/>	(W/m <sup>2</sup> )
Duração da Estação de Aquecimento	x	
	<input type="text" value="6,30"/>	(meses)
Área Útil de pavimento	x	
	<input type="text" value="128,15"/>	(m <sup>2</sup> )
	x	
	<input type="text" value="0,72"/>	
	=	
Ganhos Internos Brutos	<input type="text" value="2325,15"/>	(kWh/ano)

**Ganhos Úteis Totais:**

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$	<input type="text" value="4958,93"/>	
	<input type="text" value="18097,98"/>	
Inércia Térmica do edifício: <input type="text" value="Média"/>	a = <input type="text" value="2,6"/>	$\gamma =$ <input type="text" value="0,27400478"/>
Factor de Utilização dos Ganhos Solares ( $\eta$ )	<input type="text" value="0,974693431"/>	
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos	x	
	<input type="text" value="4958,93"/>	(kWh/ano)
	=	
<b>Ganhos Úteis Totais</b>	<input type="text" value="4833,44"/>	<b>(kWh/ano)</b>

**Folha de Cálculo FC IV.1f**  
**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

<b>Factor de forma</b>		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	(m <sup>2</sup> )
Paredes exteriores		143,46
Coberturas exteriores		46,32
Pavimentos exteriores		96,68
Envidraçados exteriores		28,87
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores		0,00
Coberturas interiores		0,00
Pavimentos interiores		14,84
Envidraçados interiores		0,00
Área total (m <sup>2</sup> )		330,17
De FCIV.1d:		/
Volume (m <sup>3</sup> )		303,72
		=
<b>Factor de forma – FF</b>		1,09

**Graus-dias no local (°C.dia)** (do Quadro III.1) 1790,00

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar 75,21
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	114,09
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	112,10
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	127,29

**Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas - Ni (kWh/m<sup>2</sup>.ano)** 112,10

**Folha de Cálculo FC IV.2**  
**Cálculo do Indicador Nic**

<b>Perdas térmicas associadas a:</b>	<b>(W/°C)</b>
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	267,61
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	5,34
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	60,55
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	87,77
	=
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)	421,28
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1790,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	18097,98
	+
Necessidades dos Ventiladores (kWh/ano)	0,00
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	4833,44
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	13264,54
	/
Área Útil de Pavimento (m²)	128,2
	=
<b>Necessidades Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)</b>	<b>103,51</b>
	≤
<b>Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas - Ni (kWh/m².ano)</b>	<b>112,10</b>
<b>Nic ≤ Ni</b>	<b>Verifica O.K.</b>
<b>Nic/Ni (%) =</b>	<b>92,33</b>

**Folha de cálculo FCV.1a**  
**Perdas**

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	51,22	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	36,02	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCV.1a)	18,56	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCV.1c)	60,55	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	87,77	(W/°C)
		=	
<b>Perdas específicas totais (Q1a)</b>		<b>254,13</b>	<b>(W/°C)</b>

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais (Q1a)		254,13	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
<b>Perdas térmicas totais (Q1b)</b>		<b>4464,59</b>	<b>(kWh)</b>



**Folha de Cálculo FC V.1c**  
**Ganhos Solares pela Envolvente Opaca**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura )

Envolvente Opaca	Orient.	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Coef. Abs. α	α.U.A (W/°C)	Ir (kWh/m <sup>2</sup> )	x 0,04 =	Gan. Sol. Env. Opaca
Parede N1 - PEXT2 - Norte	NORTE	4,46	0,35	0,4	0,62	200	x 0,04 =	5,00
Parede N2 - PEXT2 -Norte	NORTE	4,88	0,35	0,4	0,68	200	x 0,04 =	5,47
Parede E3, E4 e E5 - PEXT2 - Este	ESTE	11,89	0,35	0,4	1,66	450	x 0,04 =	29,96
Parede E6, E7 e E8 - PEXT2 - Este	ESTE	12,79	0,35	0,4	1,79	450	x 0,04 =	32,23
Parede E10 - PEXT2 - Este	ESTE	2,24	0,35	0,4	0,31	450	x 0,04 =	5,64
Parede E11 - PEXT1 - Este	ESTE	10,20	0,39	0,4	1,59	450	x 0,04 =	28,64
Parede E12 - PEXT1 - Este	ESTE	19,18	0,39	0,4	2,99	450	x 0,04 =	53,86
Parede S13 - PEXT1 - Sul	ESTE	6,27	0,39	0,4	0,98	450	x 0,04 =	17,61
Parede O14 - PEXT1 - Oeste	SUL	16,60	0,39	0,4	2,59	420	x 0,04 =	43,51
Parede O15 - PEXT1 - Oeste	ESTE	8,23	0,39	0,4	1,28	450	x 0,04 =	23,11
Parede O16 - PEXT2 - Oeste	ESTE	2,09	0,35	0,4	0,29	450	x 0,04 =	5,27
Parede O17 - PEXT2 - Oeste	ESTE	5,01	0,35	0,4	0,70	450	x 0,04 =	12,63
Parede O18 - PEXT2 - Oeste	SUL	6,37	0,35	0,4	0,89	420	x 0,04 =	14,98
Parede O19 - PEXT2 - Oeste	OESTE	3,86	0,35	0,4	0,54	450	x 0,04 =	9,73
Parede O20 - PEXT2 - Oeste	OESTE	8,30	0,35	0,4	1,16	450	x 0,04 =	20,92
PTP.1 - Viga - Norte	1- NORTE	2,62	0,41	0,0	0,00	200	x 0,04 =	0,00
PTP.2 -Viga - Sul	NORTE	1,64	0,2	0,0	0,00	200	x 0,04 =	0,00
PTP.2 - Viga - Oeste	ESTE	5,56	0,2	0,0	0,00	450	x 0,04 =	0,00
PTP.2 - Viga - Este	ESTE	5,52	0,2	0,0	0,00	450	x 0,04 =	0,00
PTP.3 - Pilar - Norte	ESTE	0,82	0,41	0,0	0,00	450	x 0,04 =	0,00
PTP.3 - Pilar - Este	SUL	3,79	0,41	0,0	0,00	420	x 0,04 =	0,00
PTP.3 - Pilar - Oeste	SUL	0,63	0,41	0,0	0,00	420	x 0,04 =	0,00
PTP.3 - Pilar - Sul	OESTE	0,51	0,41	0,0	0,00	450	x 0,04 =	0,00
Cobertura exterior (salar/cozinha)	HORIZONTAL	42,92	0,4	0,0	0,00	790	x 0,04 =	0,00
Cobertura exterior horizontal	HORIZONTAL	3,40	0,41	0,4	0,56	790	x 0,04 =	17,62
<b>Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (kWh)</b>							<b>TOTAL</b>	<b>326,16</b>



**Folha de cálculo FC V.1e**  
**Ganhos Internos**

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) Pág. 2489 (Quadro IV.3)	4
	x
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	128,15
	x
	2,93
	=
<b>Ganhos internos Totais (Kwh)</b>	<b>1500,89</b>

**Folha de cálculo FC V.1f**  
**Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)**

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (Kwh) (FCV.1d)	3422,22
	+
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (Kwh) (FCV.1c)	326,16
	+
Ganhos internos (Kwh) (FCV.1e)	1500,89
	=
<b>Ganhos Térmicos Totais (Kwh)</b>	<b>5249,27</b>

**Folha de cálculo FCV.1g**  
**Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)**

<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)	5249,27	(kWh)
	/	
<b>Perdas Térmicas Totais</b> (FCV.1a)	4464,59	(kWh)
	=	
<b>Relação Ganhos-Perdas <math>\gamma</math></b>	1,18	
<b>Inércia Térmica do edifício</b>	Média	

	1,00	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$ (Pág. 2491 Gráfico IV.1)	0,66	
	=	
	0,34	
	x	
<b>Ganhos Térmicos Totais</b> (FCV.1f)	5249,27	(kWh)
	=	
<b>Necessidades Brutas de Arrefecimento</b>	1776,45	(kWh/ano)
	+	
<b>Consumo dos ventiladores</b> (Ev=Pv.24.0,03 M) (se houver, exaustor da cozinha excluído)	0,00	(kWh)
	=	
<b>TOTAL</b>	1776,45	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento	128,15	(m <sup>2</sup> )
	=	
<b>Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc</b>	13,86	(kWh/m <sup>2</sup> ano)
	≤	
<b>Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv</b> (Pág.2474 Artigo 15º - Nº2)	18	(kWh/m <sup>2</sup> ano)
<b>Nvc ≤ Nv</b>	<b>Verifica O.K.</b>	<b>Nvc/Nv = 77,01 (%)</b>

**Folha de cálculo FC AQS**  
**Valor das Necessidades de Energia para a preparação das AQS (Nac)**

Tipologia (Quadro VI.1)	T3	0,081	
		x	
Consumo médio diário de referência – $M_{AQS}$		160,00	(l/hab/dia)
		x	
Número anual de dias de consumo – $n_d$ (Quadro VI.2)		365	(dias)
		/	
Área Útil de Pavimento – $A_p$		128,15	(m <sup>2</sup> )
		=	
<b>Necessidades de Referência AQS - <math>N_a</math></b>		<b>36,91</b>	<b>(kWh/m<sup>2</sup> ano)</b>
Energia dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS – $Q_a$		3056,51	(kWh/ano)
		/	
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS - $\eta_a$		0,72	
		-	
Contribuição dos sistemas de colectores solares – $E_{solar}$ (Solterm)		1571,00	(kWh/ano)
		-	
Contribuição de outras energias renováveis – $E_{ren}$		0,00	(kWh/ano)
		/	
Área Útil de Pavimento – $A_p$		128,15	(m <sup>2</sup> )
		=	
<b>Necessidades de energia para a preparação das AQS - <math>N_{ac}</math></b>		<b>20,87</b>	<b>(kWh/m<sup>2</sup> ano)</b>
		≤	
<b>Necessidades de Referência AQS - <math>N_a</math></b>		<b>36,91</b>	<b>(kWh/m<sup>2</sup> ano)</b>
<b><math>N_{ac} \leq N_a</math></b>	<b>Verifica O.K.</b>	<b><math>N_{ac}/N_a =</math></b>	<b>56,53</b> (%)

## FICHA N.º 1

### REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (RCCTE)

Demonstração da Conformidade Regulamentar para Emissão de Licença ou Autorização Construção  
(Nos termos da alínea a) do n.º 2 do artigo 12.º)

#### Habitação Unifamiliar

**Localização:** Forcada, Freguesia da Facha – Ponte de Lima

N.º de Frações Autónomas

1

Para cada Fração autónoma ou corpo, incluir:

Ficha 2 - Levantamento Dimensional

Ficha 3- Comprovação de Satisfação dos Requisitos Mínimos

Fichas FCI e FCV (Anexos IV e V do RCCTE)

#### Mapa de Valores Nominais para o Edifício

Zona Climática Inverno: I2

Nº Graus Dias: 1790 ° C.dia

Duração Estação de Aquecimento: 6,3 meses

Zona Climática Verão: V2

Temp. externa do projecto: 32 °C

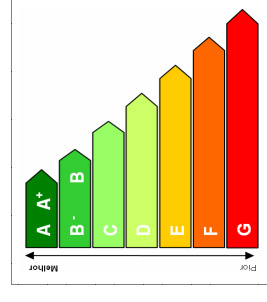
Amplitude Térmica: 13 °C

Equipamento	Eficiência Nominal Equipamentos			Factores de Conversão			Potência
	$\eta$	$\eta_v$	$\eta_a$	Fpui	Fpuv	Fpua	
2- Caldera a combustível gasoso				0,87			< 25 kW
7- Máquina frigorífica (ciclo de compressão)				3,00			< 25 kW
8- Caldera mural com 50 a 100 mm de isolamento térmico				0,72			< 25 kW
Redes de distribuição de água quente internas à fracção autónoma isoladas com pelo menos 10 mm de isolamento térmico				Não			

F.A.	Nº	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	Taxa Ren (R <sub>PH</sub> )
	1,00	128,15	0,85

N <sub>ic</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>i</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>vc</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>v</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>ac</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>a</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>tc</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	N <sub>t</sub> (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	R	Class.
103,51	112,10	13,86	18	20,87	36,91	2,95	6,15	0,48	A
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		

N<sub>tc</sub> ≤ N<sub>t</sub> OK



Classificação	Limite Superior (R ≤)	Limite Inferior (R >)
A <sup>+</sup>	R ≤ 0,25	R > 2,00
A	R ≤ 0,50	R > 2,50
B	R ≤ 0,75	R > 3,00
B <sup>+</sup>	R ≤ 1,00	R > 3,00
C	R ≤ 1,50	R > 3,00

---

SolTerm 5.1

---

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

---

Campo de colectores

---

Modelo de coletor: Coletor Padrão RCCTE  
4 módulos (4,0 m<sup>2</sup>)  
Inclinação 47° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 7,500 w/m<sup>2</sup>/K    a2= 0,014 w/m<sup>2</sup>/K<sup>2</sup>

