



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA  
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**UM CONTRIBUTO PARA A ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DE ALGUNS  
PARÂMETROS NA CLASSE ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS**

Pedro de Almeida Fernandes Murta Marcos

**Dissertação  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL  
CONSTRUÇÃO**

**ORIENTADOR:** Professora Doutora Maria de Fátima Farinha  
**CO-ORIENTADOR:** Eng. António André

**Março de 2012**



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA  
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**UM CONTRIBUTO PARA A ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DE ALGUNS  
PARÂMETROS NA CLASSE ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS**

Pedro de Almeida Fernandes Murta Marcos

**Dissertação  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL  
CONSTRUÇÃO**

**ORIENTADOR:** Professora Doutora Maria de Fátima Farinha

**CO-ORIENTADOR:** Eng. António André

**Março de 2012**

## SUMÁRIO

A aplicação do Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios [RCCTE, 2006] trouxe uma nova dinâmica à indústria da construção, na medida em que, exige uma análise térmica rigorosa aos edifícios em fase de projeto com relevantes contributos da solução de arquitetura, das soluções construtivas, bem como dos equipamentos utilizados para a climatização e produção das águas quentes sanitárias.

Pretende-se através deste estudo, analisar a importância de alguns parâmetros do RCCTE e a relevância destes no cálculo das necessidades energéticas e na atribuição da classe energética dos edifícios.

Os parâmetros escolhidos são:

- perdas referentes a pontes térmicas lineares nas perdas totais da envolvente;
- classe de inércia térmica;
- coeficiente de transmissão térmica médio da envolvente em frações de arquitetura com percentagem normal de envidraçados (PNE) e percentagem elevada de envidraçados (PEE).

Para o efeito procedeu-se à escolha e análise de cem casos de estudo, todos eles com declaração de conformidade regulamentar (DCR).

Palavras-chave: Eficiência Energética, Térmica de Edifícios, Inércia Térmica, Coeficiente de Transmissão Térmica, Classe Energética

## **ABSTRACT**

### **CONTRIBUTION TO THE ANALYSIS OF SOME PARAMETERS IN THE IMPORTANCE OF ENERGY BUILDING CLASS**

The implementation of Regulation of Thermal Behavior Characteristics in Buildings (RCCTE), brought a new impetus to the construction industry, as it requires an accurate thermal analysis of buildings design phase, which have important inputs either in architecture design or in the engineering solutions.

The aim of this study is the analysis of some important parameters of the Portuguese regulation and their relevance to the thermal calculus results and energy class.

The studied parameters are:

- percentage of heat loss related to linear thermal bridges in the total heat loss of a building;
- thermal inertia in the main indicators of the thermal calculation;
- overall heat transfer coefficient of constructive solutions in standard window percentage architecture and high window percentage designs.

It was analyzed a sample of one hundred projects (architecture and engineering) with thermal design certification.

Keywords: Energy Efficiency, Thermal Inertia, Energy Class, Coefficient of Heat Transfer, Thermal Behavior of Buildings

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho não seria possível sem a colaboração e ajuda das seguintes entidades e pessoas, as quais gostaria de agradecer:

- à empresa Termoflux – Engenharia e Certificação Energética, Lda, por ter disponibilizado a sua vasta base de dados de cálculo de comportamento Térmico dos Edifícios na forma de folha de cálculo e respetivas Declarações de Conformidade Regulamentar;
- à Doutora Fátima Farinha e ao Eng.º António André, na qualidade de orientador e coorientador, respetivamente, pela sua disponibilidade, assim como, pelas sugestões e críticas essenciais na realização deste trabalho.

## ÍNDICE GERAL

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Motivação.....	1
1.2	Objetivos .....	1
1.3	Estrutura da dissertação .....	2
2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	3
2.1	Orientações político-legais .....	4
2.1.1	Estratégia comunitária.....	4
2.1.2	Estratégia nacional.....	5
2.1.2.1	O Sistema nacional de Certificação Energética e da qualidade do ar interior nos Edifícios (SCE) .....	5
2.1.2.2	Certificado energético, declaração de conformidade regulamentar e classe energética.....	6
3	PARÂMETROS EM ESTUDO .....	14
3.1	Pontes térmicas .....	14
3.1.1	Metodologia de cálculo das pontes térmicas lineares.....	17
3.2	Inércia térmica.....	19
3.2.1	Metodologia de cálculo da inércia térmica.....	22
3.3	Coeficiente de transmissão térmica.....	25
3.3.1	Metodologia de cálculo do coeficiente de transmissão térmica .....	26
4	CASOS DE ESTUDO .....	30
4.1	Perdas térmicas lineares .....	30
4.1.1	Análise de resultados .....	39
4.2	Inércia térmica.....	47
4.2.1	Análise de resultados .....	50
4.3	Coeficiente de transmissão térmica.....	53

4.3.1	Análise e resultados .....	80
5	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	86
5.1	Conclusões .....	86
5.2	Proposta de trabalhos futuros .....	87
6	BIBLIOGRAFIA .....	88
7	ANEXOS .....	i
	ANEXO I - Casos de estudo.....	ii
	ANEXO II – Exemplos de arquitetura referentes aos casos de estudo .....	vi
	ANEXO III – Perdas térmicas lineares – Tabelas de cálculo referentes aos casos em estudo ..	vii
	ANEXO IV – Inércia térmica – Tabelas de cálculo referentes aos casos em estudo.....	xxii
	ANEXO V – Coeficiente de transmissão térmica – Exemplos de arquitetura referentes aos casos de estudo .....	xxix

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Amostragem - U1_SC_Loulé_0034.0110_1 .....	32
Tabela 4.2 – Amostragem - U1_SC_Aljustrel_0024.0110_2 .....	32
Tabela 4.3 – Amostragem - U1_SC_Sousel_0310.0310_3 .....	32
Tabela 4.4 – Amostragem - U2_SC_Loulé_0001.6958_1 .....	33
Tabela 4.5 – Amostragem - U2_SC_Lagos_0854.0810 .....	33
Tabela 4.6 – Amostragem - U2_SC_Loulé_0452.0910 .....	33
Tabela 4.7 – Amostragem - U2_CC_Loulé_0500.0510 .....	34
Tabela 4.8 – Amostragem - U2_CC_Silves_0559.0511 .....	34
Tabela 4.9 – Amostragem - U2_CC_Lagos_0333.0411 .....	34
Tabela 4.10 – Amostragem - A_RC_G_Loulé_460.05_2009_1 .....	35
Tabela 4.11 – Amostragem - A_RC_G_Loulé_460.05_2009_2 .....	35
Tabela 4.12 – Amostragem - A_RC_G_Loulé_460.05_2009_3 .....	35
Tabela 4.13 – Amostragem - A_RC_SC_Évora_773.09_2009_1 .....	36
Tabela 4.14 – Amostragem - A_RC_SC_Évora_773.09_2009_2 .....	36
Tabela 4.15 – Amostragem - A_RC_SC_Évora_773.09_2009_3 .....	36
Tabela 4.16 – Amostragem - A_I_Loulé_460.05_2009_1 .....	37
Tabela 4.17 – Amostragem – A_I_Loulé_493.05_2009_1_2 .....	37
Tabela 4.18 – Amostragem – A_I_Evora_773.09_2009_1_3 .....	37
Tabela 4.19 – Amostragem – A_C_Loulé_460.05_2009_1_1 .....	38
Tabela 4.20 – Amostragem – A_C_Loulé_460.05_2009_2_2 .....	38
Tabela 4.21 – Amostragem – A_C_Loulé_493.05_2009_1_3 .....	38
Tabela 4.22 – Percentagem das PTL totais relativamente às perdas da envolvente .....	46
Tabela 4.23 – Amostragem - I1-V1_0345.0311_1 .....	47
Tabela 4.24 – Amostragem – I1_V1_0344.0311_2 .....	48
Tabela 4.25 – Amostragem – I1_V1_0554.0511_3 .....	48
Tabela 4.26 – Amostragem – I1_V2_0345.0311_1 .....	48
Tabela 4.27 – Amostragem – I1_V2_0344.0311_2 .....	48

Tabela 4.28 – Amostragem – I1_V2_0554.0511_3 .....	49
Tabela 4.29 – Amostragem – I1_V3_0345.0311_1 .....	49
Tabela 4.30 – Amostragem - I1_V3_0344.0311_2 .....	49
Tabela 4.31 – Amostragem – I1_V3_0554.0511_3 .....	49
Tabela 4.32 – Diferenças dos valores de cálculo devidas à alteração da inércia térmica de forte para fraca – Zona climática I1-V1 .....	50
Tabela 4.33 – Diferenças dos valores de cálculo devidas à alteração da inércia térmica de forte para fraca – Zona climática I1-V2 .....	50
Tabela 4.34 – Diferenças dos valores de cálculo devidas à alteração da inércia térmica de forte para fraca – Zona climática I1-V3 .....	51
Tabela 4.35 – Amostragem – PNE_0208.0210_1 .....	73
Tabela 4.36 – Amostragem - PNE_0043.0111_12 .....	74
Tabela 4.37 – Amostragem – PNE_0065.0111_3 .....	74
Tabela 4.38 – Amostragem - PNE_0434.0411_4 .....	74
Tabela 4.39 – Amostragem – PNE_0149.0211_5 .....	75
Tabela 4.40 – Amostragem – PNE_0746.0711_6 .....	75
Tabela 4.41 – Amostragem – PNE_0345.0311_7 .....	75
Tabela 4.42 – Amostragem – PNE_0577_8 .....	76
Tabela 4.43 – Amostragem – PNE_FZZ-2_9 .....	76
Tabela 4.44 – Amostragem – PNE_0343.0311_10 .....	76
Tabela 4.45 – Amostragem – PEE_0633.0611_1 .....	77
Tabela 4.46 – Amostragem – PEE_0661.0611_2 .....	77
Tabela 4.47 – Amostragem – PEE_0016.0110_3 .....	77
Tabela 4.48 – Amostragem – PEE_0252.0310_4 .....	77
Tabela 4.49 – Amostragem – PEE_0383.0410_5 .....	78
Tabela 4.50 – Amostragem – PEE_0051.0111_6 .....	78
Tabela 4.51 – Amostragem – PEE_0212.0211_7 .....	78
Tabela 4.52 – Amostragem – PEE_0837.0911_8 .....	79
Tabela 4.53 – Amostragem – PEE_0479.0410_9 .....	79
Tabela 4.54 – Amostragem – PEE_0674.0611_10 .....	79

Tabela 4.55 – Quadro resumo da amostragem - <i>arquitetura com PNE</i> .....	80
Tabela 4.56 – Quadro resumo da amostragem - <i>arquitetura com PEE</i> .....	80
Tabela 4.57 – Soluções de vidro e custo por metro quadrado .....	83
Tabela 4.58 – Soluções de caixilharia.....	83
Tabela 4.59 – Avaliação do custo de exploração e poupança anual.....	84
Tabela 4.60- Investimento e período de retorno .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Certificado energético – primeira página .....	7
Figura 2.2 - Classes energéticas [Casa Certificada, 2011].....	13
Figura 3.1 – Ponte térmica devido à transição entre diferentes materiais [Valério, 2007] .....	14
Figura 3.2 - Ponte térmica num cunhal [Valério, 2007].....	15
Figura 3.3 - Ponte térmica devido à ligação da laje com a fachada [Valério, 2007].....	15
Figura 3.4 - Parede dupla com isolamento térmico na caixa de ar e correção térmica do pilar pelo exterior .....	16
Figura 3.5 - Parede simples – isolamento térmico pelo interior .....	16
Figura 3.6 - Parede simples - isolamento térmico pelo exterior.....	17
Figura 3.7 - Ponte térmica linear - ligação de fachada com pavimento intermédio [RCCTE, 2006] .....	18
Figura 3.8 - Ponte térmica linear - ligação da fachada com pavimento térreo [RCCTE, 2006].....	18
Figura 3.9 - Ponte térmica linear - ligação de fachada com cobertura [RCCTE, 2006].....	19
Figura 3.10 - Identificação dos elementos da envolvente para o cálculo da inércia térmica interior.....	23
Figura 3.11 - Classe de inércia térmica interior [RCCTE, 2006].....	24
Figura 3.12 - Fator de utilização dos ganhos térmicos ( $\eta$ ).....	25
Figura 3.13 - Resistências térmicas superficiais [RCCTE, 2006] .....	26
Figura 3.14 - Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados [RCCTE, 2006].....	27
Figura 3.15 - Valores do coeficiente $\tau$ [RCCTE, 2006] .....	29
Figura 4.1 - Portal público de pesquisa fornecido pela ADENE.....	30
Figura 4.2 – Moradia unifamiliar de piso térreo sem cave - perdas da envolvente e perdas por PTL .....	39
Figura 4.3 – Moradia unifamiliar de piso térreo sem cave - peso das PTL face às perdas totais .....	39
Figura 4.4 – Moradia unifamiliar s/ cave de 2 e 3 pisos - perdas da envolvente e perdas por PTL.....	40
Figura 4.5 – Moradia unifamiliar s/ cave de 2 e 3 pisos - peso das PTL face às perdas totais.....	40
Figura 4.6 – Moradia unifamiliar de dois pisos não enterrados e cave - perdas da envolvente e perdas por PTL .....	41
Figura 4.7 – Moradia unifamiliar de dois pisos não enterrados e cave - peso das PTL face às perdas totais .....	41

Figura 4.8 – Apartamento de rés-do-chão sobre garagem - perdas da envolvente e perdas por PTL .....	42
Figura 4.9 – Apartamento de rés-do-chão sobre garagem - peso das PTL face às perdas totais .....	42
Figura 4.10 – Apartamento de rés-do-chão - perdas da envolvente e perdas por PTL .....	43
Figura 4.11 – Apartamento de rés-do-chão - peso das PTL face às perdas totais .....	43
Figura 4.12 – Apartamento de piso intermédio - perdas da envolvente e perdas por PTL .....	44
Figura 4.13 – Apartamento de piso intermédio - peso das PTL face às perdas totais .....	44
Figura 4.14 – Apartamento de cobertura - perdas da envolvente e perdas por PTL.....	45
Figura 4.15 – Apartamento de cobertura - peso das PTL face às perdas totais .....	45
Figura 4.16 - Comparação entre valores obtidos para Nic .....	51
Figura 4.17 - Comparação entre valores obtidos para Nvc .....	52
Figura 4.18 - Comparação entre valores obtidos para Nvc .....	52
Figura 4.19 - Exemplo de <i>arquitetura com PNE</i> .....	54
Figura 4.20 - Exemplo de <i>arquitetura com PEE</i> .....	55
Figura 4.21 – Alçado principal – PNE_0208.0210_1 .....	56
Figura 4.22 – Alçado posterior – PNE_0208.0210_1.....	56
Figura 4.23 – Planta rés do chão – PNE_0208.0210_1.....	57
Figura 4.24 – Planta do 1º andar – PNE_0208.0210_1 .....	57
Figura 4.25 – Planta da cobertura – PNE_0208.0210_1 .....	58
Figura 4.26 – Alçado principal – PNE_0043.0111_12 .....	58
Figura 4.27 – Alçado posterior – PNE_0043.0111_12.....	59
Figura 4.28 – Planta do rés do chão – PNE_0043.0111_12.....	59
Figura 4.29 – Planta da cobertura – PNE_0043.0111_12 .....	60
Figura 4.30 – Alçado principal – PNE_0065.0111_3 .....	61
Figura 4.31 – Alçado posterior – PNE_0065.0111_3.....	61
Figura 4.32 – Planta do rés do chão – PNE_0065.0111_3.....	62
Figura 4.33 – Alçado principal – PNE_0149.0211_5 .....	62
Figura 4.34 – Alçado posterior – PNE_0149.0211_5.....	63
Figura 4.35 – Planta do rés do chão – PNE_0149.0211_5.....	63
Figura 4.36 – Planta do 1º andar – PNE_0149.0211_5.....	64

Figura 4.37 – Planta da cobertura – PNE_0149.0211_5 .....	64
Figura 4.38 – Alçado principal – PEE_0051.0111_6 .....	65
Figura 4.39 – Alçado posterior – PEE_0051.0111_6.....	65
Figura 4.40 – Planta da cave – PEE_0051.0111_6 .....	66
Figura 4.41 – Planta do rés do chão – PEE_0051.0111_6.....	66
Figura 4.42 – Planta do 1º piso – PEE_0051.0111_6.....	67
Figura 4.43 – Alçado principal – PEE_0252.0310_4 .....	67
Figura 4.44 – Alçado posterior – PEE_0252.0310_4.....	68
Figura 4.45 – Planta da cave – PEE_0252.0310_4.....	68
Figura 4.46 – Planta do rés do chão – PEE_0252.0310_4.....	69
Figura 4.47 – Planta da cobertura – PEE_0252.0310_4 .....	69
Figura 4.48 – Alçado principal – PEE_0016.0110_3 .....	70
Figura 4.49 – Alçado posterior – PEE_0016.0110_3.....	70
Figura 4.50 – Planta da cave – PEE_0016.0110_3.....	71
Figura 4.51 – Planta do rés do chão – PEE_0016.0110_3.....	71
Figura 4.52 – Planta do 1º andar – PEE_0016.0110_3 .....	72
Figura 4.53 – Planta da cobertura – PEE_0016.0110_3 .....	72
Figura 4.54 – <i>Arquitetura com PNE vs PEE</i> - Umédio global da envolvente.....	80
Figura 4.55 – <i>Arquitetura com PNE vs PEE</i> – Peso dos envidraçados face à área da envolvente exterior .....	81
Figura 4.56 – <i>Arquitetura com PNE vs PEE</i> – Peso dos envidraçados face à área útil de pavimento .....	81



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação

De acordo com as atuais exigências do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios [RCCTE, 2006], no projeto de térmica é muito importante que se adotem as medidas mais económicas e optimizadoras possíveis. A classe energética dos edifícios é atualmente um parâmetro que os compradores têm em consideração na tomada de decisão aquando da aquisição de uma fração. Os promotores, conscientes deste facto, tendem a investir cada vez mais na classe energética dos seus imóveis.

A Agência para a Energia (ADENE) exige aos peritos qualificados um enorme rigor na aplicação do RCCTE aquando da realização da análise de comportamento térmico das frações, permitindo margens de erro mínimas nas suas fiscalizações quer de projeto, quer de levantamento dimensional.

Todo o investimento que tem sido feito na fiscalização e controle da aplicação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios [SCE, 2006] poderia também incidir sobre a reformulação da atual legislação, para que o cálculo de determinados parâmetros pudesse ser simplificado ou a sua metodologia de cálculo fosse mais adaptada à realidade.

Por outro lado, as acentuadas diferenças de estilos arquitetónicos, aqui denominados como “percentagem normal de vãos envidraçados (PNE)” e “percentagem elevada de vãos envidraçados (PEE)”, obrigam a soluções construtivas bastante diversas que introduzem alterações significativas no comportamento térmico das edificações, muitas vezes não consideradas pelos arquitetos, nomeadamente, quando se trata da escolha das características de isolamento térmico do vidro e dos sistemas de caixilharia.

## 1.2 Objetivos

É objetivo desta tese analisar a importância de alguns parâmetros do RCCTE e a relevância destes na classe energética do edifício, sempre com uma análise crítica dos mesmos e tentando enquadrá-los na realidade atual. Os parâmetros que se seguem foram escolhidos com base na experiência profissional adquirida como perito qualificado, desde 2008 até à presente data, tendo realizado inúmeras análises térmicas, quer de edifícios novos quer de existentes.

Os parâmetros escolhidos são:

- perdas referentes a pontes térmicas lineares nas perdas totais da envolvente;
- classe de inércia térmica;
- coeficiente de transmissão térmica médio da envolvente em frações de arquitetura com PNE e PEE.

A determinação do “peso” das perdas térmicas referentes a pontes térmicas lineares foi a primeira escolha para este trabalho devido ao grande rigor de cálculo que a atual legislação impõe na quantificação das perdas, procurando-se neste estudo analisar a viabilidade da simplificação deste procedimento de cálculo.

A influência da inércia térmica na classe energética dos edifícios foi escolhida devido à importância que esta tem no conforto térmico face à pouca relevância que lhe é dada na atual legislação, ainda que, mais uma vez seja necessário um cálculo bastante trabalhoso para a determinação da mesma.

A comparação entre os coeficientes de transmissão térmica médios da envolvente em edifícios com arquiteturas distintas, advém da necessidade de identificar em qual das arquiteturas se obtém um desempenho térmico superior face ao investimento necessário e qual o papel que a envolvente envidraçada possui para esse fim.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos principais.

O primeiro capítulo, apresenta a motivação os objetivos e a organização do trabalho.

No segundo capítulo, é feito o enquadramento legal da certificação energética de edifícios a nível europeu e nacional, são apresentados os seus intervenientes e é referida a forma de atribuição da classe energética.

No capítulo terceiro resume-se a metodologia de cálculo dos parâmetros objeto de análise.

Conhecida a metodologia de cálculo, no capítulo quatro, apresentam-se diversos casos de estudo escolhidos para este trabalho, são analisados os vários parâmetros e, apresentados e discutidos os resultados obtidos.

Por fim, o capítulo quinto sintetiza as principais conclusões deste trabalho, tece algumas observações à atual legislação, bem como apresenta propostas para trabalhos futuros.

## 2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

No século XX a população mundial cresceu a uma taxa nunca antes assistida na História Mundial. De facto [PDDESA, 1999], basta verificar que em 1900 a Terra era habitada por cerca de 1650 milhões de pessoas, tendo-se atingido os 5980 milhões de habitantes em 1999. No entanto, este crescimento continua a verificar-se, com dados do U.S. *Census Bureau* a estimarem que a população mundial atingirá os 8000 milhões de habitantes em 2026.

Se ao crescimento populacional adicionar-se também o acentuado crescimento da economia – quintuplicou desde 1950 [Pinheiro, 2006] – assente na exploração massiva dos recursos naturais, aliada à grande produção de resíduos (sólidos, efluentes líquidos e gases efeito estufa), conclui-se que o planeta não está preparado para receber tamanha pressão, sem que dela advenham graves consequências.

Para concretizar e tornar tangíveis as agressões anteriormente descritas, Mathis Wackernagel e William Rees (1995) propõem o conceito de pegada ecológica – *área produtiva equivalente* do globo que é necessária para repor todos os recursos consumidos e todos os resíduos produzidos por uma dada população ou economia. Tal conceito permite realizar uma comparação entre o consumo humano e a capacidade que a natureza tem de o suportar. Assim, ao dividir a área dos terrenos produtivos do globo (não esquecendo que nem todos os terrenos o são) pela população mundial e considerando, também, que a Terra não está apenas disponível para os seres humanos, chega-se ao valor de 2 ha *per capita*. Porém, a pegada ecológica média está estimada em 2,7 ha, ou seja, seriam necessários cerca de 1,3 planetas Terra para repor os danos já causados pela humanidade [Lauria, 2007].

A nível nacional, o problema ainda se agrava mais, já que seria necessário que Portugal tivesse mais 180% da sua área para que o país se encontrasse atualmente em equilíbrio ambiental [Pinheiro, 2006].

Visto isto, os conceitos de sustentabilidade e eficiência energética são cada vez mais importantes no nosso dia-a-dia, para que todos possamos contribuir para a redução da pegada ecológica mantendo um elevado nível de qualidade de vida.

## **2.1 Orientações político-legais**

### **2.1.1 Estratégia comunitária**

Nos dias 23 e 24 de Março de 2000, o Conselho Europeu reuniu, em Lisboa para debater uma nova estratégia comunitária no intuito de criar uma economia europeia mais competitiva, mais dinâmica e com mais formação [Conselho Europeu de Lisboa, 2000].

Inicialmente, era uma estratégia meramente económica, sem preocupações ambientais intrínsecas. No entanto, este documento foi revisto pela Comissão Europeia em Abril de 2005, tendo dado origem ao *Programa Comunitário de Lisboa*, ou *Estratégia de Lisboa*, que contempla, também, a problemática ambiental.

No que diz respeito ao sector da construção, os edifícios têm grande impacto no ambiente pelos elevados consumos energéticos.

As principais propostas europeias relativas à eficiência energética de edifícios são:

#### **- Diretiva 91/656/CEE - Programa SAVE**

Objetivo: Aprovar o primeiro programa SAVE – programa com ações específicas à obtenção de um alto rendimento energético.

#### **- Diretiva 92/42/CEE**

Objetivo: Promover a eficiência das caldeiras de aquecimento de águas quentes.

#### **- Diretiva 93/76/CEE**

Objetivo: Limitar as emissões de dióxido de carbono através do aumento da eficiência energética.

#### **- Diretiva 2002/91/CE - EPBD**

Objetivo: Promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios, sendo o plano de ação para melhorar a eficiência energética na Comunidade Europeia.

#### **- Diretiva 2006/32/CE**

Objetivos: Incrementar a relação custo-eficácia na melhoria da eficiência na utilização final de energia nos Estados-Membros (revogou a Diretiva 93/76/CEE);

#### **- Diretiva 2010/31/EU – Recasting EPBD 20/20/20**

Objetivos: Criar uma metodologia de medição do consumo energético dos edifícios, estabelecer limites mínimos de performance energética para edifícios novos e alguns existentes e realizar auditorias energéticas frequentes.

### 2.1.2 Estratégia nacional

Em Portugal, o primeiro Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) foi o Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro que entrou em vigor em 1991. Este primeiro regulamento, ainda que considerado muito moderado em termos de exigências, teve um grande impacto nos edifícios portugueses levando à utilização generalizada de isolamento térmico na zona corrente da envolvente dos edifícios [DGE, 2002].

Em 1998 foi publicado o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) - Decreto-Lei 118/98, de 7 de Maio. Este regulamento aplicava-se aos edifícios com sistemas de climatização instalados e visava melhorar a sua eficiência energética.

Em 2003 foi lançado o Programa Nacional para a Eficiência Energética de Edifícios (P3E). O P3E apontava para a necessidade de revisão dos regulamentos RCCTE e RSECE e para a introdução da certificação energética dos edifícios como forma de promover o recurso energias renováveis [P3E, 2002].

É a diretiva de 2002 (EPBD) que impõe aos estados membros a existência de regulamentação específica e da certificação.

#### 2.1.2.1 Sistema nacional de Certificação energética e da qualidade do ar interior nos Edifícios (SCE)

A transposição da Diretiva EPBD levou a que em 2006, fossem publicados três diplomas: Sistema de Certificação energética e da qualidade do ar interior dos Edifícios (SCE), bem como as novas versões dos regulamentos RCCTE e RSECE.

É através do SCE que o Estado se propõe assegurar a melhoria do desempenho energético dos edifícios [SCE, 2006].

Os objetivos principais do SCE são o de: assegurar a aplicação regulamentar de acordo com as disposições contidas no RCCTE e no RSECE, bem como, identificar medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos.

Estão abrangidos pelo SCE, os seguintes casos:

- edifícios novos, bem como os existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, nos termos do RSECE e do RCCTE, independentemente de estarem ou

não sujeitos a licenciamento ou a autorização, e da entidade competente para o licenciamento ou autorização, se for o caso;

- os edifícios de serviços existentes, sujeitos periodicamente a auditorias, conforme especificado no RSECE;
- os edifícios existentes, para habitação e para serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, casos em que proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado energético emitido no âmbito do SCE.

A Agência para a Energia (ADENE) é a entidade responsável pela gestão de todo o SCE, competindo-lhe principalmente: assegurar o funcionamento regular do SCE; aprovar o modelo dos certificados de desempenho energético e da qualidade do ar interior nos edifícios; supervisionar os processos de certificação, os peritos qualificados e a emissão dos certificados; criar uma bolsa de peritos qualificados; disponibilizar aos técnicos e ao público, através da Internet, toda a informação sobre os processos de certificação e os peritos que os acompanham.

O SCE designa a Direcção-Geral de Geologia e Energia e o Instituto do Ambiente como entidades responsáveis pela supervisão do SCE, no que respeita à certificação e eficiência energética e à qualidade do ar interior, respetivamente [SCE, 2006].

#### 2.1.2.2 Certificado Energético, Declaração de Conformidade Regulamentar e classe energética

O Certificado Energético (CE) (Figura 2.1) contém diversas informações, tais como, a identificação do imóvel e do perito qualificado, a classe de desempenho energético, a validade do certificado, os indicadores de desempenho, a descrição sucinta do imóvel, desde a localização às soluções construtivas adotadas, bem como, medidas de melhoria, a classe energética obtida caso sejam implementadas as medidas propostas e também uma estimativa dos custos da implementação das medidas e da poupança esperada na fatura energética. [ADENE, 2008]

A Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR) (fase de projeto) é em tudo semelhante ao CE, sendo um documento provisório que será substituído pelo certificado energético após conclusão da construção do edifício e verificação da implementação das soluções construtivas propostas na DCR.



Nº CER  
CE51477529



## CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO SEM SISTEMA(S) DE CLIMATIZAÇÃO (EXISTENTE)

Morada / Localização Quinta do Lago, Loteamento Atlântico, lote 49

Localidade Almancil Freguesia ALMANCIL

Concelho LOULE Região Portugal Continental

Data de emissão 02/09/2011 Data de validade 02/09/2021

Nome do perito qualificado Pedro Almeida Fernandes Murta Marcos N.º de PQ PQ00538

Imóvel descrito na Conservatória do Registo Predial de Loulé

sob o nº 2189 Art. matricial nº 10919 Fogo/Fracção autón. \_\_\_\_\_

Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCC-TE, Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade do presente certificado consulte [www.adene.pt](http://www.adene.pt).

### 1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

#### INDICADORES DE DESEMPENHO

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes  kgep/m<sup>2</sup>.ano

Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes (limite inferior da classe B<sup>-</sup>)  kgep/m<sup>2</sup>.ano

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e águas quentes  toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por ano

#### CLASSE ENERGÉTICA



### 2. DESAGREGAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL

Necessidades nominais de energia útil para...	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	168,35 kWh/m <sup>2</sup> .ano	65,09 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Arrefecimento	23,52 kWh/m <sup>2</sup> .ano	32 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Preparação das águas quentes sanitárias	18,8 kWh/m <sup>2</sup> .ano	20,95 kWh/m <sup>2</sup> .ano

#### NOTAS EXPLICATIVAS

As necessidades nominais de energia útil correspondem a uma previsão da quantidade de energia que terá de ser consumida por m<sup>2</sup> de área útil do edifício ou fracção autónoma para manter o edifício nas condições de conforto térmico de referência e para preparação das águas quentes sanitárias necessárias aos ocupantes. Os valores foram calculados para condições convencionais de utilização, admitidas como idênticas para todos os edifícios, de forma a permitir comparações objectivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem das atitudes e padrões de comportamento dos utilizadores.

As necessidades anuais globais de energia primária (estimadas e valor limite) resultam da conversão das necessidades nominais estimadas de energia útil em kilogramas equivalente de petróleo por unidade de área útil do edifício, mediante aplicação de factores de conversão específicos para a(s) forma(s) de energia utilizada(s) (0,250 kgep/kWh para electricidade e 0,085 kgep/kWh para combustíveis sólido, líquido ou gasoso) e tendo em consideração a eficiência dos sistemas adoptados ou, na sua definição, sistemas convencionais de referência.

As emissões de CO<sub>2</sub> equivalente traduzem a quantidade anual estimada de gases de efeito de estufa que podem ser libertados em resultado da conversão de uma quantidade de energia primária igual às respectivas necessidades anuais globais estimadas para o edifício, usando o factor de conversão de 0,0012 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> por kgep.

A classe energética resulta da razão entre as necessidades anuais globais estimadas e as máximas admissíveis de energia primária para aquecimento, arrefecimento e para preparação de águas quentes sanitárias no edifício ou fracção autónoma. O melhor desempenho corresponde à classe A+, seguida das classes A, B, B<sup>-</sup>, C e seguintes, até à classe G de pior desempenho. Os edifícios com licença ou autorização de construção posterior a 4 de Julho de 2006 apenas poderão ter classe energética igual ou superior a B<sup>-</sup>. Para mais informações sobre o desempenho energético, sobre a qualidade do ar interior e sobre a classificação energética de edifícios, consulte [www.adene.pt](http://www.adene.pt).



Figura 2.1 - Certificado energético – primeira página



### 3. DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRACÇÃO AUTÓNOMA

Morada isolada, localizada no concelho de LOULÉ com fachadas orientadas a norte/sul/este/oeste. A fracção é de tipologia T5, apresenta inércia térmica média e a ventilação processa-se de forma natural. A fracção situa-se a aproximadamente 20 metros de altitude e 2.5 km da orla costeira, numa zona climática I1\_V2-S. A fracção apresenta perdas térmicas mais significativas pela envolvente opaca exterior e interior e localiza-se em zona não abrangida por rede gás natural

Área útil de pavimento  m<sup>2</sup> Pé-direito médio ponderado  m Ano de construção

### 4. PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Sugestões de medidas de melhoria (implementação não obrigatória) (destacadas a negrito aquelas usadas no cálculo da nova classe energética)	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
<b>1 Instalação de sistema solar térmico individual</b>			

As medidas de melhoria acima referidas correspondem a sugestões do perito qualificado na sequência da análise que este realizou ao desempenho energético e da qualidade do ar interior do edifício ou fracção autónoma e não pretendem por em causa as opções e soluções adoptadas pelo(s) arquitecto(s), projectista(s) ou técnico(s) de obra.

Legendas	Redução anual da factura energética	Custo estimado de investimento	Período de retorno do investimento
	mais de 1000€/ano	mais de 5000€	inferior a 5 anos
	entre 500€ e 999€/ano	entre 1000€ e 4999€	entre 5 e 10 anos
	entre 100€ e 499€/ano	entre 200€ e 999€	entre 10 e 15 anos
	menos de 100€/ano	menos de 200€	mais de 15 anos

SE FOREM CONCRETIZADAS TODAS AS MEDIDAS DESTACADAS NA LISTA, A CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA PODERÁ SUBIR PARA...

**B**

Pressupostos e observações a considerar na interpretação da informação apresentada:

Como medida de melhoria propõe-se a instalação de sistema solar térmico individual termosifão e apoio por caldeira a gás.

A instalação deste sistema permitirá a redução da factura energética e o aumento da eficiência energética da fracção.

Os colectores solares deverão possuir certificação "Solar Keymark", instalados por um instalador acreditado pela DGGE e ser objecto de um contrato de manutenção do sistema válido por um período mínimo de 6 anos.

### 5. PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

#### PAREDES

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m <sup>2</sup> .°C	
	da solução	máximo regulamentar
• Parede posterior a 1960, de cor clara, para exterior, rebocada em ambas as faces com espessura de 0.32 m, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 1.1 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC). Valor máximo regulamentar após Julho de 2008 de 1.8 W/m <sup>2</sup> °C.	1,1	1,8
• Parede posterior a 1960, de cor clara, para arrumos, rebocada em ambas as faces com espessura de 0.16 m, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 1.47 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC). Valor máximo regulamentar após Julho de 2008 de 1.8 W/m <sup>2</sup> °C.	1,47	1,8

#### COBERTURAS

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)	Coeficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m <sup>2</sup> .°C	
	da solução	máximo regulamentar
• Cobertura pesada horizontal (Terraços) de cor clara para envolvente exterior composta por revestimento, laje estrutural, betonilha e revestimento cerâmico. Valores por defeito, de acordo com NT-SCE-01, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2.6 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC). Valor máximo regulamentar após Julho de 2008 de 1.25 W/m <sup>2</sup> °C.	2,6	1,25
• Cobertura pesada inclinada com esteira de cor clara para envolvente interior horizontal. Desvão não útil. Valores por defeito, de acordo com NT-SCE-01, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2.25 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC). Valor máximo regulamentar após Julho de 2008 de 1.25 W/m <sup>2</sup> °C.	2,25	1,25
• Cobertura pesada inclinada com esteira de cor clara para envolvente interior horizontal. Desvão não útil. Valores por defeito, de acordo com NT-SCE-01, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2.25 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC). Valor máximo regulamentar após Julho de 2008 de 1.25 W/m <sup>2</sup> °C.	2,25	1,25

Figura 2.1 - Certificado energético - segunda página



**PAVIMENTOS**

Coefficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m<sup>2</sup>.°C

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	
	da solução	máximo regulamentar
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pavimento pesado de cor clara para envolvente interior (garagem) composto por laje estrutural, betonilha e revestimento. Valores por defeito, de acordo com NT-SCE-01, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2,21 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC). Valor máximo regulamentar após Julho de 2008 de 1,25 W/m<sup>2</sup>°C.</li> </ul>	2,21	1,25
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pavimento pesado de cor clara para envolvente interior composto por laje estrutural, betonilha e revestimento. Valores por defeito, de acordo com NT-SCE-01, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 2,21 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC). Valor máximo regulamentar após Julho de 2008 de 1,25 W/m<sup>2</sup>°C.</li> </ul>	2,21	1,25

**PONTES TÉRMICAS PLANAS**

Coefficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m<sup>2</sup>.°C

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	
	da solução	máximo regulamentar
<ul style="list-style-type: none"> <li>Não aplicável</li> </ul>		

**6. VÃOS ENVIDRAÇADOS**

Factor solar

Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)*	da solução	
	da solução	máximo regulamentar
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 1 - Vidro duplo orientado a sul, localizado na cozinha, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor média, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,46	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 2 - Vidro duplo orientado a sul, localizado na cozinha, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor média, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,46	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 3 - Vidro duplo orientado a sul, localizado na sala, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,37	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 4 - Vidro duplo orientado a sul, localizado na sala, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,37	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 5 - Vidro duplo orientado a sul, localizado na sala, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,37	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 6 - Vidro duplo orientado a sul, localizado na sala, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,37	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 7 - Vidro duplo orientado a sul, localizado no quarto, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,37	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 8 - Vidro duplo orientado a este, localizado no quarto, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,37	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 9 - Vidro duplo orientado a este, localizado na instalação sanitária, com caixilharia giratória metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,7 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,37	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 10 - Vidro duplo orientado a este, localizado na instalação sanitária, com caixilharia giratória metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,7 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,37	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 11 - Vidro duplo orientado a este, localizado no quarto, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,37	0,56
<ul style="list-style-type: none"> <li>Envidraçado 12 - Vidro duplo orientado a norte, localizado no quarto, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3,9 W/m<sup>2</sup>°C (ITE-50   LNEC).</li> </ul>	0,37	0,56

Figura 2.1 - Certificado energético - terceira página

# Um contributo para a análise da importância de alguns parâmetros na classe energética de edifícios



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

| Nº CER CE51477529

Nº do perito qualificado PQ00538

Data de emissão 02/09/2011

Data de validade 02/09/2011

Descrição do elemento	Valor	Valor
térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).		
• Envidraçado 13 - Vidro duplo orientado a norte, localizado na zona de circulação, com caixilharia fixa de madeira, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas muito transparentes, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.3 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,63	0,56
• Envidraçado 14 - Vidro duplo orientado a norte, localizado na instalação sanitária, com caixilharia giratória metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor escura, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.7 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,55	0,56
• Envidraçado 15 - Vidro duplo orientado a este, localizado na instalação sanitária, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor média, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,46	0,56
• Envidraçado 16 - Vidro duplo orientado a norte, localizado na instalação sanitária, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor média, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,46	0,56
• Envidraçado 17 - Vidro duplo orientado a oeste, localizado no quarto, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor média, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,46	0,56
• Envidraçado 18 - Vidro duplo orientado a oeste, localizado no quarto, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor média, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,46	0,56
• Envidraçado 19 - Vidro duplo orientado a oeste, localizado na cozinha, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor média, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,46	0,56
• Envidraçado 20 - Vidro duplo orientado a oeste, localizado na cozinha, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor média, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,46	0,56
• Envidraçado 21 - Vidro duplo orientado a sul, localizado no quarto, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,37	0,56
• Envidraçado 22 - Vidro duplo orientado a sul, localizado na instalação sanitária, com caixilharia giratória metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.7 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,37	0,56
• Envidraçado 23 - Vidro duplo orientado a sul, localizado no quarto, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,37	0,56
• Envidraçado 24 - Vidro duplo orientado a sul, localizado no quarto, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,37	0,56
• Envidraçado 25 - Vidro duplo orientado a norte, localizado na zona de circulação, com caixilharia fixa metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor escura, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.4 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,55	0,56
• Envidraçado 26 - Vidro duplo orientado a norte, localizado na zona de circulação, com caixilharia fixa metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor escura, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.4 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,55	0,56
• Envidraçado 27 - Vidro duplo orientado a norte, localizado na zona de circulação, com caixilharia fixa metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas muito transparentes, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,63	0,56
• Envidraçado 28 - Vidro duplo orientado a norte, localizado na instalação sanitária, com caixilharia giratória metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.7 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,37	0,56
• Envidraçado 29 - Vidro duplo orientado a norte, localizado na instalação sanitária, com caixilharia giratória metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.7 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,37	0,56
• Envidraçado 30 - Vidro duplo orientado a oeste, localizado no quarto, com caixilharia de correr metálica sem corte termico, caixilho sem quadricula, sem protecção solar exterior e protecção solar interior cortinas opacas, de cor clara, com coeficiente de transmissão térmica (U) igual a 3.9 W/m <sup>2</sup> °C (ITE-50   LNEC).	0,37	0,56

Entidade gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidades supervisoras



Direcção Geral  
de Energia e Geologia



AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE

Ministério da Agricultura, do Mar,  
do Ambiente e do Ordenamento do Território

4/6

Figura 2.1 - Certificado energético - quarta página



\*Nota: Apenas vãos envidraçados com área superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem, não orientados a Norte e considerando o(s) respectivo(s) dispositivo(s) de protecção 100% activos (portadas, persianas, estores, cortinas, etc.)

## 7. CLIMATIZAÇÃO

### SISTEMA(S) DE AQUECIMENTO

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

- Sistema de climatização tipo Multi-split, marca Mitsubishi, instalado em 75% da fracção, com idade aparente de 0\_9 anos. Para o cálculo foi considerado para a eficiência do equipamento COP 4.

Necessidades anuais de energia útil

42084,89 kWh/ano

### SISTEMA(S) DE ARREFECIMENTO

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

- Sistema de climatização tipo Multi-Split, marca Mitsubishi, instalado em 75% da fracção, com idade aparente de 0\_9 anos. Para o cálculo foi considerado para a eficiência do equipamento EER 3.

Necessidades anuais de energia útil

5950,32 kWh/ano

## 8. PREPARAÇÃO DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (AQS)

### SISTEMAS CONVENCIONAIS (USAM ENERGIA NÃO RENOVÁVEL)

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

- Sistema de preparação de AQS composto por Caldeira mural Roca com uma potência térmica unitária de 24kW, eficiência a 30% da carga nominal de 72%, alimentado a Gás Propano, com uma idade aproximada de 0\_9 anos. Considerou-se que as redes de tubagem de distribuição de AQS não são isoladas termicamente com espuma elastomérica com pelo menos 10 mm de espessura.

## 9. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

### SISTEMA DE COLECTORES SOLARES PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

- Não aplicável

Energia fornecida pelo sistema

Sugestões de medidas de melhoria associadas

Proposta 1 Medidas construtivas - Instalação de sistema solar térmico individual termosifão do tipo colector solar plano para produção de AQS, composto por 2 colectores solares planos perfazendo uma área total aproximada de 3,7 m<sup>2</sup>, instalados na cobertura com azimute sul e inclinação de 45°, acoplado a um depósito com capacidade de acumulação de aproximadamente 300 litros, com a desactivação da resistência eléctrica e com apoio por caldeira a gás, localizado no interior da fracção. O custo estimado do trabalho é de 2500 € + IVA, e inclui material e mão-de-obra. Os colectores solares deverão possuir certificação "Solar Keymark", instalados por um instalador acreditado pela DGGE e ser objecto de um contrato de manutenção do sistema válido por um período mínimo de 6 anos. O cálculo pressupõe um consumo diário igual ao número de habitantes convencionais x 40 litros para 365 dias e o aquecimento e arrefecimento contínuos na estação de Inverno e Verão respectivamente.

### OUTROS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Descrição da(s) solução(ções) adoptada(s)

- Não aplicável

Energia fornecida pelo sistema

## 10. VENTILAÇÃO

Descrição dos principais elementos e da forma como se processa a ventilação

- A ventilação é processada de forma natural, sem quaisquer dispositivos de admissão de ar na fachada. A fracção situa-se em Edifício situado na periferia de uma zona urbana, com uma altura ao solo média da fachada de 3m, resultando numa classe de exposição 2. Não foi possível determinar a classificação da caixilharia na permeabilidade ao ar. A fracção não possui caixas de estore. As portas não possuem vedação em todo o seu perímetro, e a área envidraçada é superior a 15% da área de pavimento, não cumprindo com a norma NP 1037-1, resultando numa taxa de renovação horária (rph) = 1.05.

## OBSERVAÇÕES E NOTAS AO PRESENTE CERTIFICADO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Entidade gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidades supervisoras



5/6

Figura 2.1 - Certificado energético - quinta página

## Um contributo para a análise da importância de alguns parâmetros na classe energética de edifícios



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

| Nº CER CE51477529

Nº do perito qualificado PQ00538

Data de emissão 02/09/2011

Data de validade 02/09/2021

Este certificado refere-se a um edifício existente. O presente certificado teve como base de trabalho, documentos fornecidos pelo proprietário e dados da vistoria efectuada. Os valores para coeficientes de transmissão térmica de paredes, pavimentos e coberturas e o factor solar do envidraçados, não estão sujeitos requisitos, pelo que os valores máximos apresentados devem ser apenas tomados como referência para efeitos de identificação de oportunidades de melhoria. Os coeficientes de transmissão térmica foram atribuídos com base nas tabelas do ITE-50 - LNEC e os valores das paredes foram majorados em 35% para efeitos de determinação da classe energética. Não foi possível determinar a espessura do vidro no local, pelo que foi considerado vidro conforme Nota Técnica NT-SCE-01. Foram aplicadas algumas regras de simplificação contidas na Nota Técnica NT-SCE-01. O período de retorno das medidas de melhoria foi calculado tendo em conta um preço do barril de Brent de 108€ e um cambio euro dolar (USD/EUR) de 0.7.

Como informação complementar a este certificado foi elaborado um Relatório de Peritagem.

O Perito Qualificado esteve presente no imóvel para efectuar a vistoria no dia 18/08/2011 entre as 09:30 e as 10:30.

Entidade gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidades supervisoras



Direcção Geral  
de Energia e Geologia



AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE  
Ministério da Agricultura, do Mar,  
do Ambiente e do Ordenamento do Território

6/6

Figura 2.1 - Certificado Energético - sexta página

O certificado energético constitui assim um guia de referência, de consulta rápida e simples, que indica ao proprietário quais os gastos energéticos expectáveis associados ao seu imóvel, qual o investimento necessário para a sua melhoria, bem como o período de retorno do investimento.

A classe de desempenho energético é determinada com base na relação  $R = N_{tc}/N_t$ , em que  $N_{tc}$  e  $N_t$  representam, respetivamente, o valor de cálculo e o valor limite das necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes. Essas necessidades são expressas em quilograma equivalente de petróleo por  $m^2$  de área útil e por ano ( $kg_{ep}/m^2 \cdot ano$ ).

A escala representada na figura 2.2 é constituída por 9 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ corresponde a um edifício com muito bom desempenho energético, e a classe G corresponde a um edifício de muito baixo desempenho energético.

		Classe energética	$R = N_{tc} / N_t$	
Edifícios existentes	Edif. Novos	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	$3,00 < R$	

Figura 2.2 - Classes energéticas [Casa Certificada, 2011]

Para os edifícios novos (com pedido de licença de construção submetido após a entrada em vigor do SCE), as classes energéticas a atribuir são apenas as classes de A+ a B-. Os edifícios já existentes, à data da entrada em vigor do SCE, poderão ter qualquer classe (de A+ a G). [Despacho nº 10250/2008]

### 3 PARÂMETROS EM ESTUDO

Neste capítulo são apresentados os parâmetros sobre os quais incidiu a análise principal desta dissertação, nomeadamente: pontes térmicas, inércia térmica e coeficiente de transmissão térmica da envolvente, e que influenciam a verificação do RCCTE.

#### 3.1 Pontes térmicas

Ponte térmica é a designação que se dá a fenómenos localizados de transferência de calor na envolvente de um edifício, que ocorre normalmente quando há redução das características de isolamento térmico numa zona relativamente à zona corrente.

A ponte térmica surge em zonas da envolvente de um edifício onde não existe unidireccionalidade do fluxo de calor e, por conseguinte, deixa de ser válida a abordagem de cálculo convencionalmente usada em térmica de edifícios, que considera a resistência térmica dos elementos uniforme na sua área. Em termos de fenómeno físico, nas zonas de pontes térmicas as linhas do fluxo de calor deixam de ser retilíneas, aspeto característico de um processo unidireccional (Figura 3.1) e tomam a direção em que a resistência oferecida à passagem de calor é menor. Esta particularidade transforma a transmissão de calor nessas zonas num processo bidimensional ou mesmo tridimensional. Em termos práticos, as pontes térmicas têm como efeito um acréscimo das trocas de calor através da envolvente, relativamente a uma situação base que não contemple esse efeito, levando a uma distribuição heterogénea de temperaturas nos paramentos e ao aumento das perdas térmicas [Valério, 2007].

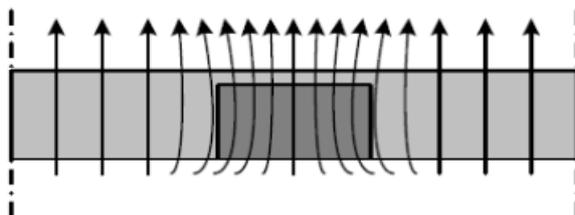


Figura 3.1 – Ponte térmica devido à transição entre diferentes materiais [Valério, 2007]

As pontes térmicas resultam sempre duma heterogeneidade, quer seja de ordem geométrica quer seja de ordem estrutural. Os casos mais comuns são: transição entre materiais com diferentes condutibilidades térmicas (figura 3.1); diferenças entre áreas internas e externas,

como são o caso que ocorre nos encontros entre paredes (cunhais) (figura 3.2), entre paredes e pavimentos e entre paredes e tetos (figura 3.3).

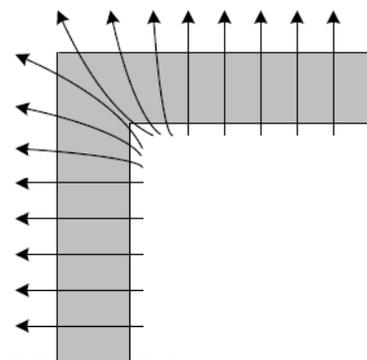


Figura 3.2 - Ponte térmica num cunhal [Valério, 2007]

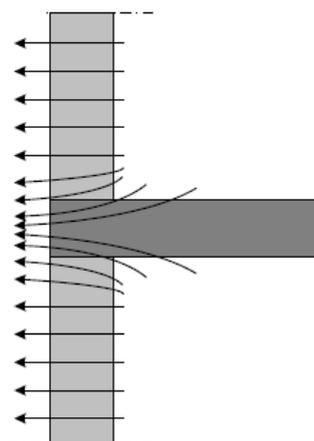


Figura 3.3 - Ponte térmica devido à ligação da laje com a fachada [Valério, 2007]

Nestes casos, o fluxo de calor segue a trajetória com menor dispêndio de energia, ou seja, “procura” o caminho em que a resistência térmica é menor. Sendo esta função da distância entre pontos e da condutibilidade térmica dos materiais, tal significa que o fluxo de calor percorre o “caminho mais curto” que resulta da combinação destes dois parâmetros.

As pontes térmicas, devido ao seu maior coeficiente de transmissão térmica em relação à zona corrente, acusam uma temperatura superficial mais baixa na estação de aquecimento, e mais elevada na estação de arrefecimento, originando heterogeneidades na distribuição das

temperaturas superficiais interiores da envolvente, potenciando assim a existência de condensações e o conseqüente aparecimento de patologias.

Atualmente a envolvente dos edifícios possui isolamento térmico para fazer face às exigências regulamentares de limitação das necessidades energéticas de aquecimento. No caso de paredes duplas, a solução mais comum é colocar o isolamento no interior da caixa de ar. Em paredes simples, as soluções passam pela colocação do isolamento no paramento exterior ou interior.

No caso do isolamento térmico no interior da caixa-de-ar, por razões construtivas é difícil garantir a sua continuidade em zonas de encontro com elementos estruturais (figura 3.4). O mesmo acontece quando o isolamento é fixado ao paramento interior das paredes (figura 3.5), sendo a solução de colocação do isolamento pelo exterior aquela que garante melhor continuidade no isolamento térmico (figura 3.6).

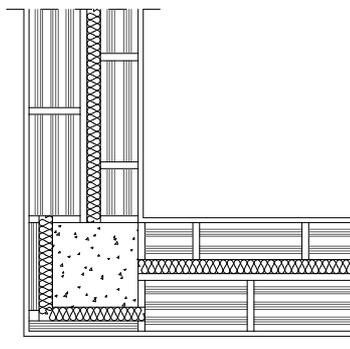


Figura 3.4 - Paredes duplas com isolamento térmico na caixa de ar e correção térmica do pilar pelo exterior

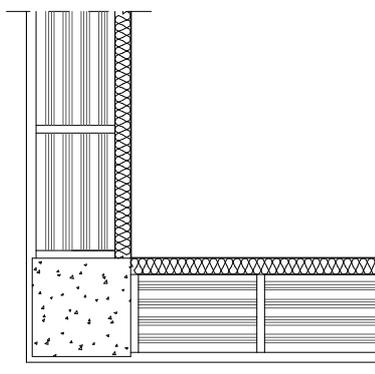


Figura 3.5 - Paredes simples – isolamento térmico pelo interior

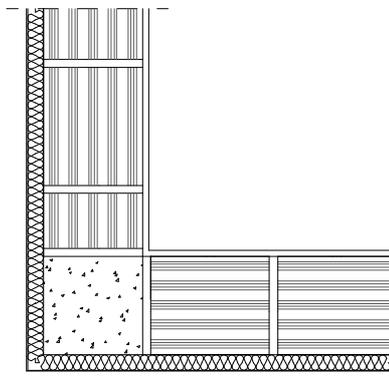


Figura 3.6 - Parede simples - isolamento térmico pelo exterior

Existem dois tipos de pontes térmicas: as pontes térmicas planas e as pontes térmica lineares.

ma ponte térmica plana é uma heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente exterior ou da envolvente interior em contacto com espaços não úteis, tais como pilares, talões de viga e caixas de estore, por onde se considera uma perda térmica unidimensional por unidade de área de superfície. A ponte térmica plana é quantificada multiplicando o valor do coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) pela respetiva área.

Uma ponte térmica linear corresponde à ligação de dois elementos construtivos exteriores ou interiores para espaços não úteis e é uma singularidade da envolvente em que o fluxo térmico é bi ou tridimensional assimilada a uma perda térmica por unidade de comprimento. A perda térmica ocorrida pela ponte térmica linear é quantificada multiplicando o valor do coeficiente de transmissão térmica linear ( $\psi$ ) pelo respetivo desenvolvimento. [Casa Certificada, 2009]

### 3.1.1 Metodologia de cálculo das pontes térmicas lineares

O RCCTE contempla a existência de pontes térmicas lineares em elementos em contacto com o terreno (paredes e pavimentos) e ainda nos seguintes casos:

- a) Ligação da fachada com pavimentos térreos
- b) Ligação da fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos ou exteriores

- c) Ligação da fachada com pavimentos intermédios
- d) Ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço
- e) Ligação da fachada com varanda
- f) Ligação entre duas paredes verticais
- g) Ligação da fachada com caixa de estore
- h) Ligação da fachada com padieira, ombreira ou peitoril

apresentando valores tabelados de  $\Psi$  para os diversos casos referidos em função da localização do isolamento térmico e da espessura de paredes ou lajes, para casos distintos dos apresentados deverá ser utilizado o valor de  $\Psi = 0,5 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ .

As perdas de calor lineares, por grau centígrado de diferença de temperatura entre os ambientes interior e exterior, através das pontes térmicas ( $L_{pt}$ ) são calculadas pela seguinte expressão:

$$L_{pt} = \sum \Psi_j \cdot B_j \quad (\text{W}/^\circ\text{C}) \quad (\text{Equação 3.i})$$

onde:  $\Psi$  é o coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica  $j$  (em  $\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$ ) e  $B$  é o desenvolvimento linear (comprimento) da ponte térmica  $j$ , medido pelo interior (em m).

Nas figuras 3.7, 3.8 e 3.9 apresentam-se alguns exemplos de pontes térmicas lineares e respetivos valores de  $\Psi$ .

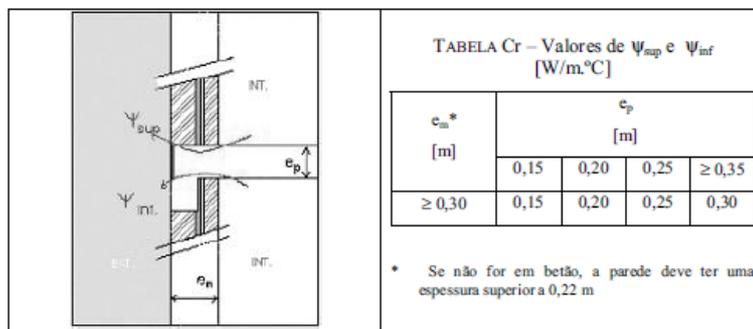


Figura 3.7 - Ponte térmica linear - ligação de fachada com pavimento intermédio [RCCTE, 2006]

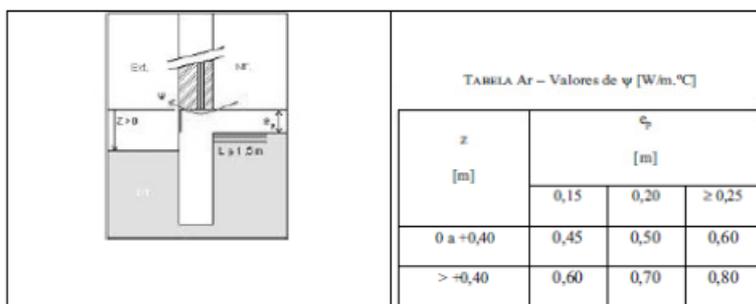


Figura 3.8 - Ponte térmica linear - ligação da fachada com pavimento térreo [RCCTE, 2006]

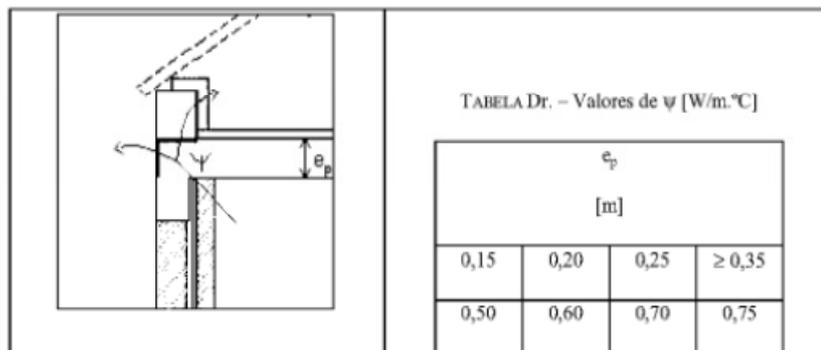


Figura 3.9 - Ponte térmica linear - ligação de fachada com cobertura [RCCTE, 2006]

### 3.2 Inércia térmica

No verão, a sensação de frescura quando se entra numa igreja construída com paredes maciças em pedra e, no inverno, a sensação, também de conforto, em que o interior da mesma está a uma temperatura superior à temperatura do exterior, é este o efeito da inércia térmica em pleno funcionamento. A solução atual não passa, certamente, por voltar a construir, edifícios integralmente em pedra, mas sim por aplicar os novos materiais e soluções construtivas não esquecendo o seu contributo para a inércia térmica.

O conceito de inércia térmica caracteriza a resistência oferecida pelos sistemas térmicos à tentativa de alterar o seu estado termodinâmico. Nos edifícios, dado o carácter periódico das solicitações, esta resistência traduz-se por um amortecimento das ondas de calor e por um desfasamento entre as solicitações e a resposta do edifício. A inércia térmica tem origem na capacidade, que os materiais possuem, de armazenar calor.

A consideração da inércia térmica em regiões de clima mediterrânico tem sido uma medida largamente implementada, ao longo de muitos anos. São os materiais de elevada massa e densidade que conferem aos espaços interiores uma maior estabilidade. Esta otimização tem sido uma técnica generalizada, ao longo de muitos séculos, para assegurar condições de conforto térmico no interior dos edifícios. É certo que, no passado, não existiam os mesmos materiais de construção a que atualmente se tem acesso, nem as pessoas viviam as vidas sedentárias que hoje vivem, no entanto, a inércia térmica continua a ter um papel fundamental na criação de um clima interior estável e confortável.

Quanto maior for a capacidade dos materiais de armazenar calor mais facilmente os sistemas térmicos absorvem as solicitações sem alterarem, radicalmente, o seu estado termodinâmico. Desta forma, um edifício de grande inércia térmica tem tendência a armazenar o calor recolhido por períodos mais longos e a amenizar, assim, os efeitos das variações climáticas. [Lobão, 2009]

De inverno a utilização de sistemas construtivos de inércia elevada podem contribuir para armazenar os ganhos solares diurnos e restituí-los durante a noite ao interior dos espaços, e nas estações intermédias prevenir contra os fenómenos de sobreaquecimento, os quais são caracterizados por um aumento acentuado da temperatura exterior durante o dia e por fortes ganhos solares devidos, sobretudo, à incidência de radiação solar direta sobre os envidraçados.

Em países de clima ameno (ex.: países do Sul da Europa), a utilização de materiais de elevada inércia térmica, oferece, também, uma proteção eficaz contra os picos diurnos de temperatura verificados no verão e para o arrefecimento noturno sentido no inverno, pois a temperatura média será armazenada durante um período mais longo devido à inércia, não permitindo que períodos curtos de sobreaquecimento ou arrefecimento alterem significativamente a temperatura interior.

A inércia térmica pode desempenhar um papel desfavorável em edifícios cuja ocupação seja essencialmente diurna (não existindo ventilação noturna) e cuja solução construtiva a nível dos vãos envidraçados não seja adequada. Neste caso, um nível elevado de inércia pode traduzir-se numa demora acentuada no restabelecimento das condições de conforto.

A inércia térmica é especialmente relevante em climas sujeitos a grandes amplitudes térmicas.

São os materiais com elevado peso específico e maciços que constituem a inércia térmica dos edifícios e, quando bem aplicados, conferem aos espaços interiores estabilidade térmica. Como é indicado pela palavra 'inércia', estes materiais pesados interagem muito lentamente com as temperaturas do meio que as rodeia, não permitindo que temperaturas de pico (períodos curtos) alterem significativamente a temperatura no interior do edifício.

Uma vez armazenado o calor, a interação de um elemento de construção maciço com o ambiente interior é muito positiva, porque, quando não é obstruída, irradia continuamente para os espaços interiores o mesmo calor que armazenou. Para o exterior é essencial que se minimizem as perdas térmicas, pelo que é importante conjugar a inércia térmica com o isolamento térmico, idealmente aplicado de forma contínua pelo exterior. [Lobão, 2009]

Para otimizar o contributo da inércia térmica, é importante evitarmos que os materiais pesados (por exemplo: o betão, os tijolos, os rebocos) sejam interiormente revestidos com materiais isolantes (por exemplo: lã de rocha, lã de vidro, gesso cartonado, alcatifas, aglomerados). pois interrompem o intercâmbio térmico que se pretende manter entre os materiais com elevada inércia térmica e o ambiente interior. Isto não significa que não se possam utilizar estes

materiais efetivamente, é importante atingir-se um equilíbrio adequado de intercâmbio direto entre a inércia térmica disponível e o ambiente interior.

Para obter o melhor desempenho energético-ambiental do edifício, a inércia térmica deve ser adaptada e integrada com outras estratégias: [Lobão, 2009]

- a conjugação da inércia térmica com o isolamento térmico, aplicado de forma contínua pelo exterior, é a melhor forma de alcançar o contributo positivo do armazenamento de temperatura interior, além de proteger as fachadas do risco de fissurarem;
- a conjugação da inércia térmica com a ventilação natural torna-se especialmente importante durante o verão, porque permite que o calor acumulado nos materiais pesados seja libertado durante a noite e, pela conjugação descrita, seja restabelecida a capacidade de acumular e absorver o calor excessivo durante o dia seguinte, mantendo o ambiente interior confortável; é possível evitar, deste modo, a saturação da inércia térmica disponível por acumulação de calor; este processo, quando bem gerido, confere, durante o verão, o conforto necessário nos espaços interiores de um edifício;
- a cor e o tipo das superfícies condicionam igualmente a sua capacidade de absorção térmica e de reflexão do calor; conjugar a inércia térmica com a cor das superfícies que estão em contacto direto com o ambiente interior, influencia também o seu comportamento, na medida em que as cores claras refletem melhor a radiação (por absorverem menos) e são ideais para zonas mais quentes, como o centro e o sul de Portugal, enquanto as cores mais escuras absorvem mais radiação, o que aumenta a temperatura nos espaços interiores, pelo que a sua adoção é recomendada em zonas mais frias, como no norte de Portugal; conjugar a definição das cores que revestem áreas de inércia térmica elevada com a incidência sazonal dos raios solares, é mais um contributo para a otimização do conforto; por exemplo, se uma parede interior, sobre a qual os raios solares apenas incidem no inverno (e é possível determinar esta característica em projeto, calculando o ângulo e a orientação solares), for pintada com uma cor mais escura, a sua eficiência de armazenamento e libertação de calor no Inverno, quando o mesmo é desejado, poderá aumentar.

A inércia térmica implica portanto a utilização de materiais pesados na construção – betão, tijolos, rebocos, pedra – materiais que, dado o modo como são aplicados, exigem tempos de secagem que tornam a construção mais lenta. Na ótica do curto prazo, em que a pressão financeira é grande para que o produto imobiliário seja rapidamente comercializado, os tempos de construção tornam-se uma importante condicionante a minimizar e, por sua vez, torna-se irresistível a tentação de construir edifícios leves. É de extrema importância que soluções construtivas que possuam inercia térmica forte não estejam associadas a prazos de execução mais longos, para que não exista a tentação da sua substituição por soluções de rápida implementação em obra que pouco contribuem para o bom desempenho energético dos edifícios. [Lobão, 2009]

A inércia térmica tem influência no desempenho térmico de um edifício, por este motivo, a capacidade de armazenamento térmico deverá ser projetada para cada edifício tendo em consideração a geometria, o clima e o regime de ocupação.

### 3.2.1 Metodologia de cálculo da inércia térmica

O regulamento define três classes de inércia térmica: forte, média e fraca. A classe de inércia térmica resulta do cálculo da massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento, cuja definição, cálculo e terminologia empregue vêm descritos no n.º 2 do anexo VII do RCCTE e que se sintetiza em seguida.

A inércia térmica interior de uma fração autónoma é função da capacidade de armazenamento de calor que os locais apresentam e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos da construção.

A massa superficial útil ( $M_{si}$ ) de cada elemento de construção interveniente na inércia térmica é função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente, do posicionamento e das características das soluções de isolamento térmico e de revestimento superficial. O RCCTE prevê os seguintes casos (figura 3.10):

- EL1 – Elemento da envolvente exterior, elemento de construção em contacto com outra fração autónoma ou espaços não úteis: se estes elementos não possuírem isolamento térmico, contabiliza-se metade da sua massa total ( $m_t$ ):  $M_{si} = m_t/2$ . No entanto, se existir um isolante térmico (material de condutibilidade térmica inferior a  $0,065 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ , com uma espessura que conduza a uma resistência térmica superior a  $0,30 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ ), considera-se somente a massa situada do lado interior do isolamento térmico ( $m_i$ ):  $M_{si} = m_i$ . O valor de  $M_{si}$  nunca pode ser superior a  $150 \text{ kg/m}^2$ ;
- EL2 – Elementos em contacto com o solo: se estes elementos não possuírem isolamento térmico, contabiliza-se uma massa  $M_{si}$  de  $150 \text{ kg/m}^2$ . Caso contrário, não se toma em consideração senão a massa interior ao isolamento térmico  $M_{si} = m_i$ , sem ultrapassar o limite de  $150 \text{ kg/m}^2$ ;

- EL3 – Elementos interiores da fração autónoma em estudo (paredes e pavimentos interiores): considera-se a massa total do elemento  $M_{si} = m_i$ , com o limite de  $300 \text{ kg/m}^2$ .

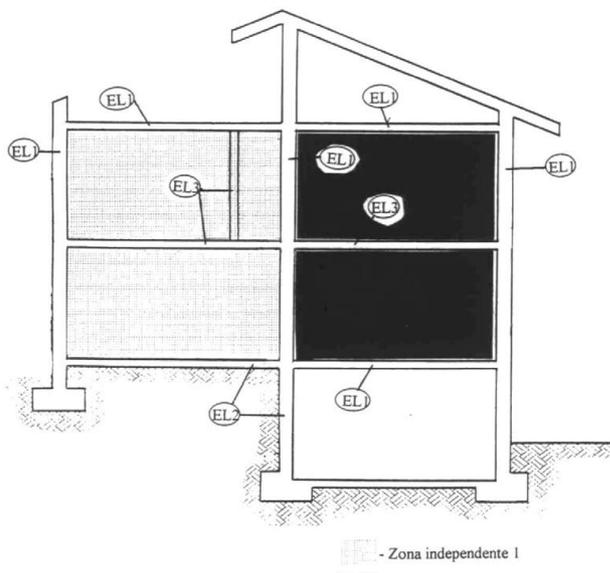


Figura 3.10 - Identificação dos elementos da envolvente para o cálculo da inércia térmica interior

Considera ainda que:

- elementos de construção da envolvente da fração autónoma em estudo em que o revestimento superficial interior apresente uma resistência térmica ( $R$ ), compreendida entre  $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$  e  $0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ , a massa superficial útil ( $M_{si}$ ) deve ser reduzida ( $r$ ) de 50% do valor calculado.
- para elementos interiores à fração autónoma em estudo que apresentem revestimento superficial com resistência térmica superior a  $0,14 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$  e menor ou igual a  $0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$  numa ou em duas faces, a massa  $M_{si}$  é multiplicada por  $r = 0,75$  ou  $0,50$ , conforme o elemento tenha revestimento, respectivamente.

A massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento ( $I_t$ ), é então calculada pela seguinte expressão:

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \cdot r_{si} \cdot S_i}{A_p} \quad (\text{Equação 3.ii})$$

em que:

$M_{si}$  – massa superficial útil do elemento  $i$  ( $\text{kg/m}^2$ )

$S_i$  – área da superfície interior do elemento  $i$  ( $m^2$ )

$A_p$  – área útil de pavimento ( $m^2$ )

Segundo o valor encontrado para  $I_t$  a classe de inércia é *Fraca*, *Média* ou *Forte* conforme a figura 3.11 :

Classe de inércia	Massa superficial útil por metro quadrado da área de pavimento ( $kg/m^2$ )
Fraca .....	$I_t < 150$
Média .....	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte .....	$I_t > 400$

Figura 3.11 - Classe de inércia térmica interior [RCCTE, 2006]

A inércia térmica influencia o fator de utilização dos ganhos térmicos ( $\eta$ ) que é calculado em sua função e da relação ( $\gamma$ ) entre os ganhos totais brutos (internos e solares) e as perdas térmicas totais do edifício, conforme se representa nas equações seguintes:

$$\eta = \begin{cases} \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}}, & \gamma \neq 0 \\ \frac{a}{a+1}, & \gamma = 0 \end{cases} \quad \text{(Equação 3.iii) [RCCTE, 2006]}$$

em que  $a$  toma os seguintes valores :

1,8 – edifícios com inércia térmica fraca;

2,6 – edifícios com inércia térmica média;

4,2 – edifícios com inércia térmica forte;

e

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos térmicos brutos}}{\text{Necessidades brutas de aquecimento}} \quad \text{(Equação 3.iv) [RCCTE, 2006]}$$

ou através do ábaco (figura 3.12):

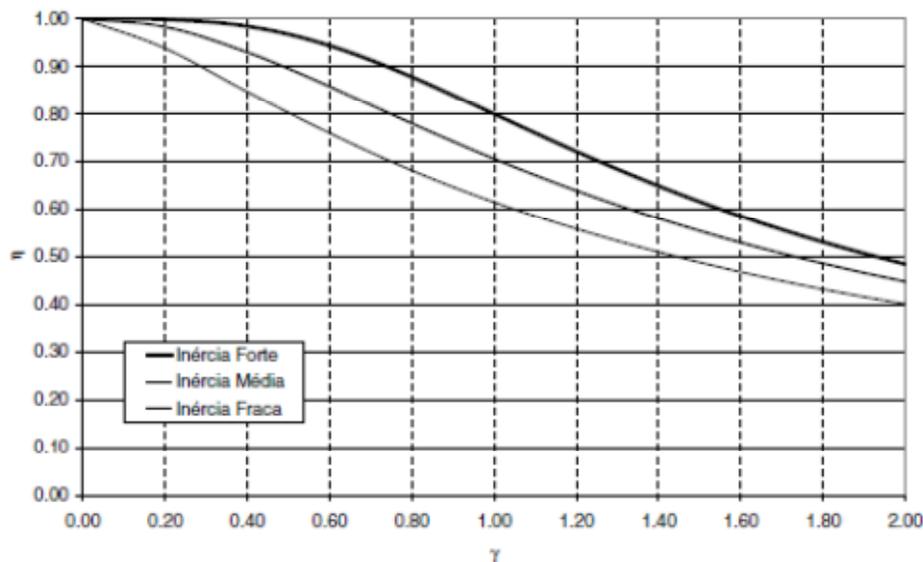


Figura 3.12 - Fator de utilização dos ganhos térmicos ( $\eta$ )

### 3.3 Coeficiente de transmissão térmica

O coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) de um elemento da envolvente é a 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 esta separa [RCCTE, 2006].

O coeficiente de transmissão térmica é um dos fatores mais relevantes na verificação regulamentar de Inverno pois as perdas térmicas dependem essencialmente deste coeficiente.

Os elementos da envolvente opaca são aqueles cujas soluções construtivas apresentam melhor coeficiente de transmissão térmica. A envolvente envidraçada apresenta normalmente, valores superiores. Exemplificando, o coeficiente térmico de uma solução construtiva de parede dupla de tijolo de 11cm com isolamento térmico de 4 cm de poliestireno extrudido (XPS) na caixa de ar, é de  $0.50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ , enquanto um envidraçado duplo com lâmina de ar de 16 mm e caixilharia de alumínio com corte térmico possui um coeficiente de transmissão térmica de  $3.30 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  [ITE 50, 2006].

### 3.3.1 Metodologia de cálculo do coeficiente de transmissão térmica

O coeficiente de transmissão térmica (U) de elementos constituídos por um ou vários materiais, em camadas de espessura constante, é calculado pela seguinte equação:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} \text{ (Equação 3.v)}$$

Tratando-se de camadas de materiais homogêneos, a resistência térmica,  $R_j$  é calculada como sendo o quociente entre a espessura da camada  $j$ ,  $d_j$  (m), e o valor da condutibilidade térmica do material que a constitui,  $\lambda_j$  (W/m.°C).

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \text{ (Equação 3.vi) [RCCTE, 2006]}$$

Para as camadas não homogêneas, como é o caso de alvenarias vazadas e de lajes aligeiradas, os valores das correspondentes resistências térmicas devem ser calculados de acordo com a metodologia estabelecida na norma europeia EN ISO 6946 ou utilizando os valores tabelados no ITE50.

Os valores das resistências térmicas superficiais ( $R_{si}$  e  $R_{se}$ ) em função da posição do elemento construtivo e do sentido do fluxo de calor, constam da figura 3.13:

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial (m <sup>2</sup> . °C/W)		
	Exterior $\overline{R_{se}}$	Local não aquecido (*) $R_{se}$	Interior $\overline{R_{si}}$
Horizontal (**)	0,04	0,13	0,13
Vertical (***)			
Ascendente	0,04	0,10	0,10
Descendente	0,04	0,17	0,17

(\*) Os valores indicados traduzem o facto de, no caso do cálculo do coeficiente de transmissão térmica de um elemento que separa um local não aquecido de um local aquecido, se adoptar  $R_{se} = R_{si}$ .

(\*\*) Aplicável a paredes (até mais ou menos 30° com a vertical).

(\*\*\*) Aplicável a coberturas e pavimentos

Figura 3.13 - Resistências térmicas superficiais [RCCTE, 2006]

A resistência térmica de um espaço de ar ( $R_{ar}$ ) não ventilado é considerada no cálculo do coeficiente de transmissão térmica. Um espaço de ar é considerado não ventilado quando:

- tiver espessura nominal superior a 5 mm, no caso de elementos prefabricados, e a 15 mm, no caso de elementos construtivos realizados em obra;
- for delimitado por duas superfícies paralelas, com emitâncias iguais ou superiores a 0.8 e perpendiculares à direção do fluxo de calor;
- tiver uma espessura (na direção do fluxo de calor) inferior a um décimo de qualquer das outras duas dimensões;
- não apresentar trocas de ar com o ambiente interior.

Na figura 3.14 apresentam-se os valores da resistência térmica de espaços de ar não ventilados, que devem ser adotados para o cálculo do coeficiente de transmissão térmica, em função da espessura do espaço de ar e do sentido do fluxo de calor.

Sentido do fluxo do calor	Espessura do espaço de ar (mm)	Resistência térmica $R_{sp}$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )
Horizontal (*) .....	5	0,11
	10	0,15
	15	0,17
	De 25 a 100	0,18
Vertical (**) ascendente .....	5	0,11
	10	0,15
	De 15 a 100	0,16
Vertical (**) descendente .....	5	0,11
	10	0,15
	15	0,17
	25	0,19
	50	0,21
	100	0,22

(\*) Paredes (até mais ou menos 30° com a vertical).  
 (\*\*) Coberturas e pavimentos.

Figura 3.14 - Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados [RCCTE, 2006]

Um espaço de ar que tenha pequenas aberturas para o ambiente exterior pode também ser considerado não ventilado, desde que [RCCTE, 2006]:

- não exista uma camada de isolante térmico entre ele e o exterior;
- as aberturas existentes não permovam a circulação de ar no interior do espaço de ar;
- A relação  $s/L$  seja igual ou inferior a  $500 \text{ mm}^2/m$ , no caso de paredes;
- a relação  $s/A$  seja igual ou inferior a  $500 \text{ mm}^2/m^2$ , no caso de elementos horizontais (coberturas ou pavimentos) ou inclinados.

Quando o espaço de ar for ventilado, o valor do seu coeficiente de transmissão térmica depende do grau de ventilação desse espaço.

A caracterização do grau de ventilação dos espaços de ar faz-se da seguinte forma:

- para as paredes, a partir do quociente entre a área total dos orifícios de ventilação (s), em milímetros quadrados, e o comprimento da parede (L), em metros;
- para as coberturas e elementos inclinados, a partir do quociente entre a área total dos orifícios de ventilação (s), em milímetros quadrados, e a área do elemento em estudo (A), em metros quadrados.

Um espaço considera-se fracamente ventilado desde que [RCCTE, 2006]:

- a relação  $s/L$  seja superior a  $500 \text{ mm}^2/\text{m}$  e igual ou inferior a  $1500 \text{ mm}^2/\text{m}$ , no caso de paredes;
- a relação  $s/A$  seja superior a  $500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  e igual ou inferior a  $1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ , no caso de elementos horizontais ou inclinados.

O valor da resistência térmica de espaços de ar fracamente ventilados é metade do valor correspondente indicado na figura 3.14.

Um espaço de ar considera-se fortemente ventilado desde que [RCCTE, 2006]:

- a relação  $s/L$  seja superior a  $1500 \text{ mm}^2/\text{m}$ , no caso de paredes;
- a relação  $s/A$  seja superior a  $1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ , no caso de elementos horizontais ou inclinados.

No caso de espaços fortemente ventilados a resistência térmica do espaço de ar considera-se nula, para além disso, no cálculo do coeficiente de transmissão térmica (U) do elemento com um espaço de ar fortemente ventilado adotam-se as seguintes convenções:

- não se considera a resistência térmica das camadas que se localizam entre o espaço de ar e o ambiente exterior;
- a resistência térmica superficial exterior ( $R_{se}$ ) toma o valor correspondente da resistência térmica superficial interior ( $R_{si}$ )

No caso de coberturas inclinadas sobre desvão, o cálculo depende de se tratar de um desvão habitado ou não. Caso o desvão seja habitado este é um espaço útil aquecido logo a determinação das perdas térmicas correspondentes à cobertura é efetuada com base no coeficiente de transmissão térmica do elemento inclinado da cobertura.

No caso dos desvãos não habitados, acessíveis ou não, eventualmente utilizados como zonas de arrecadação, técnicas ou similares, o desvão é considerado um espaço não aquecido com coeficiente  $\tau$  retirado da figura 3.15.

Tipo de espaço não útil	$A_s / A_e^{(1)}$		
	De 0 a 1	De 1 a 10	Maior que 10
1 — Circulação comum:			
1.1 — Sem abertura directa para o exterior .....	0,6	0,3	0
1.2 — Com abertura permanente para o exterior (por exemplo, para ventilação ou desenfumagem):			
a) Área de aberturas permanentes/volume total < 0,05 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .....	0,8	0,5	0,1
b) Área de aberturas permanentes/volume total ≥ 0,05 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .....	0,9	0,7	0,3
2 — Espaços comerciais .....	0,8	0,6	0,2
3 — Edifícios adjacentes .....	0,6	0,6	0,6
4 — Armazéns .....	0,95	0,7	0,3
5 — Garagens:			
5.1 — Privada .....	0,8	0,5	0,3
5.2 — Colectiva .....	0,9	0,7	0,4
5.3 — Pública .....	0,95	0,8	0,5
6 — Varandas, marquises e similares <sup>(2)</sup> .....	0,8	0,6	0,2
7 — Coberturas sobre desvão não habitado (acessível ou não) <sup>(3)</sup> :			
7.1 — Desvão não ventilado .....	0,8	0,6	0,4
7.2 — Desvão fracamente ventilado .....	0,9	0,7	0,5
7.3 — Desvão fortemente ventilado .....		1	

(1)  $A_s$  — área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil.

$A_e$  — 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 coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) definidos no anexo II.

(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.

Figura 3.15 - Valores do coeficiente  $\tau$  [RCCTE, 2006]

## 4 CASOS DE ESTUDO

Para a realização da presente dissertação foram selecionados cem casos de estudo correspondentes a frações habitacionais unifamiliares e multifamiliares, todas elas com Declaração de Conformidade Regulamentar, garantindo desta forma, a correta execução do cálculo térmico. A análise térmica foi efetuada recorrendo ao uso de folha de cálculo, concebida pela empresa Termoflux – Engenharia e Certificação Energética, Lda. No Anexo I apresenta-se a listagem referente aos casos de estudo utilizados, correspondência com o número da respetiva DCR e classe energética obtida.

Através do seu número, as DCR poderão ser consultadas online no portal da ADENE no endereço:

- <http://www.adene.pt/ADENE/Canais/SubPortais/SCE/EdificiosCertificados/Pesquisa/>

A figura 4.1 ilustra a forma de aceder ao conteúdo das DCR.

PESQUISA

Nº de DCR/CE:   
(Formato: DCR##### ou CE#####)

Morada:

Região:

Concelho:  Freguesia:

A pesquisa encontrou 1 resultados. [Pesquisar](#)

---

Nº DCR/CE	Morada	Fracção	Localidade	Concelho
<a href="#">DCR0000050664526</a>	<a href="#">Sítio de Moças</a>		Mogas	SILVES

Figura 4.1 - Portal público de pesquisa fornecido pela ADENE

### 4.1 Perdas térmicas lineares

Nesta análise pretende-se quantificar o peso das Perdas Térmicas Lineares (PTL) face às perdas globais da envolvente da fração em estudo.

Os casos de estudo selecionados de edifícios unifamiliares foram agrupados em 3 classes:

- sem cave com apenas um piso térreo – 10 casos
- sem cave com dois a três pisos – 10 casos
- com cave com dois pisos elevados – 10 casos

Em todos os casos as caves são garagens ou arrumos sendo, portanto, espaços não úteis.

No caso dos edifícios multifamiliares, foram consideradas as seguintes classes:

- frações localizadas no rés-do-chão sobre garagem – 10 casos
- frações em rés-do-chão sobre terreno – 10 casos
- frações localizadas em pisos intermédios do edifício – 10 casos
- frações localizadas no último piso (cobertura) – 10 casos

Os casos de estudo foram identificados através da seguinte simbologia:

“tipo de classe”\_”localização”\_”nº de identificação do calculo”\_”nº da amostra”

exemplo: “U1-SC”\_”Loulé”\_”0034.0110”\_”1”

sendo os tipo de classe:

U1-SC - Moradia unifamiliar de piso térreo sem cave

U2-SC - Moradia unifamiliar de dois a três pisos sem cave

U2-CC - Moradia unifamiliar de dois pisos não enterrados e cave

A-RC-G – Apartamento de rés do chão sobre garagem

A-RC-SC – Apartamento de rés do chão

A-I – Apartamento em piso intermédio

A-C – Apartamento no último piso (cobertura)

O estudo deste parâmetro tem como objetivo principal encontrar um valor padrão para cada uma das classes no “peso” das perdas relativas a pontes térmicas lineares nas perdas totais da envolvente. A existência de um padrão permitiria que todo o cálculo detalhado das pontes térmicas lineares, como é exigido no RCCTE, fosse substituído pela aplicação de um “peso” às perdas da envolvente.

No Anexo II apresentam-se algumas arquiteturas referentes aos casos de estudo utilizados.

As seguintes tabelas ilustram os valores do cálculo de cada uma das classes. Optou-se por apresentar três casos de cada conjunto de dez sendo que a restante amostragem utilizada encontra-se no Anexo III:

Morada unifamiliar de piso térreo sem cave:

Tabela 4.1 – Amostragem - U1\_SC\_Loulé\_0034.0110\_1

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	264,11	Peso:	31%
Total PTL Envolvente Exterior	81,93		
Total Perdas Envolvente Interior	74,95	Peso:	4%
Total PTL Envolvente Interior	3,33		
Total Perdas Env Ext + Int	339,07	Peso:	25%
Total PTL Ext + Int	85,26		

Tabela 4.2 – Amostragem - U1\_SC\_Aljustrel\_0024.0110\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	169,96	Peso:	23%
Total PTL Envolvente Exterior	39,52		
Total Perdas Envolvente Interior	9,04	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	178,99	Peso:	22%
Total PTL Ext + Int	39,52		

Tabela 4.3 – Amostragem - U1\_SC\_Sousel\_0310.0310\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	215,62	Peso:	32%
Total PTL Envolvente Exterior	69,27		
Total Perdas Envolvente Interior	23,48	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	239,09	Peso:	29%
Total PTL Ext + Int	69,27		

Moradia unifamiliar de dois e três pisos sem cave:

Tabela 4.4 – Amostragem - U2\_SC\_Loulé\_0001.6958\_1

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	377,15	Peso:	45%
Total PTL Envolvente Exterior	171,54		
Total Perdas Envolvente Interior	51,52	Peso:	12%
Total PTL Envolvente Interior	6,08		
Total Perdas Env Ext + Int	428,67	Peso:	41%
Total PTL Ext + Int	177,63		

Tabela 4.5 – Amostragem - U2\_SC\_Lagos\_0854.0810

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	83,50	Peso:	30%
Total PTL Envolvente Exterior	25,05		
Total Perdas Envolvente Interior	16,62	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	100,12	Peso:	25%
Total PTL Ext + Int	25,05		

Tabela 4.6 – Amostragem - U2\_SC\_Loulé\_0452.0910

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	377,15	Peso:	45%
Total PTL Envolvente Exterior	171,54		
Total Perdas Envolvente Interior	51,52	Peso:	12%
Total PTL Envolvente Interior	6,08		
Total Perdas Env Ext + Int	428,67	Peso:	41%
Total PTL Ext + Int	177,63		

Morada unifamiliar de dois pisos não enterrados e cave:

Tabela 4.7 – Amostragem - U2\_CC\_Loulé\_0500.0510

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	507,69	Peso:	39%
Total PTL Envolvente Exterior	200,15		
Total Perdas Envolvente Interior	98,59	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	606,27	Peso:	33%
Total PTL Ext + Int	200,15		

Tabela 4.8 – Amostragem - U2\_CC\_Silves\_0559.0511

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	273,64	Peso:	43%
Total PTL Envolvente Exterior	118,34		
Total Perdas Envolvente Interior	124,36	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	398,00	Peso:	30%
Total PTL Ext + Int	118,34		

Tabela 4.9 – Amostragem - U2\_CC\_Lagos\_0333.0411

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	209,92	Peso:	41%
Total PTL Envolvente Exterior	85,45		
Total Perdas Envolvente Interior	138,81	Peso:	14%
Total PTL Envolvente Interior	18,96		
Total Perdas Env Ext + Int	348,73	Peso:	30%
Total PTL Ext + Int	104,40		

Apartamento de rés do chão sobre garagem:

Tabela 4.10 – Amostragem - A\_RC\_G\_Loulé\_460.05\_2009\_1

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	65,15	Peso:	49%
Total PTL Envolvente Exterior	31,82		
Total Perdas Envolvente Interior	55,12	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	120,27	Peso:	26%
Total PTL Ext + Int	31,82		

Tabela 4.11 – Amostragem - A\_RC\_G\_Loulé\_460.05\_2009\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	58,96	Peso:	49%
Total PTL Envolvente Exterior	28,79		
Total Perdas Envolvente Interior	44,11	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	103,06	Peso:	28%
Total PTL Ext + Int	28,79		

Tabela 4.12 – Amostragem - A\_RC\_G\_Loulé\_460.05\_2009\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	89,21	Peso:	49%
Total PTL Envolvente Exterior	43,99		
Total Perdas Envolvente Interior	51,24	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	140,45	Peso:	31%
Total PTL Ext + Int	43,99		

Apartamento de rés do chão:

Tabela 4.13 – Amostragem - A\_RC\_SC\_Évora\_773.09\_2009\_1

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	90,78	Peso:	24%
Total PTL Envolvente Exterior	22,14		
Total Perdas Envolvente Interior	3,81	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	94,59	Peso:	23%
Total PTL Ext + Int	22,14		

Tabela 4.14 – Amostragem - A\_RC\_SC\_Évora\_773.09\_2009\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	44,28	Peso:	31%
Total PTL Envolvente Exterior	13,58		
Total Perdas Envolvente Interior	16,57	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	60,85	Peso:	22%
Total PTL Ext + Int	13,58		

Tabela 4.15 – Amostragem - A\_RC\_SC\_Évora\_773.09\_2009\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	53,50	Peso:	44%
Total PTL Envolvente Exterior	23,51		
Total Perdas Envolvente Interior	36,75	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	90,25	Peso:	26%
Total PTL Ext + Int	23,51		

Apartamento em piso intermédio:

Tabela 4.16 – Amostragem - A\_I\_Loulé\_460.05\_2009\_1

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	58,06	Peso:	45%
Total PTL Envolvente Exterior	26,30		
Total Perdas Envolvente Interior	10,25	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	68,31	Peso:	39%
Total PTL Ext + Int	26,30		

Tabela 4.17 – Amostragem – A\_I\_Loulé\_493.05\_2009\_1\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	42,54	Peso:	43%
Total PTL Envolvente Exterior	18,46		
Total Perdas Envolvente Interior	7,02	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	49,56	Peso:	37%
Total PTL Ext + Int	18,46		

Tabela 4.18 – Amostragem – A\_I\_Evora\_773.09\_2009\_1\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	50,44	Peso:	41%
Total PTL Envolvente Exterior	20,89		
Total Perdas Envolvente Interior	3,99	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	54,43	Peso:	38%
Total PTL Ext + Int	20,89		

Apartamento no último piso (cobertura):

Tabela 4.19 – Amostragem – A\_C\_Loulé\_460.05\_2009\_1\_1

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	97,15	Peso:	34%
Total PTL Envolvente Exterior	32,90		
Total Perdas Envolvente Interior	7,87	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	105,02	Peso:	31%
Total PTL Ext + Int	32,90		

Tabela 4.20 – Amostragem – A\_C\_Loulé\_460.05\_2009\_2\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	91,19	Peso:	33%
Total PTL Envolvente Exterior	29,78		
Total Perdas Envolvente Interior	0,00	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	91,19	Peso:	33%
Total PTL Ext + Int	29,78		

Tabela 4.21 – Amostragem – A\_C\_Loulé\_493.05\_2009\_1\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	91,28	Peso:	30%
Total PTL Envolvente Exterior	27,77		
Total Perdas Envolvente Interior	0,00	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	91,28	Peso:	30%
Total PTL Ext + Int	27,77		

#### 4.1.1 Análise de resultados

Os ábacos e gráficos seguintes sintetizam os resultados obtidos para cada uma das classes analisadas.