Rendimento óptico: 69,0%

Modificador de ângulo transversal: a    0°    5°    10°    15°    20°    25°    30°    35°  
40°    45°    50°    55°    60°    65°    70°    75°    80°    85°    90°  
1,00    1,00    1,00    0,99    0,99    0,98    0,96    0,95  
0,93    0,90    0,87    0,83    0,77    0,68    0,55    0,33    0,00    0,00    0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a    0°    5°    10°    15°    20°    25°    30°    35°  
40°    45°    50°    55°    60°    65°    70°    75°    80°    85°    90°  
1,00    1,00    1,00    0,99    0,99    0,98    0,96    0,95  
0,93    0,90    0,87    0,83    0,77    0,68    0,55    0,33    0,00    0,00    0,00;

---

Permutador

---

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 79,4 l/m<sup>2</sup> por hora (=0,09 l/s)

---

Depósito

---

Modelo: típico 200 l  
Volume: 200 l  
Área externa: 2,70 m<sup>2</sup>  
Material: médio condutor de calor  
Posição vertical  
Deflectores interiores  
Coeficiente de perdas térmicas: 2,70 w/k

Um conjunto depósito/permutador

---

Tubagens

---

Comprimento total: 10,0 m  
Percurso no exterior: 4,0 m com protecção mecânica  
Diâmetro interno: 19,0 mm  
Espessura do tubo metálico: 1,5 mm  
Espessura do isolamento: 30,0 mm  
Condutividade térmica do metal: 380 w/m/k  
Condutividade térmica do isolamento: 0,030 w/m/k

689 Casa de Campo - Relatório Energético

-----  
 -  
 Carga térmica: segunda a sexta  
 -----

-  
 RCCTE - residencial - 4 ocupantes

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Dez	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15											

Perfis de consumo (l)  
 hora de consumo (l)  
 Jan Feb Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov

Dez											
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
160											
19											
20											
21											
22											
23											
24											

689 Casa de Campo - Relatório Energético

diário 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160  
160

-----  
-  
Carga térmica: fim-de-semana  
-----

-  
RCCTE - residencial - 4 ocupantes

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Dez	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Perfis de consumo (l) hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Dez											

01  
02  
03  
04  
05  
06  
07  
08  
09  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17

18	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

160  
19  
20  
21  
22  
23

689 Casa de Campo - Relatório Energético

24

diário 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160  
160

-----  
-  
Localização, posição e envolvente do sistema  
-----

-  
Concelho de Ponte de Lima  
Coordenadas nominais: 41,8°N, 8,6°W  
TRY para RCCTE/STE e SOLTERM ( LNEG(2009) www.lneg.pt  
solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: 689 Casa de Campo

Orientação do painel: inclinação 47° - azimute 0°

-----  
-  
Balanço energético mensal e anual  
-----

	Rad.Horiz. kwh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kwh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kwh	Fornecido kwh	Carga kwh	Apoio kwh
Janeiro	35	61	,	85	260	175
Fevereiro	49	75	,	87	234	147
Março	88	115	,	124	260	135
Abril	120	129	,	132	251	119
Maio	142	133	,	137	260	122
Junho	168	143	,	156	251	95
Julho	177	159	,	186	260	73
Agosto	159	163	,	194	260	66
Setembro	107	130	,	162	251	89
Outubro	73	108	,	142	260	118
Novembro	42	70	,	93	251	159
Dezembro	30	57	,	74	260	186
Anual	1190	1343	,	1571	3056	1485

Fracção solar: 51,4%

Rendimento global anual do sistema: 29%  
colector]

Produtividade: 393 kwh/[m<sup>2</sup>

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

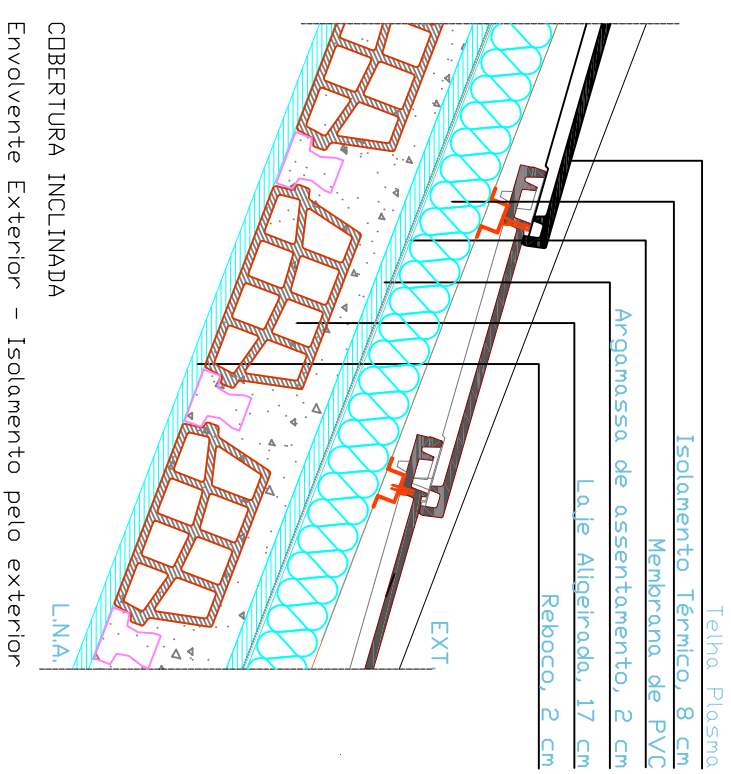
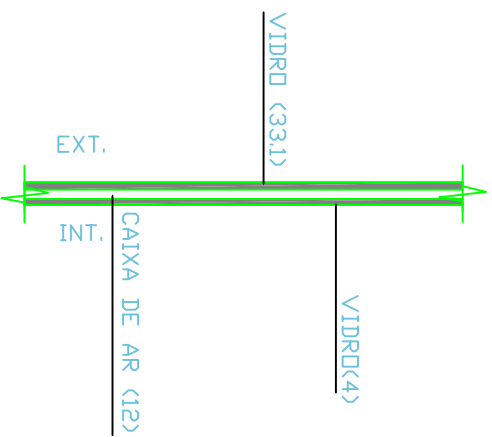
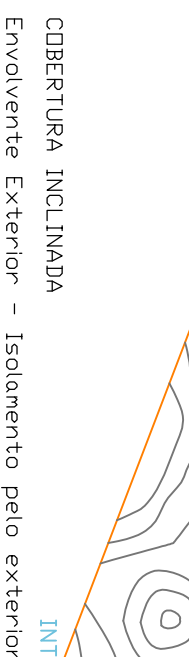
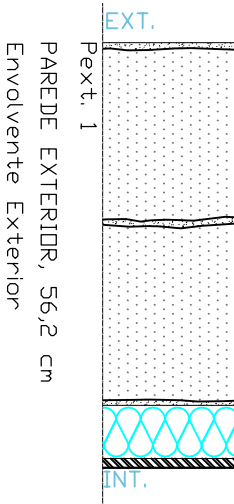
AMPLIAÇÃO E RENCONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

## PEÇAS DESENHADAS

---

Projecto de Comportamento Térmico

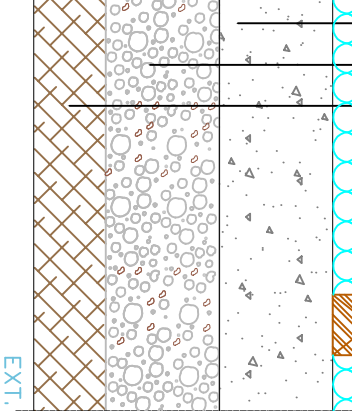
OUTUBRO 2012



ENVIGRAÇADOS EXTERIORES  
(VERTICAIS)

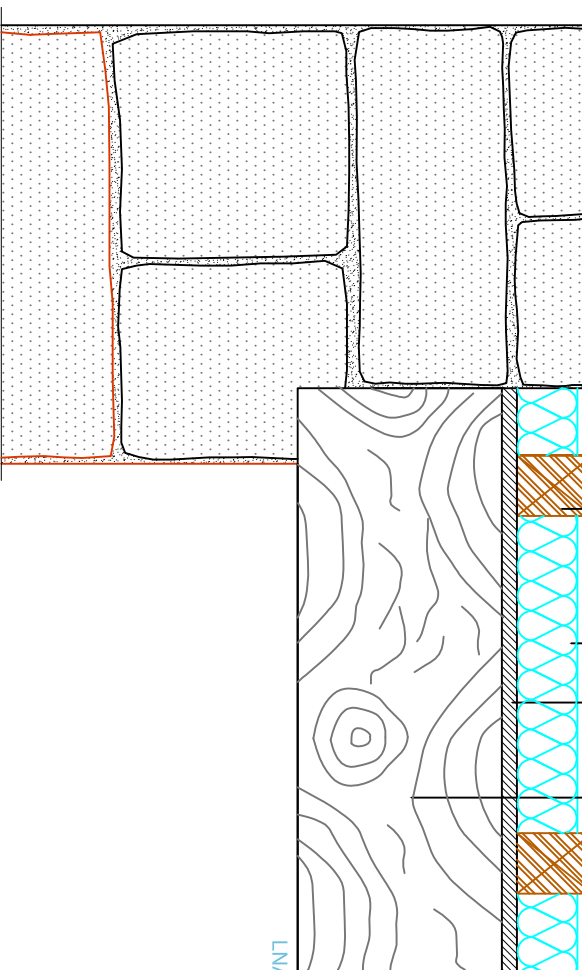
Proj:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj. Abastecimento de Água	LUIZA GONÇALVES OUTEIRO
Des:	NS	Requerente:	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO		
Copiou:					
Viso:	MRO				
Data:					
	Outubro 2012			Desenho Nº:	P002-DS-CT-01-01-01-PL02
Escalas:	1/10	Título:	COMPORTEAMENTO TÉRMICO PORMENORES CONSTRUTIVOS	Substitui o des. nº	
				Substituído por	





PAVIMENTO TERREDO

EXT.



LIGAÇÃO DA FACHADA COM PAVIMENTO SOBRE LOCAL NÃO AQUECIDO  
ISOLAMENTO PELO INTERIOR

LMA.

Soalho em madeira, 2cm

Ripado de assentamento do Soalho

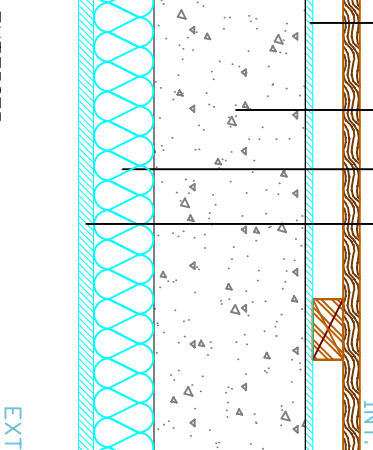
Regularização, 1 cm

Laje maciça, 20 cm

Isolamento Térmico, 8 cm

Reboco, 2 cm

INT.



EXT.

EXTERIOR

amento pelo exterior

Proj:	LG
Des:	NS
Capitou	
Visto	MRO

Data:

Outubro 2012

Escala:

1/10

Obra:

HABITAÇÃO UNIFAMILIAR  
FACHA - PONTE DE LIMA

Requerente:

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
DO PORTO

Título:

COMPORTEAMENTO TÉRMICO  
PORMENORES CONSTRUTIVOS

Proj. Abastecimento de Água

LUISA GONÇALVES OUTEIRO

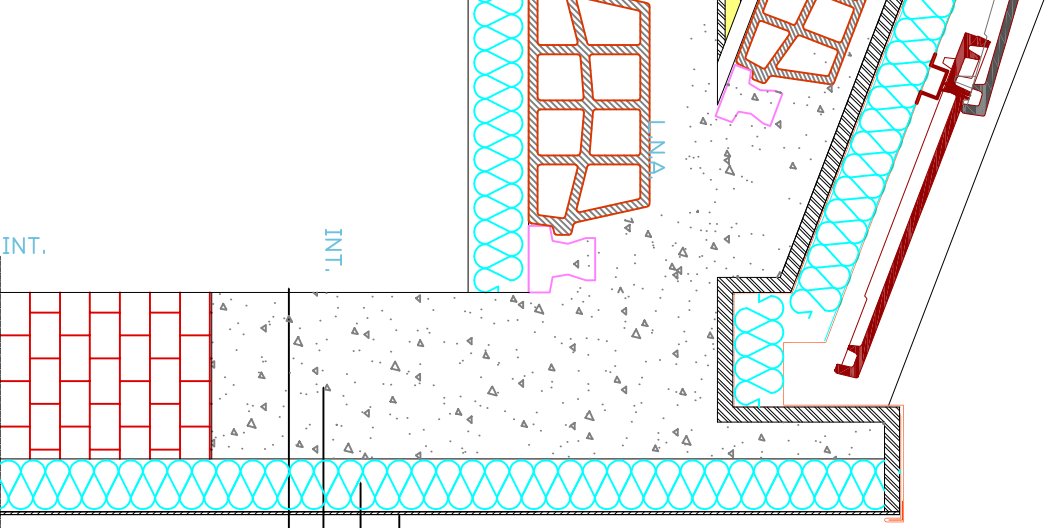
Desenho Nº:

P002-DS-CT-01-01-03-PL02

Substitui o des. nº

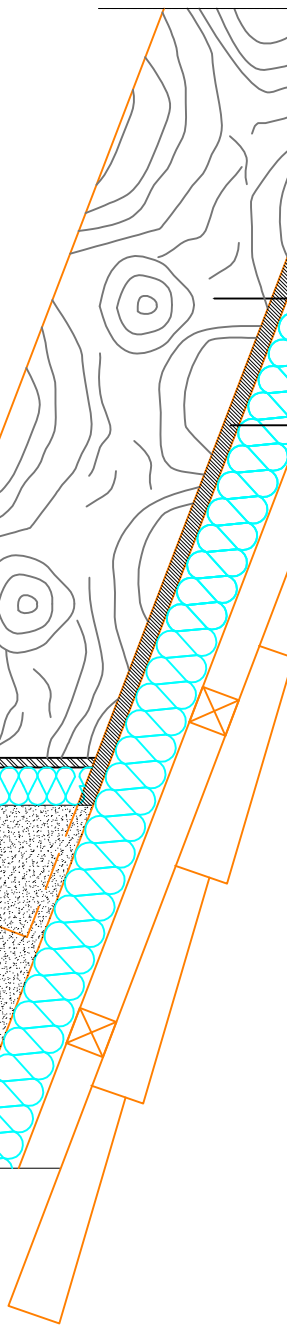
Substituído por

Telha Plasma  
 Isolamento Térmico, 8 cm  
 Membrana de PVC  
 Laje de assentamento, 2 cm  
 Laje Aligeirado, 17 cm  
 Reboco, 2 cm



Reboco Armado, 0,5 cm  
 Poliestireno extrudido, 8 cm  
 Alvenaria de Tijolo de 22 cm  
 Reboco, 2 cm

LIGAÇÃO DA FACHADA COM COBERTURA  
 ISOLAMENTO PELO EXTERIOR



Argamassa de enchimento  
 Alvenaria de Granito, 48cm  
 Poliestireno proectado, 8cm  
 Gesso Cartonado, 0,125cm

LIGAÇÃO DA FACHADA COM COBERTURA  
 ISOLAMENTO PELO EXTERIOR

Proj:	LG
Des:	NS
Copiou	
Visto	MRO
Data:	

Outubro 2012

1/10

Obra:  
**HABITAÇÃO UNIFAMILIAR  
 FACHA - PONTE DE LIMA**

Requerente:  
**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
 DO PORTO**

Requerente:

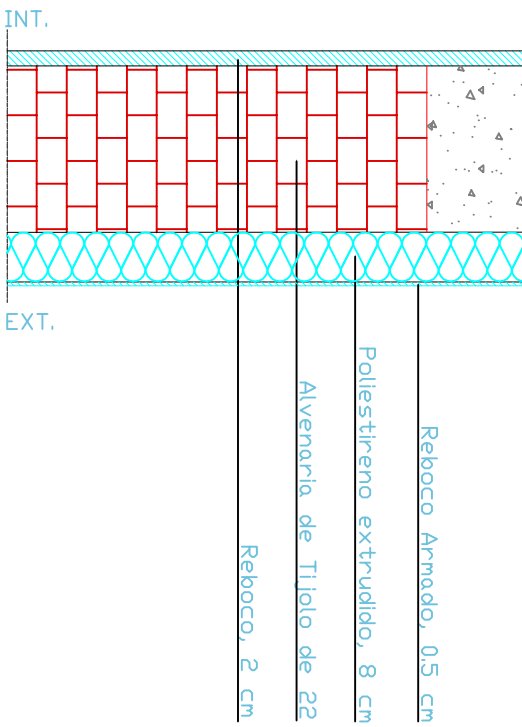
DO PORTO

COMPORTEAMENTO TÉRMICO  
 PORMENORES CONSTRUTIVOS

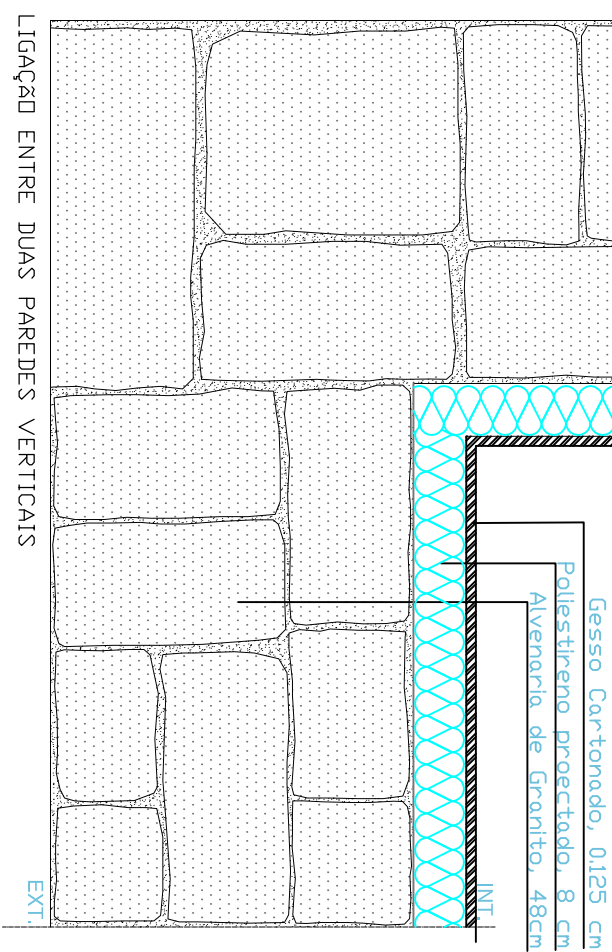
Proj. Abastecimento de Água  
**LUIZA GONÇALVES OUTEIRO**

Desenho Nº:  
 P002-DS-CT-01-01-04-PL02

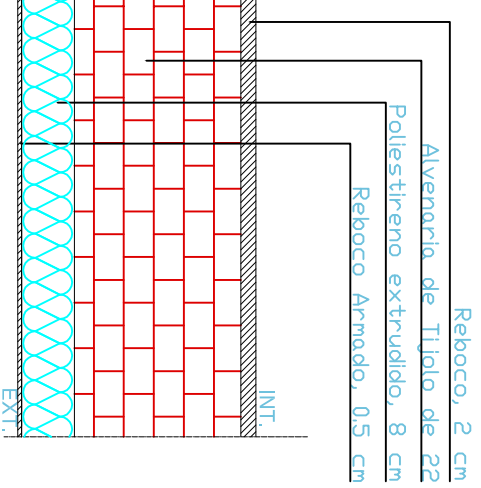
Substitui o des. nº					
Substituído por					



LIGAÇÃO DA FACHADA COM COBERTURA  
ISOLAMENTO PELO EXTERIOR



LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES VERTICAIS  
ISOLAMENTO PELO INTERIOR



EDES VERTICAIS

Proj:	LG
Des:	NS
Copiou	
Visto	MRO

Data:

Outubro 2012

Escala:

1/10

Obra:

HABITAÇÃO UNIFAMILIAR  
FACHA - PONTE DE LIMA

Requerente:

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA  
DO PORTO

Título:

COMPORTEAMENTO TÉRMICO  
PORMENORES CONSTRUCTIVOS

Proj. Abastecimento de Água

LUISA GONÇALVES OUTEIRO

Desenho Nº:

P002-DS-CT-01-01-05-PL02

Substitui o des. nº

Substituído por

ANEXO III – PROJECTO DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DRENAGEM  
DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS

AMPLIAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

## PEÇAS ESCRITAS

---

Projecto de Abastecimento de Água e  
Drenagem de Águas Residuais

OUTUBRO 2012

## **1. Âmbito**

Refere-se a presente memória descritiva e justificativa ao projecto de Abastecimento de Águas e Drenagem de Águas Residuais Domésticas a levar a efeito numa moradia unifamiliar sito no Lugar da Facha, freguesia da Forcada, conselho de Ponte de Lima.

O desenvolvimento deste projecto teve por base a análise das Plantas de Arquitectura e as informações fornecidas pelos Serviços Municipalizados.

## **2. Descrição do Edifício**

O objectivo desta intervenção é reconstruir e ampliar o edifício existente, para aqui instalar uma segunda habitação.

O programa é constituído por três quartos, sala de estar, cozinha, incluindo espaço para refeições, casas de banho, lavandaria, arrumos, e coberto automóvel.

No edifício existente serão localizados no 1º andar, a sala de refeições e cozinha, e a sala de estar. No piso do rés-do-chão ficam localizadas a lavandaria e os arrumos.

No corpo a construir de raiz, e que ocupa o espaço do anexo a demolir, fica instalado ao nível do 1º andar o quarto principal, com casa de banho, e um espaço complementar, e mais dois quartos, servidos por uma casa de banho comum. No rés-do-chão, está localizado o estacionamento automóvel.

Por detrás da habitação, localizam-se os balneários e a casa das máquinas da piscina.

As plantas, alçados e cortes do edifício devem ser consultados no Projecto Geral de Arquitectura.

### **3. Exigências Regulamentares**

Ao projectar-se esta solução, teve-se em vista dotar o empreendimento de instalações eficientes e capazes de bem corresponderem às solicitações das condições de utilização, cumprindo-se os seguintes diplomas regulamentares:

- DR 23/95 de 23/08 – Regras de Dimensionamento das Redes Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais Domésticas e Pluviais;
- LNEC ITE 31 – Regras de Dimensionamento dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais Domésticas e Pluviais – Edição 2006.

### **4. Condicionantes de Projecto**

Foram solicitadas aos Serviços Municipalizados todas as informações relativas ao cadastro das infra estruturas existentes no local, de forma a garantir que existiam condições técnicas e regulamentares de abastecimento e drenagem das redes hidráulicas projectados à rede pública.

A informação obtida referente foi a seguinte:

- Abastecimento de Água: Existência de uma conduta de abastecimento com pressão disponível de 40mca, a passar no caminho público junto à zona superior do edifício.
- Drenagem de Águas Residuais Domésticas: Existência de um colector público municipal.

### **5. Rede de Abastecimento de Água**

#### **5.1. Descrição da rede**

O abastecimento de água efectuar-se-á a partir da rede pública por um ramal de diâmetro  $\phi 50\text{mm}$ , como representado nas peças desenhadas.

No início do ramal, existirá um contador que ficará instalado, junto ao portão de entrada da moradia, em armário apropriado e de fácil leitura. Serão colocadas válvulas adufas de macho e tampa para selar, a manobrar pelos serviços, e passador de segurança para manobra do utente. Existirá ainda uma válvula redutora de pressão calibrada para a pressão de projecto.

A rede interna, constituída por uma rede de abastecimento de água fria e uma rede de abastecimento de água quente, encontra-se definida nas peças desenhadas com a indicação dos traçados, diâmetros e tipo de dispositivos e o material utilizado será o tubo multicamada.

Toda a rede será convenientemente seccionada por intermédio de válvulas de seccionamento e corte, localizadas de modo a permitir sempre que necessário colocar fora de serviço zonas em reparação.

As peças, com excepção dos reservatórios de sanitas, máquinas de lavar louça e roupa e torneiras de lavagem, serão providas de água fria e quente.

Sendo a área disponível de cobertura voltada a Sul suficiente para instalação de painéis solares, optou-se por prever para o aquecimento de água, a instalação de painéis solares e um depósito acumulador, apoiado por caldeira mural a gás e estanque.

## **5.2. Pressuposto de cálculo da rede**

Foram analisados os pontos que se apresentaram mais desfavoráveis em relação à rede pública, garantindo o abastecimento de água através dos referidos dispositivos de utilização com a pressão residual mínima de 10mca a garantir nos aparelhos mais desfavoráveis, em coerência com o grau de conforto exigido ao empreendimento em questão.

Tendo em consideração o facto de que a velocidade deve situar-se entre 0,5m/s e 2,0m/s, de modo a evitar as incrustações provocadas por velocidades baixas e diminuir os ruídos e

fortes golpes de ariete devido a velocidades de escoamento demasiado elevadas, a determinação dos diâmetros é realizada em função dos caudais de cálculo aos quais irão corresponder perdas de carga determinadas.

Os caudais de cálculo, conforme refere o Regulamento Geral, deverão ter por base os caudais acumulados, somatório dos caudais instantâneos atribuídos aos dispositivos de utilização, e os coeficientes de simultaneidade, referindo-se estes últimos à possibilidade de funcionamento não simultâneo da totalidade dos dispositivos de utilização.

## **6. Rede de Drenagem de Águas Residuais**

### **6.1. Descrição da rede**

A rede projectada refere-se à rede de esgoto de todas as peças previstas no projecto, utilizando-se para o efeito um sistema unitário de águas negras e de águas de sabão.

Trata-se, portanto, de um sistema de quedas conjunto, onde o ramal de descarga do esgoto da sanita e o das restantes peças descarregam ambos na mesma caixa de inspecção.

Os esgotos provenientes dos balneários e moradia serão conduzidos para uma rede horizontal enterrada ao nível do piso 1, com caixas de inspecção estrategicamente colocadas, de modo a se efectuar a desobstrução da rede sempre que necessário.