##### Moradia unifamiliar de piso térreo sem cave:

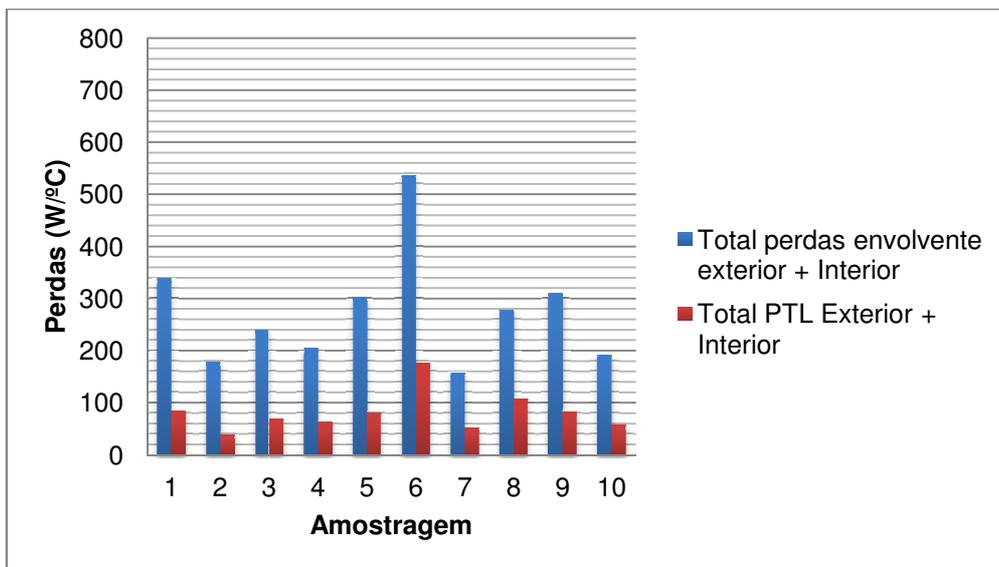


Figura 4.2 – Moradia unifamiliar de piso térreo sem cave - perdas da envolvente e perdas por PTL

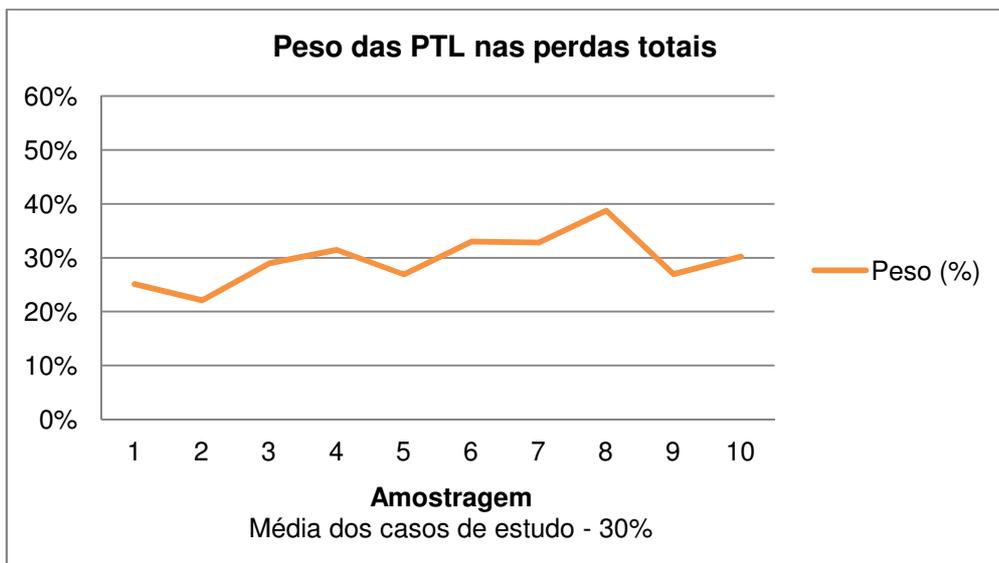


Figura 4.3 – Moradia unifamiliar de piso térreo sem cave - peso das PTL face às perdas totais

Moradia Unifamiliar s/ cave de 2 e 3 pisos:

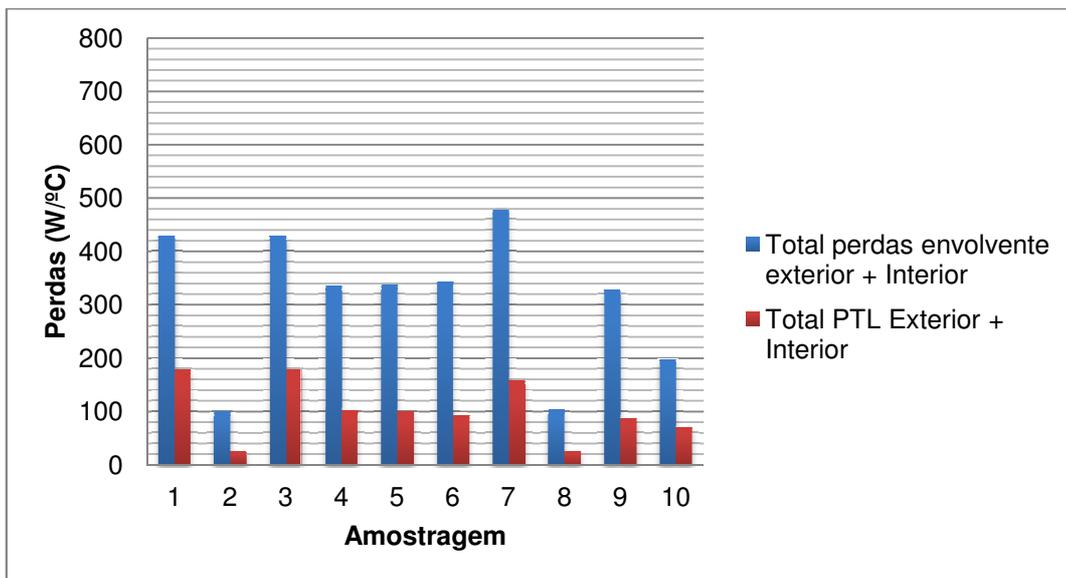


Figura 4.4 – Moradia unifamiliar s/ cave de 2 e 3 pisos - perdas da envolvente e perdas por PTL

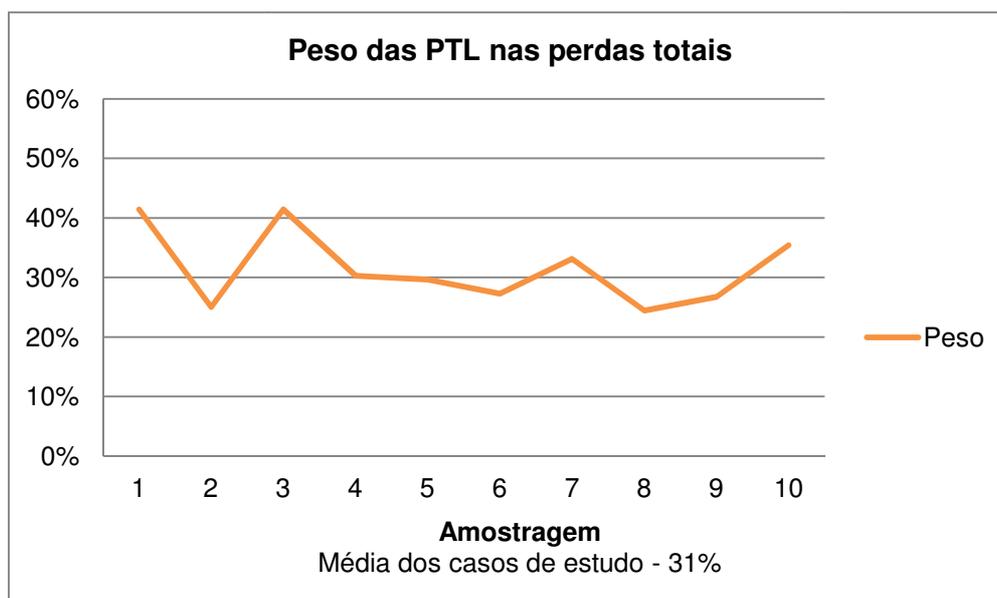


Figura 4.5 – Moradia unifamiliar s/ cave de 2 e 3 pisos - peso das PTL face às perdas totais

Moradia unifamiliar de dois pisos não enterrados e cave:

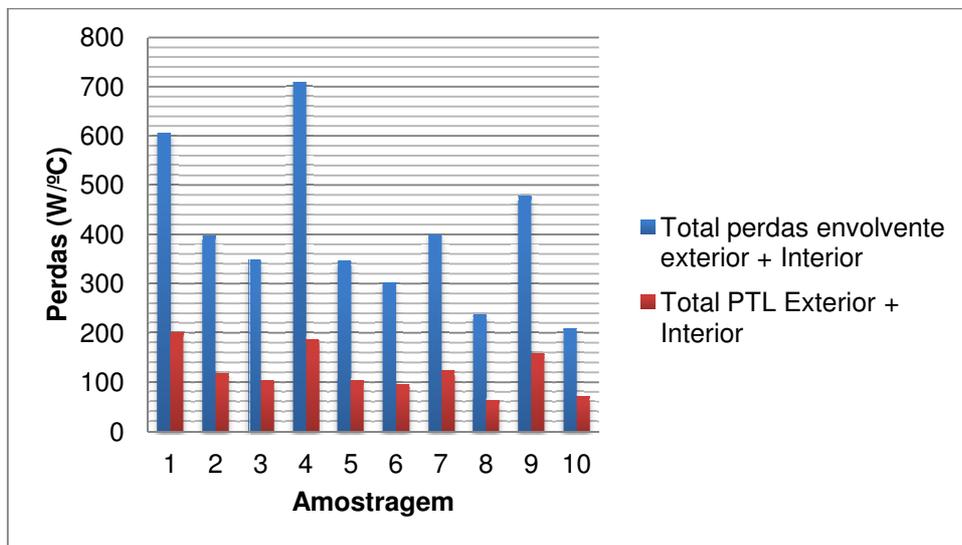


Figura 4.6 – Moradia unifamiliar de dois pisos não enterrados e cave - perdas da envolvente e perdas por PTL

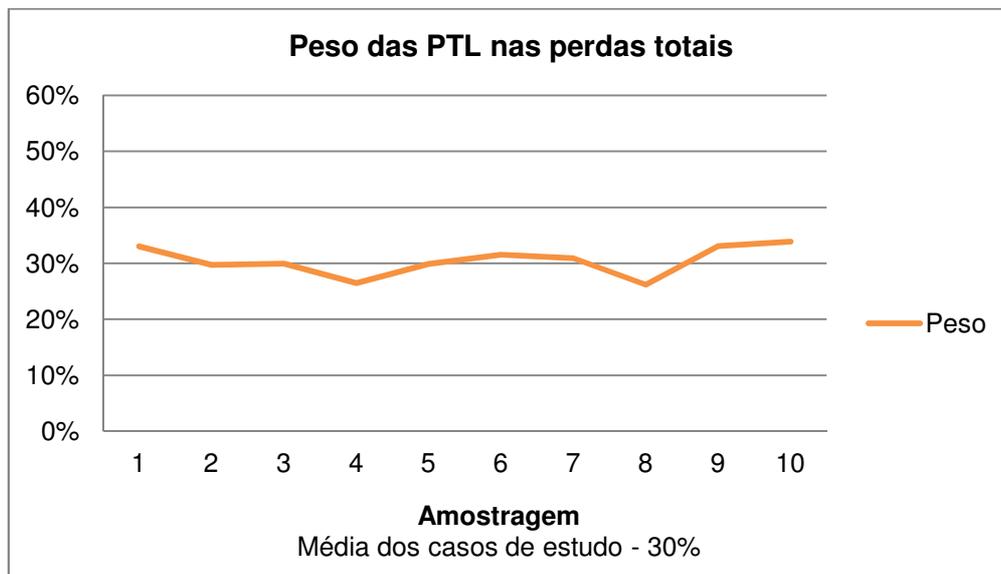


Figura 4.7 – Moradia unifamiliar de dois pisos não enterrados e cave - peso das PTL face às perdas totais

Apartamento de rés do chão sobre garagem:

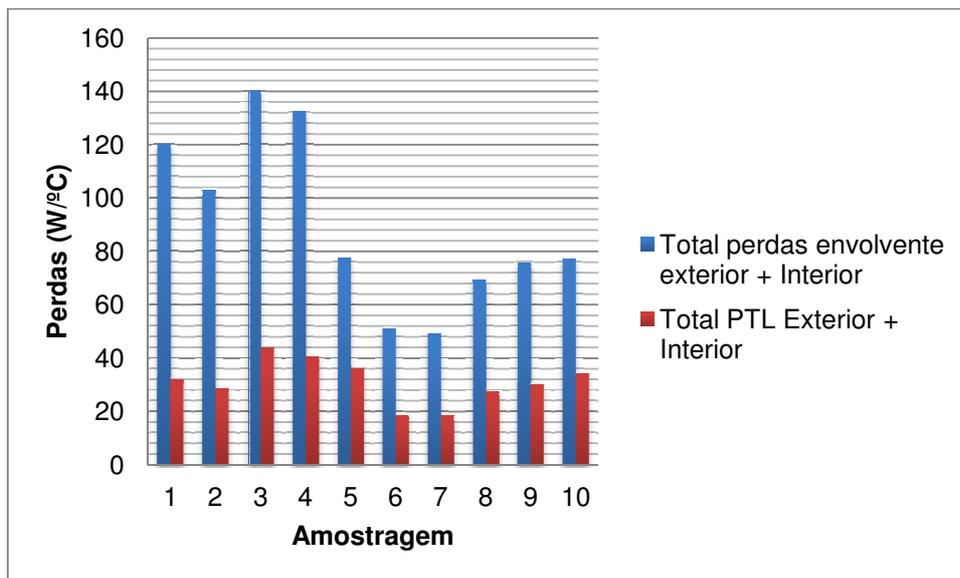


Figura 4.8 – Apartamento de rés do chão sobre garagem - perdas da envolvente e perdas por PTL

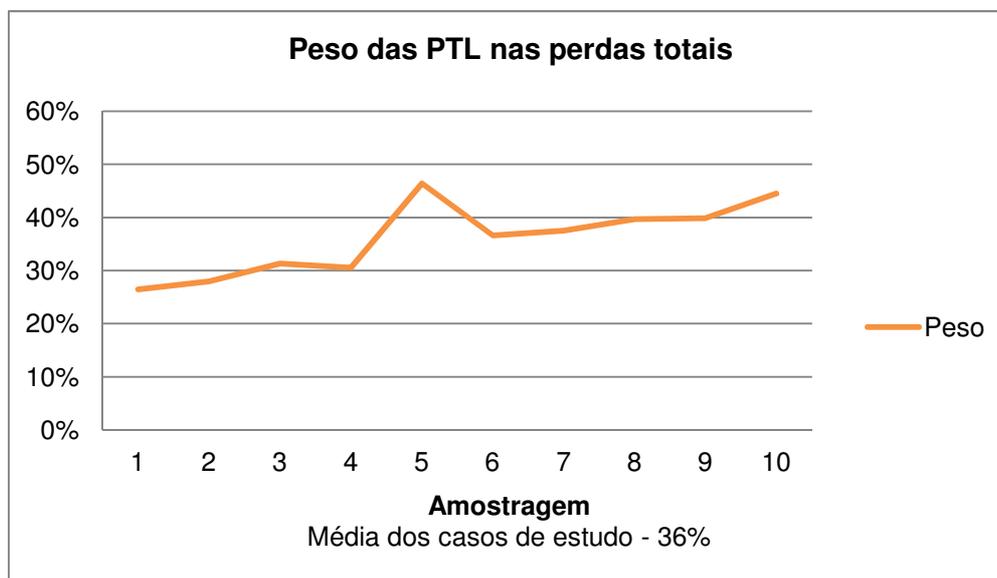


Figura 4.9 – Apartamento de rés do chão sobre garagem - peso das PTL face às perdas totais

Apartamento de rés do chão:

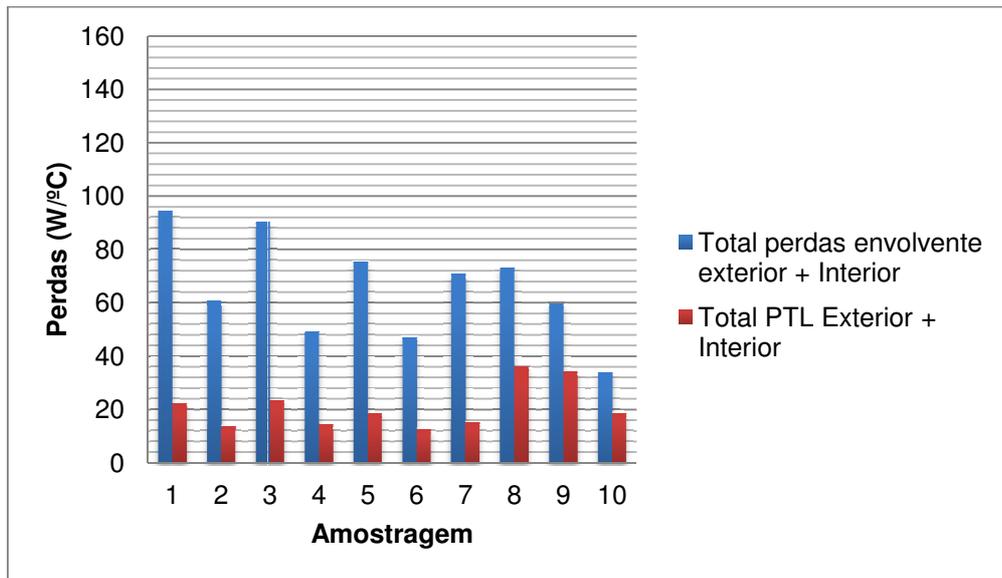


Figura 4.10 – Apartamento de rés do chão - perdas da envolvente e perdas por PTL

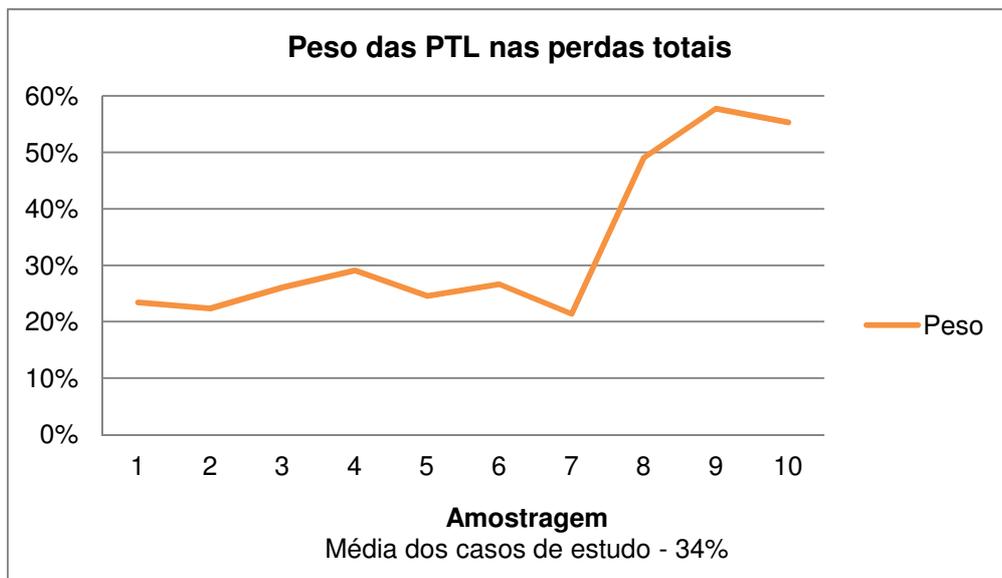


Figura 4.11 – Apartamento de rés do chão - peso das PTL face às perdas totais

Apartamento em piso intermédio:

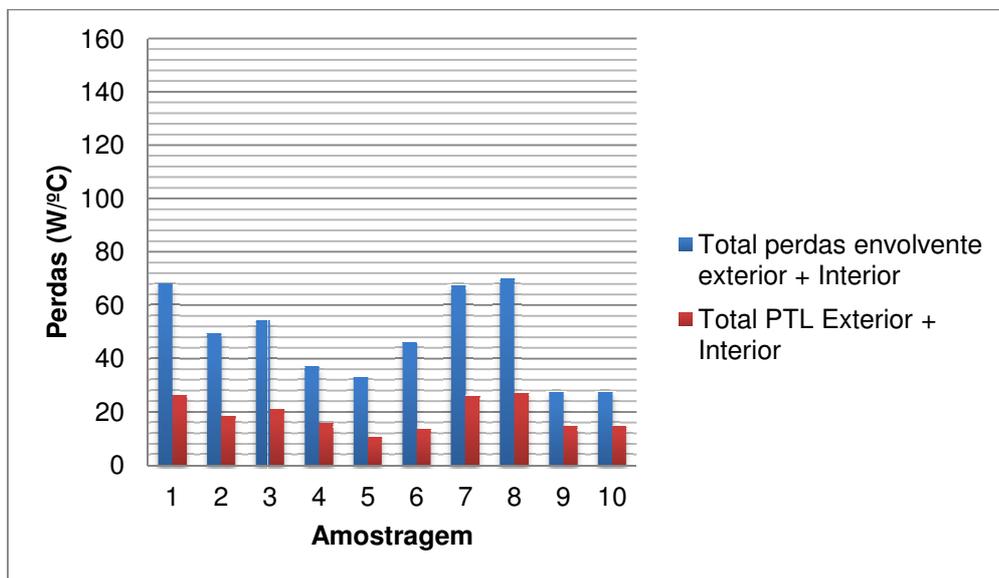


Figura 4.12 – Apartamento de piso intermédio - perdas da envoltente e perdas por PTL

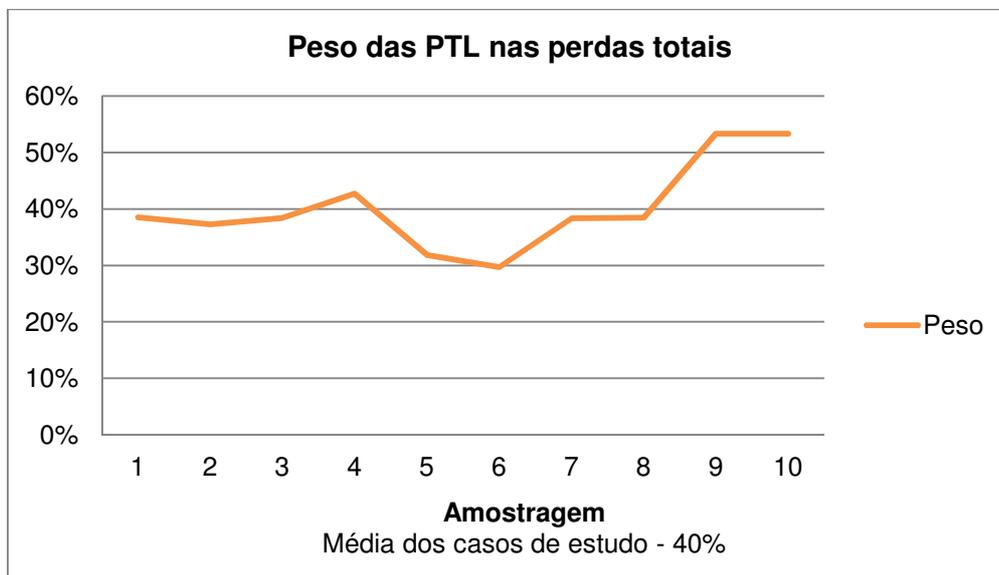


Figura 4.13 – Apartamento de piso intermédio - peso das PTL face às perdas totais

Apartamento em cobertura:

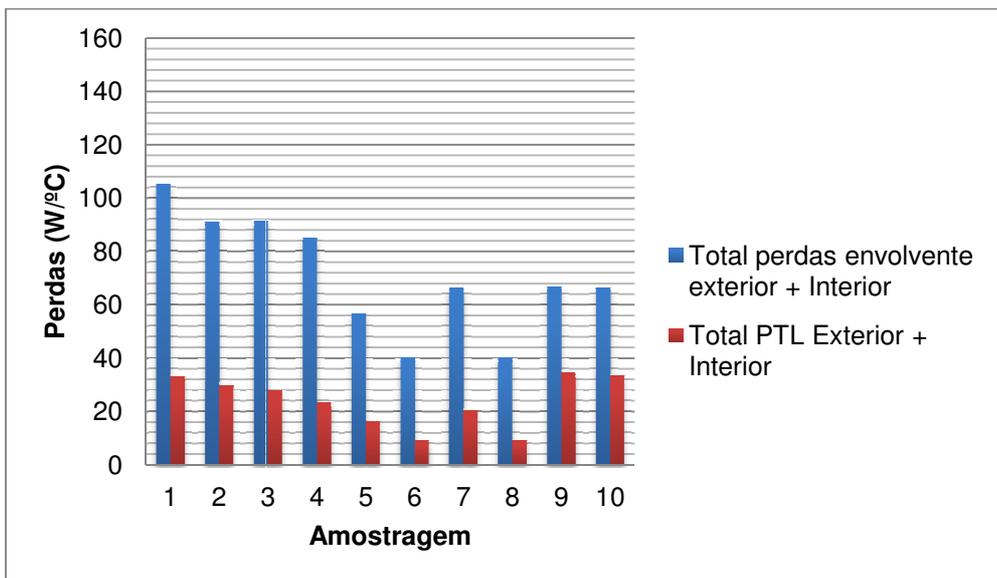


Figura 4.14 – Apartamento de cobertura - perdas da envolvente e perdas por PTL

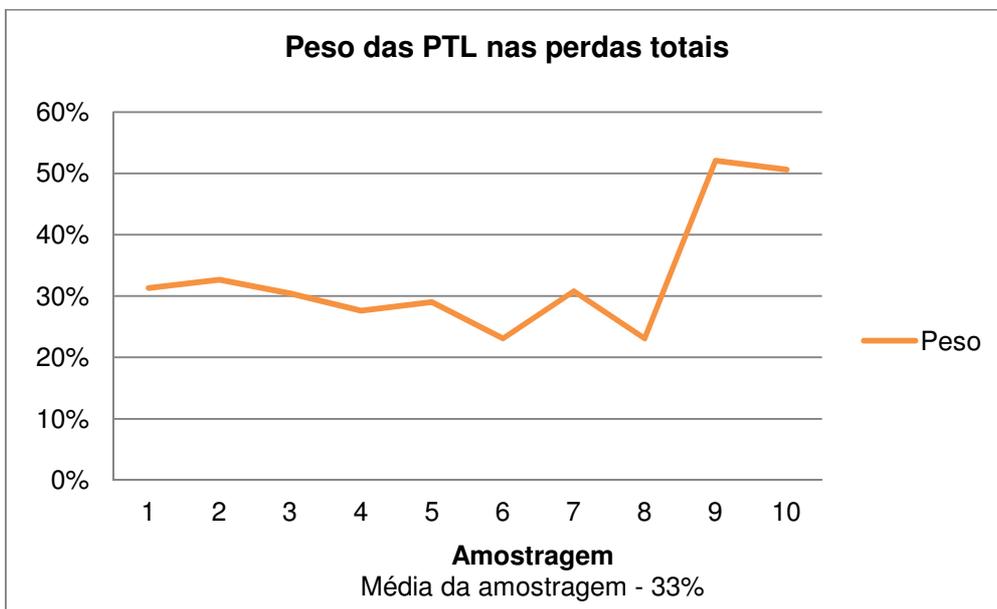


Figura 4.15 – Apartamento de cobertura - peso das PTL face às perdas totais

Tal como se observa nas figuras anteriores, o peso das PTL nas perdas totais da envolvente tem algumas oscilações mais extremas (ex: caso 8 figura 4.3, caso 1 e 3 figura 4.5 ou caso 8,9 e 10 figura 4.11), surgem devido ao facto das arquiteturas da nossa amostragem possuírem diferenças significativas na área da envolvente exterior e conseqüentemente nas perdas totais, alterando o peso das PTL nessa mesma envolvente. Com base na amostragem utilizada, dos dez casos de estudo para cada uma das sete classes consideradas, apresenta-se na tabela 4.22 o valor máximo, mínimo e médio por classe.

Tabela 4.22 – Percentagem das PTL totais relativamente às perdas da envolvente

% do peso das PTL Totais relativamente às perdas da Envolvente													
Amostragem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Máx	Mín	Média
A-RC-G	26%	28%	31%	31%	46%	37%	38%	40%	40%	44%	46%	26%	36%
A-RC-SC	23%	22%	26%	29%	25%	27%	21%	49%	58%	55%	58%	21%	34%
A-I	39%	37%	38%	43%	32%	30%	38%	38%	53%	53%	53%	30%	40%
A-C	31%	33%	30%	28%	29%	23%	31%	23%	52%	51%	52%	23%	33%
U1-SC	25%	22%	29%	31%	27%	33%	33%	39%	27%	30%	39%	22%	30%
U2-SC	41%	25%	41%	30%	30%	27%	33%	24%	27%	35%	41%	24%	31%
U2-CC	33%	30%	30%	26%	30%	32%	31%	26%	33%	34%	34%	26%	30%

Para todas as classes existe uma diferença de 10% entre o valor mais alto (40%) e mais baixo (30%) das suas médias. Nas moradias unifamiliares o peso das PTL nas perdas da envolvente é ligeiramente inferior às frações de edifícios multifamiliares, isto deve-se ao facto das perdas totais da envolvente terem mais expressão nas moradias unifamiliares do que nas frações de edifícios, pois as últimas apresentam sempre algumas partes da envolvente sem requisitos térmicos, sendo o caso mais extremo o das frações localizadas em pisos intermédios.

Verificou-se que substituindo os valores máximos e mínimos obtidos para o peso das PTL nos casos de estudo, não existe alteração da classe energética em nenhum dos casos, no entanto, pontualmente existem situações em que aplicando o valor máximo não verifica a exigência de aquecimento ( $N_{ic} \leq N_i$ ), devido a alguns cálculos da amostragem se apresentarem já muito próximo do seu valor limite ( $N_i$ ).

Com base nos resultados obtidos e tendo em conta que os valores obtidos para todas as classes da amostragem são bastante próximos, propõe-se uma percentagem de 35% para o peso das perdas térmicas lineares nas perdas totais da envolvente em todas as classes de amostragem analisadas. Este valor é na maioria dos casos conservativo, com a exceção do grupo de amostragem referente a frações de rés-do-chão sobre garagem de edifícios multifamiliares, onde difere -1% em relação ao valor médio, e às frações de pisos intermédios

onde difere -5% do valor médio obtido, não tendo estas diferenças significado na classificação energética dos edifícios para a amostragem analisada.

## 4.2 Inércia térmica

Para a análise da inércia térmica foram escolhidas dez moradias unifamiliares em zona climática I1V- Sul , sendo alteradas as suas localizações para as zona I1V2 - Sul e I1V3 - Sul.

Os concelhos escolhidos foram Oeiras e Cascais para I1V1, Lisboa para I1V2 e Mértola para I1V3.

As soluções construtivas de todos os elementos da amostra apresentam inércia térmica forte e são muito semelhantes, sendo constituídas essencialmente por: paredes em duplo pano de alvenaria com isolamento térmico colocado na caixa-de-ar; coberturas com isolamento térmico pelo exterior e paredes interiores em alvenaria estucada em ambas as faces.

Para passar a inércia térmica de forte para fraca, as soluções construtivas foram alteradas, tendo o isolamento térmico da envolvente exterior, passado para o interior e mantido a sua espessura. Existiram casos de estudo em que a medida anterior não foi suficiente para a obtenção de uma inércia térmica fraca, nestes, as paredes interiores foram consideradas como sendo em gesso cartonado estucado nas duas faces. Esta medida, há semelhança da anterior, não altera qualquer outro valor de cálculo com a exceção de reduzir a inércia térmica.

Os cálculos de comportamento térmico utilizados como amostragem para esta análise são identificados neste trabalho através da seguinte simbologia:

“zona climática”\_”nº de identificação do calculo”\_”nº da amostra”

exemplo: “I1-V1”\_”0345.0311”\_”1”

As tabelas seguintes resumem os valores do cálculo da amostragem utilizada para três casos de estudo, estando os restantes sete casos no Anexo IV.

### Zona Climática – I1-V1 Sul

Tabela 4.23 – Amostragem - I1-V1\_0345.0311\_1

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V1_0345.0311_1							
Inércia	FORTE	48,16	63,67	4,79	22,00	1,62	A
Térmica	FRACA	54,97		8,62		1,73	A

Diferença	6,81	3,83	0,10
%	14,14%	79,88%	6,44%

Tabela 4.24 – Amostragem – I1\_V1\_0344.0311\_2

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V1_0344.0311_2							
Inércia Térmica	FORTE	68,92	73,28	6,03	22,00	1,81	A
	FRACA	76,86		11,17		1,92	A(*)
	Diferença	7,94	5,14	0,11			
	%	11,52%	85,24%	6,08%			

(\*) – Classe energética obtida caso o cálculo se encontra-se regulamentar

Tabela 4.25 – Amostragem – I1\_V1\_0554.0511\_3

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V1_0554.0511_3							
Inércia Térmica	FORTE	56,22	63,36	4,36	22,00	3,13	B
	FRACA	62,58		8,94		3,36	B
	Diferença	6,36	4,58	0,23			
	%	10,17%	51,25%	6,81%			

### Zona Climática – I1-V2 Sul

Tabela 4.26 – Amostragem – I1\_V2\_0345.0311\_1

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V2_0345.0311_1							
Inércia Térmica	FORTE	50,20	61,75	12,78	32,00	1,72	A
	FRACA	55,74		14,32		1,79	A
	Diferença	5,54	1,54	0,07			
	%	11,04%	12,05%	4,07%			

Tabela 4.27 – Amostragem – I1\_V2\_0344.0311\_2

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V2_0344.0311_2							
Inércia Térmica	FORTE	71,29	71,05	17,00	32,00	1,94	A(*)
	FRACA	77,70		19,12		2,00	A(*)
	Diferença	6,41	2,12	0,06			
	%	8,99%	12,47%	3,09%			

(\*) – Classe energética obtida no caso de o cálculo se encontrar regulamentar

Tabela 4.28 – Amostragem – I1\_V2\_0554.0511\_3

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V2_0554.0511_3							
Inércia Térmica	FORTE	58,12	61,44	13,64	32,00	3,27	B
	FRACA	63,25		15,76		3,44	B(*)
	Diferença	5,13		2,12		0,17	
	%	8,11%		13,45%		4,94%	

(\*) – Classe energética obtida no caso de o cálculo se encontrar regulamentar

### Zona Climática – I1-V3 Sul

Tabela 4.29 – Amostragem – I1\_V3\_0345.0311\_1

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V3_0345.0311_1							
Inércia Térmica	FORTE	50,28	63,67	13,07	32,00	1,72	A
	FRACA	56,47		14,59		1,80	A
	Diferença	6,19		1,52		0,08	
	%	12,31%		11,66%		4,65%	

Tabela 4.30 – Amostragem - I1\_V3\_0344.0311\_2

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V3_0344.0311_2							
Inércia Térmica	FORTE	71,64	73,28	17,31	32,00	1,94	A
	FRACA	78,82		19,40		2,01	A(*)
	Diferença	7,18		2,09		0,07	
	%	10,02%		12,07%		3,61%	

(\*) – Classe energética obtida no caso de o cálculo se encontrar regulamentar

Tabela 4.31 – Amostragem – I1\_V3\_0554.0511\_3

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V3_0554.0511_3							
Inércia Térmica	FORTE	58,42	63,36	13,87	32,00	3,29	B
	FRACA	64,17		15,98		3,47	B(*)
	Diferença	5,75		2,10		0,18	
	%	8,96%		13,17%		5,19%	

(\*) – Classe energética obtida no caso de o cálculo se encontrar regulamentar

#### 4.2.1 Análise de resultados

As tabelas 4.32, 4.33, 4.34 e figuras 4.16, 4.17, 4.18 apresentam uma comparação dos resultados obtidos em inércia térmica fraca, face aos resultados de inércia térmica forte.

Tabela 4.32 – Diferenças dos valores de cálculo devidas à alteração da inércia térmica de forte para fraca – Zona climática I1-V1Sul

Amostragem Zona I1-V1	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nic ≤ Ni	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc ≤ Nv	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
1	14,14%	sim	79,88%	sim	6,44%	Mantém
2	11,52%	não	85,24%	sim	6,08%	Mantém
3	10,17%	sim	51,25%	sim	6,81%	Mantém
4	12,97%	não	48,29%	sim	6,47%	Mantém
5	17,36%	sim	57,23%	sim	13,11%	Mantém
6	16,05%	não	45,26%	sim	12,51%	Mantém
7	12,77%	não	35,97%	sim	10,08%	Mantém
8	15,35%	não	57,48%	sim	13,04%	Mantém
9	16,69%	não	48,63%	sim	11,88%	Altera
10	11,52%	sim	51,72%	sim	7,28%	Mantém

Tabela 4.33 – Diferenças dos valores de cálculo devidas à alteração da inércia térmica de forte para fraca – Zona climática I1-V2Sul

Amostragem Zona I1-V2	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nic ≤ Ni	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc ≤ Nv	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
1	11,04%	sim	12,05%	Sim	4,07%	Mantém
2	8,99%	não	12,47%	Sim	3,09%	Mantém
3	8,11%	não	13,45%	Sim	4,94%	Mantém
4	10,14%	não	6,67%	Sim	3,49%	Mantém
5	13,59%	não	8,06%	Sim	5,44%	Mantém
6	12,60%	não	6,21%	Sim	6,31%	Mantém
7	9,95%	não	4,87%	Sim	5,19%	Mantém
8	12,01%	não	8,25%	Sim	6,54%	Mantém
9	13,05%	não	6,76%	Sim	5,98%	Mantém
10	9,01%	sim	3,55%	Sim	3,55%	Mantém

Tabela 4.34 – Diferenças dos valores de cálculo devidas à alteração da inércia térmica de forte para fraca – Zona climática I1-V3Sul

Amostragem Zona I1-V3	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nic ≤ Ni	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc ≤ Nv	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
1	12,31%	sim	11,66%	Sim	4,65%	Mantém
2	10,02%	não	12,07%	Sim	3,61%	Mantém
3	8,96%	não	13,17%	Sim	5,19%	Mantém
4	11,28%	não	6,59%	Sim	3,49%	Mantém
5	14,82%	não	7,88%	Sim	7,55%	Mantém
6	13,97%	não	6,12%	Sim	6,31%	Mantém
7	11,11%	não	4,82%	Sim	5,15%	Mantém
8	13,37%	não	7,91%	Sim	7,48%	Altera
9	14,36%	não	6,61%	Sim	6,84%	Mantém
10	10,02%	sim	7,07%	Sim	3,55%	Mantém

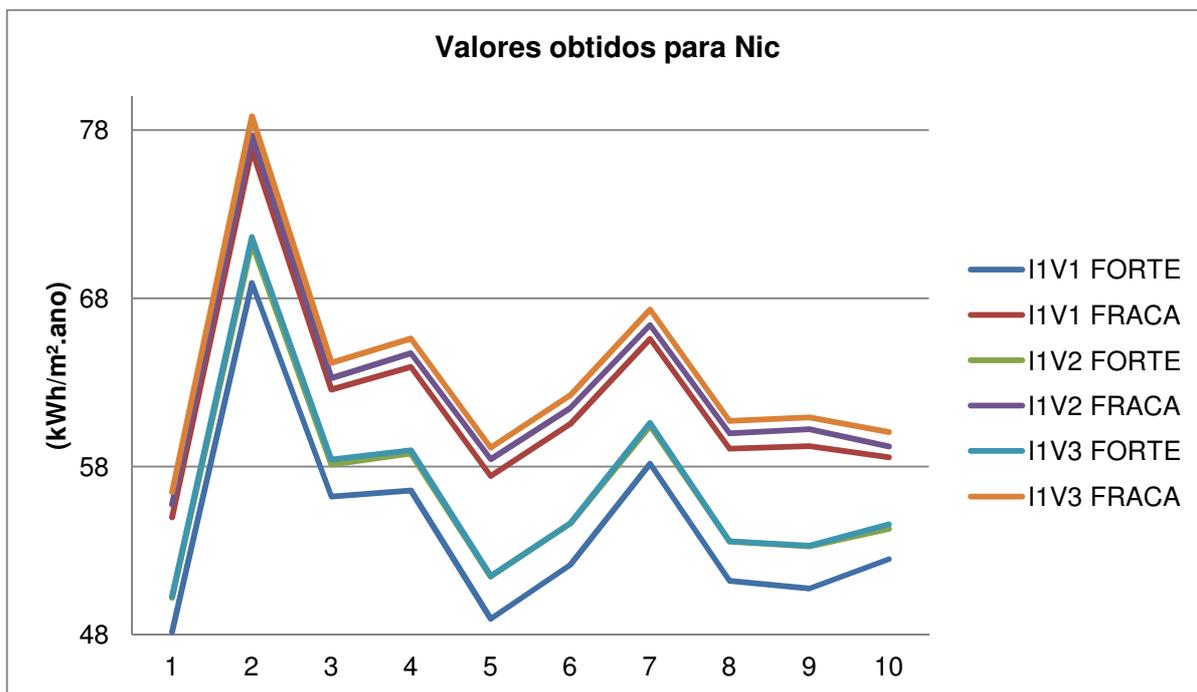


Figura 4.16 - Comparação entre valores obtidos para Nic

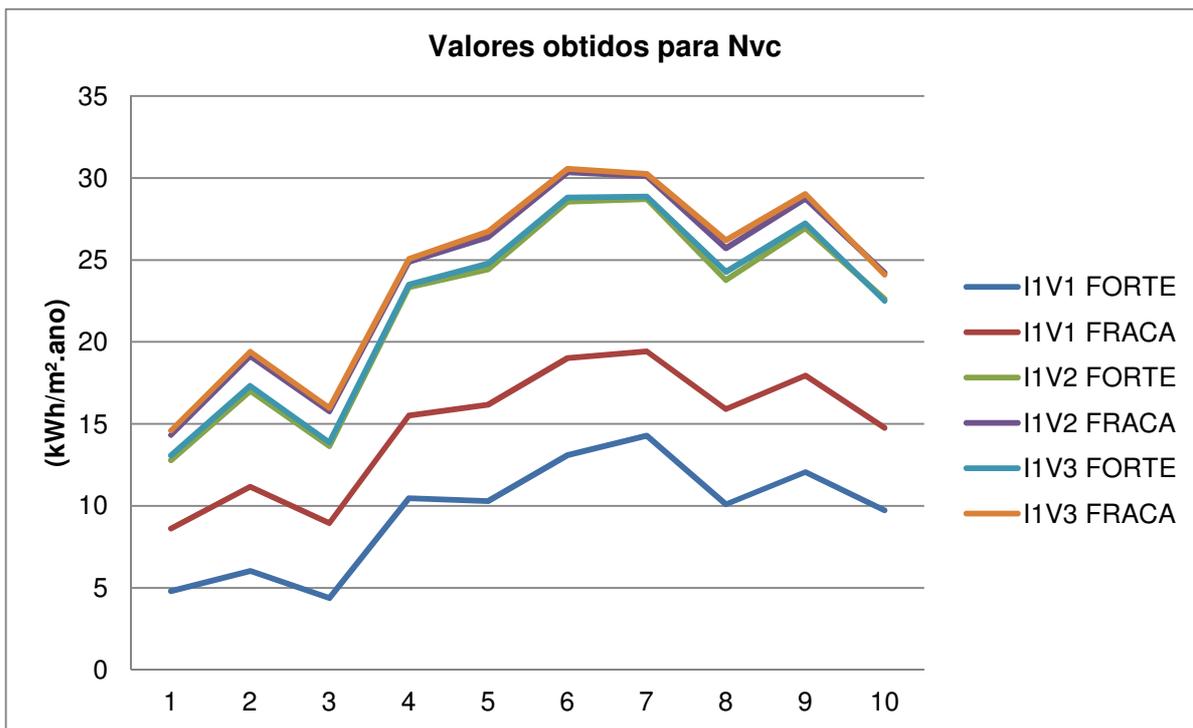


Figura 4.18 - Comparação entre valores obtidos para Nvc

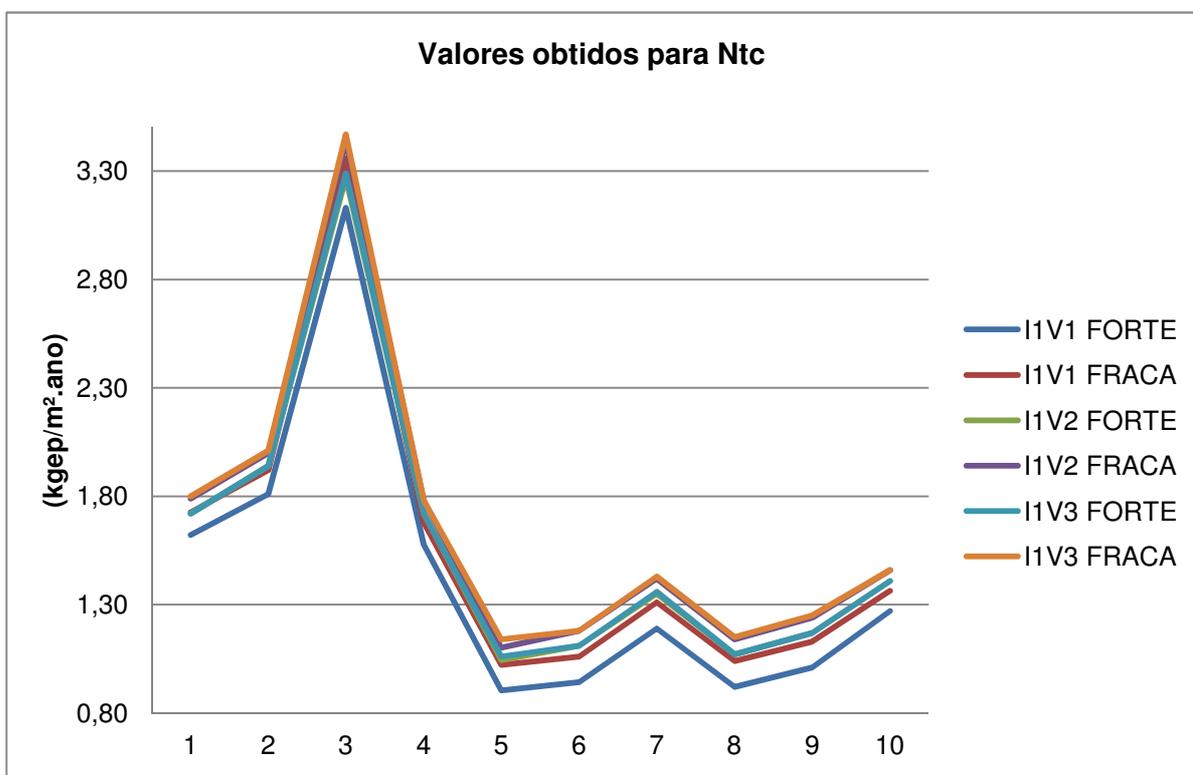


Figura 4.17 - Comparação entre valores obtidos para Nvc

Com base nas tabelas e gráficos apresentados, analisando a amostragem referente à zona climática I1-V1, verifica-se a alteração da inércia térmica é mais significativa nos resultados de Nic, Nvc e Ntc que para as restantes zonas climáticas apresentadas.

Estas alterações traduzem-se num agravamento destes valores, ficando estes muito próximo dos valores limite, onde em seis casos de inverno, estes são ultrapassados.

Existindo na amostragem I1-V1, apenas uma alteração da classe energética – caso 9, pode-se afirmar que a alteração da inércia térmica não afeta consideravelmente a classificação energética, sendo no entanto, bastante relevante quanto aos valores de Nic e Nvc.

Ao alterar a localização dos casos de estudo para a zona climática I1-V2, verifica-se que os valores de cálculo Nic, Nvc e Ntc são agravados face à zona climática I1-V1, apesar da alteração da inércia térmica nesta zona não ser tão significativa, o que origina que na amostragem com inércia térmica fraca existam oito casos que não cumprem os valores limites admissíveis de inverno, não existindo alteração da classe energética.

Em zona climática I1-V3, os resultados de Nic e Nvc são agravados em relação a I1-V1 e I1-V2, no entanto, existe apenas a alteração da classe energética em um dos casos de estudo analisados,

Podemos desta forma concluir, que a inércia térmica tem um papel pouco relevante na classificação energética de edifícios, no entanto, uma inércia térmica fraca prejudica o comportamento térmico das frações quer de Inverno quer de Verão, podendo originar situações de incumprimento na estação de aquecimento.

### **4.3 Coeficiente de transmissão térmica**

Ao longo das últimas décadas a arquitetura no Algarvia tende a se dividir em dois grupos, que aqui se designa por arquitetura com Percentagem Normal de Envidraçados (PNE) e arquitetura com Percentagem Elevada de Envidraçados (PEE).

Neste estudo foram consideradas como PNE todas as arquiteturas que possuem área de envidraçados inferior a 25% da área útil de pavimento e como PEE todas aquelas que possuem mais de 25% de área de envidraçados face à área útil de pavimento.

A arquitetura com PNE é a mais “tradicional” e caracteriza-se por apresentar telhados de várias águas em telha de canudo, pela utilização de guardas trabalhadas, abundância na utilização de pedras calcárias, granitos e madeiras, pilares em forma de coluna e vãos envidraçados de pequena expressão protegidos por portadas ou estores exteriores, como podemos observar na figura 4.19.



Figura 4.19 - Exemplo de *arquitetura com PNE*

A *arquitetura com PEE* de cariz um pouco mais contemporâneo caracteriza-se por possuir formas geométricas e linhas direitas, com a utilização de estruturas mistas de betão armado e metálicas de forma a vencer grandes vãos e a presença de vãos envidraçados de grande dimensão sem proteções exteriores como podemos observar na figura 4.20.



Figura 4.20 - Exemplo de *arquitetura com PEE*

Para a análise e comparação das diferenças do coeficiente de transmissão térmica médio da envolvente de edifícios do *estilo arquitetónico com PNE* e *com PEE* foi utilizada uma amostragem de dez edifícios dentro de cada estilo.

Os cálculos de comportamento térmico utilizados como amostragem foram identificados através da seguinte simbologia:

*“estilo arquitetónico”\_”nº de identificação do cálculo”\_”nº da amostra”*

exemplo: *“PNE”\_”0208.0210”\_”1”* | *“PEE”\_”0555.0111”\_”6”*

Para melhor exemplificar a amostragem utilizada nesta análise, apresentam-se nas figuras seguintes exemplos de peças de arquitetura da amostragem utilizada, estando toda a amostragem presente no Anexo V.

Exemplos da amostragem relativa a arquitetura com PNE:

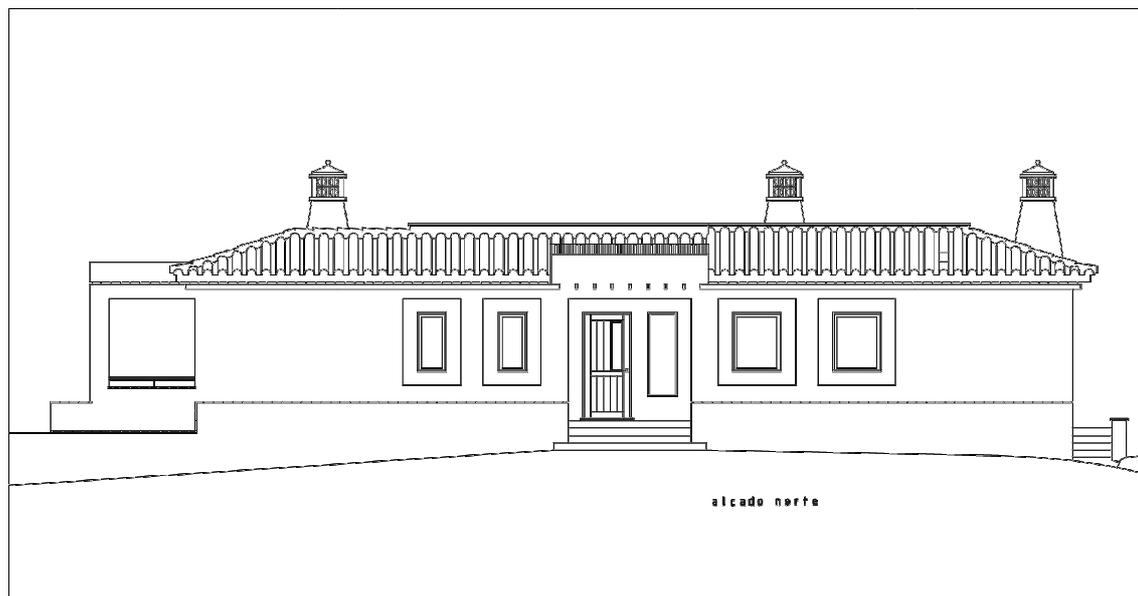


Figura 4.21 – Alçado principal – PNE\_0208.0210\_1

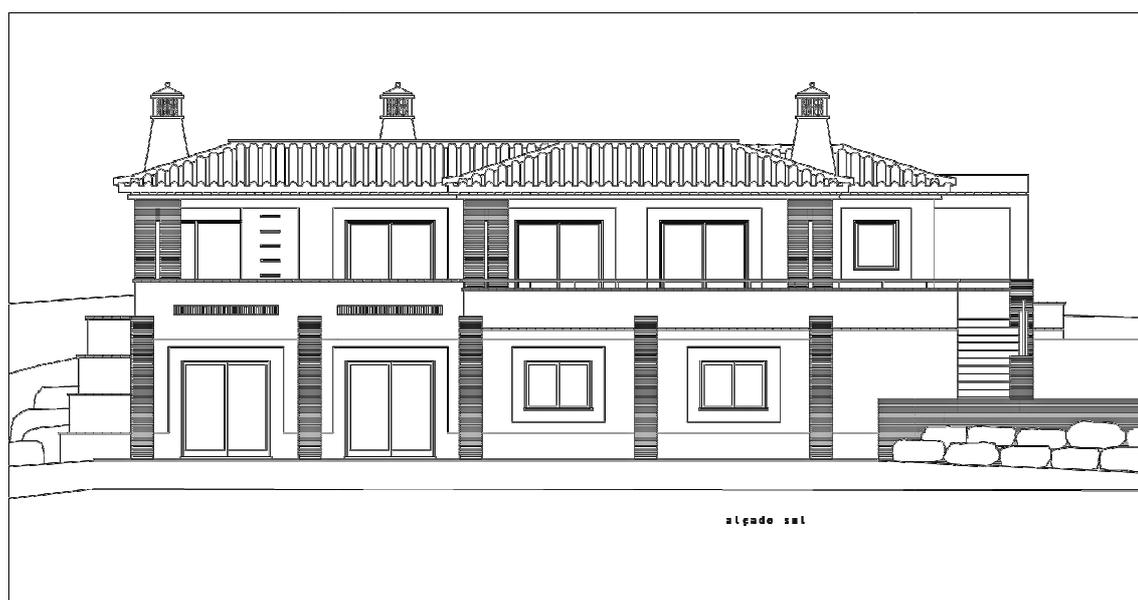


Figura 4.22 – Alçado posterior – PNE\_0208.0210\_1

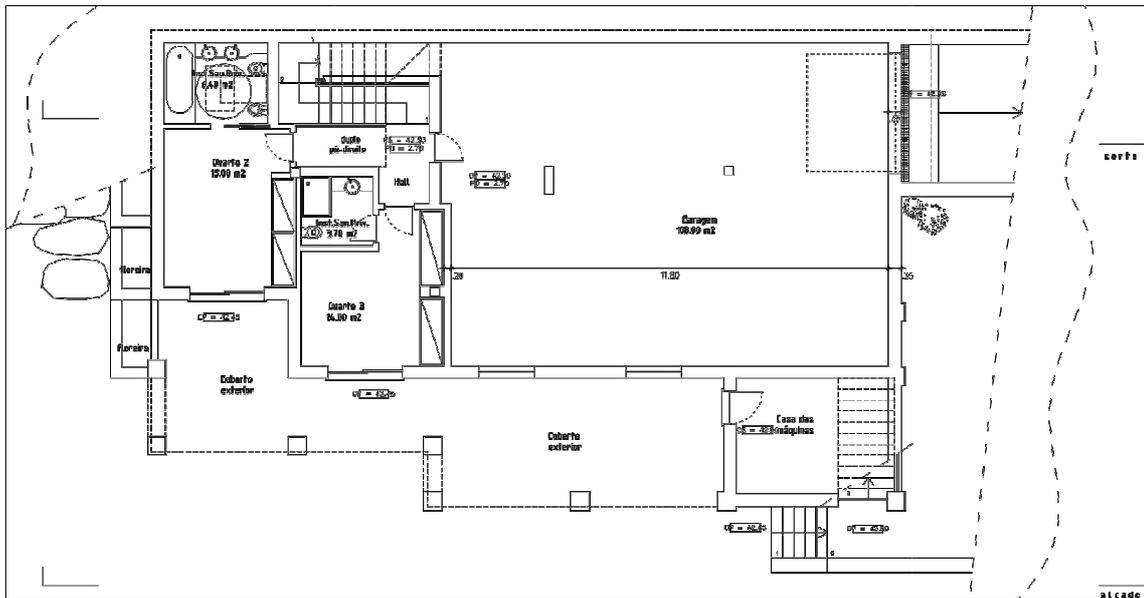


Figura 4.23 – Planta rés do chão – PNE\_0208.0210\_1

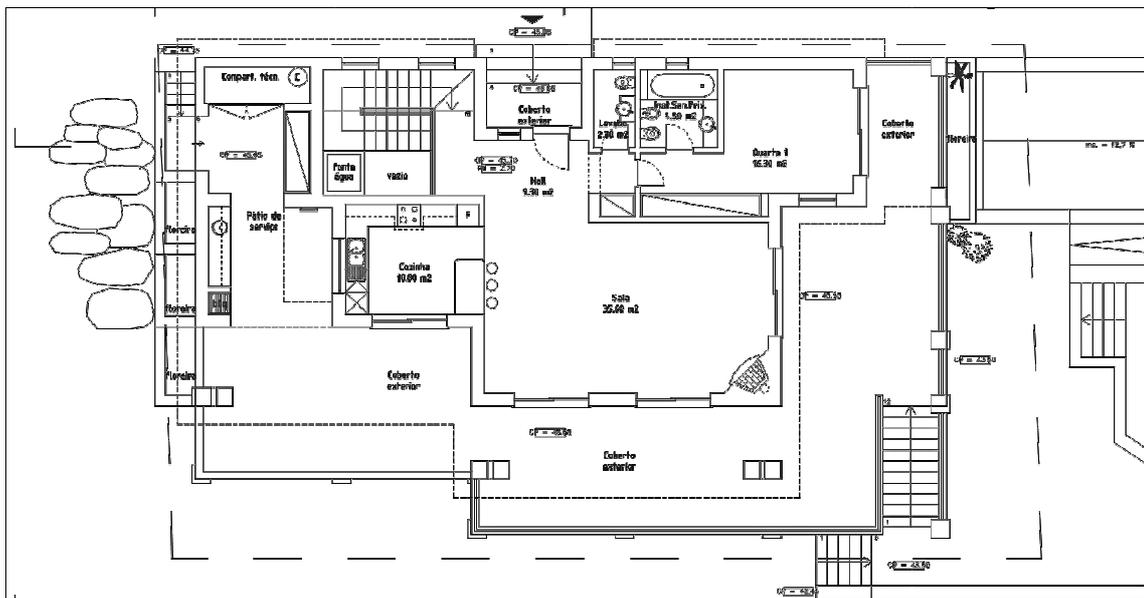


Figura 4.24 – Planta do 1º andar – PNE\_0208.0210\_1



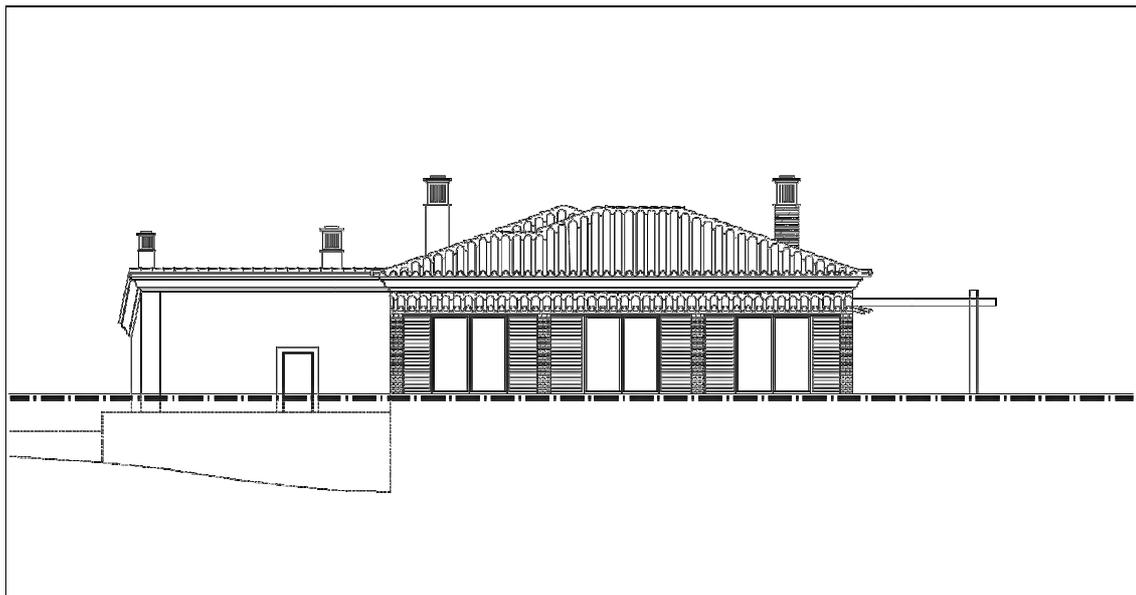


Figura 4.27 – Alçado posterior – PNE\_0043.0111\_12

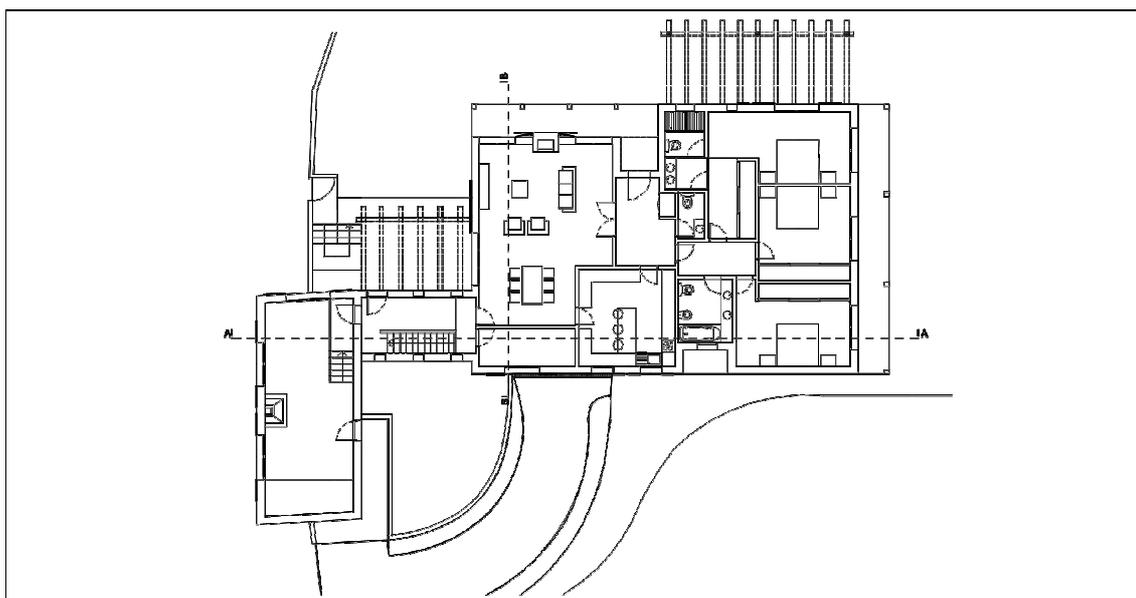


Figura 4.28 – Planta do rés do chão – PNE\_0043.0111\_12

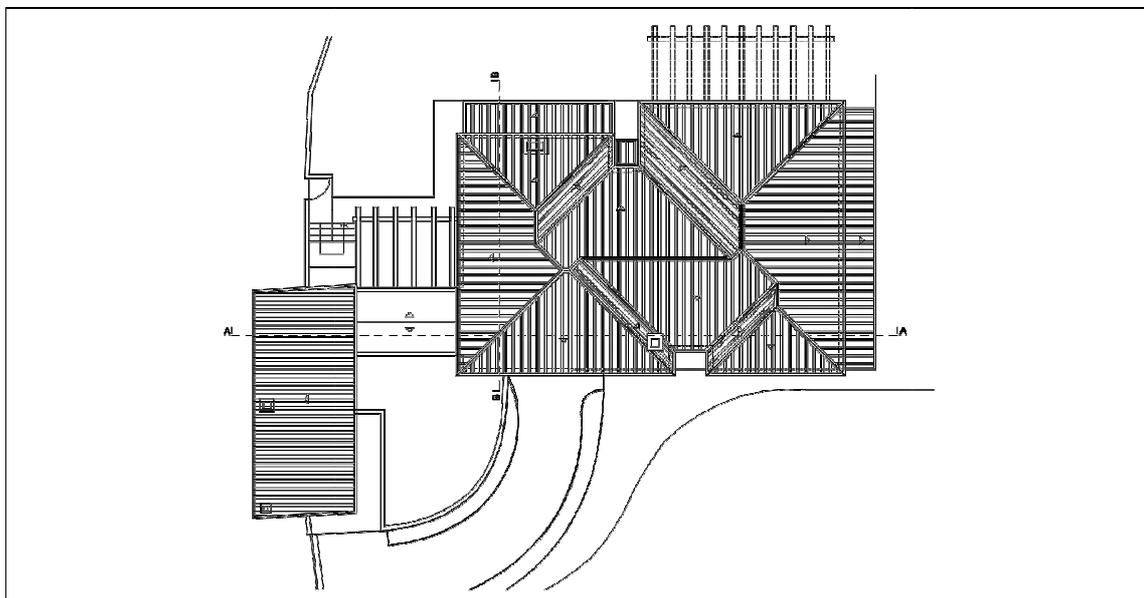


Figura 4.29 – Planta da cobertura – PNE\_0043.0111\_12

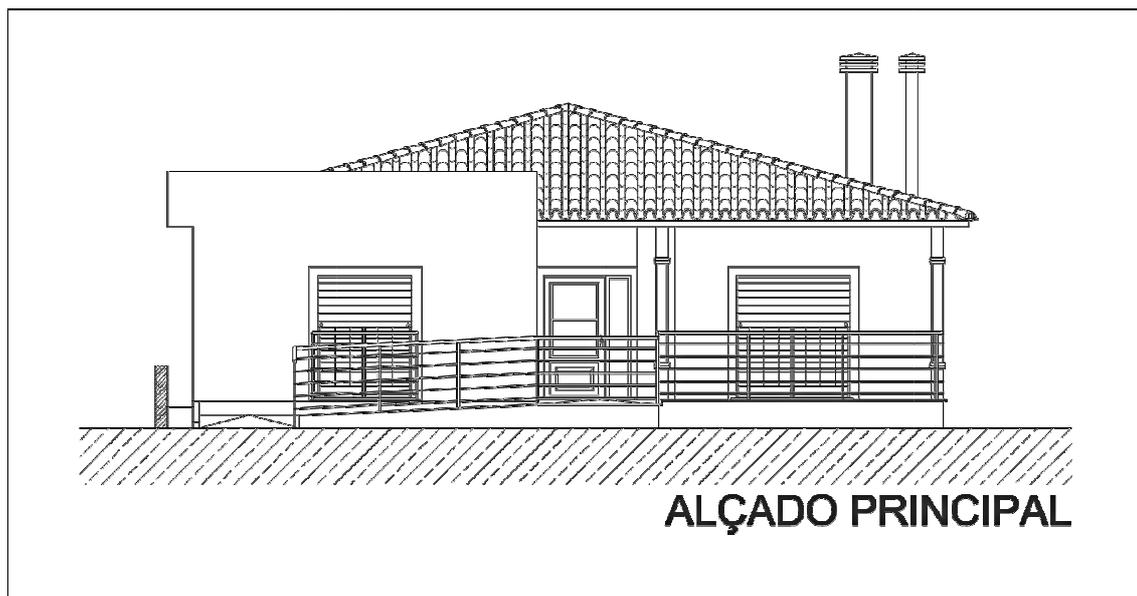


Figura 4.30 – Alçado principal – PNE\_0065.0111\_3

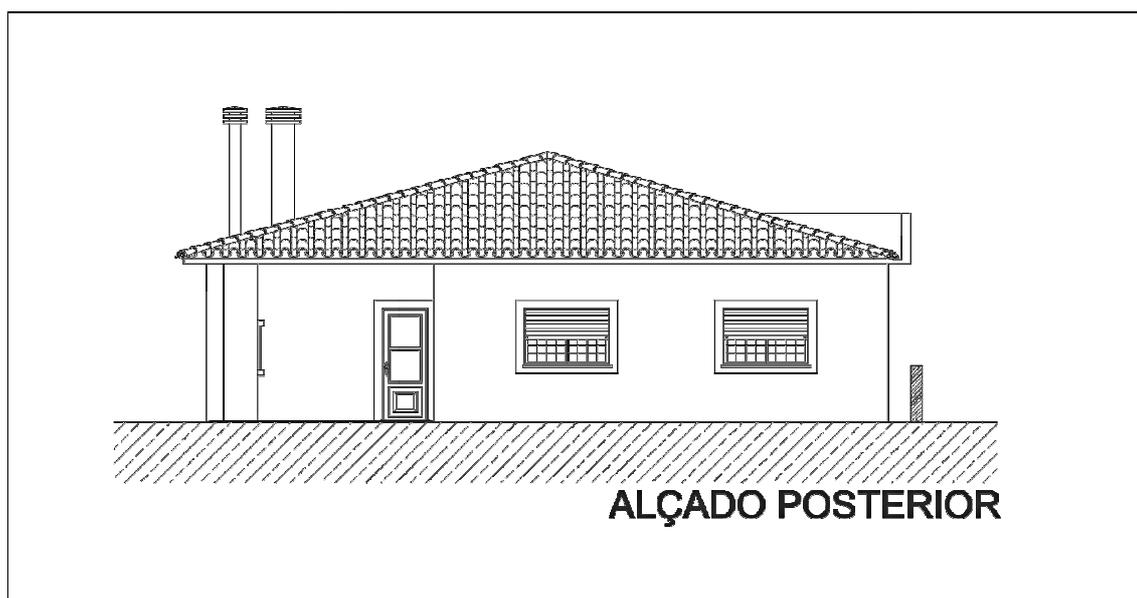


Figura 4.31 – Alçado posterior – PNE\_0065.0111\_3

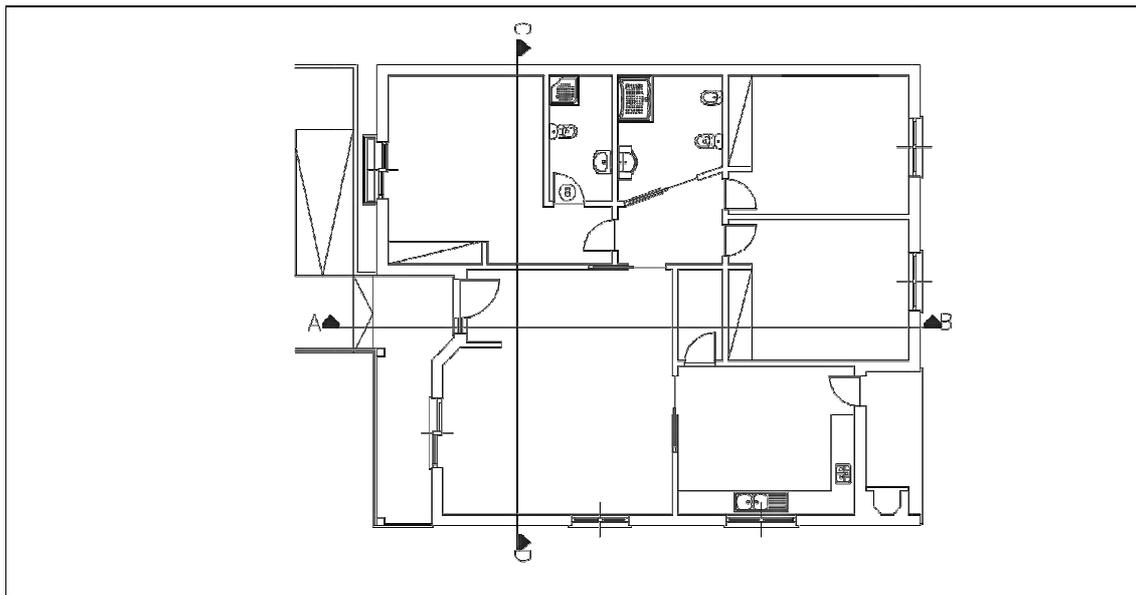


Figura 4.32 – Planta do rés do chão – PNE\_0065.0111\_3

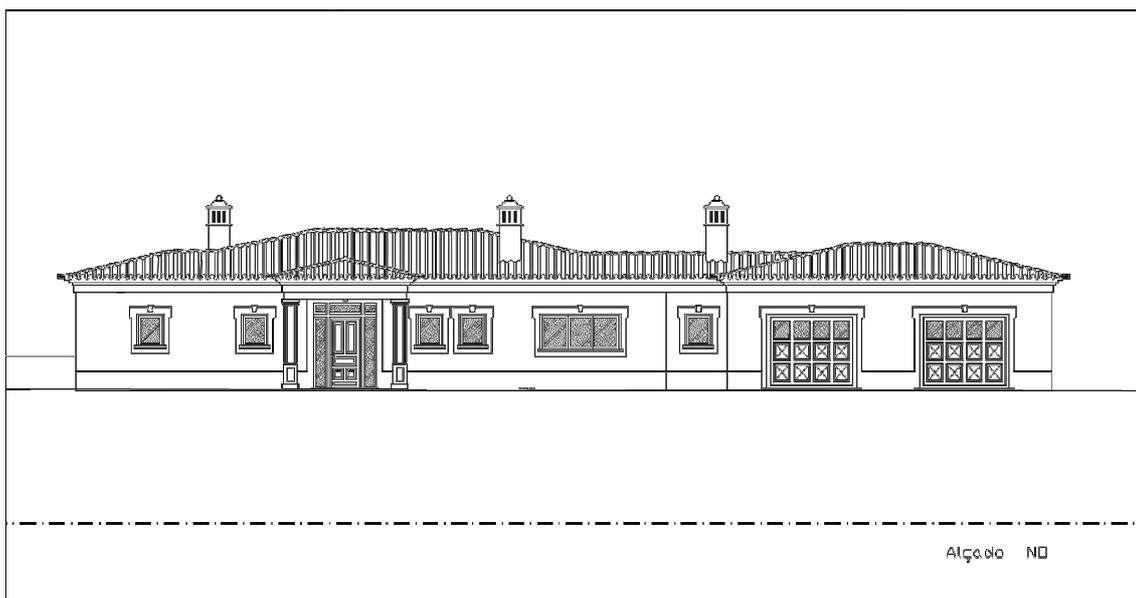


Figura 4.33 – Alçada principal – PNE\_0149.0211\_5



Figura 4.34 – Alçado posterior – PNE\_0149.0211\_5

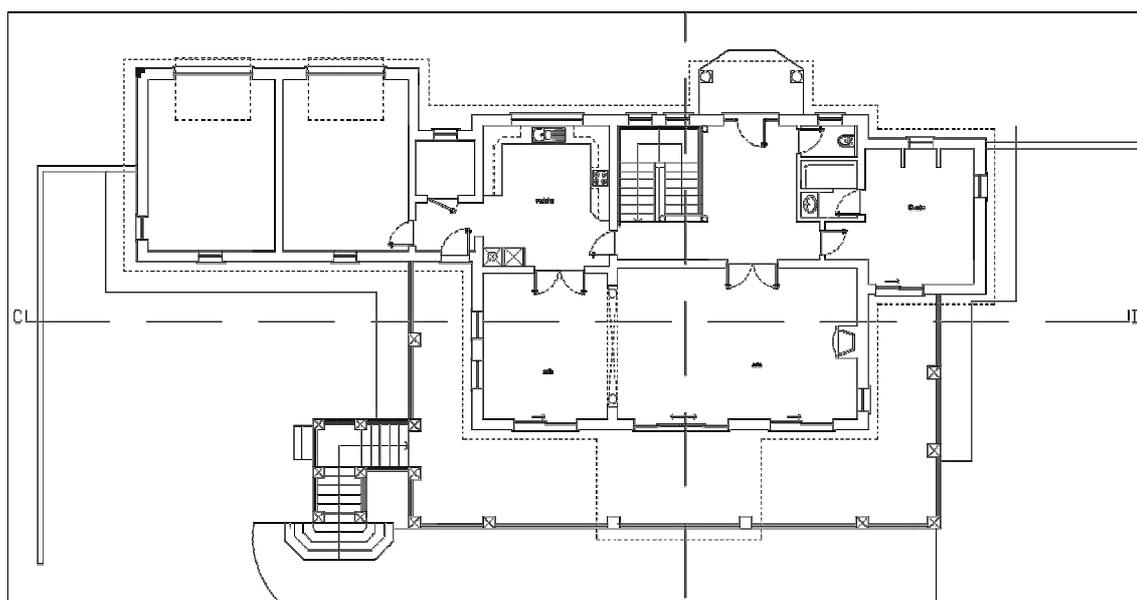


Figura 4.35 – Planta do rés do chão – PNE\_0149.0211\_5

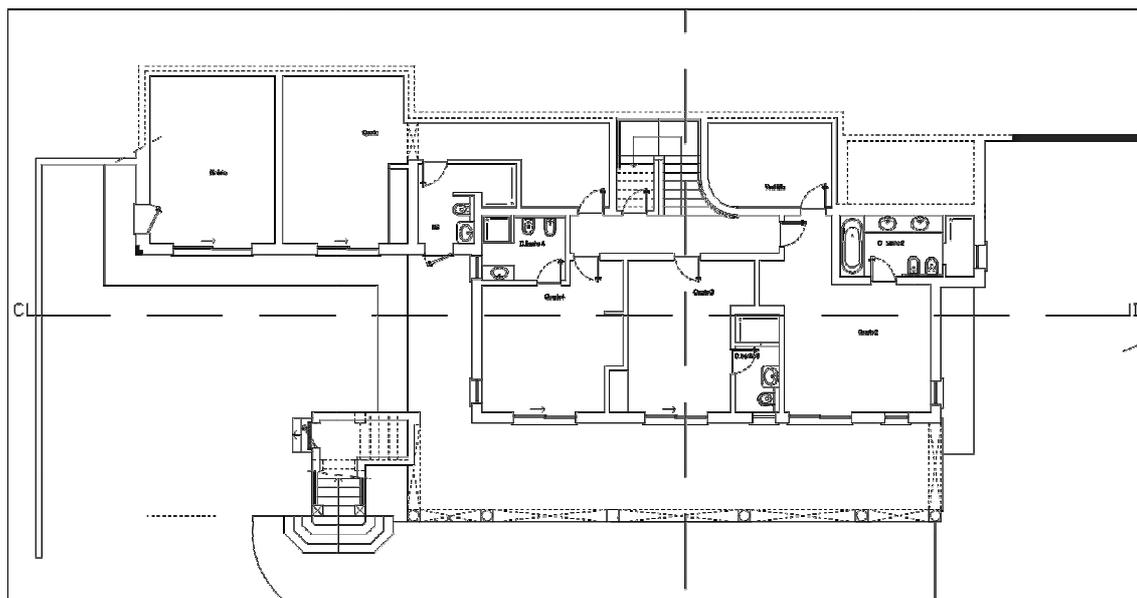


Figura 4.36 – Planta do 1º andar – PNE\_0149.0211\_5

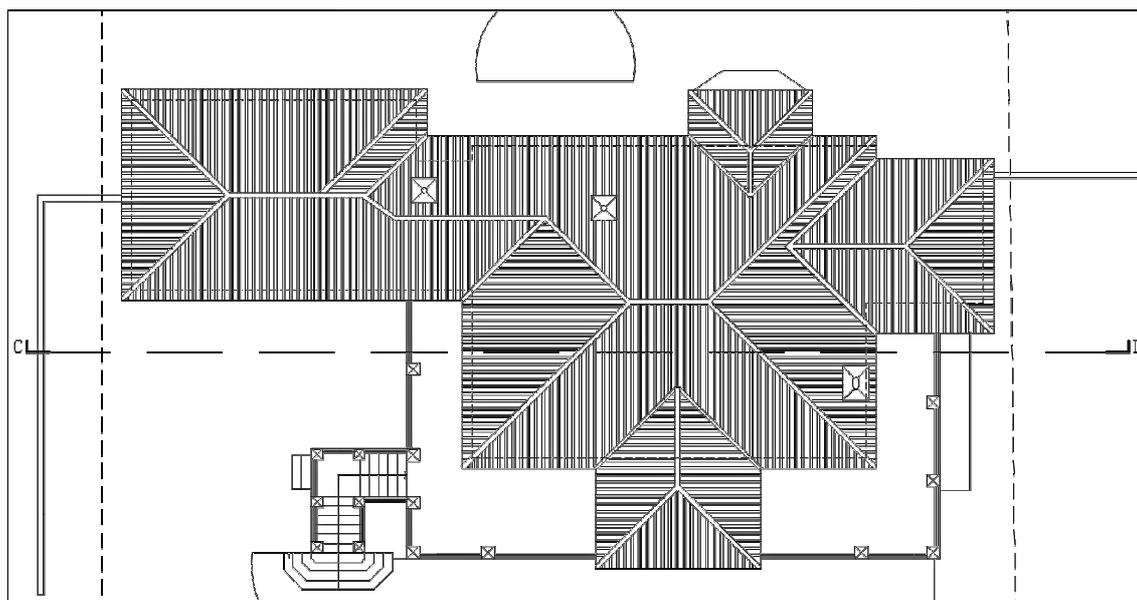


Figura 4.37 – Planta da cobertura – PNE\_0149.0211\_5

Exemplos da amostragem de arquitetura com PEE:

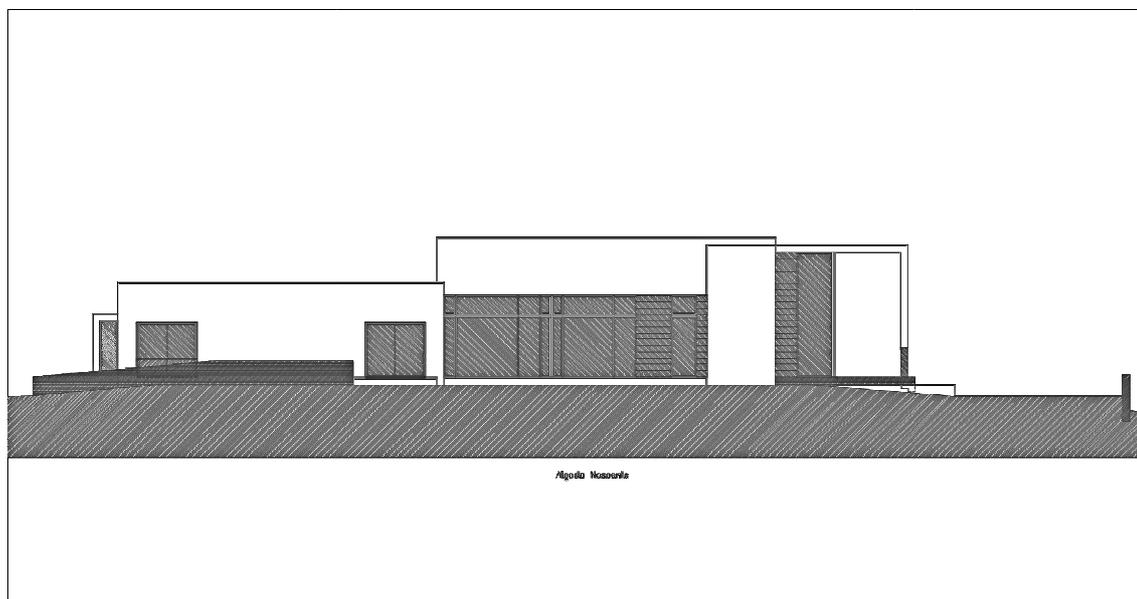


Figura 4.38 – Alçado principal – PEE\_0051.0111\_7

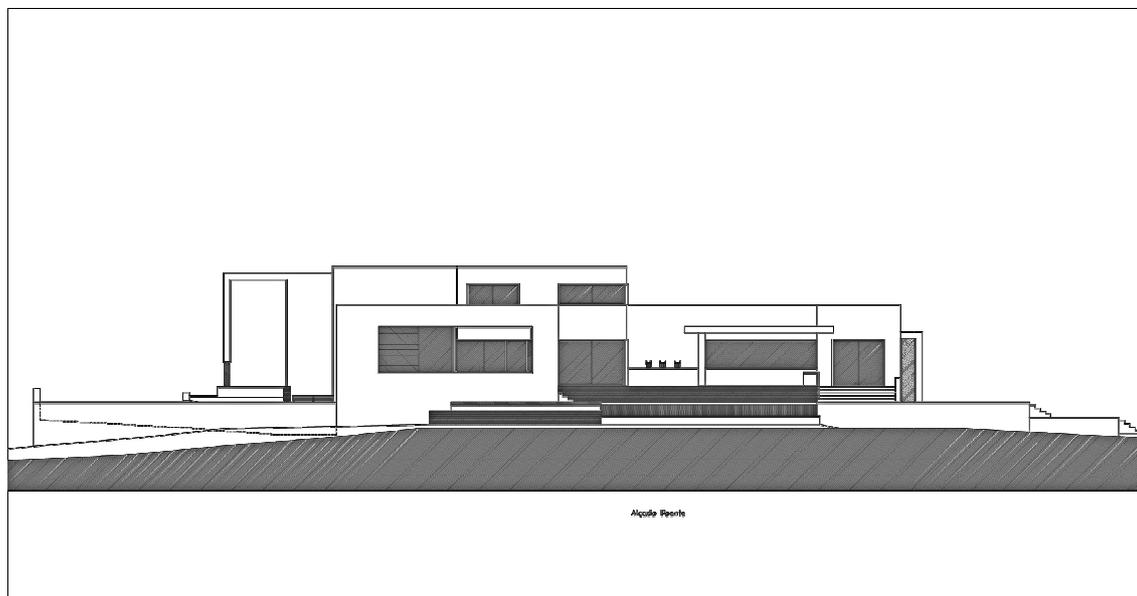


Figura 4.39 – Alçado posterior – PEE\_0051.0111\_7

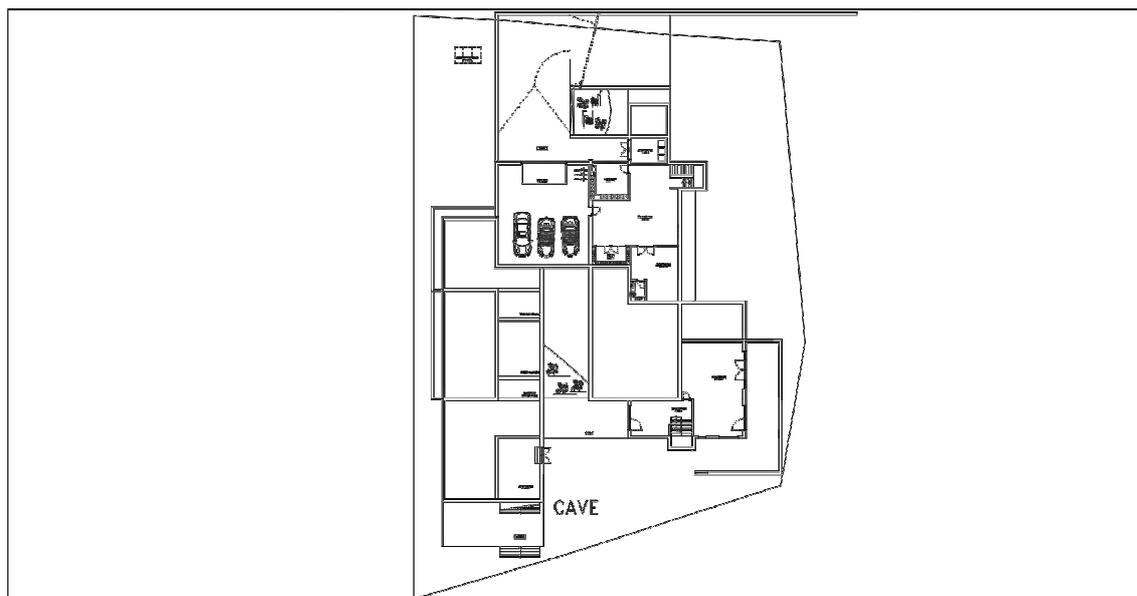


Figura 4.40 – Planta da cave – PEE\_0051.0111\_7

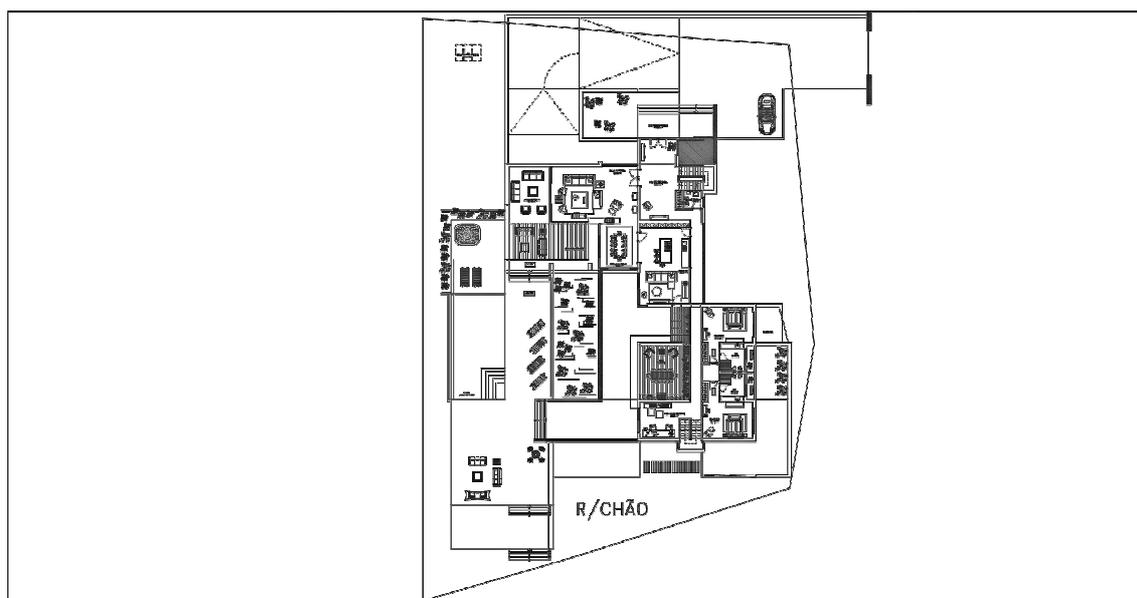


Figura 4.41 – Planta do rés do chão – PEE\_0051.0111\_7

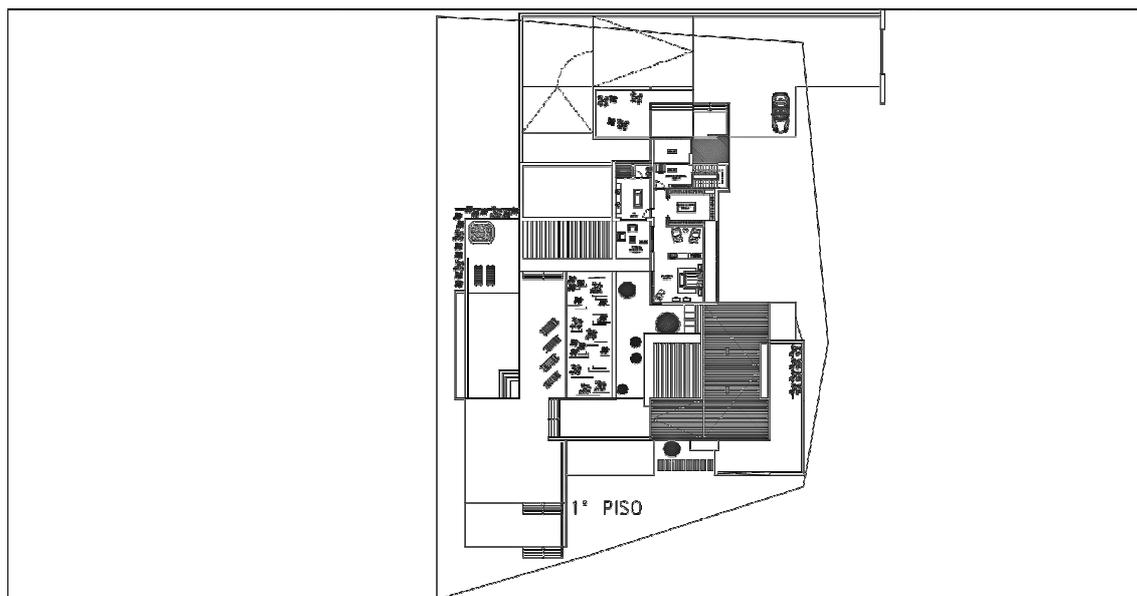


Figura 4.42 – Planta do 1º piso – PEE\_0051.0111\_7

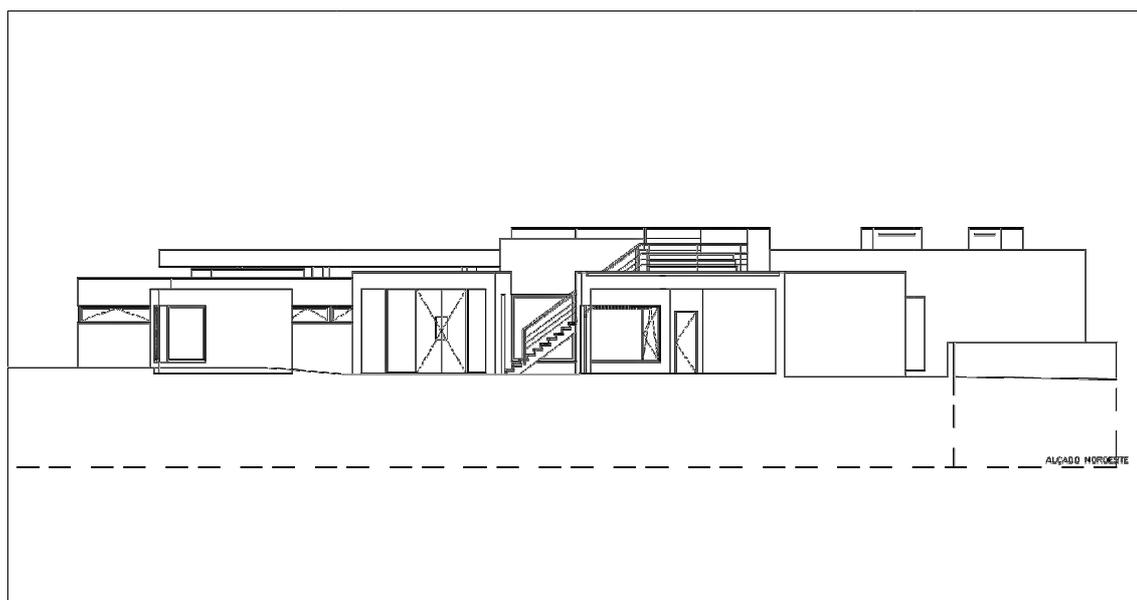


Figura 4.43 – Alçado principal – PEE\_0252.0310\_4

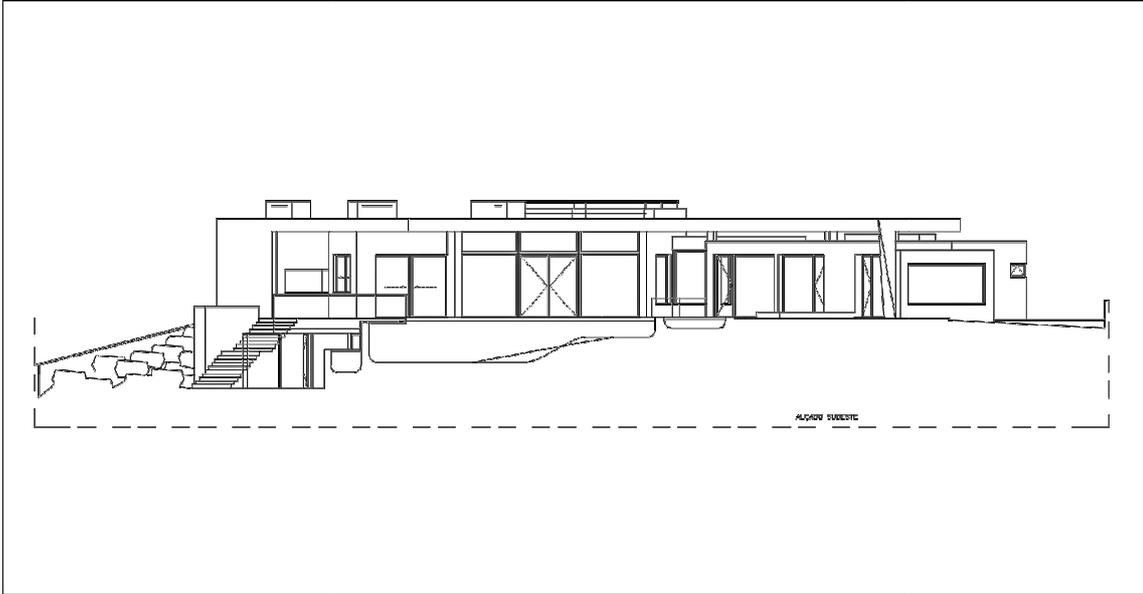


Figura 4.44 – Alçado posterior – PEE\_0252.0310\_4

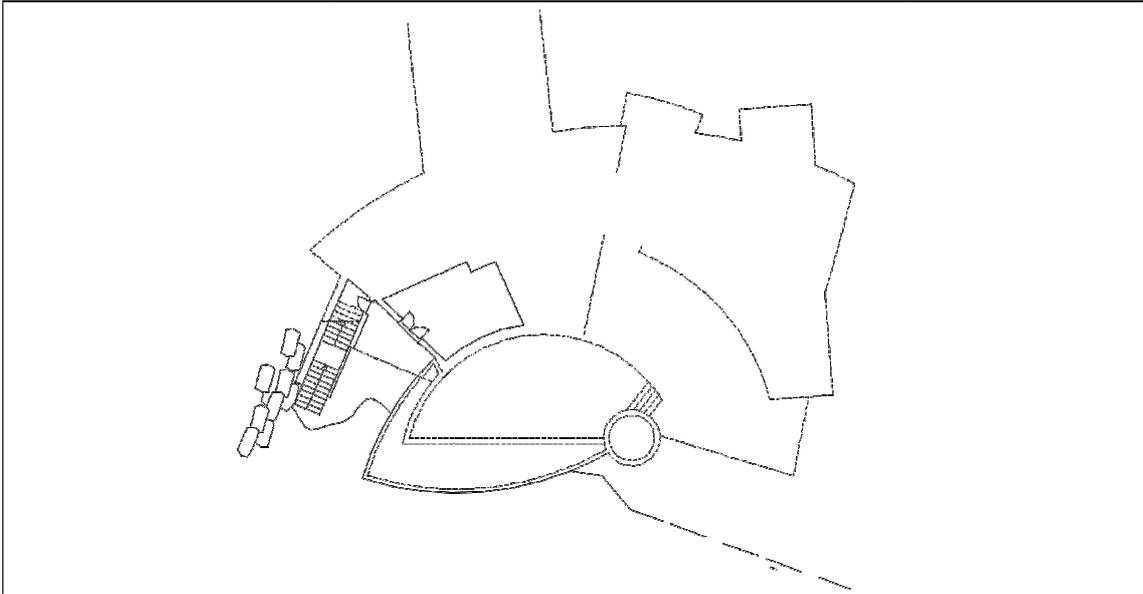


Figura 4.45 – Planta da cave – PEE\_0252.0310\_4

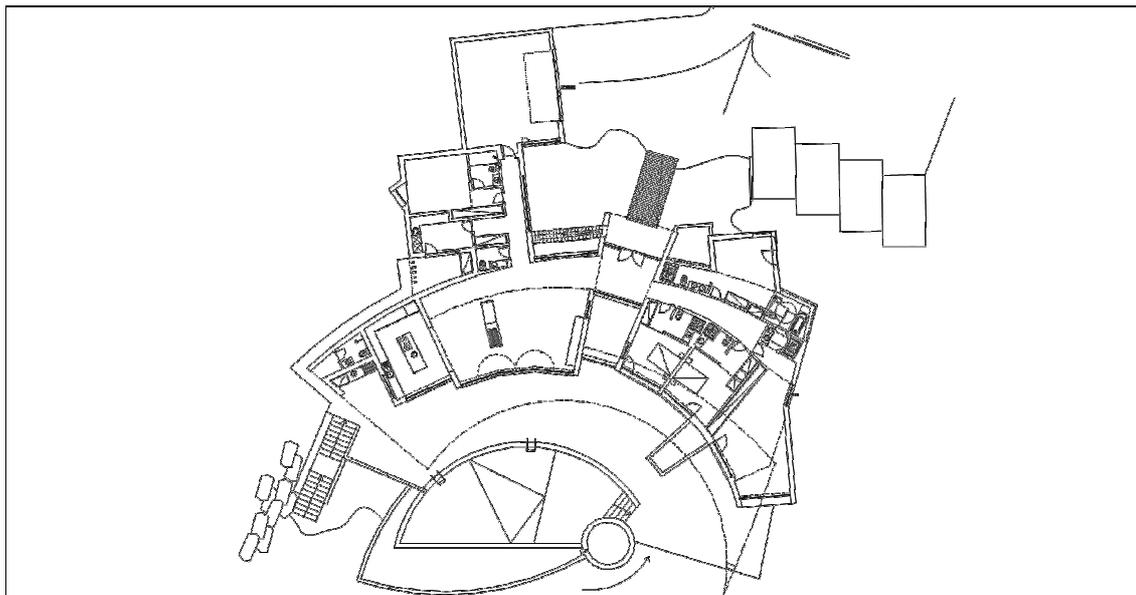


Figura 4.46 – Planta do rés do chão – PEE\_0252.0310\_4

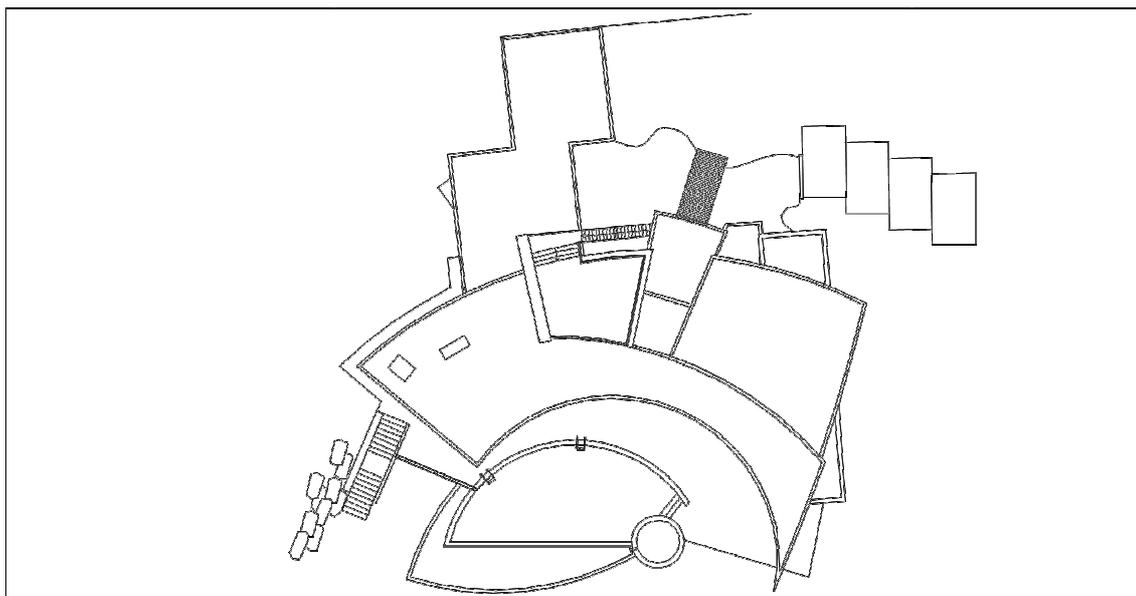


Figura 4.47 – Planta da cobertura – PEE\_0252.0310\_4



Figura 4.48 – Alçado principal – PEE\_0016.0110\_3

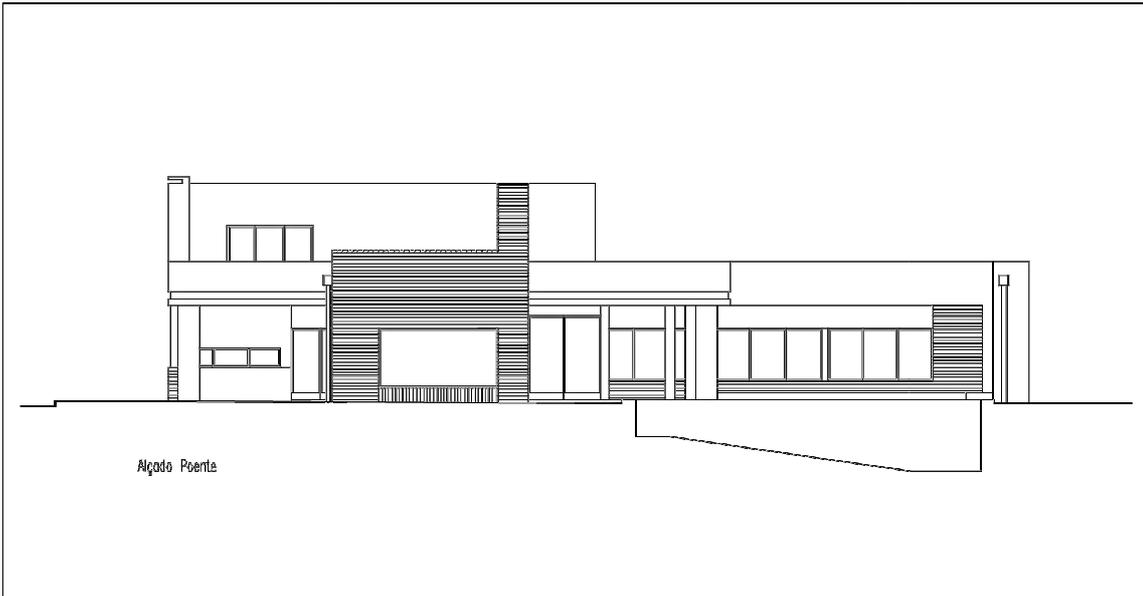


Figura 4.49 – Alçado posterior – PEE\_0016.0110\_3

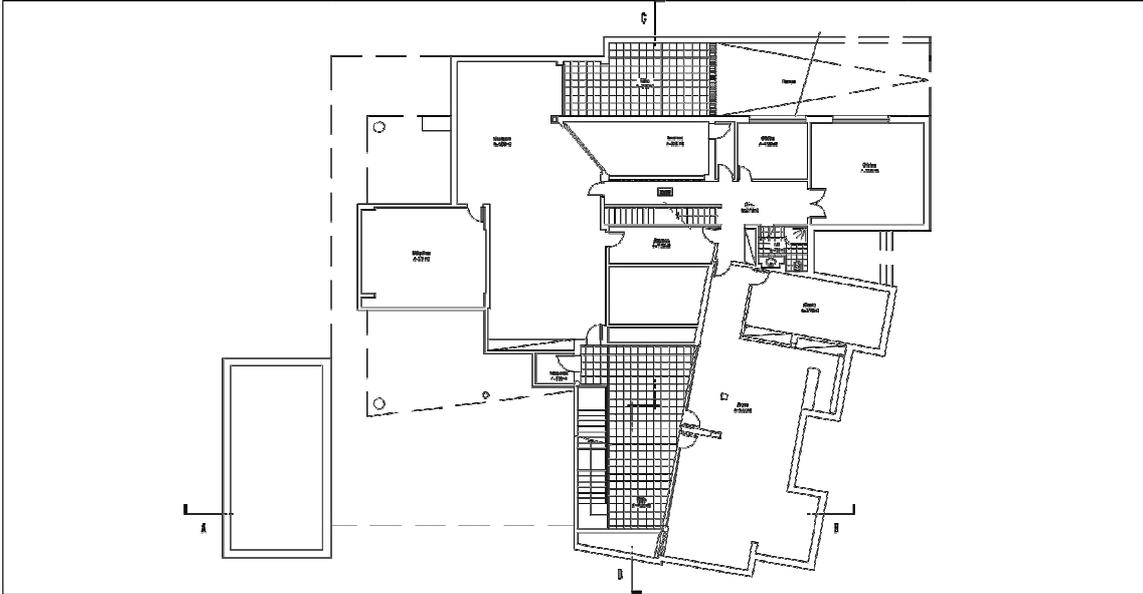


Figura 4.50 – Planta da cave – PEE\_0016.0110\_3

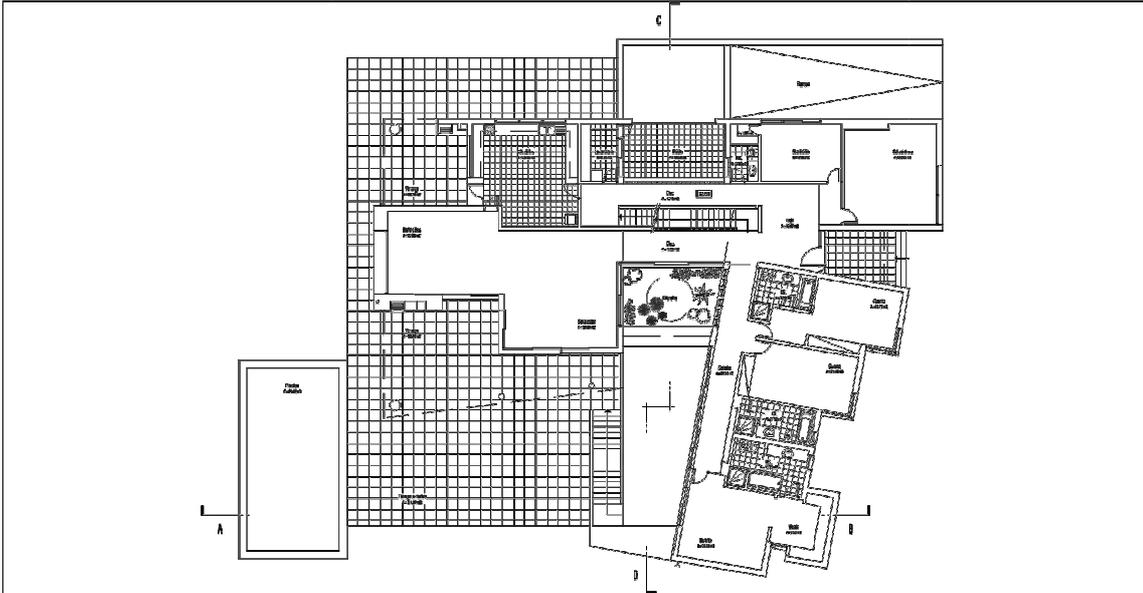


Figura 4.51 – Planta do rés do chão – PEE\_0016.0110\_3

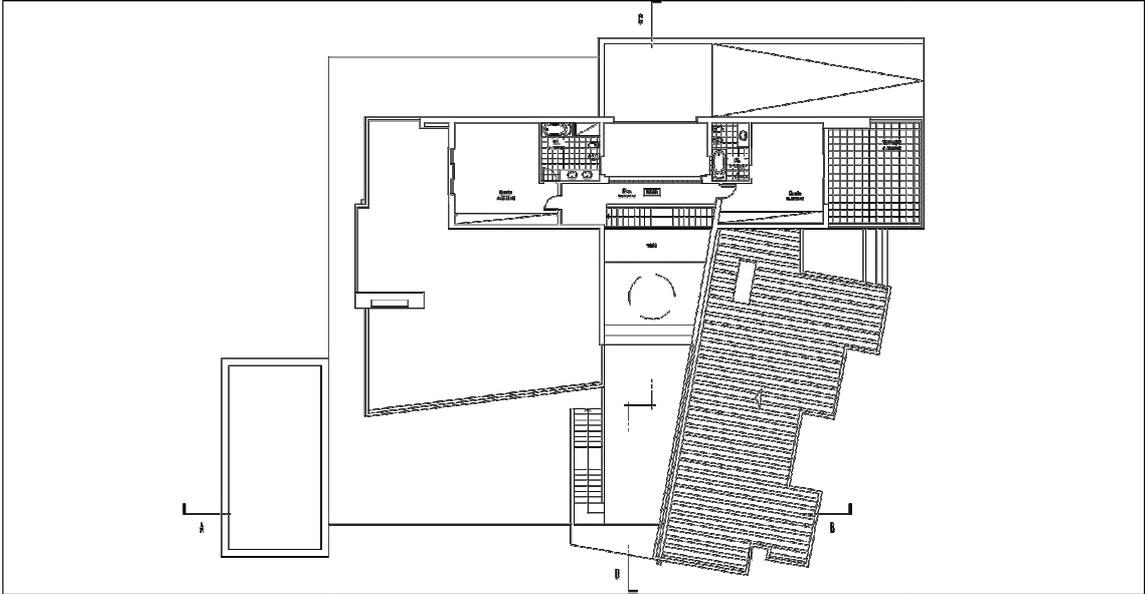


Figura 4.52 – Planta do 1º andar – PEE\_0016.0110\_3

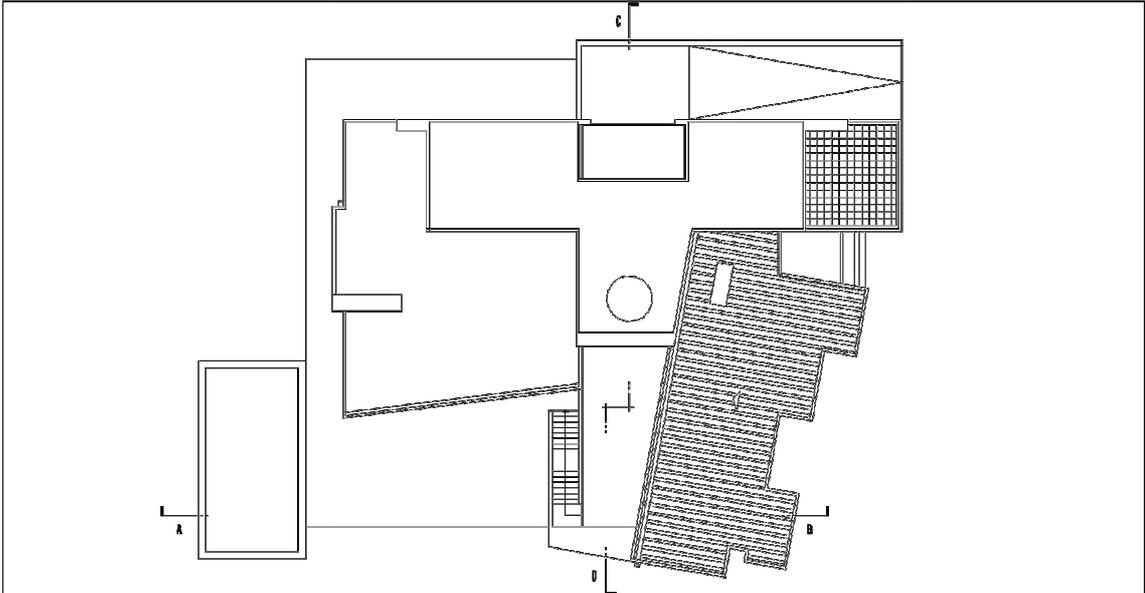


Figura 4.53 – Planta da cobertura – PEE\_0016.0110\_3

Este estudo pretende quantificar a influência da área de envidraçados no comportamento térmico das frações, neste caso, através da determinação do coeficiente de transmissão térmica médio global da fração.

Para esse efeito selecionaram-se dez casos de *arquitetura com PNE* e dez casos de *arquitetura com PEE*, determina-se os coeficientes de transmissão térmica médios para a envolvente opaca exterior, envolvente interior e envolvente envidraçada exterior, bem como o coeficiente de transmissão térmica médio global da fração.

Este coeficiente de transmissão térmica médio global consiste na média ponderada dos vários coeficientes de transmissão térmica da fração e é dado pela seguinte expressão:

$$U_{\text{médio g}} = \frac{U_{\text{médio eoe}} \times A_{\text{eoe}} + U_{\text{médio ei}} \times A_{\text{ei}} \times \tau + U_{\text{médio e}} \times A_{\text{e}}}{A_{\text{eoe}} + A_{\text{ei}} \times \tau + A_{\text{e}}} \quad (\text{Equação 5.i})$$

em que:

$U_{\text{médio g}}$  – Coeficiente de transmissão térmica médio global da fração

$U_{\text{médio eoe}}$  – Coeficiente de transmissão térmica médio da envolvente opaca exterior

$U_{\text{médio ei}}$  – Coeficiente de transmissão térmica médio da envolvente interior

$U_{\text{médio e}}$  – Coeficiente de transmissão térmica médio da envolvente envidraçada

$A_{\text{eoe}}$  – Área referente à envolvente opaca exterior

$A_{\text{ei}}$  – Área referente à envolvente interior

$A_{\text{e}}$  – Área referente à envolvente envidraçada.

$\tau$  - Coeficiente característico de um espaço não aquecido no interior ou anexo ao edifício ou fração autónoma em estudo e traduz o valor da temperatura adimensional do local não aquecido (se  $\tau = 0$ ,  $T_{\text{ei}} = T_{\text{int}}$ ; se  $\tau = 1$ ,  $T_{\text{ei}} = T_{\text{ext}}$ )

Nas tabelas seguintes, apresentam-se os valores de cálculo relativos à amostra utilizada, com base nos quais foi efetuado o estudo:

Edifícios de *arquitetura com PNE*:

Tabela 4.35 – Amostragem – PNE\_0208.0210\_1

PNE_0208.0210_1	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	245,43	0,58

Envolvente Interior (T <sub>médio</sub> = 0,50)	86,51	0.34
Envidraçados	40,19	2,81
<b>Global (Envolvente Opaca Exterior + Envidraçados)</b>	<b>285,62</b>	<b>0.77</b>
Área Útil de Pavimento	186,83	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>14,07%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>21,51%</b>	

Tabela 4.36 – Amostragem - PNE\_0043.0111\_12

PNE_0043.0111_12	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	270,44	0,54
Envolvente Interior (T <sub>médio</sub> = 0,50)	391,33	0,29
Envidraçados	44,48	3,43
<b>Global</b>	<b>706,25</b>	<b>0,58</b>
Área Útil de Pavimento	222,99	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>6,30%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>19,95%</b>	

Tabela 4.37 – Amostragem – PNE\_0065.0111\_3

PNE_0065.0111_3	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	121,13	0,49
Envolvente Interior (T <sub>médio</sub> = 0,40)	224,79	0.20
Envidraçados	17,30	3,16
<b>Global</b>	<b>138,43</b>	<b>0,44</b>
Área Útil de Pavimento	129,91	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>12,50%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>13,32%</b>	

Tabela 4.38 – Amostragem - PNE\_0434.0411\_4

PNE_0434.0411_4	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	80,47	0,61
Envolvente Interior (T <sub>médio</sub> = 0,68)	107,15	0.38
Envidraçados	11,81	3,12
<b>Global</b>	<b>92,27</b>	<b>0,63</b>
Área Útil de Pavimento	87,83	

<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>12,79%</b>
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>13,44%</b>

Tabela 4.39 – Amostragem – PNE\_0149.0211\_5

PNE_0149.0211_5	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	197,83	0,59
Envolvente Interior (Tmédio = 0,60)	377,93	0,41
Envidraçados	54,47	2,42
<b>Global</b>	<b>252,30</b>	<b>0,64</b>
Área Útil de Pavimento	296,85	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>21,59%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>18,35%</b>	

Tabela 4.40 – Amostragem – PNE\_0746.0711\_6

PNE_0746.0711_6	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	341,47	0,62
Envolvente Interior (Tmédio = 0,50)	139,60	0,32
Envidraçados	41,36	3,08
<b>Global</b>	<b>382,83</b>	<b>0,73</b>
Área Útil de Pavimento	236,27	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>10,80%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>17,51%</b>	

Tabela 4.41 – Amostragem – PNE\_0345.0311\_7

PNE_0345.0311_7	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	194,78	0,60
Envolvente Interior (Tmédio = 0,73)	211,67	0,58
Envidraçados	47,20	2,44
<b>Global</b>	<b>241,98</b>	<b>0,78</b>
Área Útil de Pavimento	208,27	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>19,51%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>22,66%</b>	

Tabela 4.42 – Amostragem – PNE\_0577\_8

PNE_0577_8	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	287,38	0,44
Envolvente Interior (Tmédio = 0,80)	127,49	0,30
Envidraçados	35,64	3,20
<b>Global</b>	<b>323,03</b>	<b>0,62</b>
Área Útil de Pavimento	308,14	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>11,03%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>11,57%</b>	

Tabela 4.43 – Amostragem – PNE\_FZZ-2\_9

PNE_FZZ-2_9	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	86,58	0,48
Envolvente Interior (Tmédio = 0,55)	213,34	0,30
Envidraçados	14,94	3,40
<b>Global</b>	<b>101,52</b>	<b>0,50</b>
Área Útil de Pavimento	97,62	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>14,72%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>15,30%</b>	

Tabela 4.44 – Amostragem – PNE\_0343.0311\_10

PNE_0748.0711_11	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	50,62	0,57
Envolvente Interior (Tmédio = 0,60)	70,30	0,37
Envidraçados	6,38	3,63
<b>Global</b>	<b>127,29</b>	<b>0,61</b>
Área Útil de Pavimento	64,44	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>5,01%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>9,90%</b>	

Edifícios de arquitetura com PEE:

Tabela 4.45 – Amostragem – PEE\_0633.0611\_1

PEE_0633.0611_1	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	809,05	0,49
Envolvente Interior (Tmédio = 0,49)	281,90	0,33
Envidraçados	350,06	2,00
<b>Global (Envolvente Opaca Exterior + Envidraçados)</b>	<b>1159,11</b>	<b>0,82</b>
Área Útil de Pavimento	720,66	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>30,20%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>48,57%</b>	

Tabela 4.46 – Amostragem – PEE\_0661.0611\_2

PEE_0661.0611_2	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	250,19	0,50
Envolvente Interior (Tmédio = 0,73)	58,87	0,59
Envidraçados	86,84	2,83
<b>Global</b>	<b>337,03</b>	<b>1,02</b>
Área Útil de Pavimento	156,82	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>25,77%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>36,38%</b>	

Tabela 4.47 – Amostragem – PEE\_0016.0110\_3

PEE_0016.0110_3	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	671,16	0,70
Envolvente Interior (Tmédio = 0,67)	210,73	0,52
Envidraçados	156,50	2,90
<b>Global</b>	<b>827,66</b>	<b>0,99</b>
Área Útil de Pavimento	461,06	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>18,91%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>33,94%</b>	

Tabela 4.48 – Amostragem – PEE\_0252.0310\_4

PEE_0252.0310_4	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	459,70	0,53

Envolvente Interior (T <sub>médio</sub> = 0,80)	15,41	0,66
Envidraçados	130,44	2,90
<b>Global</b>	<b>590,14</b>	<b>1,04</b>
Área Útil de Pavimento	281,66	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>22,10%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>46,31%</b>	

Tabela 4.49 – Amostragem – PEE\_0383.0410\_6

PEE_0383.0410_5	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	249,55	0,46
Envolvente Interior	0,00	0,00
Envidraçados	87,34	2,78
<b>Global</b>	<b>336,89</b>	<b>1,06</b>
Área Útil de Pavimento	160,00	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>25,93%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>54,59%</b>	

Tabela 4.50 – Amostragem – PEE\_0051.0111\_7

PEE_0051.0111_6	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	663,87	0,54
Envolvente Interior (T <sub>médio</sub> = 0,63)	148,75	0,47
Envidraçados	261,17	2,00
<b>Global</b>	<b>925,04</b>	<b>0,88</b>
Área Útil de Pavimento	558,75	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>28,23%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>46,74%</b>	

Tabela 4.51 – Amostragem – PEE\_0212.0211\_8

PEE_0212.0211_7	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	439,45	0,47
Envolvente Interior (T <sub>médio</sub> = 0,67)	135,76	1,03
Envidraçados	170,22	1,60
<b>Global</b>	<b>609,67</b>	<b>0,83</b>
Área Útil de Pavimento	290,92	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>27,92%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>58,51%</b>	

Tabela 4.52 – Amostragem – PEE\_0837.0911\_9

PEE_0837.0911_11	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	199,38	0,60
Envolvente Interior (Tmédio = 0,40)	96,91	0,25
Envidraçados	26,51	3,15
<b>Global</b>	<b>225,89</b>	<b>0,70</b>
Área Útil de Pavimento	96,91	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>11,74%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>27,36%</b>	

Tabela 4.53 – Amostragem – PEE\_0479.0410\_10

PEE_0479.0410_9	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	269,38	0,55
Envolvente Interior (Tmédio = 0,40)	95,65	0,32
Envidraçados	111,96	3,75
<b>Global</b>	<b>381,34</b>	<b>1,25</b>
Área Útil de Pavimento	263,30	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>29,36%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>42,52%</b>	

Tabela 4.54 – Amostragem – PEE\_0674.0611\_5

PEE_0674.0611_10	Área (m <sup>2</sup> )	Umédio (W/m <sup>2</sup> . °C)
Envolvente Opaca Exterior	272,41	0,55
Envolvente Interior (Tmédio = 0,51)	92,15	0,36
Envidraçados	87,26	3,76
<b>Global</b>	<b>359,67</b>	<b>1,13</b>
Área Útil de Pavimento	253,97	
<b>Peso dos Envidraçados na envolvente exterior</b>	<b>24,26%</b>	
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	<b>34,36%</b>	

## 4.3.1 Análise e resultados

Nas tabelas 4.55 e 4.56 apresenta-se a síntese dos resultados obtidos da análise dos dez casos de estudo.

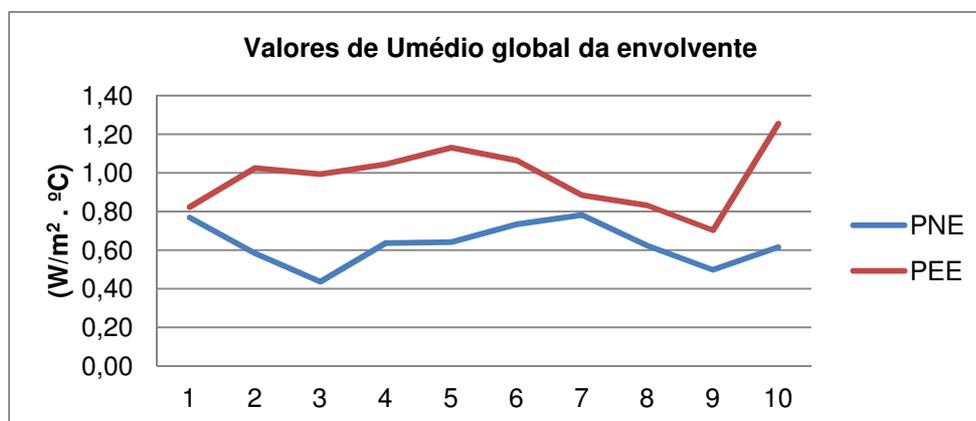
Tabela 4.55 – Quadro resumo da amostragem - *arquitectura com PNE*

<b>Umédio global da envolvente</b>	0,63 W/m <sup>2</sup> . °C
<b>Umédio dos envidraçados</b>	3,07 W/m <sup>2</sup> . °C
<b>Umédio da envolvente opaca exterior</b>	0,55 W/m <sup>2</sup> . °C
<b>Peso dos envidraçados na envolvente exterior</b>	12,33%
<b>Peso dos Envidraçados na área útil de pavimento</b>	16,35%

Tabela 4.56 – Quadro resumo da amostragem - *arquitectura com PEE*

<b>Umédio global da envolvente</b>	0,97 W/m <sup>2</sup> . °C
<b>Umédio dos envidraçados</b>	2,77 W/m <sup>2</sup> . °C
<b>Umédio da envolvente opaca exterior</b>	0,54 W/m <sup>2</sup> . °C
<b>Peso dos envidraçados face à envolvente</b>	21,51%
<b>Peso dos Envidraçados face à área útil de pavimento</b>	42,93%

Através dos valores apresentados, verifica-se que o coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca exterior é muito semelhante nos dois grupos de amostragem, existindo uma diferença de cerca de 10% no coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados devido ao facto de já haver algum cuidado na escolha das soluções construtivas em *arquitectura com PEE*. Sendo, o valor do Umédio global da envolvente da amostragem referente a *arquitectura com PEE* cerca de 50% mais elevado do que o mesmo valor referente à *arquitectura com PNE*, como se pode verificar na figura 4.54:

Figura 4.54 – *Arquitectura com PNE vs PEE* - Umédio global da envolvente

Este facto deve-se, sobretudo, há diferença existente na área de envidraçados entre os dois tipos de arquitetura, tendo a *arquitetura com PEE* uma percentagem de área envidraçada em relação à área útil de pavimento sempre acima dos 25% e com uma média nos casos de estudo utilizados de 44.64% enquanto a *arquitetura com PNE* apresenta-se sempre com menos de 25% de área envidraçada face à área útil de pavimento, tendo uma média dentro dos casos de estudo de 16.35%.

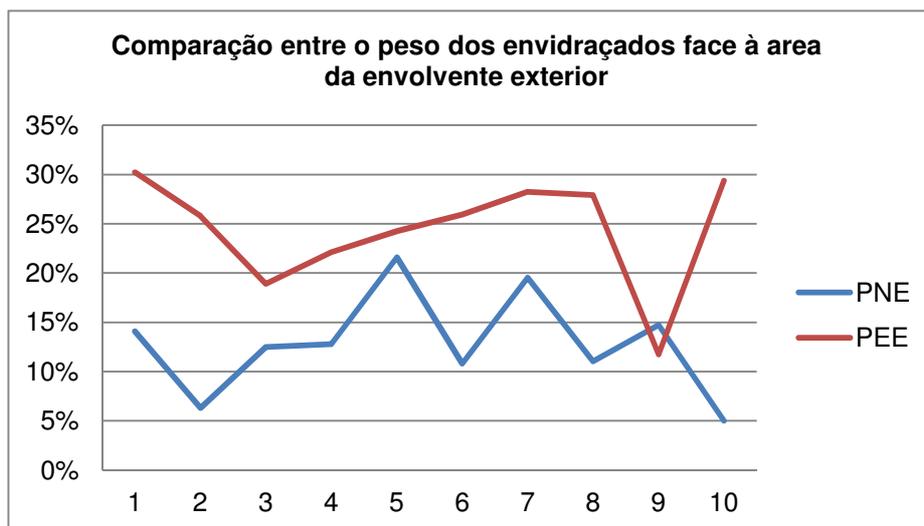


Figura 4.55 – *Arquitetura com PNE vs PEE* – Peso dos envidraçados face à área da envolvente exterior (A diferença de padrão no caso 9 deve-se ao facto da arquitetura com PEE ser de apenas 1 piso sendo a cobertura uma grande parte da sua envolvente exterior)

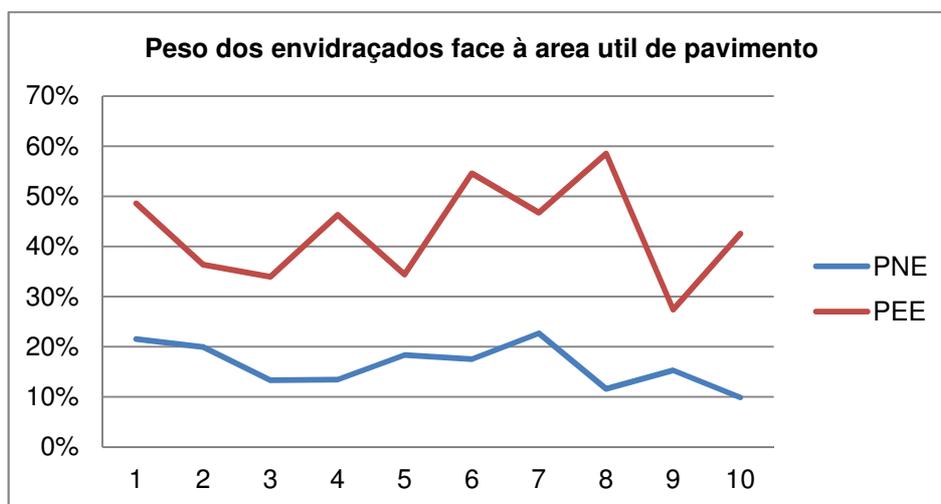


Figura 4.56 – *Arquitetura com PNE vs PEE* – Peso dos envidraçados face à área útil de pavimento

Assim sendo, e para que as condições de perdas térmicas sejam semelhantes a *arquitectura com PEE* tem de adotar soluções de envidraçados que possuam um coeficiente de transmissão térmica baixo.

As soluções de envidraçados que possuem coeficientes de transmissão térmica baixos, são necessariamente mais dispendiosas, adicionado o facto da *arquitectura com PEE* possuir vãos de grande dimensão, tanto em altura como em largura. É então necessário aplicar soluções de caixilharia mais robustas e muitas vezes com sistemas de elevação, que também trazem um acréscimo de custo significativo, tornando assim esta *arquitectura* bastante mais dispendiosa do ponto de vista dos envidraçados.