Da rede enterrada, os esgotos serão encaminhados para uma câmara de inspecção de fundo roto e desta para o tubo de queda que desaguará numa câmara de inspecção localizada sob o alpendre ao nível do piso 0. Esta câmara recolherá o saneamento proveniente da lavandaria que, posteriormente será encaminhado para uma câmara de ramal de ligação existente que procederá à ligação ao colector público municipal. É de salientar que todos os inícios da rede de saneamento são ventilados através de um tubo de queda que se eleva 0,50m acima da cobertura.

Toda a rede de esgotos será executada em PVC rígido para a pressão nominal de 6Kg/cm<sup>2</sup> e em todos os trechos da canalização foi considerado que o escoamento se realizaria a meia secção.

Os ramais de descarga terão diâmetros de Ø75 e Ø90 mm, conforme sejam de caixas de passagem ou sanitas, o seu comprimento será o mais diminuto possível e rectilíneo, de modo a evitar entupimentos. Terão uma inclinação entre 10 e 40 mm/m para o respectivo tubo de queda ou câmara de inspecção.

O tubo de queda terá o diâmetro indicado nas peças desenhadas, e será colocado no interior de uma courete, junto da parede, provido de todos os acessórios e fixado por abraçadeiras metalizadas.

Toda a rede será submetida a ensaios de continuidade e estanquidade, de acordo com as especificações técnicas do projecto.

## **7. Disposições Gerais**

Os sistemas foram concebidos, analisados e dimensionados, segundo o traçado ditado pelo Projecto de Arquitectura, tendo em conta a ocupação normal que se encontra definida nesse projecto, os consumos instantâneos e coeficientes de simultaneidade regulamentares.

O seu dimensionamento foi efectuado de forma a se racionalizar o número de secções a adoptar, por razões de economia e facilidade de execução.

# MEMÓRIA DE CÁLCULO

## Projecto de Abastecimento de Águas

REDE DE ABASTECIMENTO COM SISTEMA MULTICAMADA "UNIPIPE" DA UPONOR

### DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS INDIVIDUAIS

Troço entrada	Troço saída	Tágua Q/F	MLL	MLR	Banc	Banh.	Chuv.	Bid.	Aut.	Lav.	Tanq.	Torn.	Total I/s	nº apar.	Qcalc I/s	øext mm	øint mm	U m/s	1,15j m.c.a.	L m	J m.c.a.	Pe m.c.a.	h m.c.a.	Ps m.c.a.
<b>R</b>	<b>A</b>	10	1										0,15	1,0	0,15	<b>16,0</b>	12,0	1,3	0,2					
<b>A</b>	<b>P</b>	10		1									0,20	1,0	0,20	<b>16,0</b>	12,0	1,8	0,4					
<b>M</b>	<b>A</b>	10			1								0,20	1,0	0,20	<b>16,0</b>	12,0	1,8	0,4					
<b>A</b>	<b>R</b>	10				1							0,25	1,0	0,25	<b>16,0</b>	12,0	2,2	0,6					
<b>I</b>	<b>E</b>	10					1						0,15	1,0	0,15	<b>16,0</b>	12,0	1,3	0,2					
<b>S</b>	<b>L</b>	10						1					0,10	1,0	0,10	<b>16,0</b>	12,0	0,9	0,1					
<b>H</b>	<b>H</b>	10							1				0,10	1,0	0,10	<b>16,0</b>	12,0	0,9	0,1					
<b>D</b>	<b>O</b>	10								1			0,10	1,0	0,10	<b>16,0</b>	12,0	0,9	0,1					
<b>O</b>	<b>S</b>	10									1		0,20	1,0	0,20	<b>16,0</b>	12,0	1,8	0,4					
<b>S</b>		10										1	0,30	1,0	0,30	<b>16,0</b>	12,0	2,7	0,8					

# MEMÓRIA DE CÁLCULO

## Projecto de Abastecimento de Águas

REDE DE ABASTECIMENTO COM SISTEMA MULTICAMADA "UNIPIPE" DA UPONOR

### DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS COLECTIVOS

#### Água Quente - Multicamada

Troço entrada	Troço saída	Táguas Q/F	MLL 0,15	MLR 0,20	Banc. 0,20	Banh. 0,25	Chuv. 0,15	Bid. 0,10	Aut. 0,10	Lav. 0,10	Tanq. 0,20	Torn. 0,30	Total I/s	nº apar. 1,0	Qcalc I/s	øext mm	øint mm	U m/s	Verif.U m/s	1,15j m.c.a.	L m	J m.c.a.	Pe m.c.a.	h m.c.a.	Ps m.c.a.
Lav.1	Chuv.1	60					1						0,15	1,0	0,2	20	15,5	0,8	OK!	0,1	4,3	0,2	10,2		10
3	Lav.1	60					1		1				0,25	2,0	0,3	20	15,5	1,3	OK!	0,1	16,1	2,1	10,9	-1,5	10,2
Banh.2	Bid.2	60						1					0,10	1,0	0,1	16	12,0	0,9	OK!	0,1	2,6	0,2	10,2		10
Lav.2	Banh.2	60			1		1						0,35	2,0	0,4	25	20,0	1,1	OK!	0,1	1,8	0,1	10,4		10,2
2	Lav.2	60				1		1		1			0,45	3,0	0,4	25	20,0	1,3	OK!	0,1	1,6	0,2	8,7	-1,5	10
2	Lav.3	60							1				0,10	1,0	0,1	16	12,0	0,9	OK!	0,1	1,1	0,1	8,6	-1,5	10
3	2	60				1		1		2			0,55	4,0	0,5	25	20,0	1,4	OK!	0,1	1,2	0,1	8,8		8,7
4	3	60				1	1	1		3			0,80	6,0	0,5	25	20,0	1,7	OK!	0,2	1,0	0,2	11,0		10,9
4	Banc.	60			1								0,20	1,0	0,2	20	15,5	1,1	OK!	0,1	2,4	0,2	8,7	-1,5	10
5	4	60			1	1	1	1		3			1,00	7,0	0,6	25	20,0	1,9	OK!	0,2	7,3	1,4	14,9	2,5	11,0
5	Tanq.	60									1		0,20	1,0	0,2	20	15,5	1,1	OK!	0,1	7,3	0,7	9,2	-1,5	10
6	5	60			1	1	1	1		3	1		1,20	8,0	0,7	32	26,0	1,2	OK!	0,1	4,1	0,3	16,7	1,5	14,9

# MEMÓRIA DE CÁLCULO

## Projecto de Abastecimento de Águas

REDE DE ABASTECIMENTO COM SISTEMA MULTICAMADA "UNIPIPE" DA UPONOR

### DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS COLECTIVOS

#### Água Fria - Multicamada

Troço entrada	Troço saída	Táguas	Q/F	MLL	MLR	Banc.	Banh.	Chuv.	Bid.	Aut.	Lav.	Tanq.	Torn.	Total	nº apar.	Qcalc	øext	øint	U	Verif.U	1,15j	L	J	Pe	h	Ps
																l/s	mm	mm	m/s	m/s	m.c.a.	m	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.
Aut.5	Lav.5	10									1			0,10	1,0	0,1	16	12,0	0,9	OK!	0,1	2,7	0,3	10,3	10	
Lav.4	Aut.5	10								1				0,20	2,0	0,2	20	15,5	1,1	OK!	0,1	0,9	0,1	10,4	10,3	
Chuv.4	Lav.4	10								1				0,30	3,0	0,3	20	15,5	1,8	OK!	0,3	0,9	0,3	10,7	10,4	
TE	Chuv.4	10				1				1				0,45	4,0	0,4	25	20,0	1,3	OK!	0,1	0,9	0,1	10,6	0,5	
7	TE	10				1				1				0,45	4,0	0,4	25	20,0	1,3	OK!	0,1	1,4	0,2	11,3	0,5	
8	7	10				1				1			1	0,75	5,0	0,5	25	20,0	1,7	OK!	0,2	31,1	5,8	17,6	0,5	
MLL	Banc.	10												0,20	1,0	0,2	20	15,5	1,1	OK!	0,1	0,6	0,1	10,1	10	
4	MLL	10				1								0,35	2,0	0,4	25	20,0	1,1	OK!	0,1	1,9	0,2	11,2	1	
4	5	10				1								0,35	2,0	0,4	25	20,0	1,1	OK!	0,1	7,3	0,7	14,0	-2,5	
5	6	10				1							1	0,65	3,0	0,5	25	20,0	1,6	OK!	0,2	4,1	0,7	15,9	-1,5	
5	MLR	10												0,20	1,0	0,2	20	15,5	1,1	OK!	0,1	6,6	0,7	12,3	1,5	
MLR	Tanq.	10				1						1		0,20	1,0	0,2	20	15,5	1,1	OK!	0,1	0,7	0,1	10,1	10	
Bid.2	Aut.2	10												0,10	1,0	0,1	16	12,0	0,9	OK!	0,1	1,2	0,1	10,1	10	
Banh.2	Bid.2	10					1			1				0,20	2,0	0,2	20	15,5	1,1	OK!	0,1	2,6	0,3	10,4	10,1	
Lav.2	Banh.2	10				1				1				0,45	3,0	0,4	25	20,0	1,3	OK!	0,1	1,8	0,2	10,6	10,4	
Lav.3	Aut.3	10												0,10	1,0	0,1	16	12,0	0,9	OK!	0,1	2,1	0,2	10,2	10	
2	Lav.2	10					1			1				0,55	4,0	0,5	25	20,0	1,4	OK!	0,1	1,6	0,2	12,1	1,2	
2	Lav.3	10								1				0,20	2,0	0,2	20	15,5	1,1	OK!	0,1	1,1	0,1	11,8	1,5	
3	2	10												0,75	6,0	0,5	25	20,0	1,7	OK!	0,2	1,2	0,2	12,3	12,1	
3	4	10										1		1,05	5,0	0,6	25	20,0	2,0	OK!	0,2	1,0	0,2	14,3	14,0	
1	3	10					1			2				1,80	11,0	0,8	32	26,0	1,5	OK!	0,1	14,1	1,6	15,9	14,3	
Aut.1	Chuv.1	10						1						0,15	1,0	0,2	20	15,5	0,8	OK!	0,1	2,7	0,2	10,2	10	
Lav.1	Aut.1	10					1			1				0,25	2,0	0,3	20	15,5	1,3	OK!	0,2	1,6	0,3	10,4	10,2	
1	Lav.1	10					1			1				0,35	3,0	0,4	25	20,0	1,2	OK!	0,1	2,5	0,2	12,2	1,5	
8	1	10					1			3		1	2	2,45	15,0	0,9	50	41,0	0,7	OK!	0,0	3,4	0,1	18,4	2,5	
9	8	10					1			4		1	3	3,20	20,0	1,1	50	41,0	0,8	OK!	0,0	5,7	0,1	21,7	3,2	

Qcal=	1,1	l/s	=	3,8	m <sup>3</sup> /h
H=	21,7				

Condições de abastecimento a fornecer pela rede pública a montante do contador

# MEMÓRIA DE CÁLCULO

## Projecto de Drenagem de Águas Residuais Domésticas

### DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS INDIVIDUAIS

$$Q = K \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Q (m <sup>3</sup> /s)	caudal de cálculo
K (m <sup>1/3</sup> /s)	rugosidade da tubagem
A (m <sup>2</sup> )	secção da tubagem ocupada pelo fluído
R <sub>h</sub> (m)	raio hidráulico
i (m/m)	inclinação

C I	Aparelho	Caudal (l/min)	i (%)	Ramal Desc. Min. (mm)	Ø 1/2 secção (mm)	Q cálculo (l/min)	Verif.
WC 1	Bacia de retrete	90	2%	90	90	258,1353	OK!
	Chuveiro	30	2%	40	50	53,8419	OK!
	Lavatório individual	30	2%	40	50	53,8419	OK!
WC 2	Bacia de retrete	90	2%	90	90	258,1353	OK!
	Banheira	60	3%	40	50	65,9426	OK!
	Bidé	30	2%	40	50	53,8419	OK!
	Lavatório individual	30	2%	40	50	53,8419	OK!
WC3	Bacia de retrete	90	2%	90	90	258,1353	OK!
	Lavatório individual	30	2%	40	50	53,8419	OK!
COZINHA	Pia lava-louça	30	2%	50	50	53,8419	OK!
	Máquina de lavar louça	60	3%	50	50	65,9426	OK!
LAVAND.	Máquina de lavar roupa	60	3%	50	50	65,9426	OK!
	Tanque	30	3%	50	50	65,9426	OK!
BALNEÁRIO 1	Chuveiro	30	2%	40	50	53,8419	OK!
	Lavatório individual	30	2%	40	50	53,8419	OK!
BALNEÁRIO 2	Bacia de retrete	90	2%	90	90	258,1353	OK!
	Lavatório individual	30	2%	40	50	53,8419	OK!