No sentido de analisar um pouco melhor esta questão procedeu-se ao cálculo do valor de  $U_{\text{médio}}$  dos vãos envidraçados que a *arquitectura com PEE* terá que obter, caso se pretenda atingir o mesmo valor de  $U_{\text{médio}}$  da envolvente da *arquitectura com PNE*.

A metodologia de cálculo utilizada apresenta-se em seguida. Através da equação 5.ii determina-se o valor do  $U_{\text{médio}}$  dos envidraçados.

$$U_{\text{médio g arq. PNE}} = U_{\text{médio g arq. PEE}}$$

$$U_{\text{médio g arq. PNE}} = \left( \frac{U_{\text{médio eoe}} \times A_{\text{eoe}} + U_{\text{médio ei}} \times A_{\text{ei}} \times \tau + U_{\text{médio e}} \times A_{\text{e}}}{A_{\text{eoe}} + A_{\text{ei}} \times \tau + A_{\text{e}}} \right)_{\text{arq. PEE}}$$

$$(A_{\text{eoe}} + A_{\text{ei}} + A_{\text{e}})_{\text{arq. PEE}} \times U_{\text{médio g arq. PNE}} = (U_{\text{médio eoe}} \times A_{\text{eoe}} + U_{\text{médio ei}} \times A_{\text{ei}} \times \tau + U_{\text{médio e}} \times A_{\text{e}})_{\text{arq. PEE}}$$

$$(A_{\text{eoe}} + A_{\text{ei}} + A_{\text{e}})_{\text{arq. PEE}} \times U_{\text{médio g arq. PNE}} - (U_{\text{médio eoe}} \times A_{\text{eoe}} + U_{\text{médio ei}} \times A_{\text{ei}} \times \tau)_{\text{arq. PEE}} = (U_{\text{médio e}} \times A_{\text{e}})_{\text{arq. PEE}}$$

$$U_{\text{médio e arq. PEE}} = \left( \frac{(A_{\text{eoe}} + A_{\text{ei}} + A_{\text{e}})_{\text{arq. PEE}} \times U_{\text{médio g arq. PNE}} - (U_{\text{médio eoe}} \times A_{\text{eoe}} + U_{\text{médio ei}} \times A_{\text{ei}} \times \tau)_{\text{arq. PEE}}}{A_{\text{e arq. PEE}}} \right)$$

(Equação 5.ii)

A aplicação da equação aos casos de estudo permitiu obter para valor de  $U_{\text{médio}}$  de envidraçado de  $1,39 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

As tabelas 4.57 e 4.58, apresentam algumas soluções de vidro e caixilharia associados ao seu custo por metro quadrado e por elemento de referência, respetivamente.

Tabela 4.57 – Soluções de vidro e custo por metro quadrado

Composição do vidro	Substrato	Película	Vidro exterior (mm)	Vidro interior (mm)	Caixa de ar (mm)	Gás	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	Fator solar	Preço por m <sup>2</sup> (€)
4+16+4	PLANILUX	Nenhuma	4	4	16	Ar	2,7	0,78	20
8+16+8	PLANILUX	Nenhuma	8	8	16	Ar	2,7	0,72	35
8+16+8	PLANILUX	PLANITHERM ULTRA N	8	8	16	Ar	1,4	0,55	70
8+16+8	PLANILUX	COOL-LITE SKN 154 II	8	8	16	Árgon	1,0	0,27	95

Os valores apresentados não incluem IVA.

Tabela 4.58 – Soluções de caixilharia

Caixilharia	Valores de referência para um vão de correr: 2000mm x 2000mm (não inclui vidro)
Alumínio serie fria	350,00 €
Alumínio RPT ou PVC	500.00 €
Alumínio RPT Elevadora	1300.00€

Os valores apresentados não incluem IVA.

A caixilharia em alumínio com rutura térmica (RPT) ou em PVC são soluções indicadas para que se possa obter uma solução de vão envidraçado com um bom coeficiente de transmissão térmica. No entanto, tal como já foi referido, muitas das vezes tem-se que utilizar caixilharia elevável caso se esteja em presença de vãos de grandes dimensões, devido ao seu peso.

Na tabela 4.59, sintetizam-se os valores de  $N_{ic}$  e  $N_{vc}$  obtidos para a amostragem de *arquitetura com PEE* considerando o coeficiente de transmissão térmica médio referente à envolvente envidraçada de 1.39 W/m<sup>2</sup>.°C, valor este que permitirá igualar o  $U_{médio}$  da envolvente com o da *arquitetura PNE*.

Os valores do custo de exploração obtidos da tabela 4.59 seguinte foram obtidos com base na metodologia apresentada pela ADENE para cálculo da avaliação de custos de exploração, tendo como base a seguinte expressão:

$$Custo\ exploração = \frac{N_{ic}}{\eta_i} \times A_p \times custo_i + \frac{N_{vc}}{\eta_v} \times A_p \times custo_v$$

onde:

$N_{ic}$  – Necessidades nominais de energia útil de aquecimento

$N_{vc}$  – Necessidades nominais de energia útil de arrefecimento

$A_p$  – Área útil de pavimento

$\eta_i$  – Eficiência nominal do equipamento de climatização da estação de aquecimento

$\eta_v$  – Eficiência nominal do equipamento de climatização da estação de arrefecimento

$custo_i$  – custo da energia utilizada pelo equipamento de climatização da estação de aquecimento

$custo_v$  – custo da energia utilizada pelo equipamento de climatização da estação de arrefecimento

Para que os resultados entre as diferentes amostras sejam facilmente comparados, foi considerado sempre o mesmo equipamento de climatização padrão: resistência elétrica para aquecimento ( $\eta_i=1$ ) e máquina frigorífica para arrefecimento ( $\eta_v=3$ ). Sendo ambos equipamentos elétricos, o custo da energia considerado tanto na estação de inverno como na de verão é de 0.1631 €/kWh (custo do kWh à data 12-02-2012).

Tabela 4.59 – Avaliação do custo de exploração e poupança anual

Amostragem Arq. PEE	Nic original	Nic $U_{ee} = 1,39$ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	Nvc original	Nvc $U_{ee} = 1,39$ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	Área útil de pavimento m <sup>2</sup>	Custo de exploração inicial €/ano	Custo de exploração $U_{ee} = 1,39$ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ) €/ano	Poupança Anual €/ano
	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)				
PEE_0633.0611_1	63,04	53,74	24,99	26,69	720,66	8389	7362	1027
PEE_0661.0611_2	45,25	30,72	14,65	18,55	156,82	1282	944	338
PEE_0016.0110_3	74,59	58,07	30,95	33,62	461,06	6385	5210	1175
PEE_0252.0310_4	47,48	32,49	16,72	22,85	281,66	2437	1842	595
PEE_0383.0410_5	37,71	24,33	15,97	21	160,00	1123	818	305
PEE_0051.0111_6	60,38	51,69	24,53	25,95	558,75	6248	5499	749
PEE_0212.0211_7	58,17	48,09	14,29	15,29	290,92	2986	2524	462
PEE_0837.0911_8	70,07	52,76	24,34	27,81	96,91	1236	980	255
PEE_0479.0410_9	55,95	30,7	16,1	23,26	263,30	2633	1651	982
PEE_0674.0611_10	53,37	27,99	11,74	19,7	253,97	2373	1431	941

O custo do investimento associado à alteração das características térmicas da solução de vão envidraçado com um  $U = 2.73 W/m^2 \cdot ^\circ C$  (valor médio da amostragem de arquitetura com PEE) de forma a obter um  $U = 1,39 W/m^2 \cdot ^\circ C$ , bem como o período de retorno, são apresentados na tabela 4.60.

Para elaboração desta tabela foi considerado como valor de referência por metro quadrado para a solução envidraçada original 125€ + IVA, sendo o valor por metro quadrado para obter a solução com  $U = 1,39 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  de 187.50€ + IVA. Estes valores foram obtidos através da média dos valores fornecidos por três empresas nacionais.

Tabela 4.60- Investimento e período de retorno

Amostragem Arquitetura PEE	Área envidraçada	Diferença no custo de investimento	Período retorno investimento	Benefício Nic	Benefício Nvc
	m <sup>2</sup>	€	anos		
PEE_0633.0611_1	350,06	21878	21	15%	-7%
PEE_0661.0611_2	86,84	5427	16	32%	-27%
PEE_0016.0110_3	156,50	9781	8	22%	-9%
PEE_0252.0310_4	130,44	8153	14	32%	-37%
PEE_0383.0410_5	87,34	5459	18	35%	-31%
PEE_0051.0111_6	261,17	16323	22	14%	-6%
PEE_0212.0211_7	170,22	10639	23	17%	-7%
PEE_0837.0911_8	24,73	1546	6	25%	-14%
PEE_0479.0410_9	111,96	6997	7	45%	-44%
PEE_0674.0611_10	87,26	5454	6	48%	-68%

Após análise dos resultados obtidos é notório que para obter um nível de conforto semelhante numa *arquitetura com PEE*, a uma *arquitetura com PNE*, é necessário um acréscimo de investimento significativo, investimento este com períodos de retorno demasiado elevado na maior parte dos casos.

É importante salientar que a equação proposta pela ADENE para o cálculo do custo de exploração, considera uma utilização dos aparelhos de climatização em toda a duração da estação de aquecimento e arrefecimento definida pelo RCCTE, o que nem sempre acontece.

## 5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 Conclusões

O presente trabalho consistiu na análise de três parâmetros distintos relacionados com o comportamento térmico dos edifícios que fazem parte do atual Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Para ser possível a análise e estudo destes parâmetros, foi utilizada uma amostragem de cem frações, com declaração de conformidade regulamentar emitida, de forma a criar uma amostragem sólida e válida para este trabalho.

No primeiro parâmetro em análise, que teve como objetivo a análise da viabilidade da atribuição de uma percentagem às pontes térmicas lineares em relação às perdas totais da envolvente, é neste trabalho proposto, o valor de 35% para todas as classes em estudo. Caso esta proposta seja considerada na revisão regulamentar, dará lugar a uma simplificação importante na metodologia de cálculo.

Na análise da influência da inércia térmica na classe energética dos edifícios, verificou-se que a redução da inércia térmica de forte para fraca leva a que os valores referentes ao cálculo térmico  $N_{ic}$ ,  $N_{vc}$  e  $N_{tc}$  sejam agravados, pelo que uma inércia térmica fraca, conduz sempre a piores resultados do ponto de vista do comportamento térmico do que uma inércia térmica forte, em qualquer das zonas climáticas. Os resultados obtidos demonstram também que a variação da inércia poderá ser o suficiente para que o cálculo se torne não regulamentar, na situação de inverno, agravando-se a situação nas zonas climáticas de verão V2 e V3. Na classificação energética surgem apenas dois casos de alteração em todos os casos de estudo, uma em zona I1V1 e outra em zona I1V3, pelo que se conclui, que a alteração da inércia térmica tem pouca relevância neste âmbito.

Por último, através de uma amostragem de dez moradias de *arquitectura com PNE* e de dez de *arquitectura com PEE*, foi obtido o valor dos coeficientes de transmissão térmica médios da envolvente para cada uma das amostras, constatando-se que na generalidade a amostragem referente à *arquitectura com PEE* possui um coeficiente de transmissão térmica mais gravoso.

A aproximação do coeficiente de transmissão térmica da envolvente envidraçada ao coeficiente da envolvente opaca está associada a um investimento muito elevado, pelo que na generalidade dos projetos, tal não acontece. Desta forma, arquiteturas com maiores áreas de envidraçados, possuem coeficiente de transmissão térmica médio de valor superior.

Procedeu-se ao cálculo do coeficiente de transmissão térmica médio que a envolvente envidraçada referente à amostragem de *arquitectura com PEE*, teria que ter, para que o seu coeficiente de transmissão térmica médio da envolvente igualasse o valor obtido na amostragem referente à *arquitectura PNE*. Calculado o valor, de  $1,39 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ , procurou-se

identificar qual o custo de investimento associado a esta alteração e qual o seu período de retorno, tendo como base o RCCTE e a metodologia proposta pela ADENE, tendo em conta os valores atuais do custo da eletricidade em Portugal. Obteve-se o valor mínimo para o período de retorno de 6 anos e máximo de 23 anos, concluindo que a atual legislação pouco beneficia o investimento ao nível da envolvente envidraçada de edifícios na maior parte dos casos.

Pode-se concluir, que utilizando as mesmas soluções construtivas em cada uma destas arquiteturas, não se obtêm valores semelhantes ao nível do conforto térmico. Tal não acontece, pois possuindo a *arquitetura com PEE*, uma área envidraçada muito superior à *arquitetura PNE*, fica assim, muito mais exposta às oscilações das temperaturas exteriores. Desta forma, para obter um nível de conforto térmico semelhante, a *arquitetura PEE* tem que possuir soluções de envidraçados de características térmicas superiores e consequentemente mais dispendiosas.

## 5.2 Proposta de trabalhos futuros

Pretende-se que algumas das propostas deste trabalho deem origem a novos trabalhos de pesquisa, desta forma, apresentam-se as seguintes sugestões de trabalhos:

- análise crítica à metodologia de cálculo proposta pela ADENE para os períodos de retorno de investimento, pois como se verificou, intervenções a nível da envolvente envidraçada dos edifícios, apresentam períodos de retorno muito elevados, mesmo considerando no custo de exploração uma utilização a 100% dos equipamentos de climatização em toda a estação de arrefecimento e aquecimento definida pelo RCCTE;
- análise crítica à metodologia de cálculo das necessidades de arrefecimento, pois após muitos projetos de comportamento térmico realizados no Algarve, raramente se deparou com incumprimento no Verão.
- análise crítica ao método de cálculo da inercia térmica e ao “peso” que está possui na atribuição da classe energética às frações dos edifícios.

## 6 BIBLIOGRAFIA

ADENE (2011) – “Agência para a Energia” – <[www.adene.pt](http://www.adene.pt)>. Acesso a 10/9/2011

Comissão das Comunidades Europeias (2005) – “Livro Verde sobre a eficiência energética ou fazer mais com menos”, Bruxelas

Conselho das Comunidades Europeias (1991) – “Diretiva 91/656/CEE – Programa SAVE”, Jornal da União Europeia, Bruxelas, Bélgica

Conselho das Comunidades Europeias (1992) – “Diretiva 92/42/CEE”, Jornal da União Europeia, Bruxelas, Bélgica

Conselho das Comunidades Europeias (1993) – “Diretiva 93/76/CEE”, Jornal da União Europeia, Bruxelas, Bélgica

Conselho das Comunidades Europeias (2002) – “Diretiva 02/91/CE – EPBM”, Jornal da União Europeia, Bruxelas, Bélgica

Conselho das Comunidades Europeias (2006) – “Diretiva 06/32/CE”, Jornal da União Europeia, Bruxelas, Bélgica

Conselho das Comunidades Europeias (2010) – “Diretiva 10/31/CE”, Jornal da União Europeia, Bruxelas, Bélgica

Conselho Europeu extraordinário de Lisboa (2000) – “Para uma Europa da inovação e do conhecimento”, Portugal, Lisboa

Despacho nº 10250/2008 – Legislação Portuguesa – Diário da República

DGGE (2010) – “Direção Geral de Geologia e Energia” – <[www.dgge.pt](http://www.dgge.pt)>. Acesso a 10/10/2011

Lauria, A. (2007) – “Sustentabilidade na Construção”, Verlag Dashöfer, Lisboa Portugal.

SCE (2006) – Legislação Portuguesa - Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril, Diário da República

RSECE (2006) - Legislação Portuguesa – Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril, Diário da República

RCCTE (2006) - Legislação Portuguesa – Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril, Diário da República

- Valério, Jorge (2007) – “Avaliação do Impacte das Pontes Térmicas no Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Residenciais Correntes” - Tese de Mestrado
- Programa E4 (2001) – “Eficiência Energética e Energias Endógenas” - Ministério da Economia
- P3E – “Base de dados da eficiência energética” – <[www.p3e-portugal.com](http://www.p3e-portugal.com)>. Acesso a 9/9/2011
- PDDESA, (1999) – Population Division Department of Economic and Social Affairs United Nations Secretariat – “The world at six billion”, Organização das Nações Unidas – ONU, Estados Unidos da América.
- Pinheiro, M. (2006) – “Ambiente e Construção Sustentável”, Instituto do Ambiente, Portugal
- Casa Certificada, (2011) – “Plataforma Casa Certificada” – <[www.casacertificada.pt](http://www.casacertificada.pt)>.
- Lobão, Ricardo (2004) – “Modelo simplificado de previsão do comportamento térmico de edifícios” – Tese de Mestrado
- Santos, C. e Matias, L. (2006) – “ITE 50: Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios” – Versão atualizada 2006, Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC, Lisboa, Portugal
- Wackermagel, M.; Reed, A. (1995) – “Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth”.

## **7 ANEXOS**

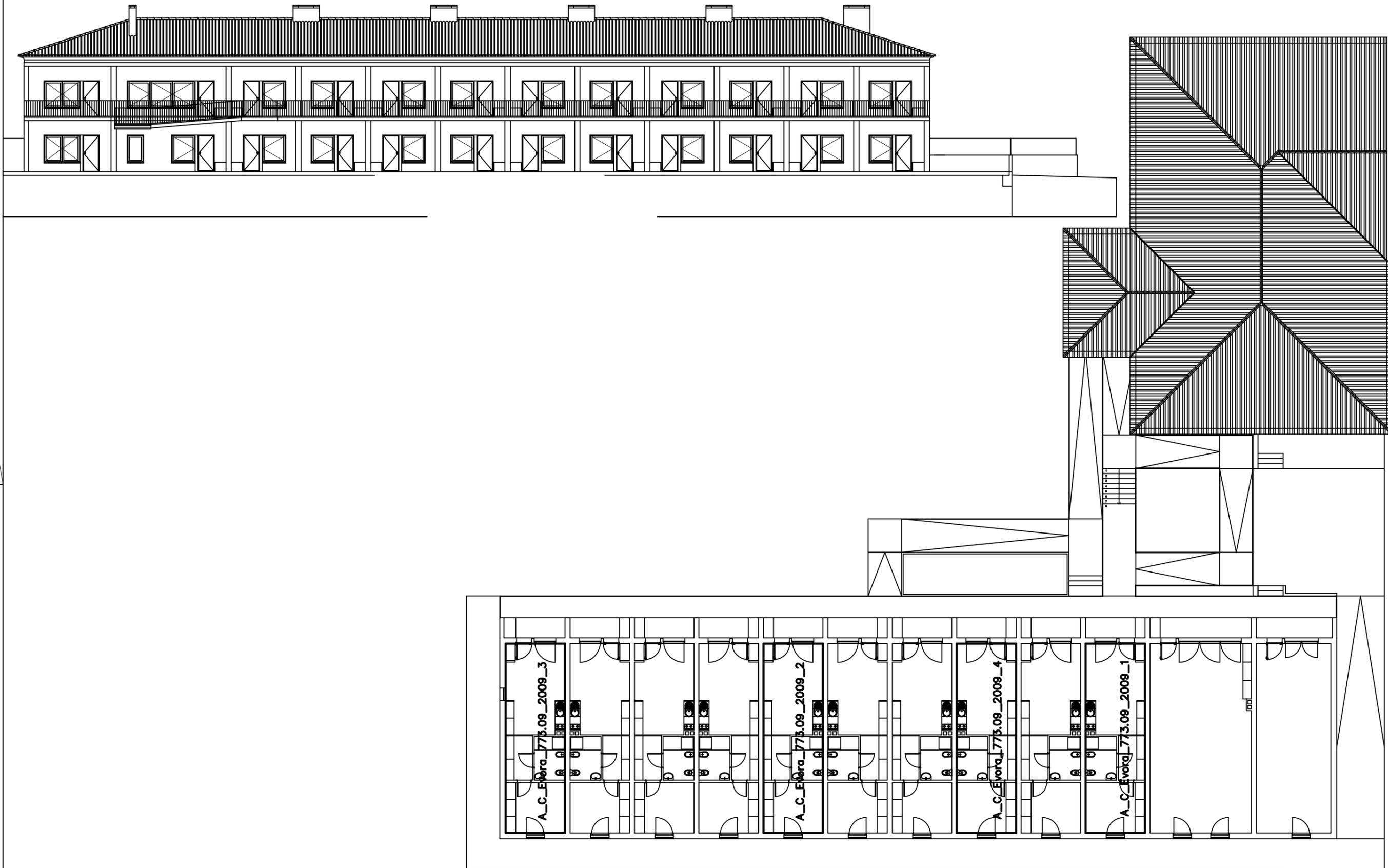
## **ANEXO I - Casos de estudo**

<b>Caso de estudo utilizados</b>	<b>Nº DCR</b>	<b>Classe Energética</b>
A_C_Evora_773.09_2009_1	DCR21146620	A
A_C_Evora_773.09_2009_2	DCR21149724	A
A_C_Evora_773.09_2009_3	DCR21151919	A
A_C_Evora_773.09_2009_4	DCR21148016	A
A_C_Loulé_460.05_2009_1	DCR20212310	B-
A_C_Loulé_460.05_2009_2	DCR20212411	B-
A_C_Loulé_493.05_2009_1	DCR19893232	B-
A_C_Loulé_493.05_2009_2	DCR19896134	B-
A_C_Palmela_0585.0610_1	DCR34012414	B-
A_C_Palmela_0585.0610_2	DCR34015417	B-
A_I_Evora_773.09_2009_1	DCR21189122	A
A_I_Evora_773.09_2009_2	DCR21240514	A
A_I_Evora_773.09_2009_3	DCR21272822	A
A_I_Evora_773.09_2009_4	DCR21279324	A
A_I_Loulé_460.05_2009_1	DCR20210813	B
A_I_Loulé_460.05_2009_2	DCR20212007	B-
A_I_Loulé_460.05_2009_3	DCR20212108	B-
A_I_Loulé_493.05_2009_1	DCR19880834	B-
A_I_Loulé_493.05_2009_2	DCR19884030	B
A_I_Loulé_493.05_2009_3	DCR19888236	B
A_RC_SC_Évora_773.09_2009_1	DCR21165722	B
A_RC_SC_Évora_773.09_2009_2	DCR21267321	A
A_RC_SC_Évora_773.09_2009_3	DCR21198021	B-
A_RC_SC_Évora_773.09_2009_4	DCR21168927	A
A_RC_SC_Évora_773.09_2009_5	DCR21169322	A
A_RC_SC_Évora_773.09_2009_6	DCR21169625	A
A_RC_SC_Évora_773.09_2009_7	DCR21266623	A
A_Rc_SC_Palmela_0585.0610_1	DCR34006417	B-
A_RC_SC_Palmela_0585.0610_2	DCR34013112	B-
A_RC_SC_Palmela_0585.0610_3	DCR34013617	B-
A_RC_G_Loulé_460.05_2009	DCR20210005	B-
A_RC_G_Loulé_460.05_2009_2	DCR20210207	B-
A_RC_G_Loulé_460.05_2009_3	DCR20210510	B-
A_RC_G_Loulé_460.05_2009_4	DCR20210712	B-
A_RC_G_Palmela_0585.0610_2	DCR34015720	B-
A_RC_G_Palmela_0585.0610_3	DCR34016014	B-
A_RC_G_Palmela_0585.0610_4	DCR34016519	B-
A_RC_G_Palmela_0585.0610_5	DCR34016620	B-
A_RC_G_Palmela_0585.0610_6	DCR34014416	B-
A_RC_G_Palmela_0585.0610	DCR34015619	B-
U1_SC_Aljustrel_0024.0110	DCR25185324	B

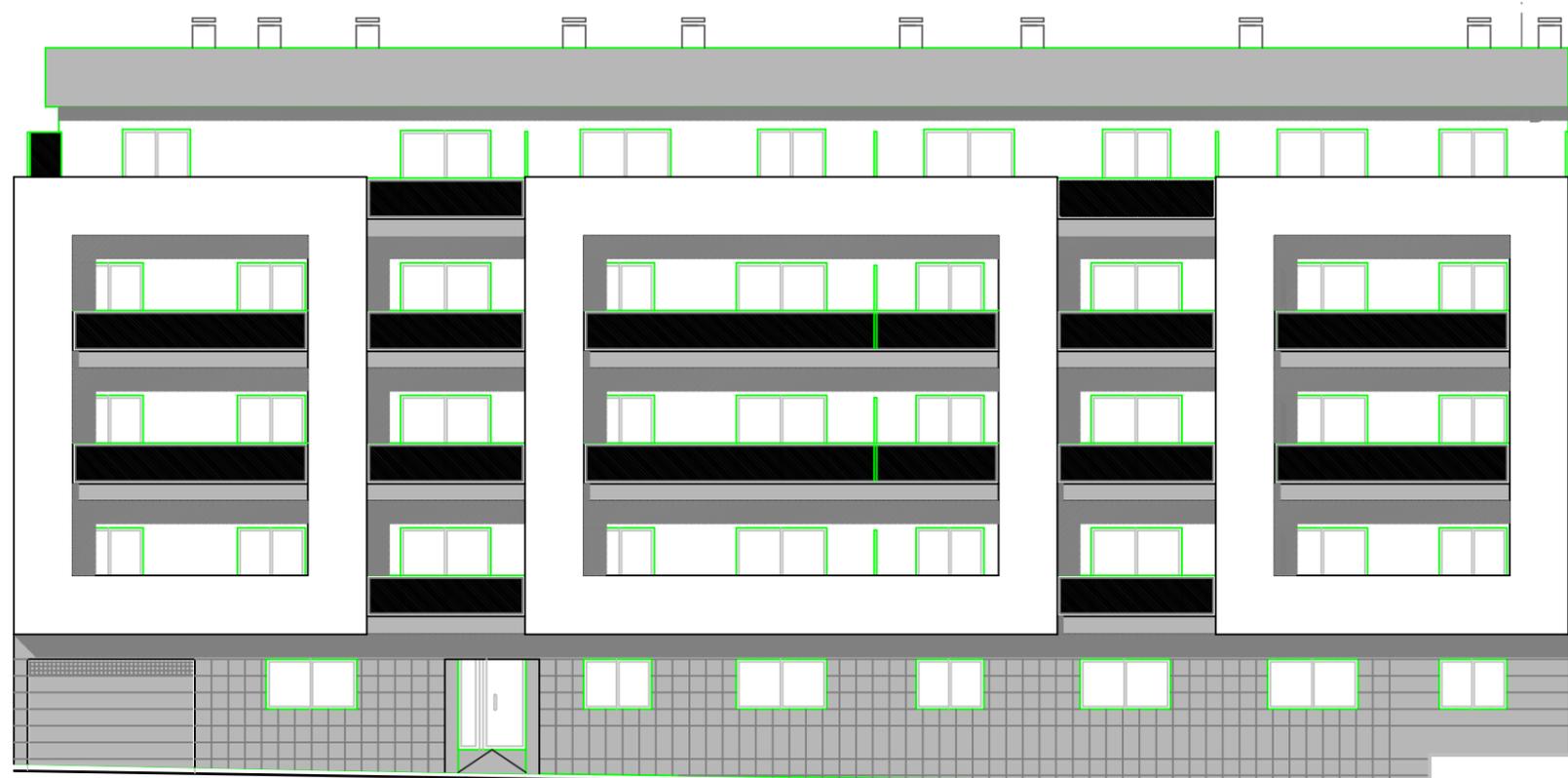
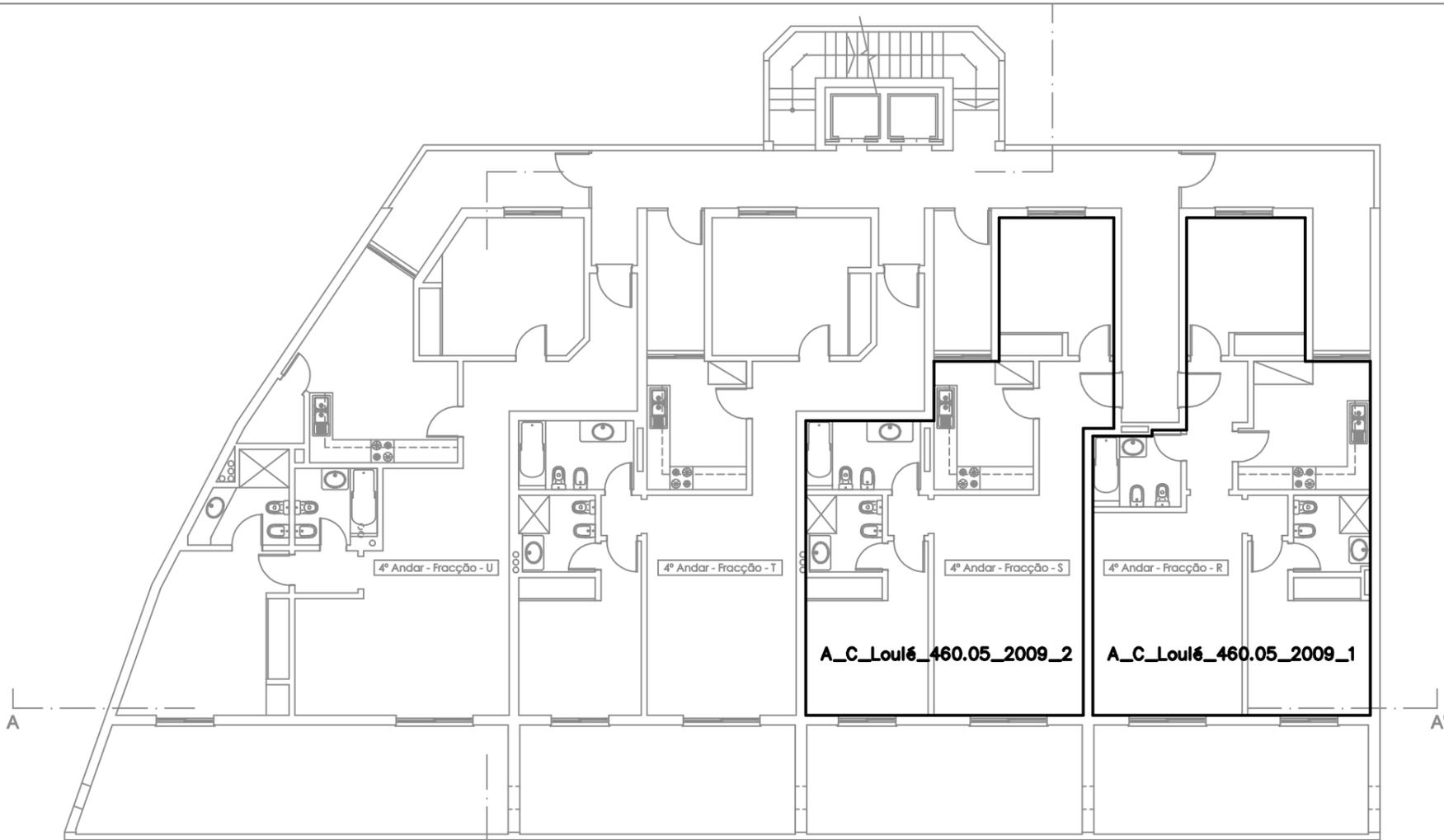
U1_SC Loulé_0034.0110	DCR26601318	B
U1_SC LS Aljezur_0737.0710	DCR36558229	B
U1_SC LS Calheta_0795.0810	DCR37778234	B
U1_SC LS Estremoz_1133.1010	DCR40288628	B-
U1_SC LS Estremoz_1150.1110	DCR40295323	B
U1_SC LS Monforte_0083.0110	DCR26578432	B
U1_SC LS Monforte_0624.0610	DCR34457124	B
U1_SC LS Silves_0700.0610	DCR34286427	B
U1_SC Sousel_0310.0310	DCR29922024	B
U2_SC Aljezur_0041.0110	DCR25734324	B
U2_SC Aljezur_0251.0310	DCR30210511	A
U2_SC Lagos_0854.0810	DCR38078935	A
U2_SC Loulé_0001.0109	DCR27655934	B
U2_SC Loulé_0452.0910	DCR39290629	A+
U2_SC Setubal_0114.0211	DCR29355428	B
U2_SC Setubal_0114.0211_L139	DCR29353729	B
U2_SC Silves_0051.0110	DCR25744123	B
U2_CC Lagos_0108.0210	DCR29307526	B
U2_CC Lagos_0333.0411	DCR47667232	B
U2_CC Loulé_0216.0211	DCR45529328	A
U2_CC Loulé_0500.0510	DCR49752330	A
U2_CC Loulé_Lote_17	DCR32241113	B
U2_CC Lourinhã_0517.0510	DCR34162117	B
U2_CC Olhão_0162.0210	DCR29917634	A
U2_CC Silves_0559.0511	DCR48744936	B-
U2_CC ViladoBispo_0044.0110	DCR25941829	B-
U2_CC VilaFrancaXira_0425	DCR38037324	B-
I1_V1_0345.0311_1	DCR46518529	A
I1_V1_0212.0211_7	DCR45585734	A
I1_V1_0344.0311_2	DCR46343525	A
I1_V1_0479.0410_6	DCR49205323	A+
I1_V1_0554.0511_3	DCR48103521	B
I1_V1_0564.0511_5	DCR48560225	A+
I1_V1_0569.0511_4	DCR49383330	A+
I1_V1_0730.0711_9	DCR50512215	A+
I1_V1_0692.0611_10	DCR50693225	A
I1_V1_0924.0910_8	DCR40482018	A+
PEE_0633.0611_1	DCR52139727	A
PEE_0661.0611_2	DCR a pagamento	A
PEE_0016.0110_3	DCR a pagamento	A+
PEE_0051.0111_6	DCR43760727	A
PEE_0837.0911_11	DCR52950021	A

PEE_0212.0211_7	DCR45585734	A
PEE_0252.0310_4	DCR29307930	A
PEE_0383.0410_5	DCR30531921	A+
PEE_0479.0410_9	DCR49205323	A+
PEE_0674.0611_10	DCR49760733	A+
PNE_0208.0210_1	DCR28363123	B
PNE_0065.0111_3	DCR43387126	B
PNE_0149.0211_5	DCR44750727	A
PNE_0748.0711_11	DCR50697835	B
PNE_0345.0311_7	DCR46518529	A
PNE_0434.0411_4	DCR49304323	A
PNE_0577_8	DCR49172730	B-
PNE_0746.0711_6	DCR50664526	B-
PNE_FZZ-2_9	DCR47920325	B-
PNE_0043.0111_12	DCR44410720	B-

## **ANEXO II – Exemplos de arquitetura referentes aos casos de estudo**



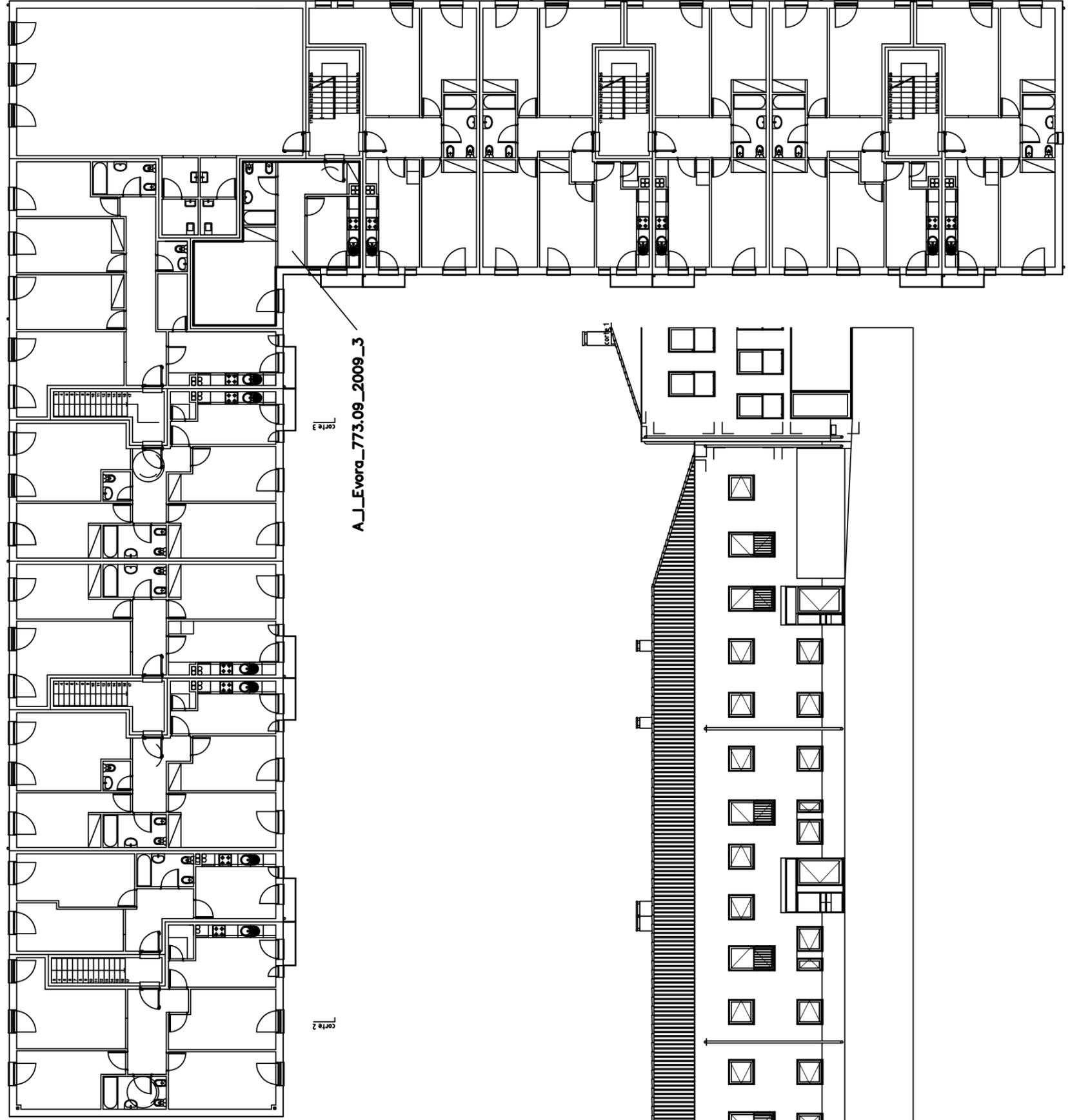
		Casos de Estudo – Perdas Térmicas Lineares	
		Desenho: PLANTAS E ALÇADOS	
		Caso Estudo: A_C_Evora_773.09_2009_1, 2, 3 e 4	
		Localização: –	
Técnico: –	Processo: –	Escala: S/E	Data: SETEMBRO 2011
			Des. n.º 1



Casos de estudo – Perdas Térmicas Lineares			
Desenho:		PLANTAS E ALÇADOS	
Caso Estudo:		A_C_Loulé_460.05_2009_1 e A_C_Loulé_460.05_2009_2	
Localização:		-	
Técnico:	Processo: -	Escala: S/E	Data: SETEMBRO 2011
			Des. n.º

corte 3

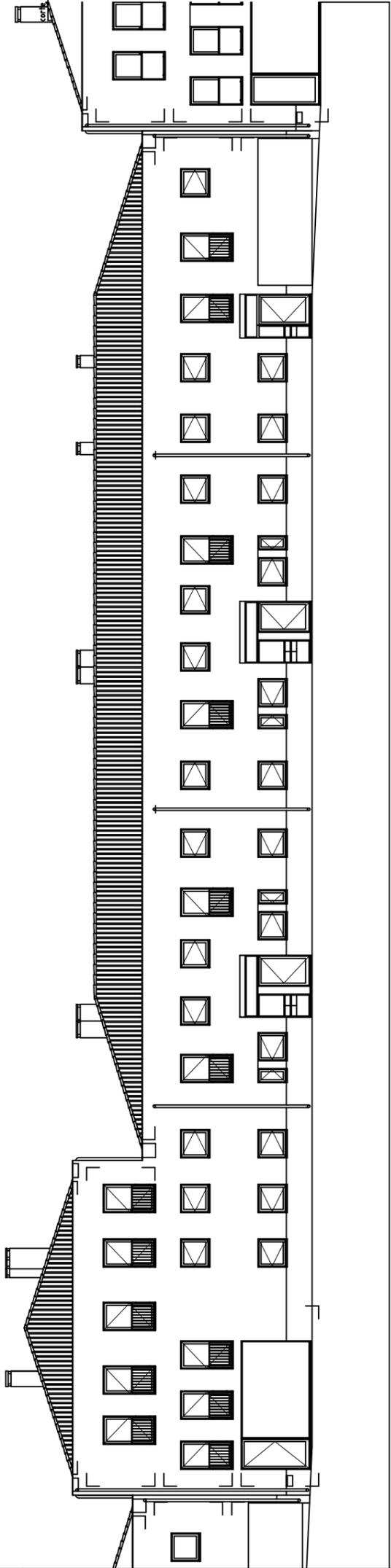
corte 2



A\_J\_Evora\_773.09\_2009\_3

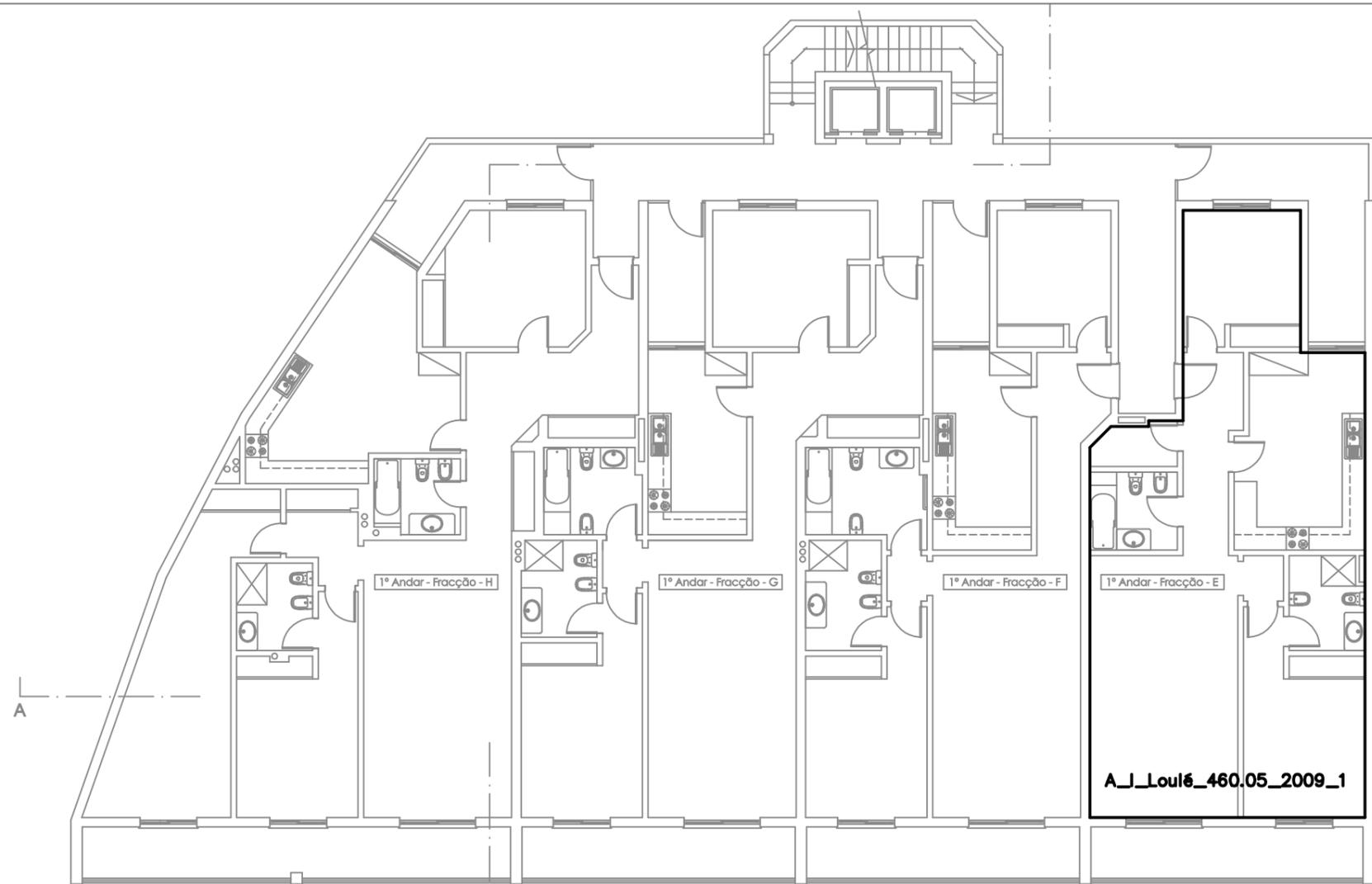
corte 3

corte 2



corte 1

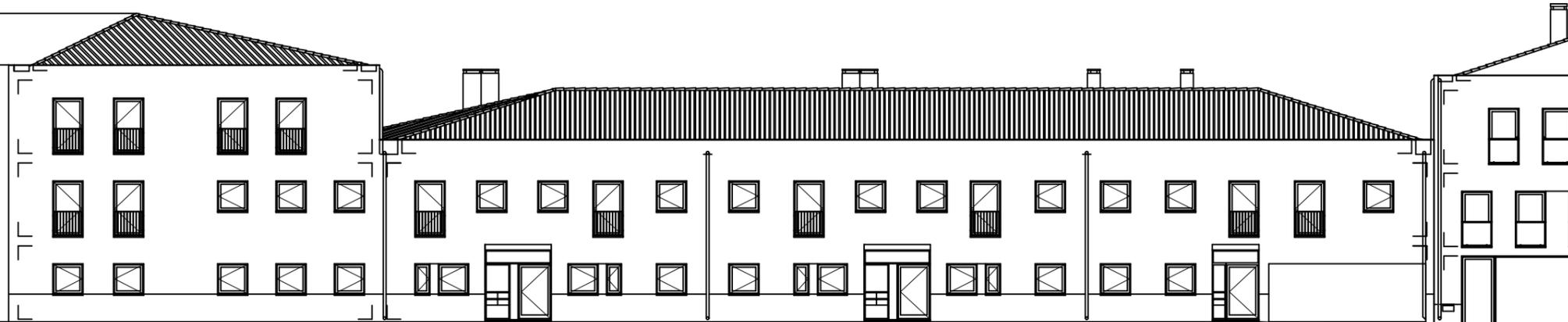
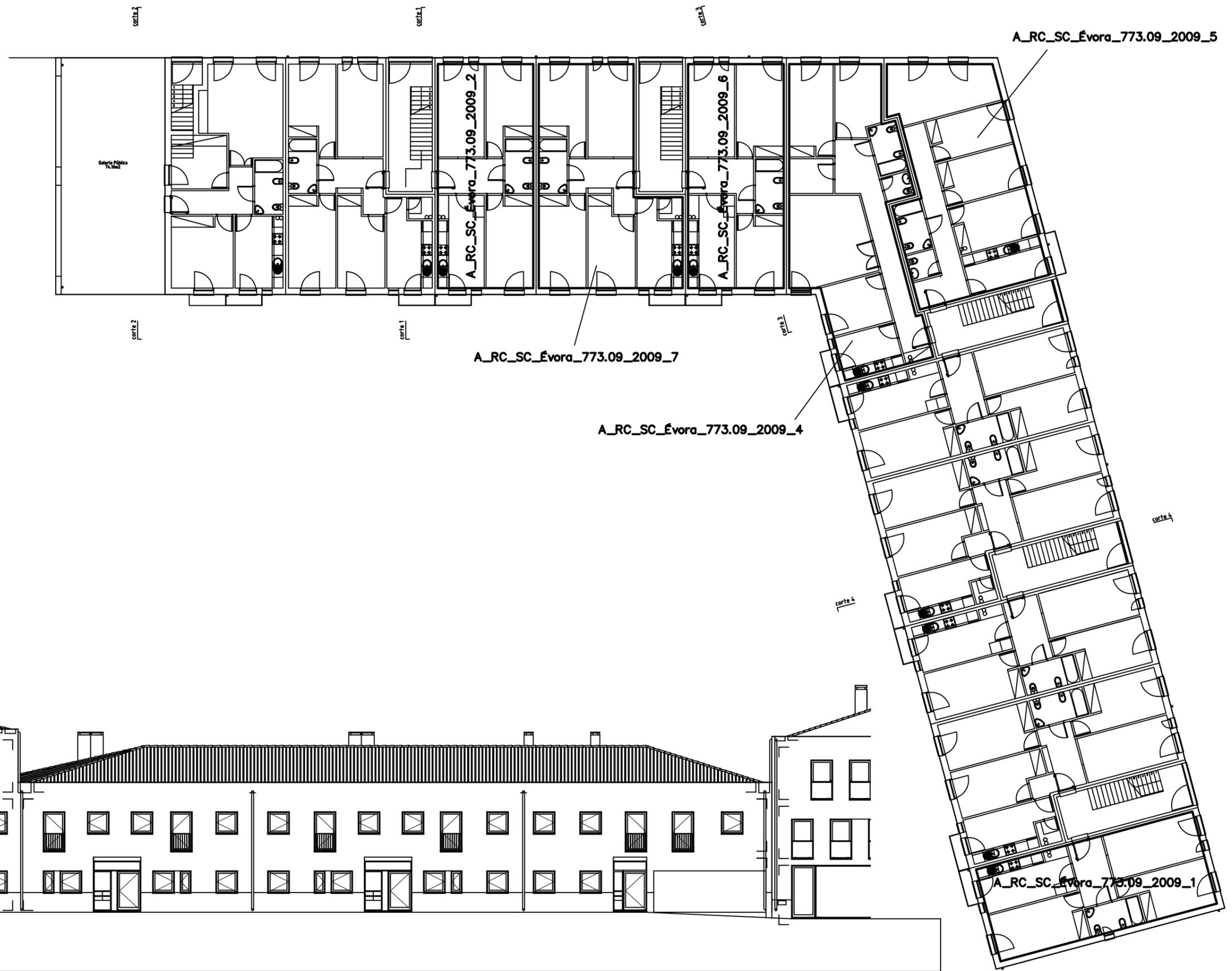
Caso de estudo – Perdas Térmicas Lineares	
Desenho:	PLANTAS E ALÇADOS
Caso Estudo:	A_J_Evora_773.09_2009_3
Localização:	—
Escala:	S/E
Técnico:	Processo: —
Data:	SETEMBRO 2011
Des. n.º	



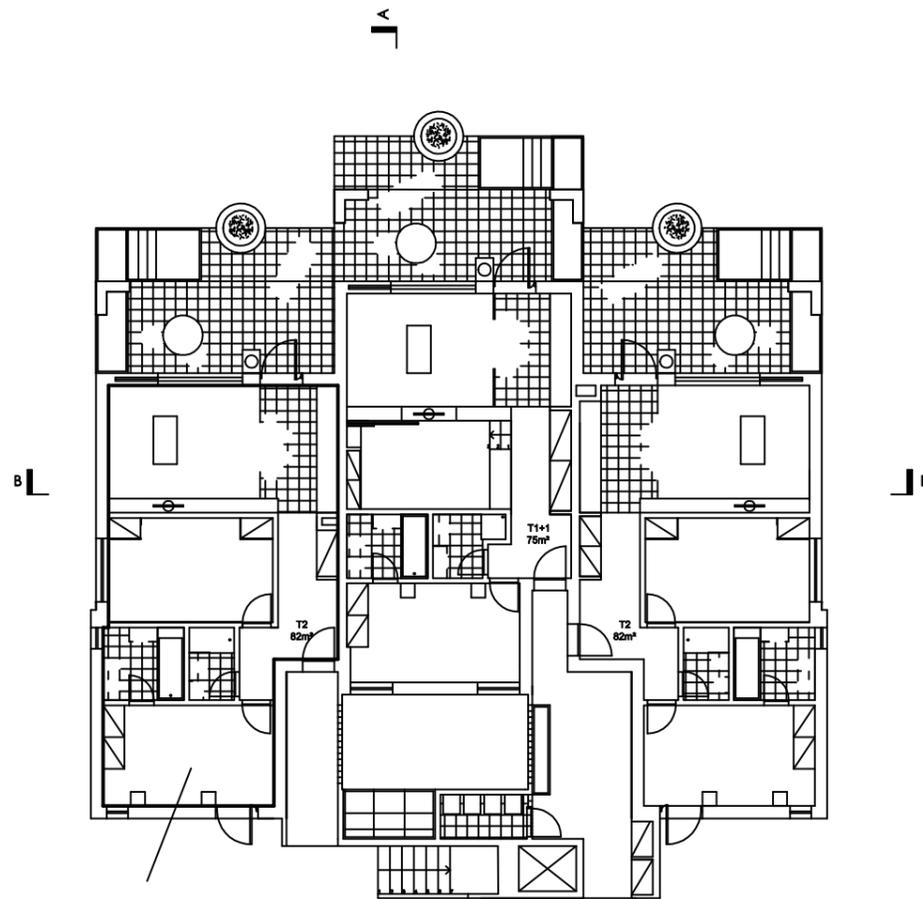
A\_J\_Loulé\_460.05\_2009\_1



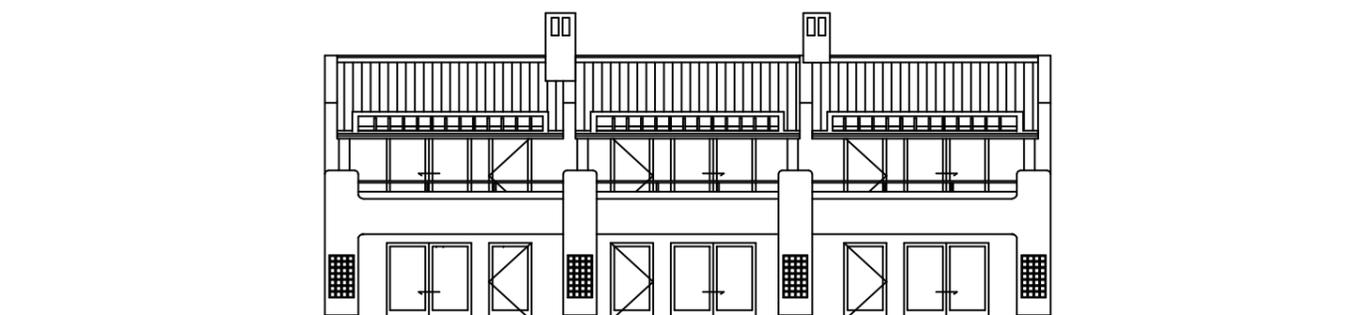
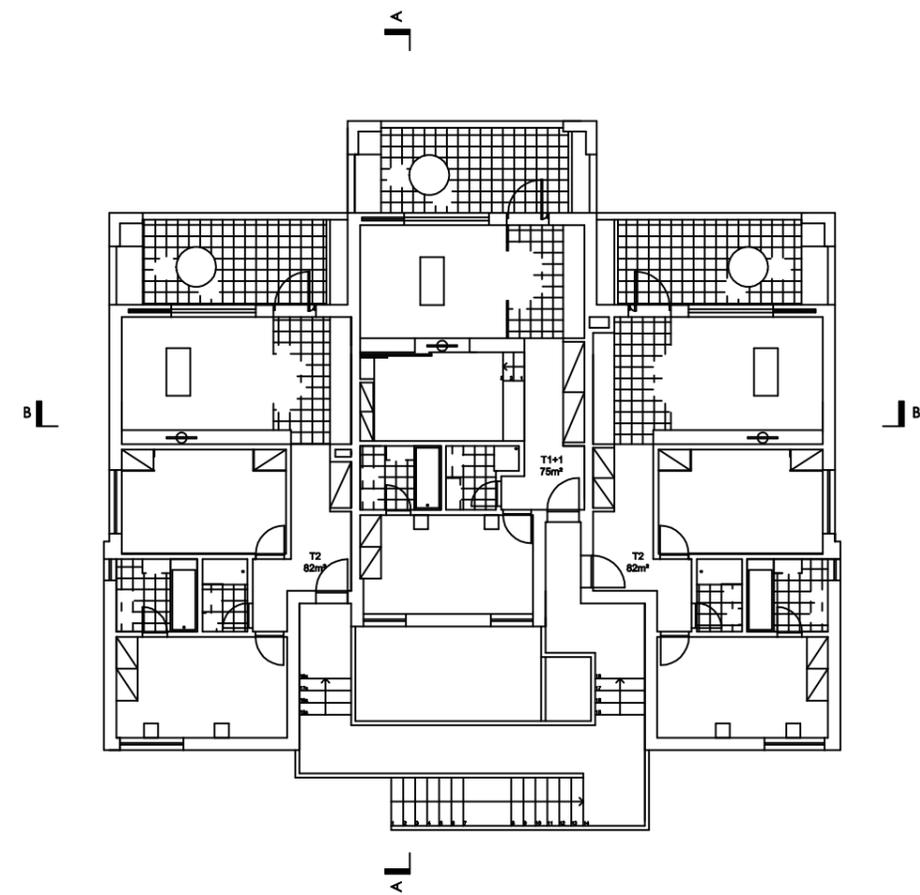
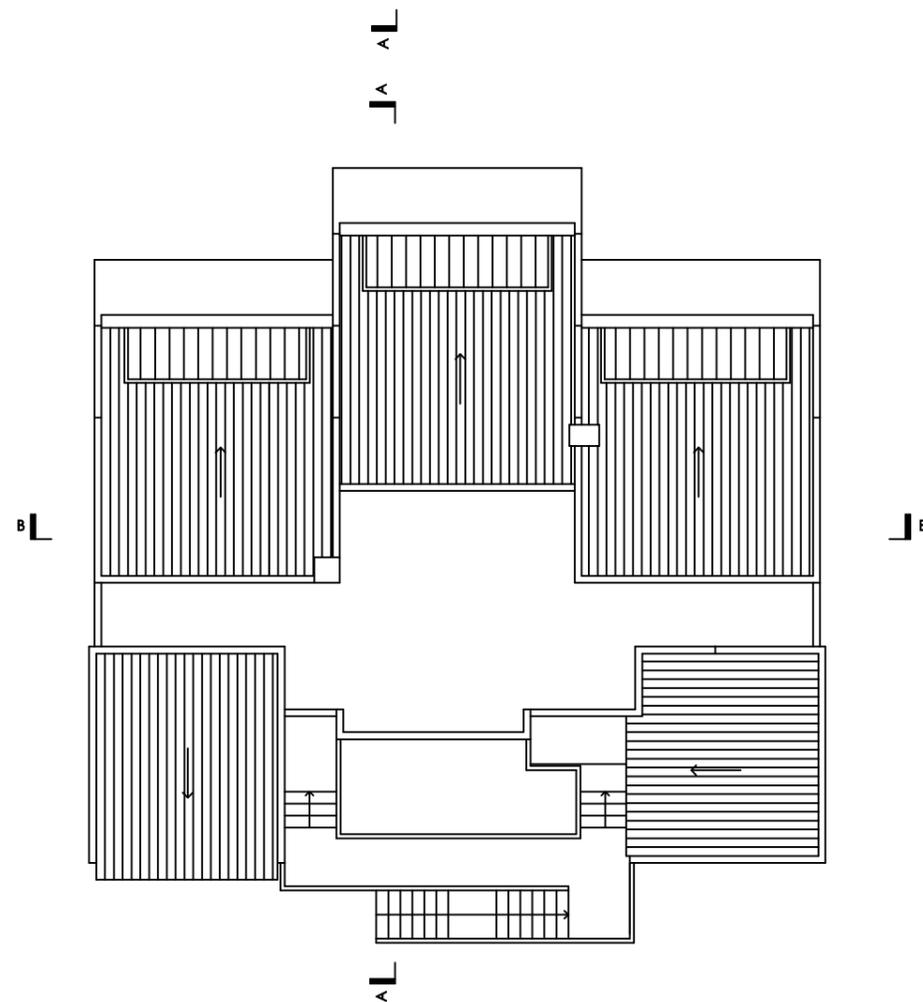
Casos de estudo – Perdas Térmicas Lineares				
Desenho:		PLANTAS E ALÇADOS		
Caso Estudo:		A_J_Loulé_460.05_2009_1		
Localização:		-		
Técnico:	Processo: -	Escala: S/E	Data: SETEMBRO 2011	Des. n.º



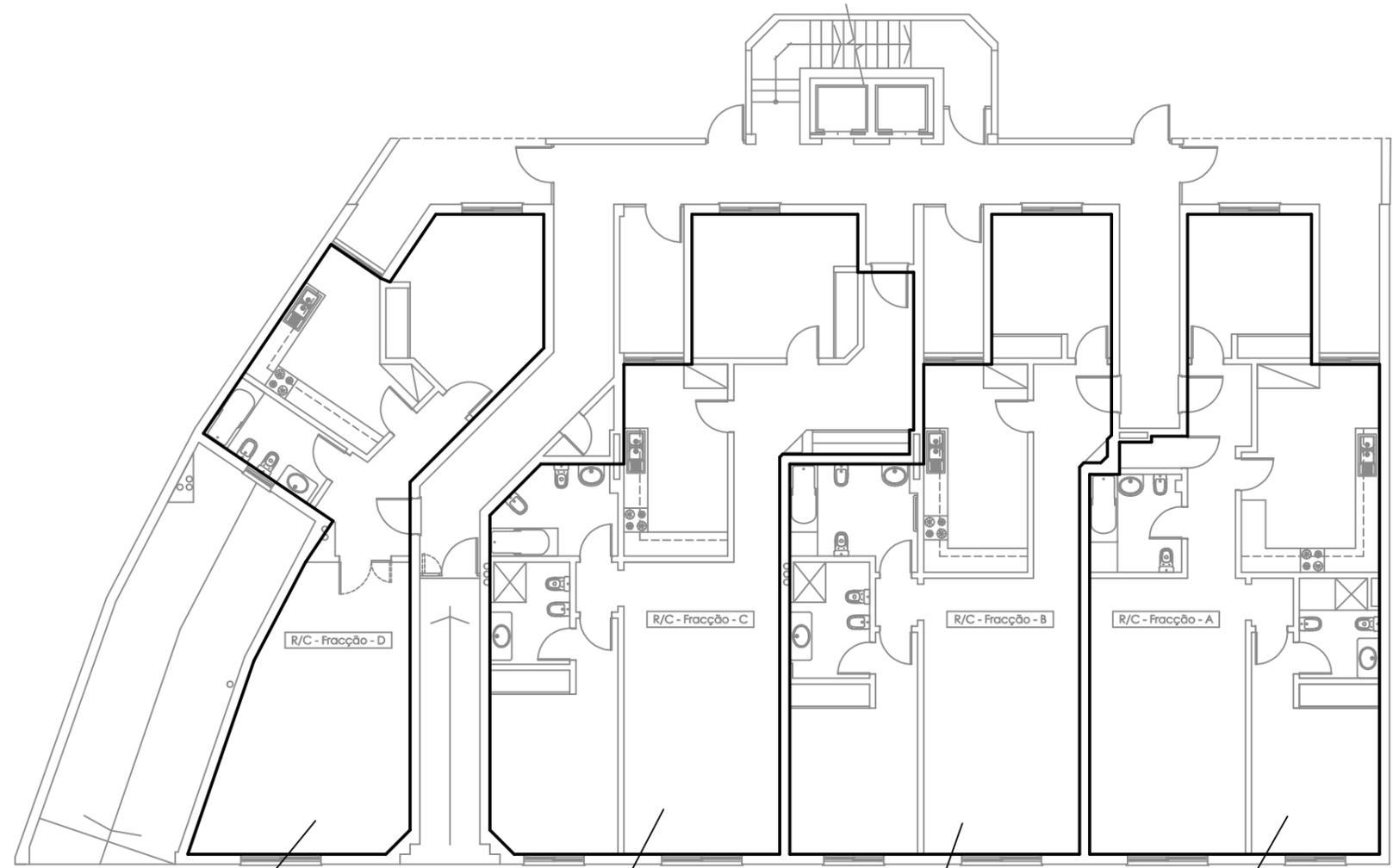
		Casos de estudo – Perdas Térmicas Lineares	
Desenho:		PLANTAS E ALÇADOS	
Caso Estudo:		A_RC_SC_Évora_773.09_2009_1, 2, 4, 5, 6 e 7	
Localização:		—	
Técnico:	Processo: —	Escala: S/E	Data: SETEMBRO 2011
			Des. n.º



A\_Rc\_SC\_Palmela\_0585.0610\_1



				Caso de estudo – Perdas Térmicas Lineares	
				Desenho: PLANTAS E ALÇADOS	
				Caso Estudo: A_Rc_SC_Palmela_0585.0610_1	
				Localização: –	
Técnico:		Processo: –		Escala: S/E	
				Data: SETEMBRO 2011	
				Des. n.º	



A\_RC\_G\_Loulé\_460.05\_2009\_4

A\_RC\_G\_Loulé\_460.05\_2009\_3

A\_RC\_G\_Loulé\_460.05\_2009

A\_RC\_G\_Loulé\_460.05\_2009\_2



Casos de estudo – Perdas Térmicas Lineares

Desenho: PLANTAS E ALÇADOS

Caso Estudo: A\_RC\_G\_Loulé\_460.05\_2009, 2, 3 e 4

Localização: -

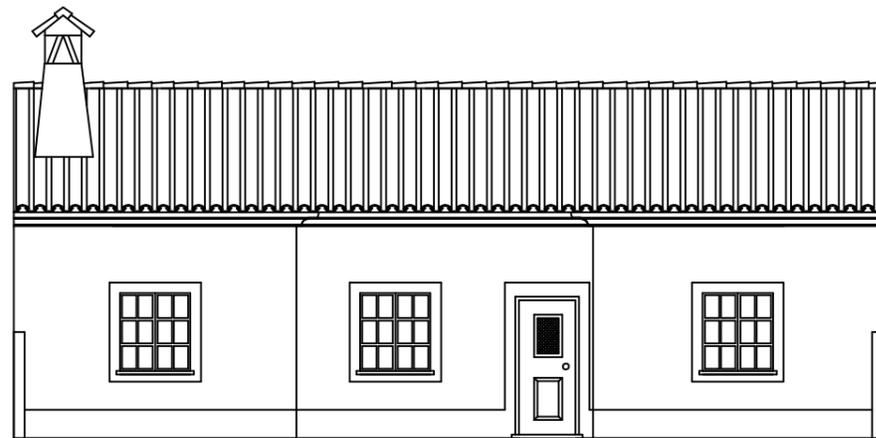
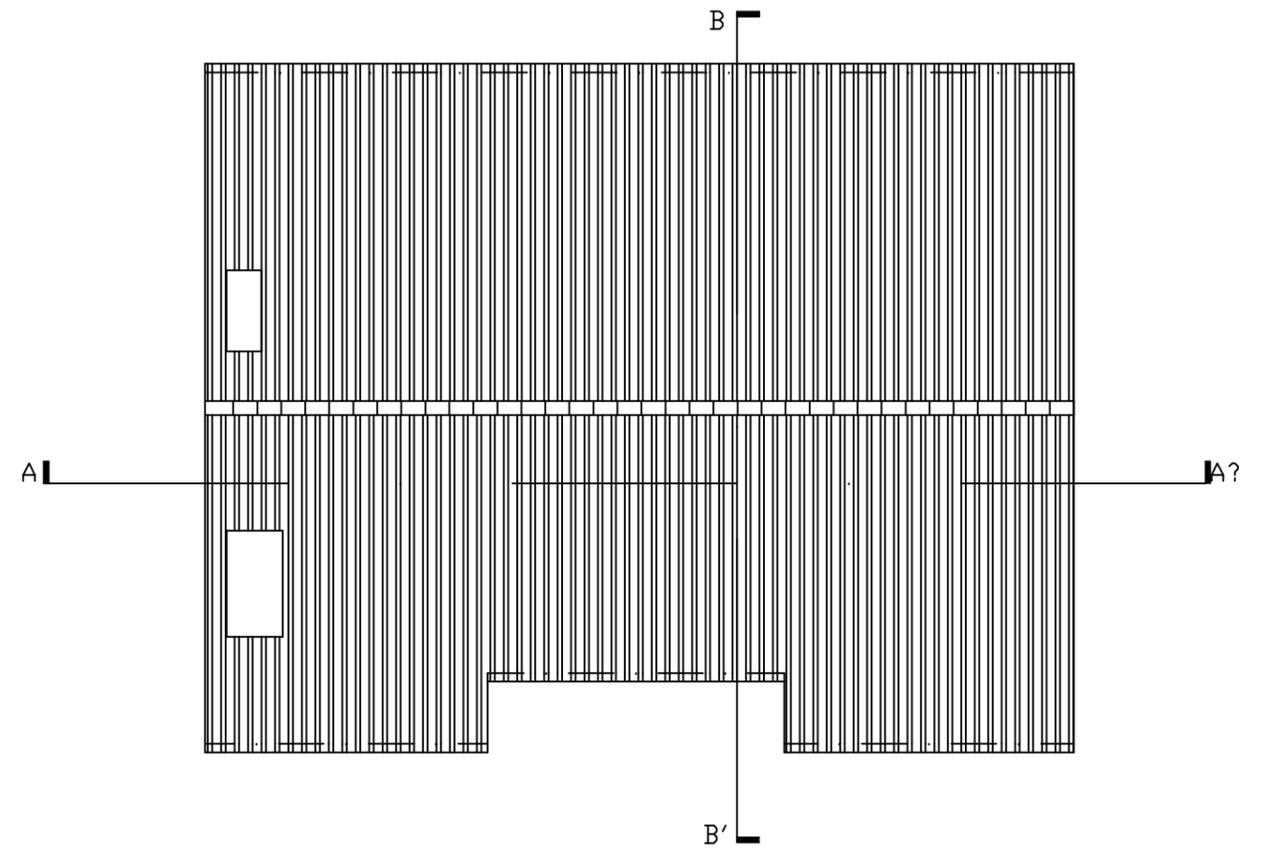
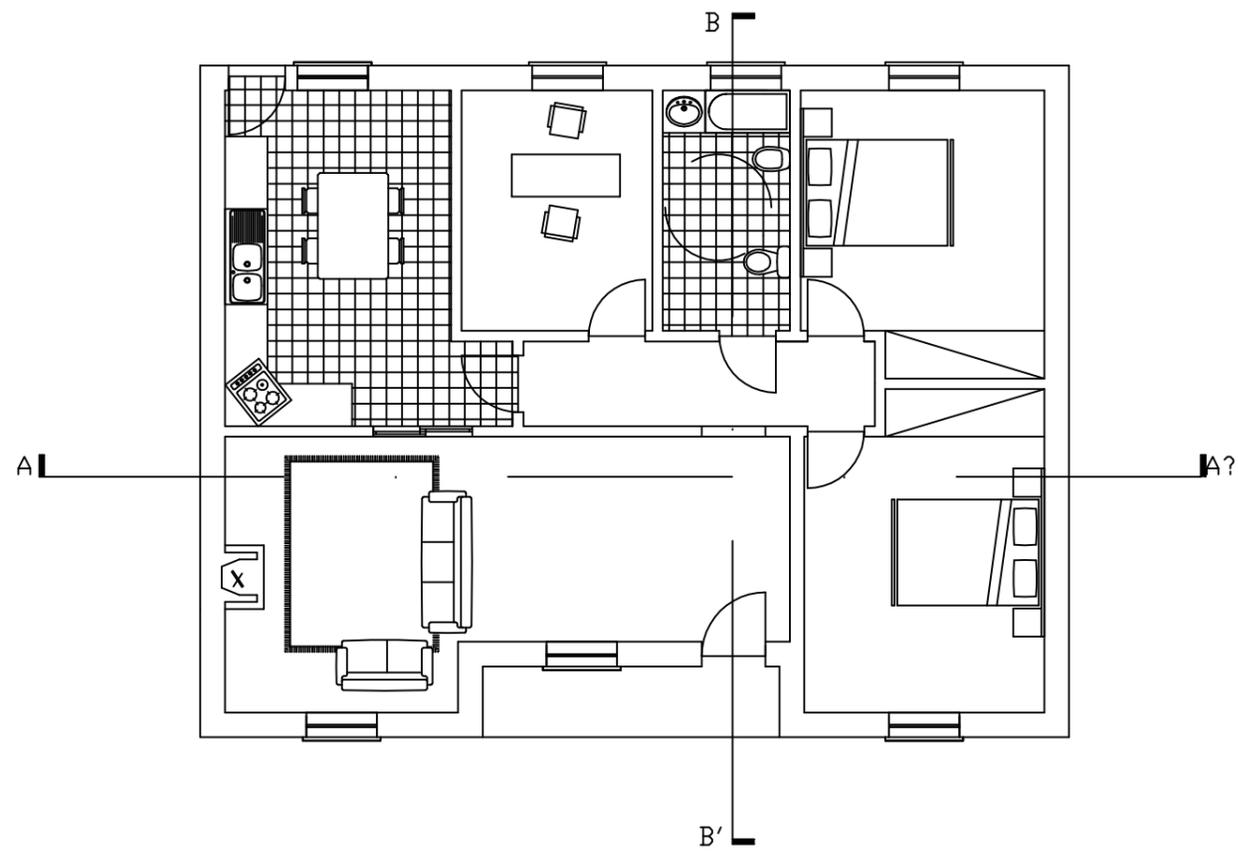
Técnico:

Processo: -

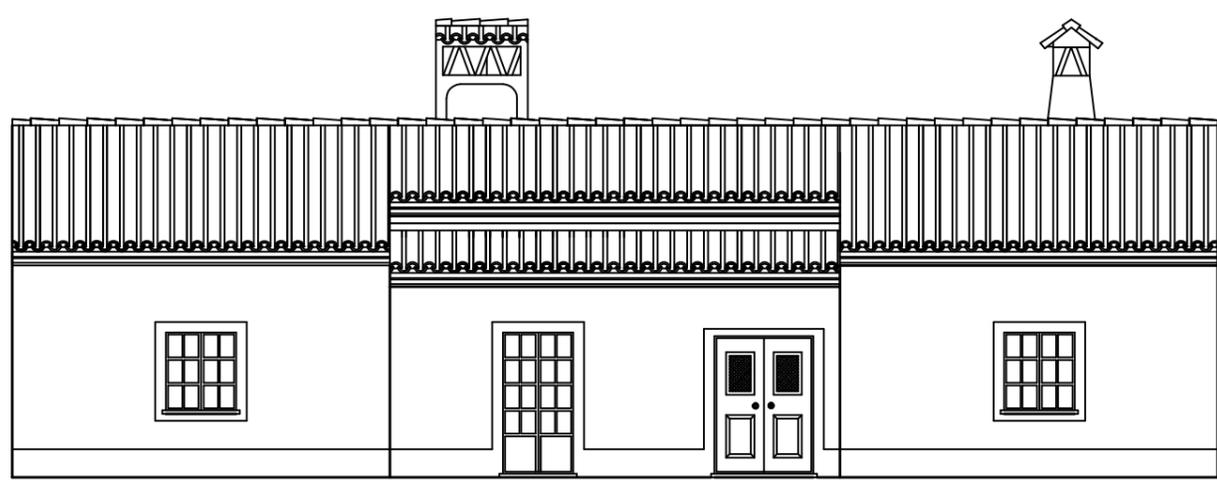
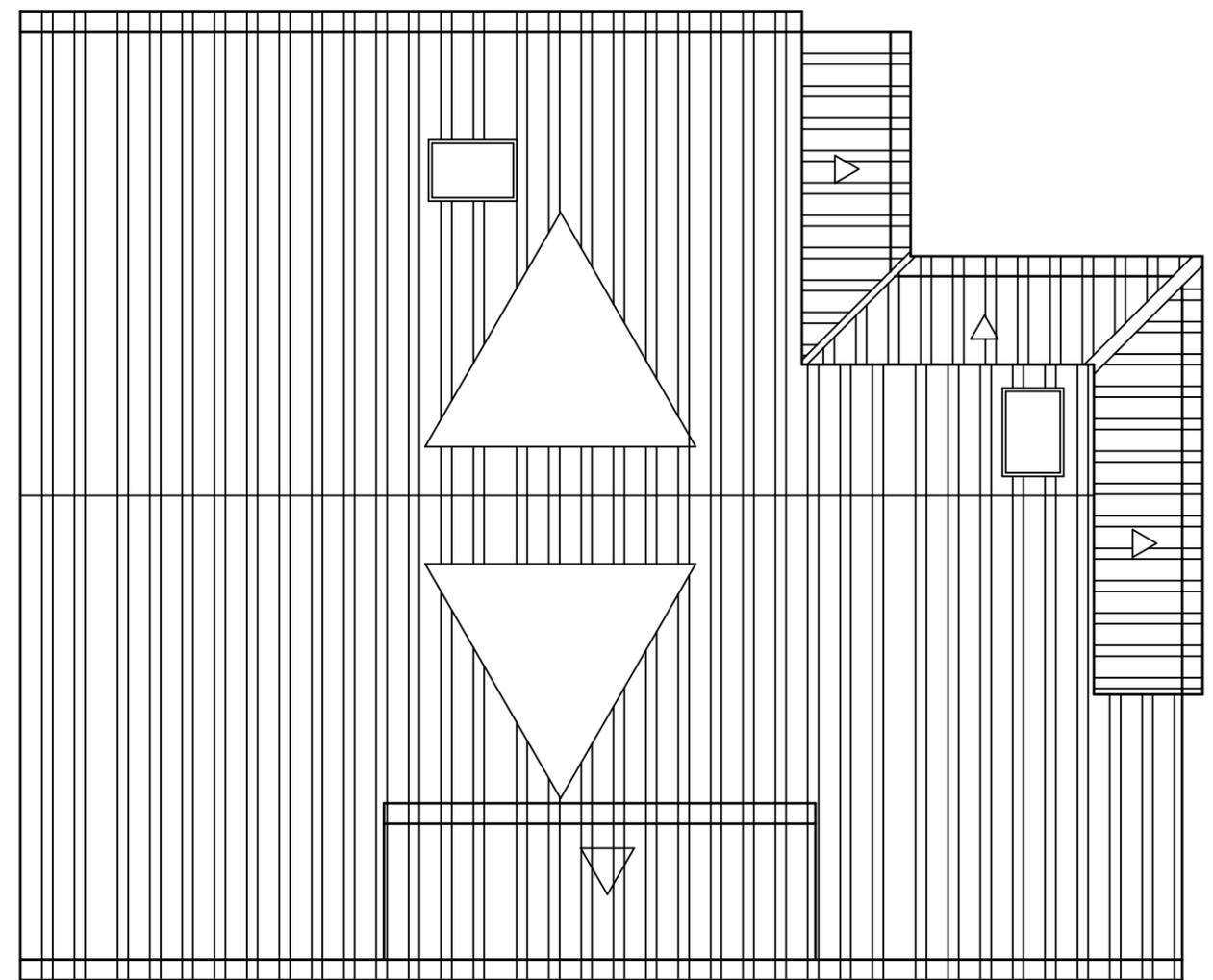
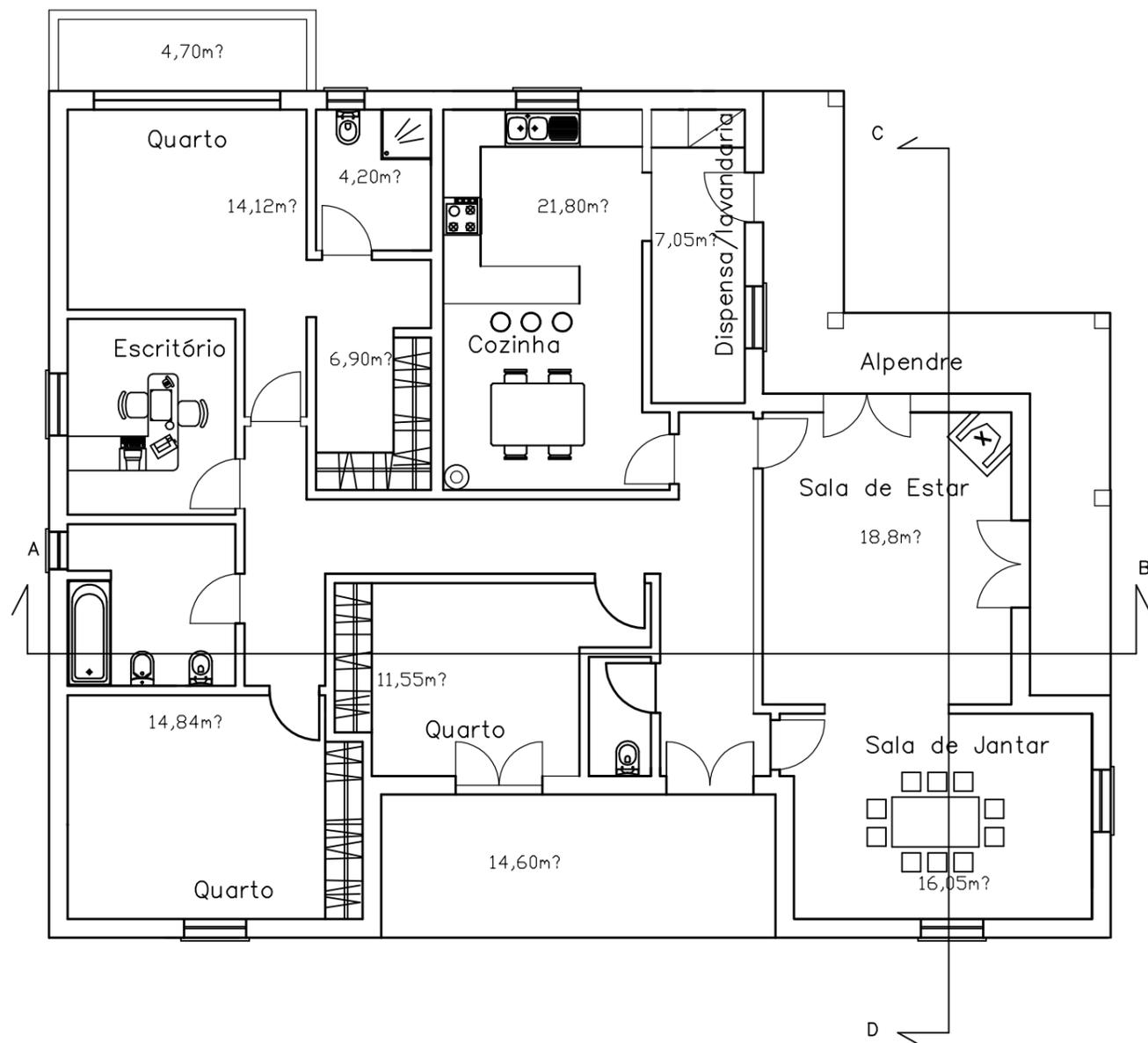
Escala: S/E

Data: SETEMBRO 2011

Des. n.º

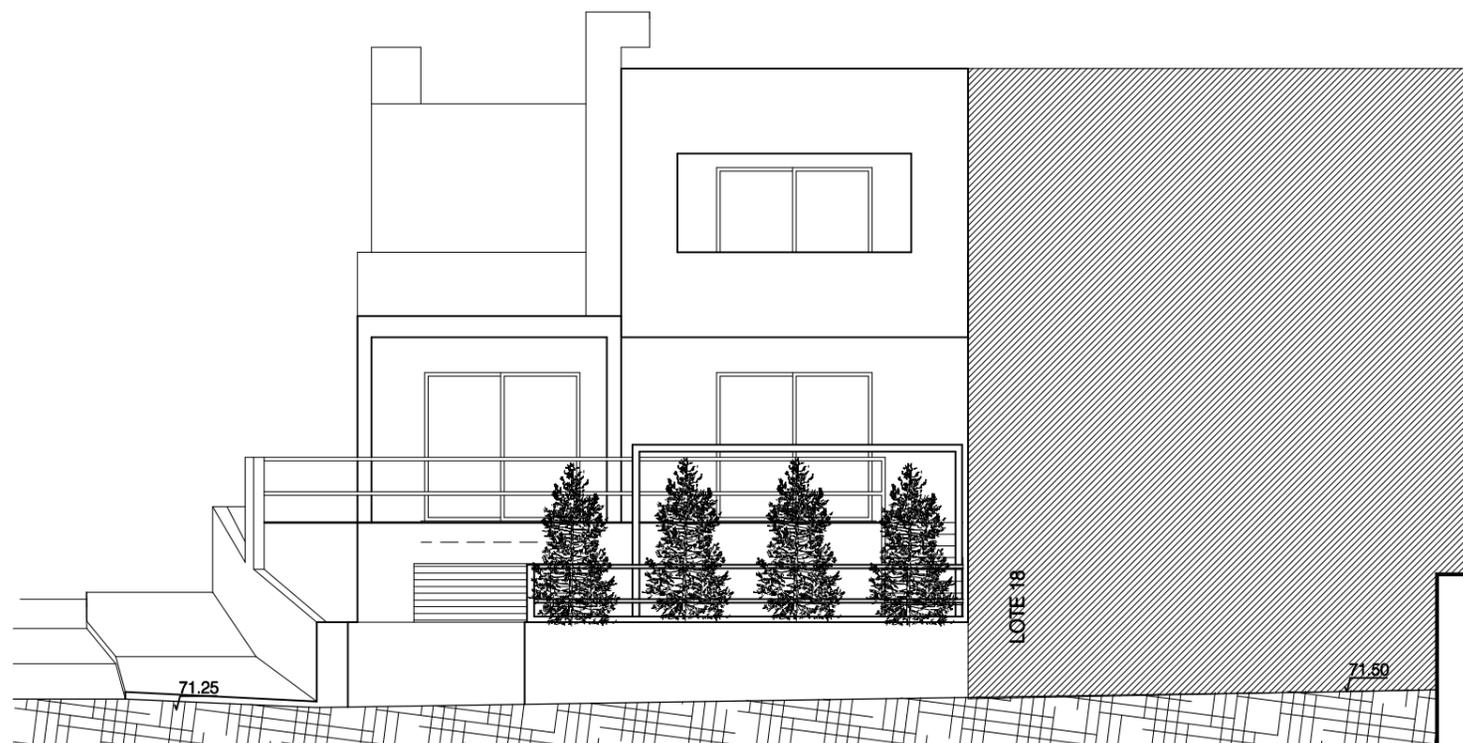
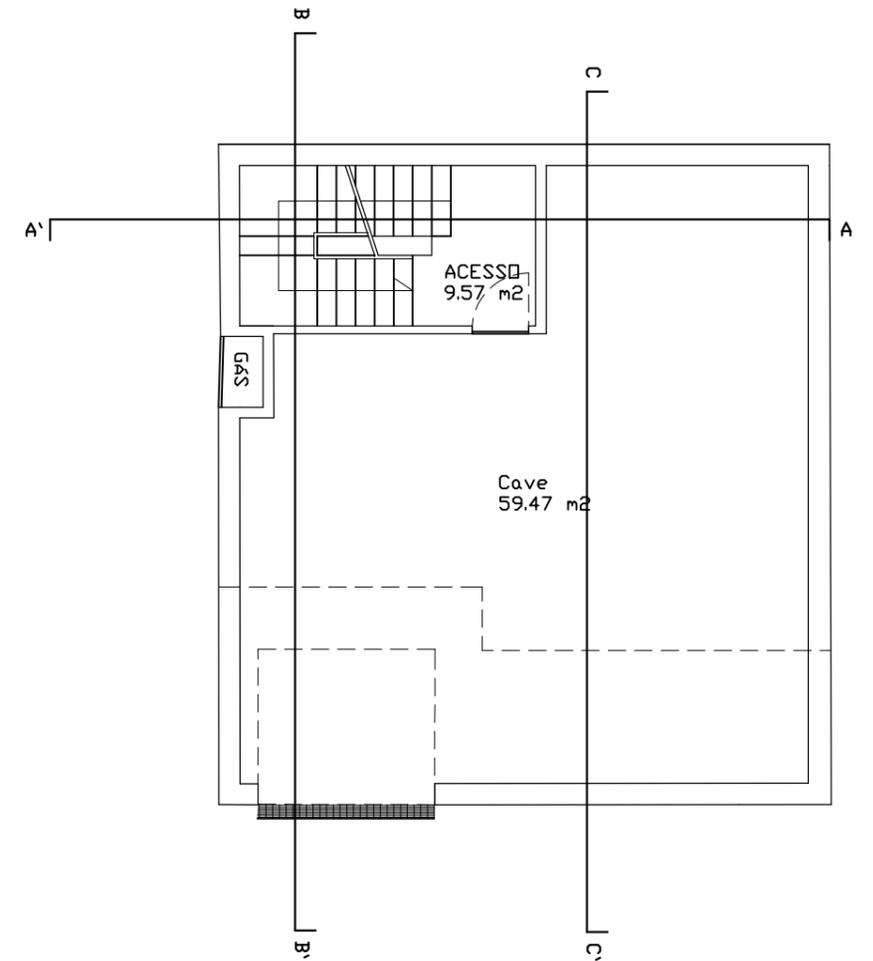
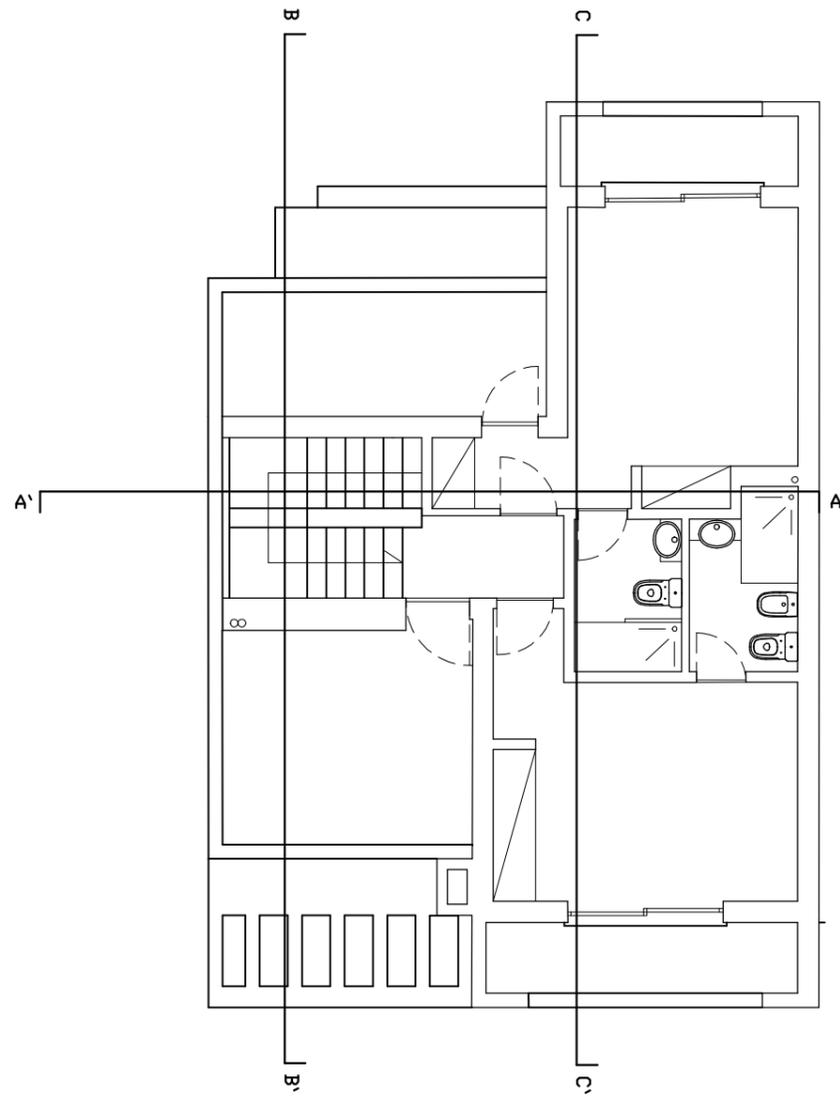
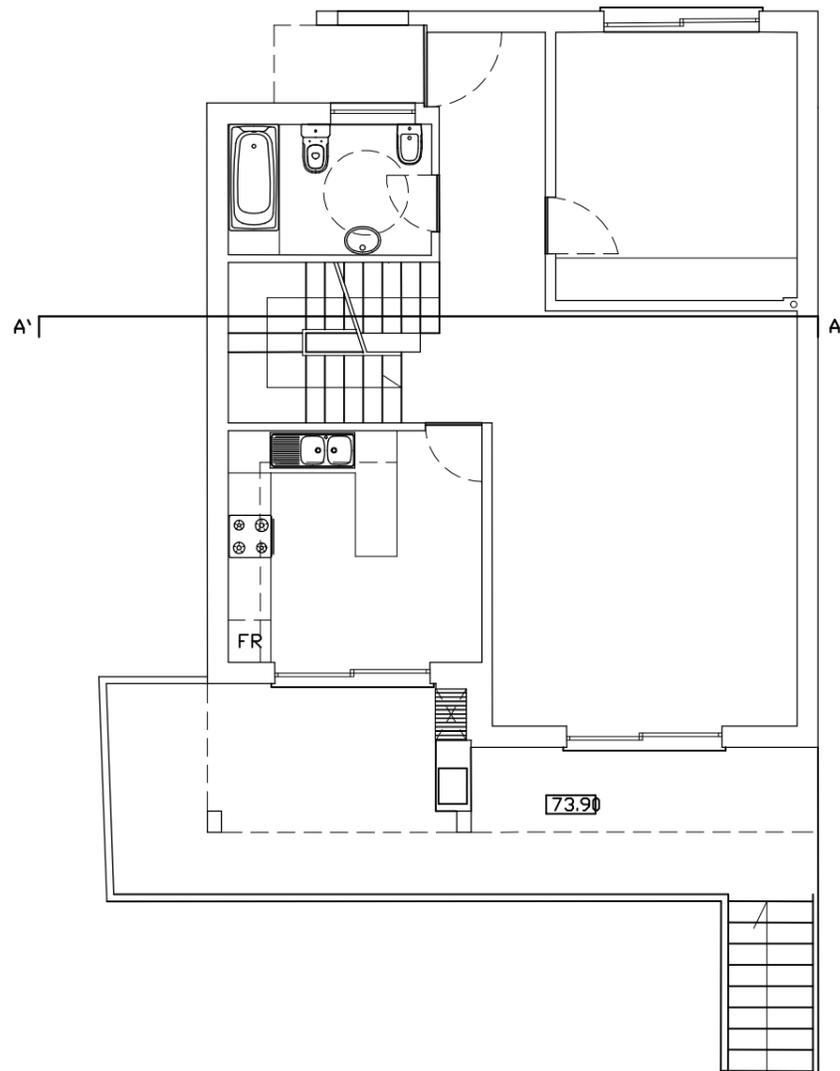