Aparelho	Cauda de descarga (l/min)	Ramal de Descarga (mm)	Diâmetro mínimos (mm)	Diâmetro Admitido (mm)	Sifão Fecho Hídrico (mm)
Bacia de retrete	90	90	(*)	90	50
Banheira	60	40	30	50	
Bidé	30	40	30	50	
Chuveiro	30	40	30	50	
Lavatório individual	30	40	30	50	
Máquina de lavar louça	60	50	40	50	
Máquina de lavar roupa	60	50	40	50	
Mictório de espaldar	90	75	60	75	
Mictório suspenso	60	50	(*)	50	
Pia lava-louça	30	50	40	50	
Tanque	60	50	30	50	
Ralo de Pavimento	30	50			
Máquinas industriais e outros aparelhos	Em conformidade com as indicações do fabricante				

(\*) sifão incorporado no próprio aparelho

# MEMÓRIA DE CÁLCULO

## Projecto de Drenagem de Águas Residuais Domésticas

### DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS DE QUEDA

$$D = 4,4205 \cdot Q^{3/8} \cdot T_s^{-5/8}$$

D (mm)      diâmetro do tubo de queda  
 Q (l/min)    caudal de cálculo  
 Ts            taxa de ocupação

Tubo de Queda	Q acum. l/min	Q calc. l/min	Ts	ø cálc. mm	ø com. mm
TQ1	750	253,2	0,17	108	110

#### Quadro I - Dimensionamento dos Tubos de Queda

ø <sub>int</sub> (mm)	Caudais (l/min)					ø TQ (mm)	Ts
	Taxa de Ocupação (Ts)						
	1/3	¼	1/5	1/6	1/7		
50	81	50	34	25	20	ø = 50	1/3
75	259	160	111	82	63	50 < ø ≤ 75	1/4
90	433	268	185	136	106	75 < ø ≤ 100	1/5
110	749	464	320	236	182	100 < ø ≤ 125	1/6
125	1055	653	450	332	257	ø > 125	1/7
140	1429	885	610	450	348		
160	2039	1262	870	642	497		
200	3704	2293	1581	1167	902		
250	6728	4165	2872	2119	1639		

NOTA: Os caudais das canalizações foram determinados de forma a que o escoamento se processe a meia secção, através da fórmula de Mannig-Strickler e considerou-se que o materia possuiu uma rugosidade K=120 m<sup>1/3</sup>/s.

# MEMÓRIA DE CÁLCULO

## Projecto de Drenagem de Águas Residuais Domésticas

### DIMENSIONAMENTO DE COLECTORES PREDIAIS

$$Q = K \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Q (m<sup>3</sup>/s)      caudal de cálculo  
 K (m<sup>1/3</sup>/s)    rugosidade da tubagem  
 A (m<sup>2</sup>)        secção da tubagem ocupada pelo fluído  
 R<sub>h</sub> (m)        raio hidráulico  
 i (m/m)        inclinação

Fórmula de Manning - Strickler											
Colectores	Q Acum. (l/min)	Q Cálculo (l/min)	Ø Cálculo (mm)	Ø 1/2 secção (mm)	K (m/s <sup>1/3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	R (m)	i (%)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (l/min)	Conclusão
CO1	180	119	69,03	110	120	0,004752	0,0275	1%	0,005195	311,70	OK!
CO2	390	179	92,25	110	120	0,004752	0,0275	1%	0,005195	311,70	OK!
CO3	600	225	108,43	110	120	0,004752	0,0275	1%	0,005195	311,70	OK!
CO4	150	108	64,47	110	120	0,004752	0,0275	1%	0,005195	311,70	OK!
CO5	750	253	117,89	125	120	0,006136	0,03125	1%	0,007305	438,31	OK!
CO6	90	82	53,23	110	120	0,004752	0,0275	1%	0,005195	311,70	OK!
CO7	840	269	123,01	125	120	0,006136	0,03125	1%	0,007305	438,31	OK!

**Quadro I - Dimensionamento dos colectores Prediais**

Ø <sub>ext</sub> (mm)	Ø <sub>int</sub> (mm)	Caudais (l/min)			
		Inclinação			
		1%	2%	3%	4%
<b>110</b>	<b>105,1</b>	276	390	478	552
<b>125</b>	<b>119,5</b>	389	550	673	777
<b>140</b>	<b>133,9</b>	527	745	912	1053
<b>160</b>	<b>153,0</b>	751	1063	1301	1503
<b>200</b>	<b>191,4</b>	1365	1931	2365	2730
<b>250</b>	<b>239,4</b>	2479	3506	4294	4959
<b>315</b>	<b>301,8</b>	4598	6503	7965	9179

NOTA: Os caudais das canalizações foram determinados de forma a que o escoamento se processe a meia secção, através da fórmula de Mannig-Strickler e considerou-se que o materia possuiu uma rugosidade K=120 m<sup>1/3</sup>/s.

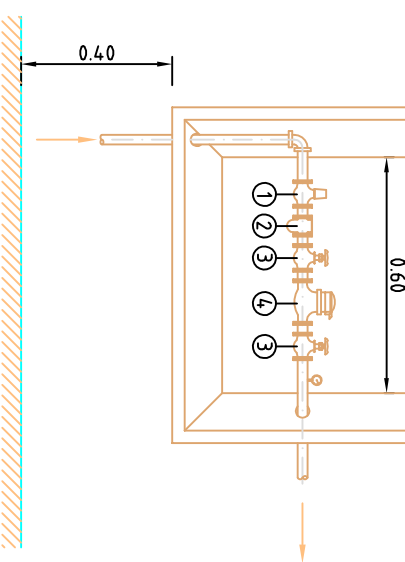
AMPLIAÇÃO E RENCONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

## PEÇAS DESENHADAS

---

Projecto de Abastecimento de Água e  
Drenagem de Águas residuais

OUTUBRO 2012

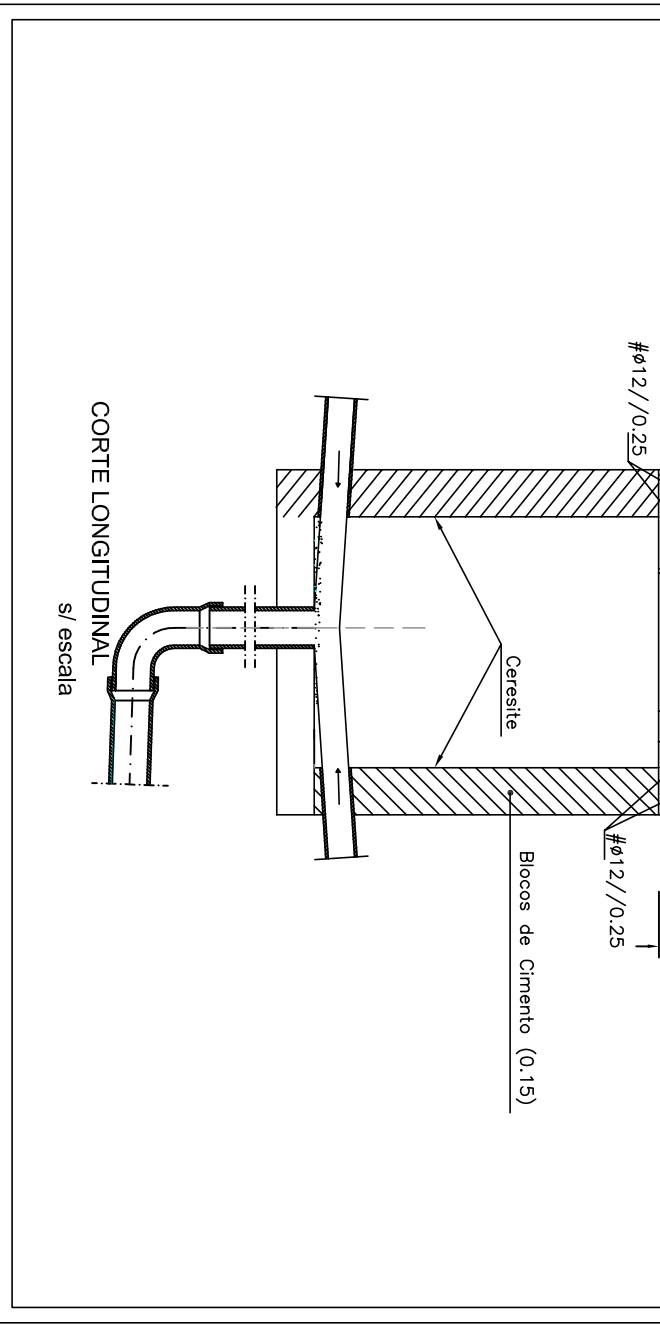


- ① - VALVULA DE CORTE PRIVATIVA DOS SERVIÇOS
- ② - FILTRO (QUANDO NECESSÁRIO)
- ③ - VALVULA DE CORTE RÁPIDO (1/4 de volta)
- ④ - CONTADOR (A INSTALAR PELA C.M.)

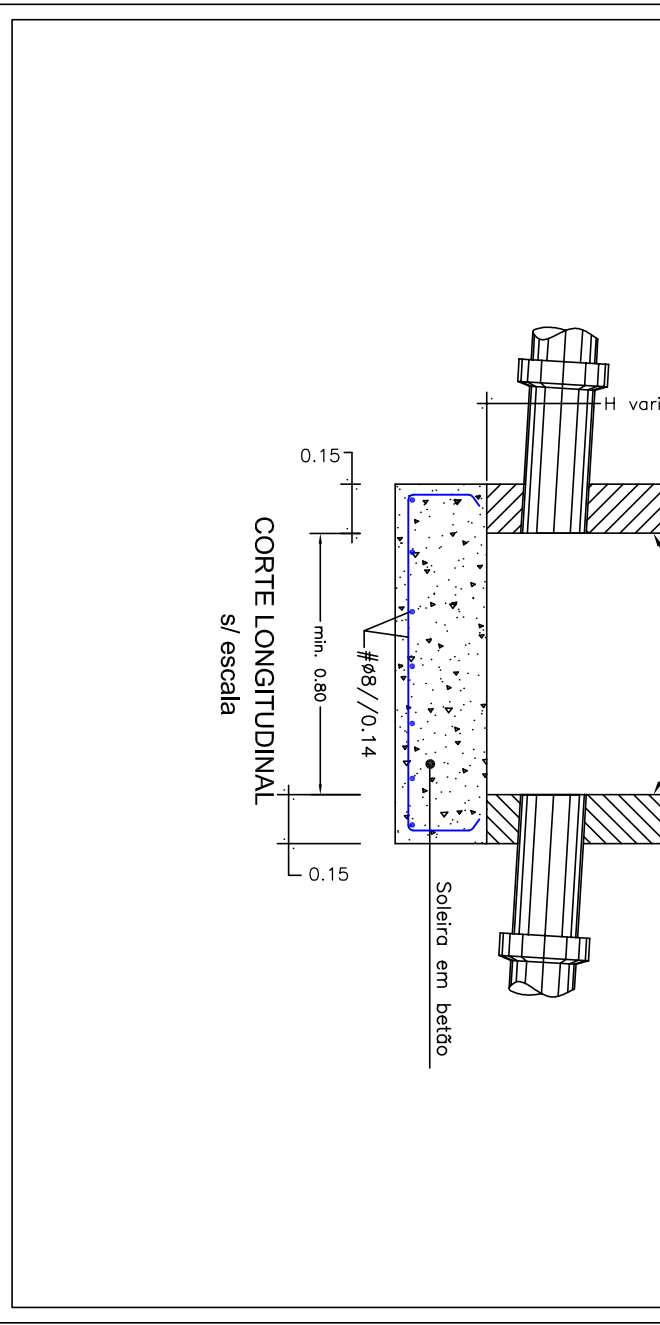
Proj.:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj. Abastecimento de Água
Des.:	NS	Requerente:	<b>INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO</b>	<b>LUISA GONÇALVES OUTEIRO</b>
Copiou:				
Visto:	MRO			
Data:	Outubro 2012			
Escalas:	1/100	Título:	<b>ABASTECIMENTO DE ÁGUAS - PALANTA DO PISO 0</b>	Desenho N.º P003-DS-AA-01-01-02-PL03
				Substitui o des. n.º
				Substituído por

Proj.:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj. Abastecimento de Água
Des.:	NS	Requerente:	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO	LUISA GONÇALVES OUTEIRO
Copiou				
Visto	MRO			
Data:	Outubro 2012			
Escalas:	1/100	Título:	ABASTECIMENTO DE ÁGUAS - PALNTA DO PISO 1	Desenho N.º
				P003-DS-AA-01-01-01-PL03
				Substitui o des. n.º
				Substituído por

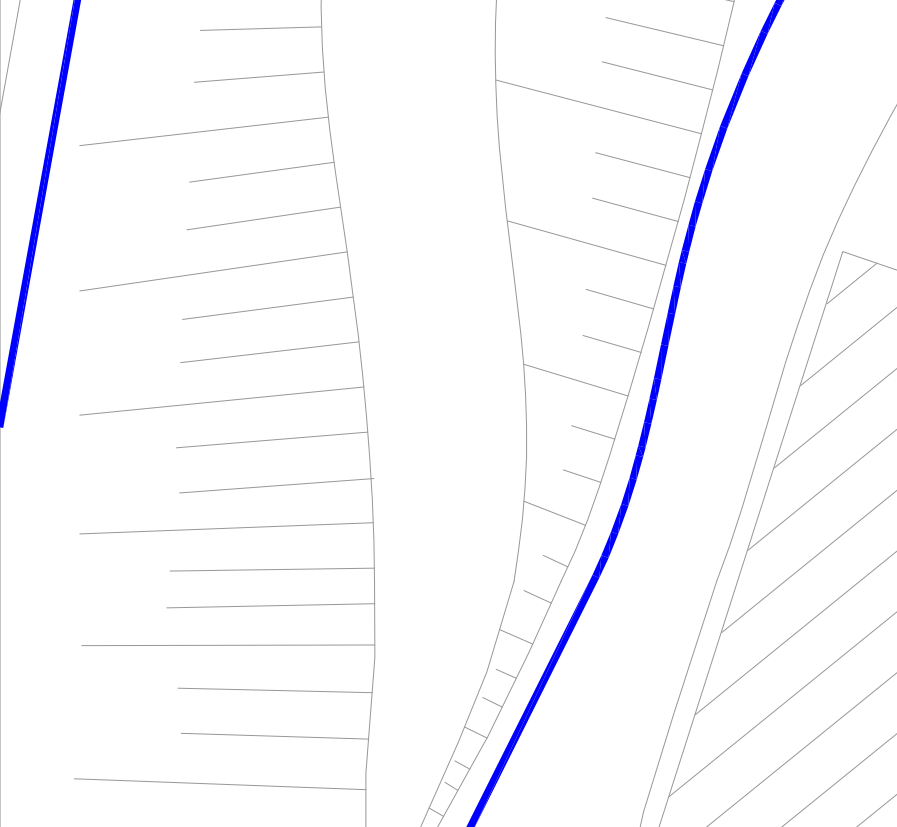
Proj.:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj. Abastecimento de Água LUIZA GONÇALVES OUTEIRO
Des.:	NS	Requerente:	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO	Desenho N.º P004-DS-AR-01-01-01-PL04
Copiou				Substitui o des. n.º
Visto	MRO			Substituído por
Data:	Outubro 2012			
Escalas:	1/100	Título:	ÁGUAS RESIDUAIS PALANTA DA COBERTURA	



Proj.:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj. Abastecimento de Água
Des.:	NS	Requerente:	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO	LUISA GONÇALVES OUTEIRO
Copiou				
Visto	MRO			
Data:	Outubro 2012			Desenho N.º P004-DS-AR-01-01-02-PL04
Escalas:	1/100	Título:	ÁGUAS RESIDUAIS PALANTA DO PISO 1	Substitui o des. n.º
				Substituído por



Proj.:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj. Abastecimento de Água
Des.:	NS	Requerente:	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO	LUISA GONÇALVES OUTEIRO
Copiou:				
Visto:	MRO			
Data:	Outubro 2012			
Escalas:	1/100	Título:	AGUAS RESIDUAIS PALNTA DO PISO 0	Desenho N.º P004-DS-AR-01-01-03-PL04
				Substitui o des. n.º
				Substituído por



Proj.:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj. Abastecimento de Água LUIZA GONÇALVES OUTEIRO
Des.:	NS	Requerente:	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO	Desenho N.º P004-DS-AR-01-01-04-PL04
Copiou				Substitui o des. n.º
Visto	MRO			Substituído por
Data:	Outubro 2012			
Escalas:	1/100	Título:	ÁGUAS RESIDUAIS PALNTA DE IMPLANTAÇÃO	

AMPLIAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

## PEÇAS ESCRITAS

---

Projecto de Drenagem de Águas Pluviais

OUTUBRO 2012



## **1. Âmbito**

Refere-se a presente memória descritiva e justificativa ao projecto de Drenagem de Águas Pluviais a levar a efeito numa moradia unifamiliar sito no Lugar da Forcada, freguesia da Facha, concelho de Ponte de Lima.

O desenvolvimento deste projecto teve por base a análise das Plantas de Arquitectura e as informações fornecidas pelos Serviços Municipalizados.

## **2. Descrição Geral do Edifício**

O objectivo desta intervenção é reconstruir e ampliar o edifício existente, para aqui instalar uma segunda habitação.

O programa é constituído por três quartos, sala de estar, cozinha, incluindo espaço para refeições, casas de banho, lavandaria, arrumos, e coberto automóvel.

No edifício existente serão localizados no 1º andar, a sala de refeições e cozinha, e a sala de estar. No piso do rés-do-chão ficam localizadas a lavandaria e os arrumos.

No corpo a construir de raiz, e que ocupa o espaço do anexo a demolir, fica instalado ao nível do 1º andar o quarto principal, com casa de banho, e um espaço complementar, e mais dois quartos, servidos por uma casa de banho comum. No rés-do-chão, está localizado o estacionamento automóvel.

Por detrás da habitação, localizam-se os balneários e a casa das máquinas da piscina.

As plantas, alçados e cortes do edifício devem ser consultados no Projecto Geral de Arquitectura.

### **3. Exigências Regulamentares**

Ao projectar-se esta solução, teve-se em vista dotar o empreendimento de instalações eficientes e capazes de bem corresponderem às solicitações das condições de utilização, cumprindo-se os seguintes diplomas regulamentares:

- DR 23/95 de 23/08 – Regras de Dimensionamento das Redes Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais Domésticas e Pluviais;
- LNEC ITE 31 – Regras de Dimensionamento dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais Domésticas e Pluviais – Edição 2006.

### **4. Condicionantes de Projecto**

Foram solicitadas aos Serviços Municipalizados todas as informações relativas ao cadastro das infra estruturas existentes no local, de forma a garantir que existiam condições técnicas e regulamentares de abastecimento e drenagem das redes hidráulicas projectados à rede pública.

A informação obtida referente à drenagem de águas pluviais foi a existência de uma valeta no caminho público.

### **5. Rede de Drenagem de Águas Pluviais**

#### **5.1. Descrição geral da rede**

Na cobertura do edifício a ampliar, a drenagem será efectuada por caleiras periféricas que conduzem a água até aos tubos de queda. Estes efectuem a descarga directamente para o terraço onde estão previstos, ao nível do piso 1 e no fim da escada de acesso deste ao alpendre, canais de drenagem com grelhas que irão desaguar na rede enterrada ao nível do piso 0.

A drenagem de cobertura do edifício existente, por decisão Arquitectónica, será efectuada através de beirais desprovidos de caleiras. Desta forma a drenagem das águas pluviais consistirá no escoamento livre da água para o terraço.

A drenagem dos balneários e piscina será efectuada através de uma câmara de inspecção com grelha, instalada no compartimento destinado ao equipamento técnico da piscina, que irá descarregar numa rede de drenagem a executar no terreno, conforme as peças desenhadas.

Toda a rede será em PVC rígido para a classe de 6Kg/cm<sup>2</sup> e em todos os trechos das canalizações foi considerado que o escoamento se realizaria a secção cheia.

## 5.2. Pressupostos de cálculo da rede

Os caudais de cálculo foram determinados através de curvas de intensidade – duração – frequência. Estas curvas fornecem, para as diferentes regiões pluviométricas, valores das médias das intensidades máximas de precipitação, adoptando um período de retorno mínimo de 5 anos, para uma duração de precipitação de 5 minutos.

Assim temos:

Q – Caudal de Cálculo (l/min)

C – Coeficiente de Escoamento (para coberturas e terraços C=1)

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

I – Intensidade de precipitação (l/min.m<sup>2</sup>)

A – Área a drenar em projecção horizontal (m<sup>2</sup>)

A tubagem, prevista em PVC PN6, terá inclinações que variam de 1% a 4% e os diâmetros indicados nas peças desenhadas em anexo.

Toda a rede será submetida a ensaios de continuidade e estanquidade, de acordo com as especificações técnicas do projecto.

## **6. Disposições Gerais**

Os sistemas foram concebidos, analisados e dimensionados, segundo o traçado ditado pelo Projecto de Arquitectura, tendo em conta a ocupação normal que se encontra definida nesse projecto, os consumos instantâneos e coeficientes de simultaneidade regulamentares.

O seu dimensionamento foi efectuado de forma a se racionalizar o número de secções a adoptar, por razões de economia e facilidade de execução.

# MEMÓRIA DE CÁLCULO

## Projecto de Drenagem de Águas Pluviais

### DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

Concelho: Ponte de Lima

Região pluviométrica: A  
 Intensidade de Precipitação:  $I = a \cdot t^b$  104,934 (mm/h)  
 $I = (a \cdot t^b) / 60$  1,75 (l/min.m<sup>2</sup>)

a= 259,26

b= -0,562

Tempo de precipitação:  $t_p =$  5 (min)

Período de Retorno:  $T =$  5 (anos)



**Quadro I - Parâmetros "a" e "b" em função do Período de Retorno e Região**

Regiões T (anos)	A		B		C	
	a	b	a	b	a	b
2	202,72	-0,577	162,18	-0,577	243,26	-0,577
5	259,26	-0,562	207,41	-0,562	311,11	-0,562
10	290,68	-0,549	232,31	-0,549	348,82	-0,549
20	317,74	-0,538	254,19	-0,538	381,29	-0,538
50	349,54	-0,524	279,63	-0,524	419,45	-0,524
100	365,62	-0,508	292,50	-0,508	438,75	-0,508

Regiões Pluviométricas a considerar:

Região Pluviométrica "A": áreas não referidas em "B" e "C"

Região Pluviométrica "B" (inclui os seguintes concelhos): Alfândega da Fé, Alijó, Almeida, Armamar, Boticas, Bragança, Carraceda de Ansiães, Chaves, Figueira de Castelo Rodrigo, Freixo de Espada à Cinta, Macedo de Cavaleiros, Meda, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Murça, Penedono Pinhel, Ribeira de Pena, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, S. João de Pesqueira, Sernacelhe, Tabuaço, Torre de Moncorvo, Trancoso, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vila Nova de Foz Côa, Vila real, Vimioso e Vinhais.

Região Pluviométrica "C" (inclui os seguintes concelhos): Concelhos das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira. Guarda, Manteigas, Moimenta da Beira, Sabugal e Tarouca. Áreas situadas acima dos 700 m, de altitude dos concelhos de Aguiar da Beira, Amarante, Arcos de Valdevez, Arganil, Arouca, Castanheira de Pêra, Castro Daire, Celorico da Beira, Cinfães, Covilhã, Fundão, Góis, Gouveia, Lamego, Marvão, Melgaço, Oleiros, Pampilhosa da Serra, Ponte da Barca, Resende, Seia, São Pedro do Sul, Terras de Bouro, Tondela, Vale de Cambra, Vila nova de Paiva e Vouzela.

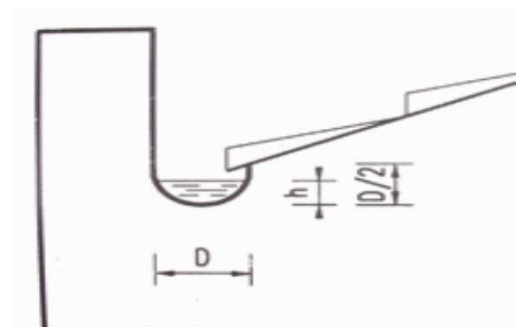
# MEMÓRIA DE CÁLCULO

## Projecto de Drenagem de Águas Pluviais

### DIMENSIONAMENTO DA CALEIRA 1

Área em Planta (m <sup>2</sup> )	19,09	→ Quadro II	23
Inclinação (%)	0,5		

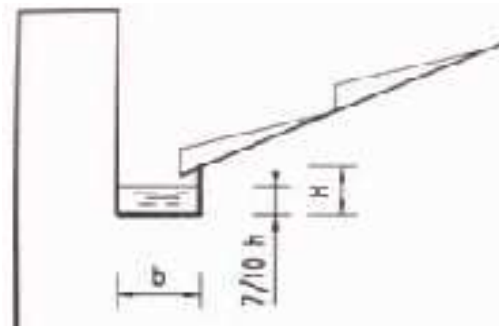
Se caleira de semi-secção circular:



Se:  $h = 7/10 * (D/2) \rightarrow h/D = 0,35$

D=	54,12 mm
h=	18,94 mm

Se caleira de semi-secção quadrangular:



$A = b * H$   
 $Rh = (b * h) / (b + 2H)$

Rh=	10,31 mm	H=	11,50 mm
b=	200,00 mm	h=	8,05 mm

### Quadro I – Dimensionamento de Caleiras e Algerozes

Área em planta (m <sup>2</sup> )	Secções (cm <sup>2</sup> )			
	Inclinação			
	0,5%	0,7%	1,0%	1,5%
20	27	23	20	18
30	36	32	28	24
40	45	39	34	30
50	53	47	41	35
60	61	53	47	40
70	68	60	52	45
80	75	66	58	50
90	82	72	63	54
100	89	78	68	59
110	95	84	74	63
120	102	90	78	67
130	108	95	83	72
140	114	101	88	76
150	120	106	93	80
160	126	111	97	84
170	132	116	102	88
180	138	122	106	91
190	148	127	111	95
200	149	132	115	99
250	177	156	136	117
300	202	178	156	134
350	207	200	175	150
400	251	221	194	166
450	274	242	212	182
500	270	262	229	197

### Quadro II – Grandezas geométricas relativas a secções circulares

h/D	A/D <sup>2</sup>	R/D
0,10	0,64088	0,06352
0,15	0,07387	0,09288
0,20	0,11182	0,12059
0,25	0,15355	0,14663
0,30	0,19817	0,17094
0,35	0,24450	0,19349
0,40	0,29337	0,21423
0,45	0,34270	

As secções indicadas foram determinadas admitindo um caudal máximo de precipitação de 2 l/mi.m<sup>2</sup> e que o escoamento se processa segundo uma lâmina líquida de 7/10 da altura da sua secção através da fórmula de Manning-Strickler

Considerou-se que o material das condutas possui uma rugosidade  $K=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

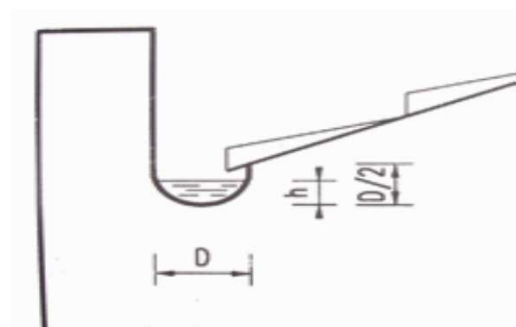
## MEMÓRIA DE CÁLCULO

### Projecto de Drenagem de Águas Pluviais

#### DIMENSIONAMENTO DA CALEIRA 2

Área em Planta (m <sup>2</sup> )	14,44	→ Quadro II	23
Inclinação (%)	0,5		

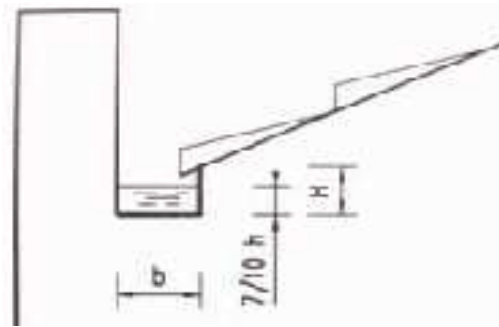
Se caleira de semi-secção circular:



Se:  $h = 7/10 * (D/2) \rightarrow h/D = 0,35$

D=	54,12 mm
h=	18,94 mm

Se caleira de semi-secção quadrangular:



$A = b * H$   
 $Rh = (b * h) / (b + 2H)$

Rh=	10,31 mm	H=	11,50 mm
b=	200,00 mm	h=	8,05 mm

#### Quadro I – Dimensionamento de Caleiras e Algerozes

Área em planta (m <sup>2</sup> )	Secções (cm <sup>2</sup> )			
	Inclinação			
	0,5%	0,7%	1,0%	1,5%
20	27	23	20	18
30	36	32	28	24
40	45	39	34	30
50	53	47	41	35
60	61	53	47	40
70	68	60	52	45
80	75	66	58	50
90	82	72	63	54
100	89	78	68	59
110	95	84	74	63
120	102	90	78	67
130	108	95	83	72
140	114	101	88	76
150	120	106	93	80
160	126	111	97	84
170	132	116	102	88
180	138	122	106	91
190	148	127	111	95
200	149	132	115	99
250	177	156	136	117
300	202	178	156	134
350	207	200	175	150
400	251	221	194	166
450	274	242	212	182
500	270	262	229	197

#### Quadro II – Grandezas geométricas relativas a secções circulares

h/D	A/D <sup>2</sup>	R/D
0,10	0,64088	0,06352
0,15	0,07387	0,09288
0,20	0,11182	0,12059
0,25	0,15355	0,14663
0,30	0,19817	0,17094
0,35	0,24450	0,19349
0,40	0,29337	0,21423
0,45	0,34270	

As secções indicadas foram determinadas admitindo um caudal máximo de precipitação de 2 l/mi.m<sup>2</sup> e que o escoamento se processa segundo uma lâmina líquida de 7/10 da altura da sua secção através da fórmula de Manning-Strickler

Considerou-se que o material das condutas possui uma rugosidade  $K=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

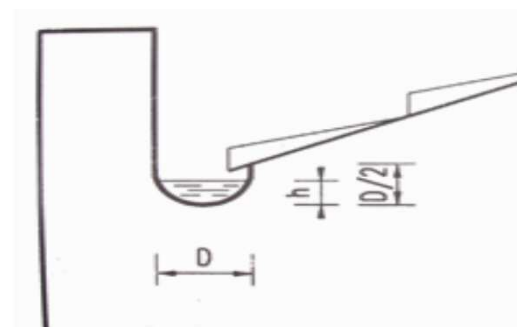
## MEMÓRIA DE CÁLCULO

### Projecto de Drenagem de Águas Pluviais

DIMENSIONAMENTO DaE CALEIRA 3

Área em Planta (m <sup>2</sup> )	21,21	→ Quadro II	32
Inclinação (%)	0,5		

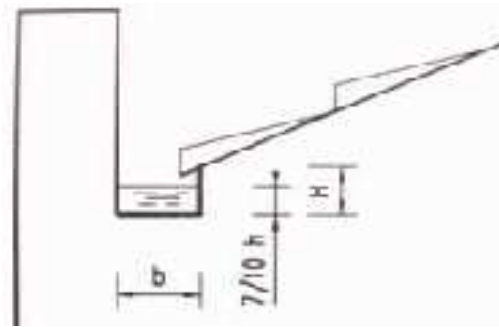
Se caleira de semi-secção circular:



Se:  $h = 7/10 * (D/2) \rightarrow h/D = 0,35$

D=	63,83 mm
h=	22,34 mm

Se caleira de semi-secção quadrangular:



$A = b * H$   
 $Rh = (b * h) / (b + 2H)$

Rh=	13,79 mm	H=	16,00 mm
b=	200,00 mm	h=	11,20 mm

**Quadro I – Dimensionamento de Caleiras e Algerozes**

Área em planta (m <sup>2</sup> )	Secções (cm <sup>2</sup> )			
	Inclinação			
	0,5%	0,7%	1,0%	1,5%
20	27	23	20	18
30	36	32	28	24
40	45	39	34	30
50	53	47	41	35
60	61	53	47	40
70	68	60	52	45
80	75	66	58	50
90	82	72	63	54
100	89	78	68	59
110	95	84	74	63
120	102	90	78	67
130	108	95	83	72
140	114	101	88	76
150	120	106	93	80
160	126	111	97	84
170	132	116	102	88
180	138	122	106	91
190	148	127	111	95
200	149	132	115	99
250	177	156	136	117
300	202	178	156	134
350	207	200	175	150
400	251	221	194	166
450	274	242	212	182
500	270	262	229	197

**Quadro II – Grandezas geométricas relativas a secções circulares**

h/D	A/D <sup>2</sup>	R/D
0,10	0,64088	0,06352
0,15	0,07387	0,09288
0,20	0,11182	0,12059
0,25	0,15355	0,14663
0,30	0,19817	0,17094
0,35	0,24450	0,19349
0,40	0,29337	0,21423
0,45	0,34270	

As secções indicadas foram determinadas admitindo um caudal máximo de precipitação de 2 l/mi.m<sup>2</sup> e que o escoamento se processa segundo uma lâmina líquida de 7/10 da altura da sua secção através da fórmula de Manning-Strickler

Considerou-se que o material das condutas possui uma rugosidade  $K=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

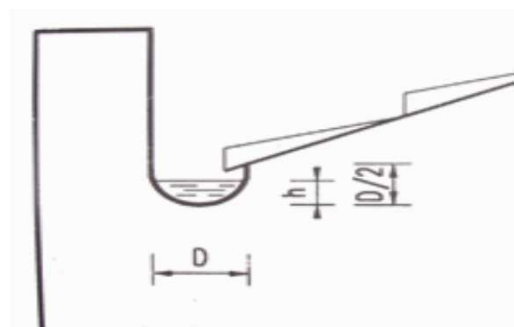
## MEMÓRIA DE CÁLCULO

### Projecto de Drenagem de Águas Pluviais

#### DIMENSIONAMENTO DA CALEIRA 4

Área em Planta (m <sup>2</sup> )	14,44	→ Quadro II	23
Inclinação (%)	0,5		

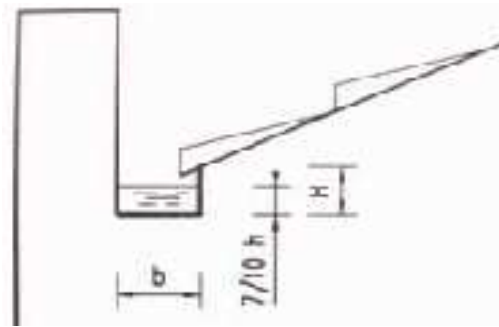
Se caleira de semi-secção circular:



Se:  $h = 7/10 * (D/2) \rightarrow h/D = 0,35$

D=	54,12 mm
h=	18,94 mm

Se caleira de semi-secção quadrangular:



$A = b * H$   
 $Rh = (b * h) / (b + 2H)$

Rh=	10,31 mm	H=	11,50 mm
b=	200,00 mm	h=	8,05 mm

#### Quadro I – Dimensionamento de Caleiras e Algerozes

Área em planta (m <sup>2</sup> )	Secções (cm <sup>2</sup> )			
	Inclinação			
	0,5%	0,7%	1,0%	1,5%
20	27	23	20	18
30	36	32	28	24
40	45	39	34	30
50	53	47	41	35
60	61	53	47	40
70	68	60	52	45
80	75	66	58	50
90	82	72	63	54
100	89	78	68	59
110	95	84	74	63
120	102	90	78	67
130	108	95	83	72
140	114	101	88	76
150	120	106	93	80
160	126	111	97	84
170	132	116	102	88
180	138	122	106	91
190	148	127	111	95
200	149	132	115	99
250	177	156	136	117
300	202	178	156	134
350	207	200	175	150
400	251	221	194	166
450	274	242	212	182
500	270	262	229	197

#### Quadro II – Grandezas geométricas relativas a secções circulares

h/D	A/D <sup>2</sup>	R/D
0,10	0,64088	0,06352
0,15	0,07387	0,09288
0,20	0,11182	0,12059
0,25	0,15355	0,14663
0,30	0,19817	0,17094
0,35	0,24450	0,19349
0,40	0,29337	0,21423
0,45	0,34270	

As secções indicadas foram determinadas admitindo um caudal máximo de precipitação de 2 l/mi.m<sup>2</sup> e que o escoamento se processa segundo uma lâmina líquida de 7/10 da altura da sua secção através da fórmula de Manning-Strickler

Considerou-se que o material das condutas possui uma rugosidade  $K=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

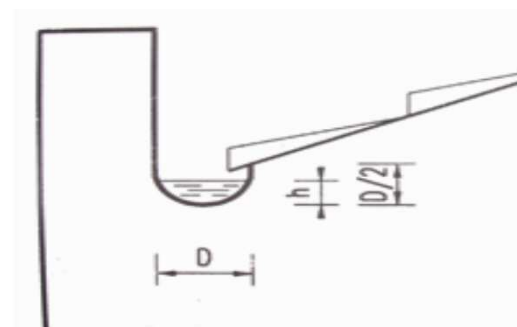
## MEMÓRIA DE CÁLCULO

### Projecto de Drenagem de Águas Pluviais

#### DIMENSIONAMENTO DA CALEIRA 5

Área em Planta (m <sup>2</sup> )	3,5	→ Quadro II	23
Inclinação (%)	0,5		

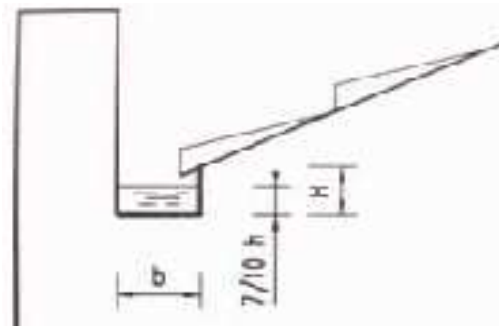
Se caleira de semi-secção circular:



Se:  $h = 7/10 * (D/2) \rightarrow h/D = 0,35$

D=	54,12 mm
h=	18,94 mm

Se caleira de semi-secção quadrangular:



$A = b * H$   
 $Rh = (b * h) / (b + 2H)$

Rh=	10,31 mm	H=	11,50 mm
b=	200,00 mm	h=	8,05 mm

#### Quadro I – Dimensionamento de Caleiras e Algerozes

Área em planta (m <sup>2</sup> )	Secções (cm <sup>2</sup> )			
	Inclinação			
	0,5%	0,7%	1,0%	1,5%
20	27	23	20	18
30	36	32	28	24
40	45	39	34	30
50	53	47	41	35
60	61	53	47	40
70	68	60	52	45
80	75	66	58	50
90	82	72	63	54
100	89	78	68	59
110	95	84	74	63
120	102	90	78	67
130	108	95	83	72
140	114	101	88	76
150	120	106	93	80
160	126	111	97	84
170	132	116	102	88
180	138	122	106	91
190	148	127	111	95
200	149	132	115	99
250	177	156	136	117
300	202	178	156	134
350	207	200	175	150
400	251	221	194	166
450	274	242	212	182
500	270	262	229	197

#### Quadro II – Grandezas geométricas relativas a secções circulares

h/D	A/D <sup>2</sup>	R/D
0,10	0,64088	0,06352
0,15	0,07387	0,09288
0,20	0,11182	0,12059
0,25	0,15355	0,14663
0,30	0,19817	0,17094
0,35	0,24450	0,19349
0,40	0,29337	0,21423
0,45	0,34270	

As secções indicadas foram determinadas admitindo um caudal máximo de precipitação de 2 l/mi.m<sup>2</sup> e que o escoamento se processa segundo uma lâmina líquida de 7/10 da altura da sua secção através da fórmula de Manning-Strickler

Considerou-se que o material das condutas possui uma rugosidade  $K=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

# MEMÓRIA DE CÁLCULO

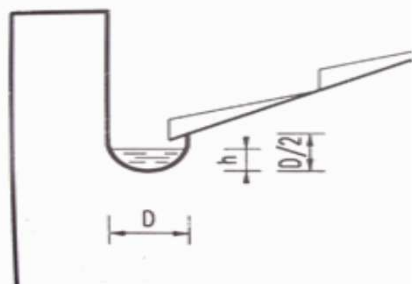
## Projecto de Drenagem de Águas Pluviais

### DIMENSIONAMENTO DA CALEIRA - RESUMO

#### EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO

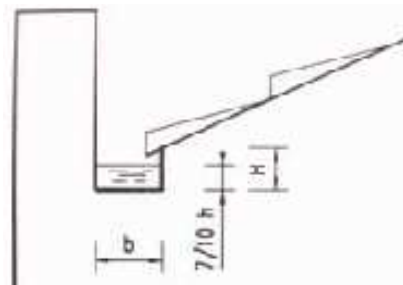
Caleira	Área	Inclinação	Quadro I	Caleira Semi-circular		Caleira de semi-secção quadrangular			
	A (m <sup>2</sup> )	i (%)	Secção (cm <sup>2</sup> )	D (mm)	h (mm)	R <sub>h</sub> (mm)	b (mm)	H (mm)	h (mm)
1	19,09	0,5	23	54,12	18,94	10,31	200,00	11,50	8,05
2	14,44	0,5	23	54,12	18,94	10,31	200,00	11,50	8,05
3	21,21	0,5	32	63,83	22,34	13,79	200,00	16,00	11,2
4	14,44	0,5	23	54,12	18,94	10,31	200,00	11,50	8,05
5	3,5	0,5	23	54,12	18,94	10,31	200,00	11,50	8,05

Se caleira de semi-secção circular:



$$\text{Se: } h = 7/10 \cdot (D/2) \rightarrow h/D = 0,35$$

Se caleira de semi-secção quadrangular:



$$A = b \cdot H$$

$$R_h = (b \cdot h) / (b + 2h)$$

**Quadro I – Dimensionamento de Caleiras e Algerozes**

Área em planta (m <sup>2</sup> )	Secções (cm <sup>2</sup> )			
	Inclinação			
	0,5%	0,7%	1,0%	1,5%
20	27	23	20	18
30	36	32	28	24
40	45	39	34	30
50	53	47	41	35
60	61	53	47	40
70	68	60	52	45
80	75	66	58	50
90	82	72	63	54
100	89	78	68	59
110	95	84	74	63
120	102	90	78	67
130	108	95	83	72
140	114	101	88	76
150	120	106	93	80
160	126	111	97	84
170	132	116	102	88
180	138	122	106	91
190	148	127	111	95
200	149	132	115	99
250	177	156	136	117
300	202	178	156	134
350	207	200	175	150
400	251	221	194	166
450	274	242	212	182
500	270	262	229	197

**Quadro II – Grandezas geométricas relativas a secções circulares**

h/D	A/D <sup>2</sup>	R/D
0,10	0,64088	0,06352
0,15	0,07387	0,09288
0,20	0,11182	0,12059
0,25	0,15355	0,14663
0,30	0,19817	0,17094
0,35	0,24450	0,19349
0,40	0,29337	0,21423
0,45	0,34270	

As secções indicadas foram determinadas admitindo um caudal máximo de precipitação de 2 l/mi. m<sup>2</sup> e que o escoamento se processa segundo uma lâmina líquida de 7/10 da altura da sua secção através da fórmula de Manning-Strickler

Considerou-se que o material das condutas possui uma rugosidade K=90 m<sup>1/3</sup>/s

# MEMÓRIA DE CÁLCULO

## Projecto de Drenagem de Águas Pluviais

### DIMENSIONAMENTO DE TUBOS DE QUEDA

<b>Entrada no tubo de queda:</b>		<b>Tipo de Terreno</b>	<b>C</b>
Entrada com aresta viva no tubo de queda	x	Terraços	1,0
Entrada cónica no tubo de queda		± Permeável	0,7
		+Permeável	0,3
<b>Intensidade de Precipitação</b>	<b>1,75 l/min.m<sup>2</sup></b>		

### EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO

Tubos queda	Área (m <sup>2</sup> )	C	Q <sub>calc</sub> (l/min)	H (mm)	øcal (mm)	øcom (mm)	øesc (mm)
TQ1	19,09	1,0	33	20	15,8	50	50
TQ2	14,44	1,0	25	20	8,2	50	50
TQ3	21,21	1,0	37	20	19,3	50	50
TQ4	14,44	1,0	25	20	8,2	50	50
TQ5	3,50	1,0	6	20	-9,7	50	50
TQ6	84,10	1,0	212	30	84,7	90	90

**Quadro I - Dimensionamento dos tubos de queda (L ≥ 0,04D) de entrada com aresta viva**

ø <sub>Ext</sub> (mm)	ø <sub>Int</sub> (mm)	Caudais (l/min)											
		Altura da Lâmina Líquida H (mm)											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
50	45,6	20	65	135	231	356							
75	70,6	30	92	184	307	462	650	873					
90	85,6	35	108	214	352	525	733	978	1260	1583			
110	105,1	43	129	252	411	607	841	1114	1427	1782	2179		
125	119,5	48	144	280	455	668	921	1215	1550	1929	2351		
140	133,9	54	160	308	498	729	1001	1316	1673	2075	2523		

**Quadro III – Dimensionamento dos tubos de queda (L ≤ 1,0 m) de entrada cónica e (L ≤ 40D) de entrada com aresta viva.**

ø <sub>Ext</sub> (mm)	ø <sub>Int</sub> (mm)	L (m) mínimo do tubo de queda		Caudais (l/min)									
				Altura da Lâmina Líquida H (mm)									
		*	**	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
50	45,6	2	1	22	31	38	43	48	53	57	61	65	69
75	70,6	3	1	52	73	90	104	116	127	137	147	156	164
90	85,6	3	1	76	108	132	153	171	187	202	216	229	241
110	105,1	4	1	115	163	199	230	257	282	304	326	345	364
125	119,5	5	1	149	210	258	298	333	364	394	421	446	470
140	133,9	5	1	187	264	324	374	418	458	494	528	560	591

(\*) Tubo de queda com entrada de aresta viva.

(\*\*\*) Tubo de queda com entrada cónica

**MEMÓRIA DE CÁLCULO**  
**Projecto de Drenagem de Águas Pluviais**

**DIMENSIONAMENTO DE COLECTORES PREDIAIS**

Colectores	$Q_{tq}$ (l/min)	K ( $m^{1/3}/s$ )	i (%)	$\phi_{calc}$ (mm)	$\phi_{com}$ (mm)
C1	316	120	1,0	85,22	110
C2	608	120	2,0	95,70	110
C3	997	120	4,0	101,16	110
C4	997	120	4,0	101,16	110
C5	50	120	1,0	42,70	110
C6	50	120	4	32,93	110
C7	50	120	4	32,93	110

**Quadro I - Dimensionamento dos colectores Prediais**

$\phi_{ext}$ (mm)	$\phi_{int}$ (mm)	Caudais (l/min)			
		Inclinação			
		1%	2%	3%	4%
110	105,1	552	781	956	1104
125	119,5	777	1100	1347	1555
140	133,9	1053	1489	1824	2106
160	153,0	1503	2125	2603	3006
200	191,4	2730	3861	4729	5461
250	239,4	4959	7013	8589	9918
315	301,8	9197	13006	15929	18394

NOTA: Os caudais das canalizações foram determinados de forma a que o escoamento se processe a secção cheia, através da fórmula de Mannig-Strickler e considerou-se que o material possuiu uma rugosidade  $K=120 m^{1/3}/s$ .

AMPLIAÇÃO E RENCONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

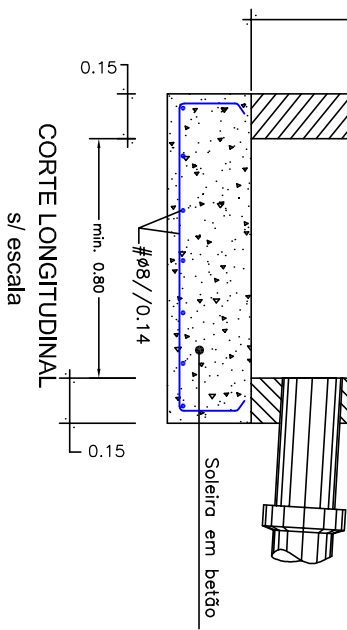
## PEÇAS DESENHADAS

---

Projecto de Drenagem de Águas Pluviais

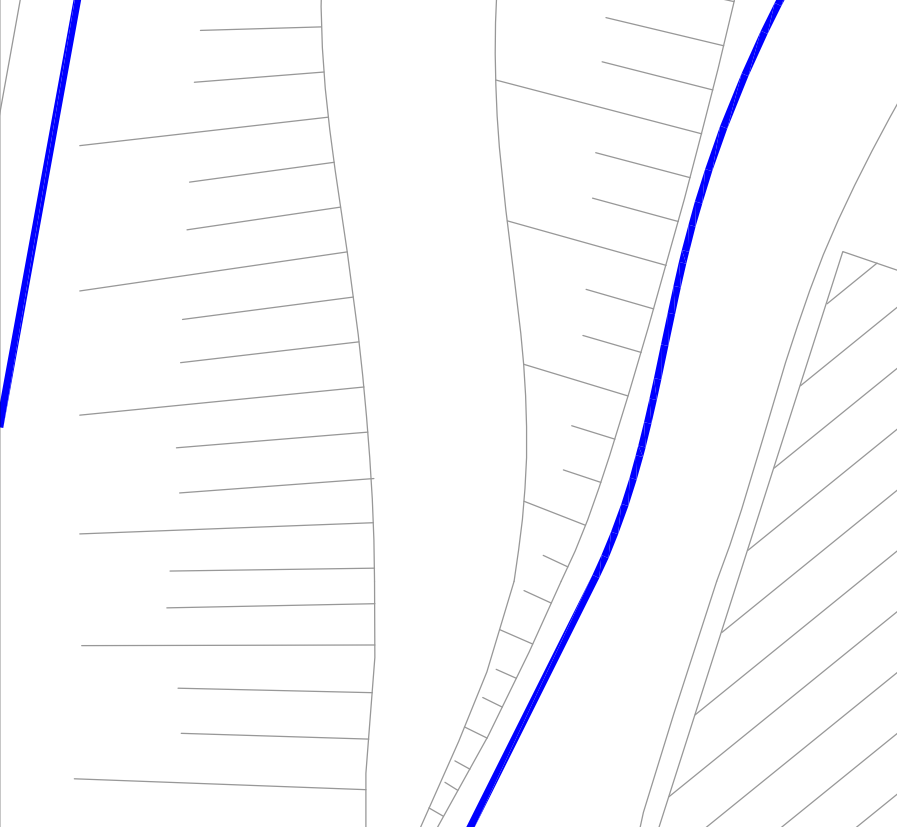
OUTUBRO 2012

Proj.:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj. Abastecimento de Água LUIZA GONÇALVES OUTEIRO
Des.:	NS	Requerente:	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO	Desenho N.º P005-DS-AP-01-01-01-PL05
Copiou		Título:	ÁGUAS PLUVIAIS - PALANTA DA COBERTURA	Substitui o des. n.º
Visto	MRO	Escalas:	1/100	Substituído por
Data:	Outubro 2012			



Proj.:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA		Proj. Abastecimento de Água
Des.:	NS	Requerente:	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO		LUISA GONÇALVES OUTEIRO
Copiou:		Data:	Outubro 2012		Desenho N.º
Visto:	MRO	Escalas:	1/100		P005-DS-AP-01-01-02-PL05
			Título:		Substitui o des. n.º
			ÁGUAS PLUVIAIS PALANTA DO PISO 1		Substituído por

Proj.:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj. Abastecimento de Água LUIZA GONÇALVES OUTEIRO
Des.:	NS	Requerente:	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO	Desenho N.º P005-DS-AP-01-01-03-PL05
Copiou				Substitui o des. n.º
Visto	MRO			Substituído por
Data:	Outubro 2012			
Escalas:	1/100	Título:	ÁGUAS PLUVIAIS PALANTA DO PISO 0	



Proj.:	LG	Obra:	HABITAÇÃO UNIFAMILIAR FACHA - PONTE DE LIMA	Proj. Abastecimento de Água LUIZA GONÇALVES OUTEIRO
Des.:	NS	Requerente:	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO	Desenho N.º P005-DS-AP-01-01-04-PL05
Copiou				Substitui o des. n.º
Visto	MRO			Substituído por
Data:	Outubro 2012			
Escalas:	1/100	Título:	ÁGUAS PLUVIAIS PALNTA DE IMPLANTAÇÃO	