		Caso de estudo – Perdas Térmicas Lineares		
		Desenho: PLANTAS E ALÇADOS		
		Caso Estudo: U1_SC_LS_Monforte_0083.0110		
		Localização: –		
Técnico:	Processo: –	Escala: 1/100	Data: SETEMBRO 2011	Des. n.º

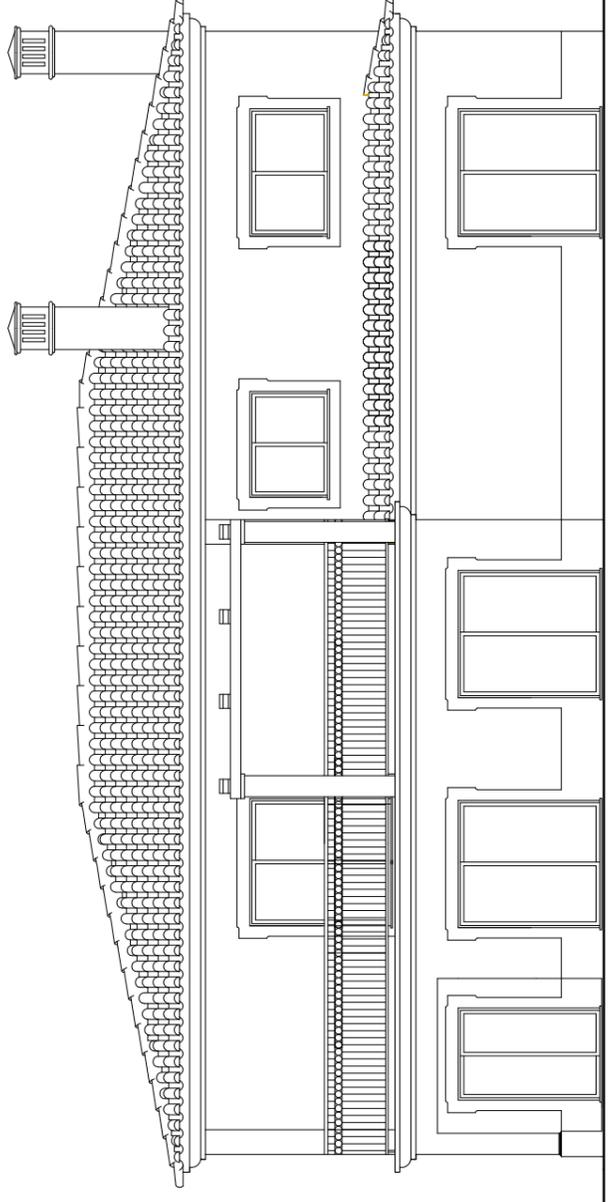
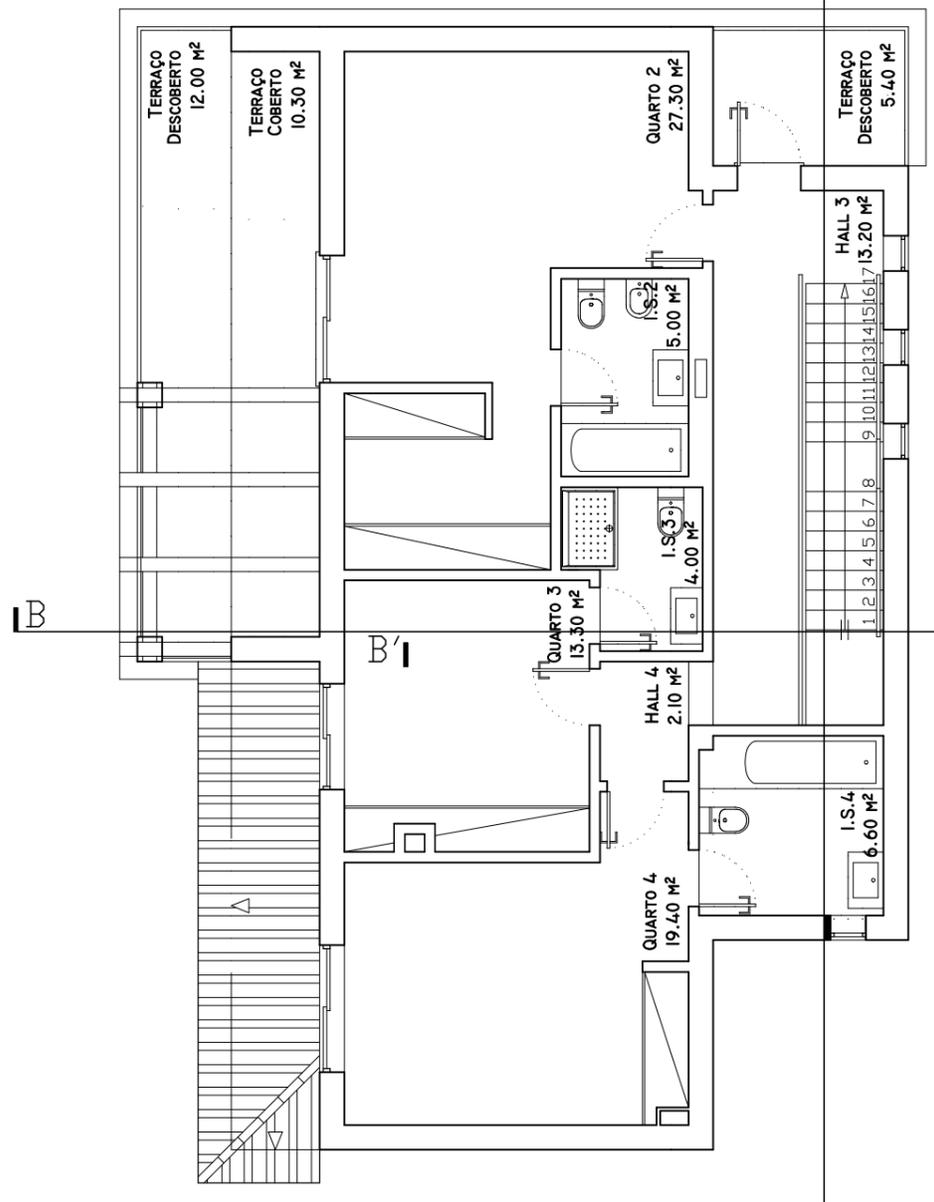
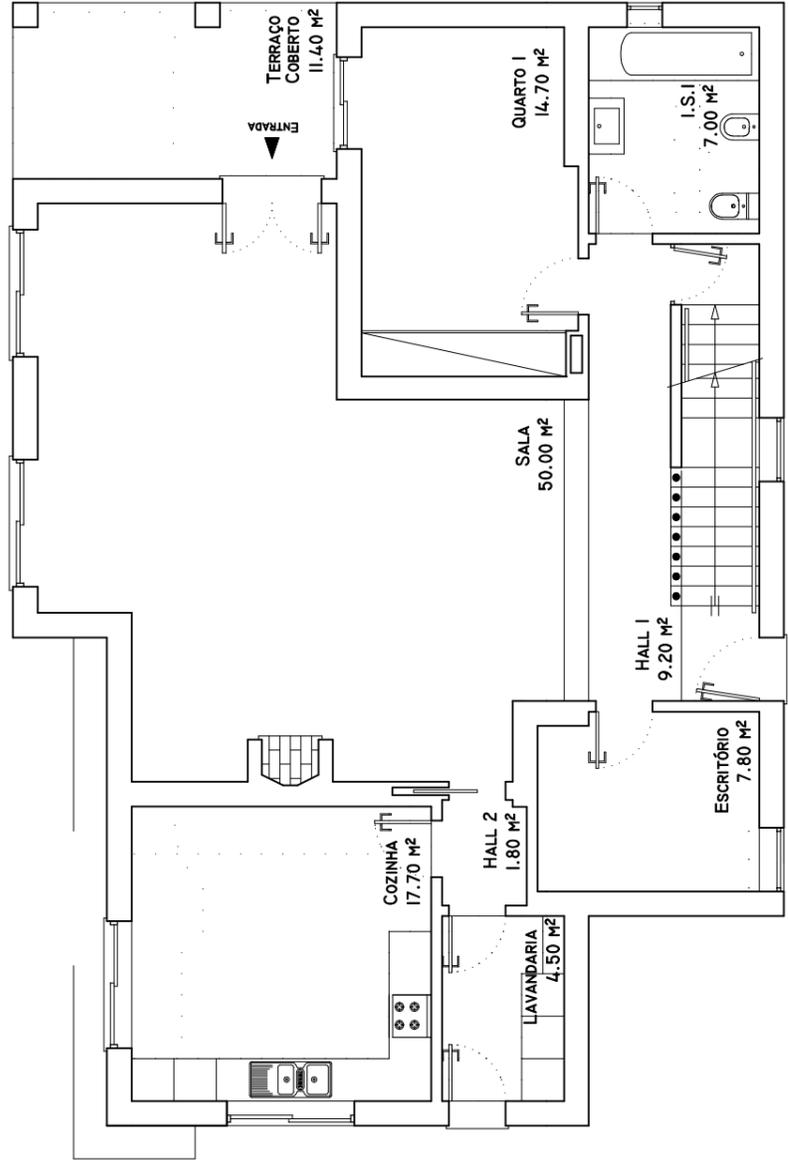


Alçado principal

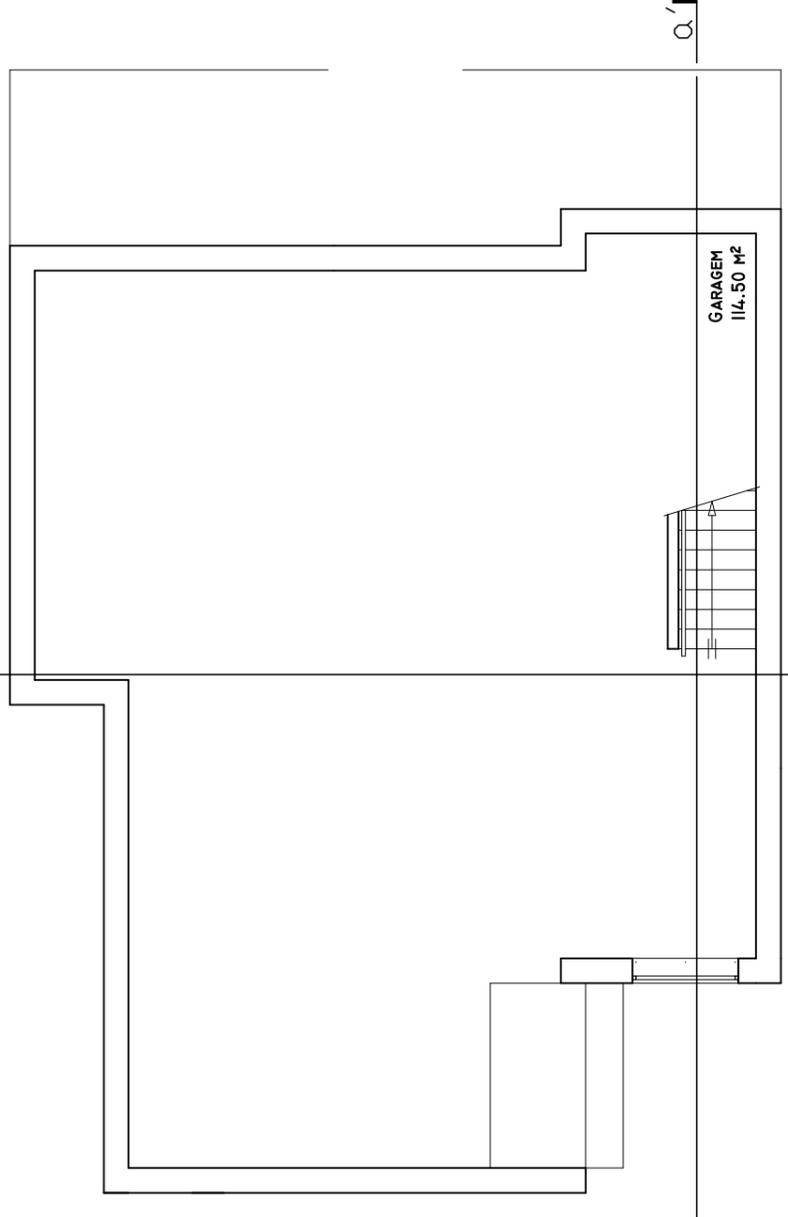
		Caso de estudo – Perdas Térmicas Lineares		
		Desenho:	PLANTAS E ALÇADOS	
		Caso Estudo:	U1_SC_LS_Monforte_0624.0610	
		Localização:	–	
Técnico:	Processo: –	Escala:	1/100	Data: SETEMBRO 2011
				Des. n.º



Caso de estudo – Perdas Térmicas Lineares				
Desenho:		PLANTAS E ALÇADOS		
Caso Estudo:		U2_CC_Loulé_Lote_17		
Localização:		—		
Técnico:	Processo: —	Escala: 1/100	Data: SETEMBRO 2011	Des. n.º

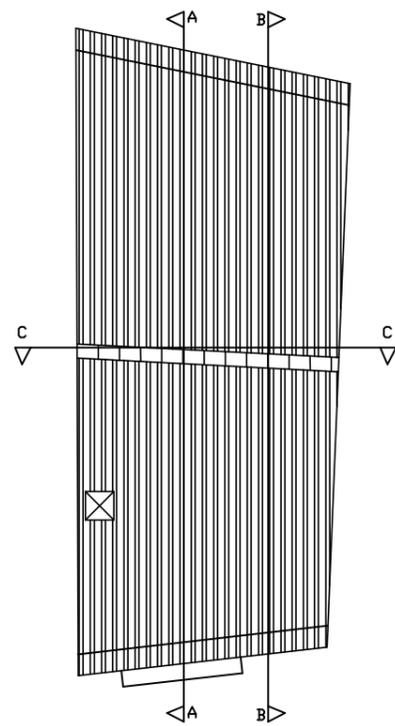
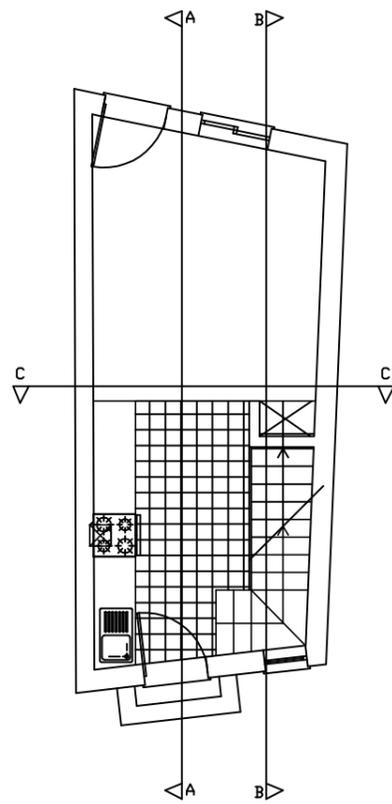


Alçado Sul

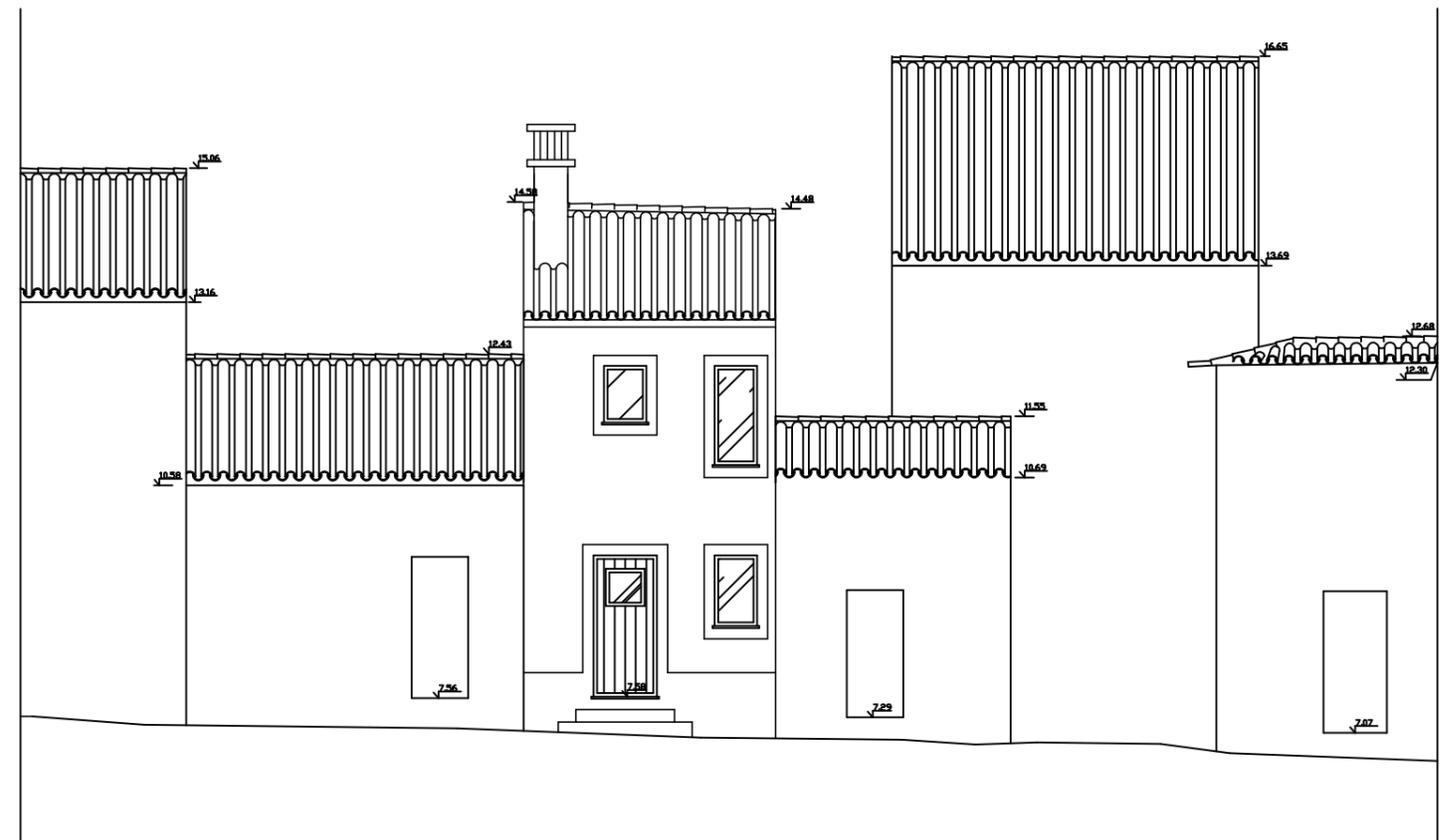


Caso de estudo – Perdas Térmicas Lineares	
Desenho:	PLANTAS E ALÇADOS
Caso Estudo:	U2_CC_Silves_0559.0511
Localização:	—
Técnico:	—
Processo:	—
Escala:	1/100
Data:	SETEMBRO 2011
Des. n.º	—

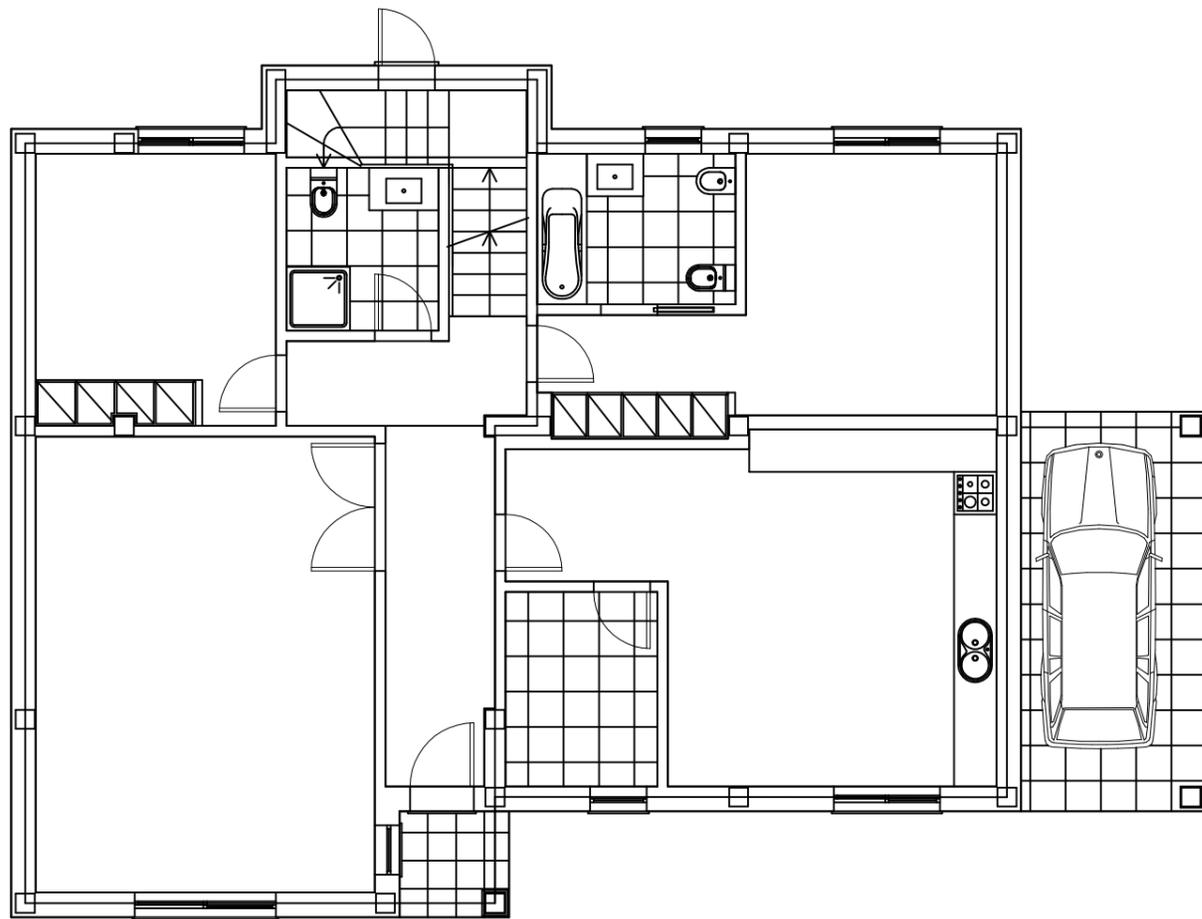
PLANTA PISO 0



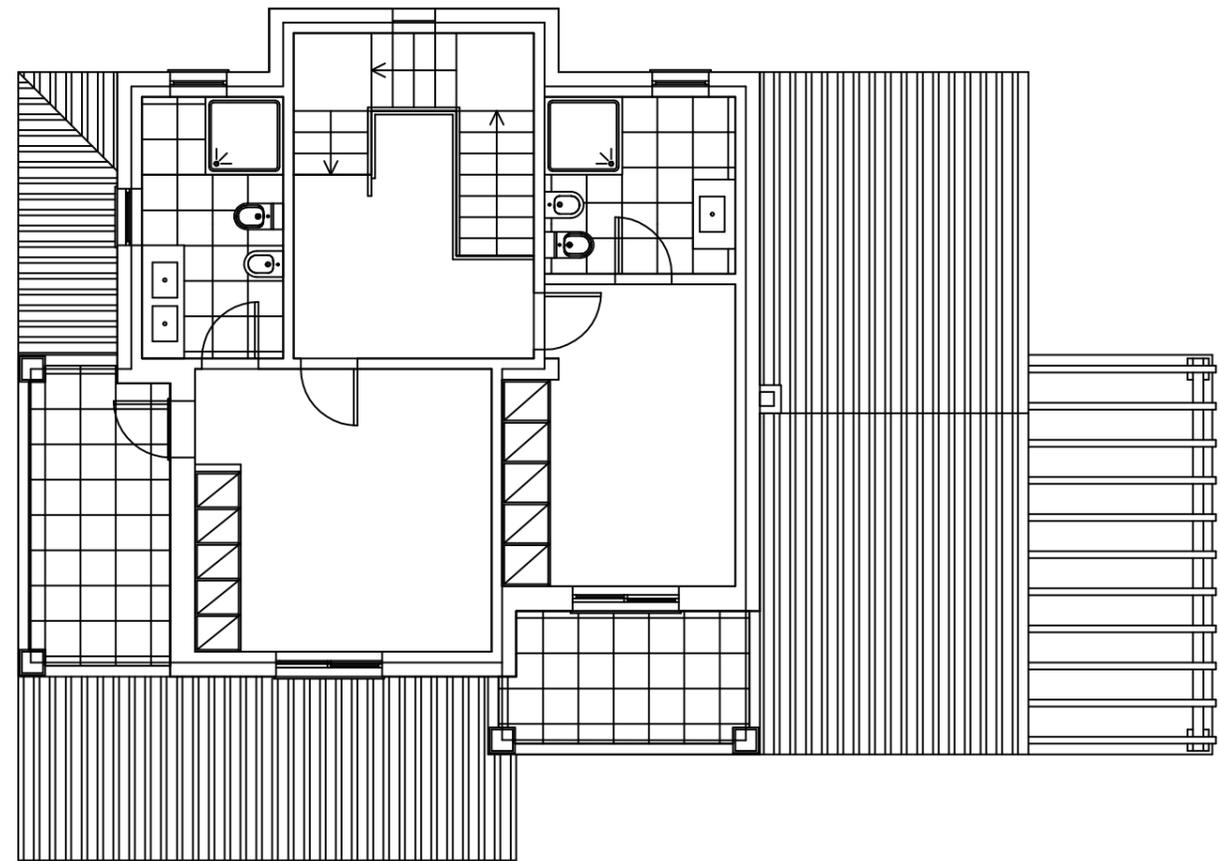
PLANTA COBERTURA



Caso de estudo – Perdas Térmicas Lineares			
Desenho:		PLANTAS E ALÇADOS	
Caso Estudo:		U2_SC_Aljezur_0041.0110	
Localização:		—	
Técnico:	Processo: —	Escala: 1/100	Data: SETEMBRO 2011
			Des. n.º



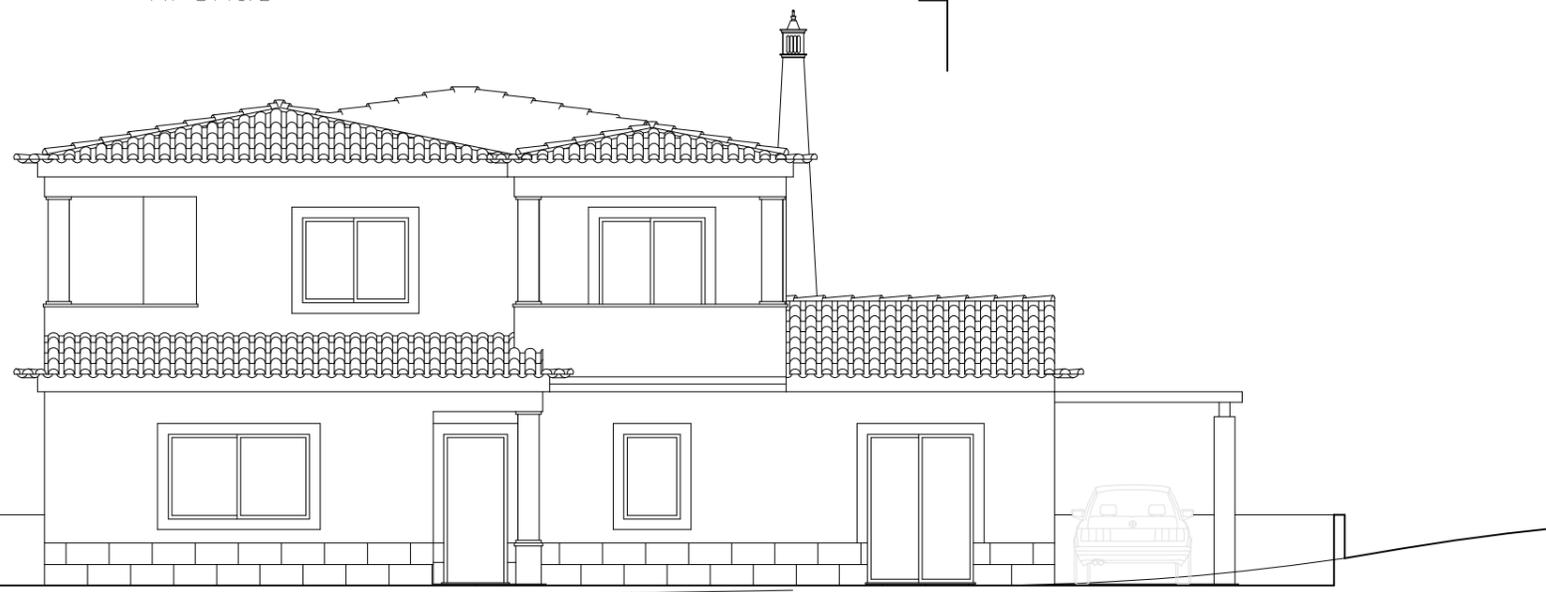
J  
J'



1º Andar

R/Chão

I  
I'



CORTE E:E'

		Caso de estudo – Perdas Térmicas Lineares		
		Desenho: PLANTAS E ALÇADOS		
		Caso Estudo: U2_SC_Silves_0051.0110		
		Localização: –		
Técnico:	Processo: –	Escala: 1/100	Data: SETEMBRO 2011	Des. n.º

**ANEXO III – Perdas térmicas lineares – Tabelas de cálculo referentes aos casos em estudo**

Morada unifamiliar de piso térreo sem cave:

Anexo III – Tabela 1 – U1\_SC\_Calheta\_0795.0810

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	120,34	Peso:	54%
Total PTL Envolvente Exterior	64,42		
Total Perdas Envolvente Interior	84,62	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	204,96	Peso:	31%
Total PTL Ext + Int	64,42		

Anexo III - Tabela 2 - U1\_SC\_LS\_Estremoz\_1150.1110

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	148,46	Peso:	55%
Total PTL Envolvente Exterior	81,66		
Total Perdas Envolvente Interior	154,88	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	303,34	Peso:	27%
Total PTL Ext + Int	81,66		

Anexo III – Tabela 3 - U1\_SC\_LS\_Estremoz\_1133.1010

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	307,42	Peso:	58%
Total PTL Envolvente Exterior	177,11		
Total Perdas Envolvente Interior	229,52	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	536,94	Peso:	33%
Total PTL Ext + Int	177,11		

Anexo III - Tabela 4 - U1\_SC\_LS\_Aljezur\_0737.0710

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	98,29	Peso:	52%
Total PTL Envolvente Exterior	51,43		

Total Perdas Envolvente Interior	58,99	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,20		

Total Perdas Env Ext + Int	157,28	Peso:	33%
Total PTL Ext + Int	51,63		

Anexo III - Tabela 5 - U1\_SC\_LS\_Silves\_0700.0610

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	243,69	Peso:	44%
Total PTL Envolvente Exterior	108,14		

Total Perdas Envolvente Interior	35,52	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	279,21	Peso:	39%
Total PTL Ext + Int	108,14		

Anexo III - Tabela 6 - U1\_SC\_LS\_Monforte\_0624.0610

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	270,14	Peso:	31%
Total PTL Envolvente Exterior	83,64		

Total Perdas Envolvente Interior	39,88	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	310,02	Peso:	27%
Total PTL Ext + Int	83,64		

Anexo III – Tabela- 7- U1\_SC\_LS\_Monforte\_0083.0110

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	173,02	Peso:	33%
Total PTL Envolvente Exterior	57,85		

Total Perdas Envolvente Interior	18,32	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	191,35	Peso:	30%
Total PTL Ext + Int	57,85		

Moradia unifamiliar de dois e três pisos sem cave:

Anexo III – Tabela 8 - U2\_SC\_Setubal\_0114.0211\_L139

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	319,60	Peso:	32%
Total PTL Envolvente Exterior	101,57		
Total Perdas Envolvente Interior	15,77	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	335,37	Peso:	30%
Total PTL Ext + Int	101,57		

Anexo III – Tabela - 9 - U2\_SC\_Setubal\_0114.0211

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	314,25	Peso:	31%
Total PTL Envolvente Exterior	97,04		
Total Perdas Envolvente Interior	23,47	Peso:	13%
Total PTL Envolvente Interior	3,03		
Total Perdas Env Ext + Int	337,72	Peso:	30%
Total PTL Ext + Int	100,07		

Anexo III - Tabela 10 - U2\_SC\_Silves\_0051.0110

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	333,59	Peso:	28%
Total PTL Envolvente Exterior	93,52		
Total Perdas Envolvente Interior	9,07	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	342,66	Peso:	27%
Total PTL Ext + Int	93,52		

Anexo III – Tabela 11 - U2\_SC\_ViladoBispo\_0044.0110

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	301,28	Peso:	51%
Total PTL Envolvente Exterior	153,15		

Total Perdas Envolvente Interior	175,93	Peso:	3%
Total PTL Envolvente Interior	4,86		

Total Perdas Env Ext + Int	477,22	Peso:	33%
Total PTL Ext + Int	158,01		

Anexo III – Tabela 12 - U2\_SC\_Aljezur\_0041.0110

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	87,87	Peso:	29%
Total PTL Envolvente Exterior	25,13		

Total Perdas Envolvente Interior	14,91	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	102,79	Peso:	24%
Total PTL Ext + Int	25,13		

Anexo III – Tabela 13 - U2\_SC\_Loulé\_0001.0109

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	295,43	Peso:	29%
Total PTL Envolvente Exterior	84,28		

Total Perdas Envolvente Interior	31,86	Peso:	10%
Total PTL Envolvente Interior	3,29		

Total Perdas Env Ext + Int	327,29	Peso:	27%
Total PTL Ext + Int	87,57		

Anexo III – Tabela 14 - U2\_SC\_Aljezur\_0251.0310

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	161,39	Peso:	42%
Total PTL Envolvente Exterior	67,76		

Total Perdas Envolvente Interior	34,95	Peso:	5%
Total PTL Envolvente Interior	1,78		

Total Perdas Env Ext + Int	196,34	Peso:	35%
Total PTL Ext + Int	69,54		

Moradia unifamiliar de dois pisos não enterrados e cave:

Anexo III - Tabela 15 - U2\_CC\_Loulé\_0216.0211

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	581,84	Peso:	32%
Total PTL Envolvente Exterior	187,76		
Total Perdas Envolvente Interior	127,55	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	709,38	Peso:	26%
Total PTL Ext + Int	187,76		

Anexo III – Tabela 16 - U2\_CC\_VilaFrancaXira\_0425

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	314,74	Peso:	33%
Total PTL Envolvente Exterior	103,56		
Total Perdas Envolvente Interior	31,53	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	346,27	Peso:	30%
Total PTL Ext + Int	103,56		

Anexo III - Tabela 17 - U2\_CC\_Lourinhã\_0517.0510

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	261,83	Peso:	36%
Total PTL Envolvente Exterior	94,97		
Total Perdas Envolvente Interior	39,49	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	301,32	Peso:	32%
Total PTL Ext + Int	94,97		

Anexo III – Tabela 18 - U2\_CC\_Olhão\_0162.0210

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	347,21	Peso:	36%
Total PTL Envolvente Exterior	123,56		

Total Perdas Envolvente Interior	52,71	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	399,93	Peso:	31%
Total PTL Ext + Int	123,56		

Anexo III – Tabela 19 - U2\_CC\_Lagos\_0108.0210

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	170,05	Peso:	37%
Total PTL Envolvente Exterior	62,27		

Total Perdas Envolvente Interior	67,70	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	237,75	Peso:	26%
Total PTL Ext + Int	62,27		

Anexo III – Tabela 20 - U2\_CC\_ViladoBispo\_0044.0110

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	301,28	Peso:	51%
Total PTL Envolvente Exterior	153,15		

Total Perdas Envolvente Interior	175,93	Peso:	3%
Total PTL Envolvente Interior	4,86		

Total Perdas Env Ext + Int	477,22	Peso:	33%
Total PTL Ext + Int	158,01		

Anexo III – Tabela 21 - U2\_CC\_Loulé\_Lote\_17

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	169,77	Peso:	40%
Total PTL Envolvente Exterior	68,18		

Total Perdas Envolvente Interior	39,33	Peso:	7%
Total PTL Envolvente Interior	2,67		

Total Perdas Env Ext + Int	209,10	Peso:	34%
Total PTL Ext + Int	70,85		

Apartamento de rés-do-chão sobre garagem:

Anexo III – Tabela 22 - A\_RC\_G\_Loulé\_460.05\_2009\_4

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	82,42	Peso:	49%
Total PTL Envolvente Exterior	40,51		
Total Perdas Envolvente Interior	50,23	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	132,65	Peso:	31%
Total PTL Ext + Int	40,51		

Anexo III – Tabela 23 - A\_RC\_G\_Palmela\_0585.0610

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	76,49	Peso:	46%
Total PTL Envolvente Exterior	35,46		
Total Perdas Envolvente Interior	0,93	Peso:	1%
Total PTL Envolvente Interior	0,44		
Total Perdas Env Ext + Int	77,42	Peso:	46%
Total PTL Ext + Int	35,89		

Anexo III – Tabela 24 - A\_RC\_G\_Palmela\_0585.0610\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	19,05	Peso:	91%
Total PTL Envolvente Exterior	17,27		
Total Perdas Envolvente Interior	31,87	Peso:	4%
Total PTL Envolvente Interior	1,38		
Total Perdas Env Ext + Int	50,92	Peso:	37%
Total PTL Ext + Int	18,65		

Anexo III – Tabela 25 - A\_RC\_G\_Palmela\_0585.0610\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	19,17	Peso:	90%
Total PTL Envolvente Exterior	17,33		

Total Perdas Envolvente Interior	30,19	Peso:	4%
Total PTL Envolvente Interior	1,19		

Total Perdas Env Ext + Int	49,36	Peso:	38%
Total PTL Ext + Int	18,52		

Anexo III - Tabela 26 - A\_RC\_G\_Palmela\_0585.0610\_4

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	38,46	Peso:	68%
Total PTL Envolvente Exterior	26,05		

Total Perdas Envolvente Interior	30,96	Peso:	5%
Total PTL Envolvente Interior	1,48		

Total Perdas Env Ext + Int	69,42	Peso:	40%
Total PTL Ext + Int	27,53		

Anexo III – Tabela 27 - A\_RC\_G\_Palmela\_0585.0610\_5

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	43,58	Peso:	67%
Total PTL Envolvente Exterior	29,38		

Total Perdas Envolvente Interior	32,04	Peso:	2%
Total PTL Envolvente Interior	0,75		

Total Perdas Env Ext + Int	75,62	Peso:	40%
Total PTL Ext + Int	30,14		

Anexo III - Tabela 28 - A\_RC\_G\_Palmela\_0585.0610\_5

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	46,58	Peso:	73%
Total PTL Envolvente Exterior	33,90		

Total Perdas Envolvente Interior	30,61	Peso:	1%
Total PTL Envolvente Interior	0,44		

Total Perdas Env Ext + Int	77,19	Peso:	44%
Total PTL Ext + Int	34,33		

Apartamento de rés do chão:

Anexo III – Tabela 29- A\_RC\_SC\_Évora\_773.09\_2009\_4

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	47,40	Peso:	30%
Total PTL Envolvente Exterior	14,32		
Total Perdas Envolvente Interior	1,91	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	49,31	Peso:	29%
Total PTL Ext + Int	14,32		

Anexo III – Tabela 30 - A\_RC\_SC\_Évora\_773.09\_2009\_5

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	71,35	Peso:	26%
Total PTL Envolvente Exterior	18,46		
Total Perdas Envolvente Interior	3,78	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	75,13	Peso:	25%
Total PTL Ext + Int	18,46		

Anexo III – Tabela 31 - A\_RC\_SC\_Évora\_773.09\_2009\_6

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	43,21	Peso:	29%
Total PTL Envolvente Exterior	12,52		
Total Perdas Envolvente Interior	3,77	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	46,99	Peso:	27%
Total PTL Ext + Int	12,52		

Anexo III – Tabela 32 - A\_RC\_SC\_Évora\_773.09\_2009\_7

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	53,40	Peso:	28%
Total PTL Envolvente Exterior	15,15		

Total Perdas Envolvente Interior	17,40	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	70,80	Peso:	21%
Total PTL Ext + Int	15,15		

Anexo III – Tabela 33 - A\_RC\_SC\_Palmela\_0585.0610\_1

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	58,38	Peso:	62%
Total PTL Envolvente Exterior	35,93		

Total Perdas Envolvente Interior	14,85	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	73,23	Peso:	49%
Total PTL Ext + Int	35,93		

Anexo III - Tabela 34 - A\_RC\_SC\_Palmela\_0585.0610\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	46,58	Peso:	73%
Total PTL Envolvente Exterior	33,90		

Total Perdas Envolvente Interior	12,87	Peso:	3%
Total PTL Envolvente Interior	0,44		

Total Perdas Env Ext + Int	59,46	Peso:	58%
Total PTL Ext + Int	34,33		

Anexo III – Tabela 35 - A\_RC\_SC\_Palmela\_0585.0610\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	19,43	Peso:	89%
Total PTL Envolvente Exterior	17,27		

Total Perdas Envolvente Interior	14,29	Peso:	10%
Total PTL Envolvente Interior	1,38		

Total Perdas Env Ext + Int	33,72	Peso:	55%
Total PTL Ext + Int	18,65		

Apartamento em piso intermédio:

Anexo III – Tabela 36 - A\_I\_Evora\_773.09\_2009\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	31,83	Peso:	50%
Total PTL Envolvente Exterior	15,80		
Total Perdas Envolvente Interior	5,15	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	36,98	Peso:	43%
Total PTL Ext + Int	15,80		

Anexo III – Tabela 37- A\_I\_Evora\_773.09\_2009\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	13,06	Peso:	45%
Total PTL Envolvente Exterior	5,87		
Total Perdas Envolvente Interior	19,95	Peso:	23%
Total PTL Envolvente Interior	4,65		
Total Perdas Env Ext + Int	33,01	Peso:	32%
Total PTL Ext + Int	10,52		

Anexo III - Tabela 38 - A\_I\_Evora\_773.09\_2009\_4

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	28,11	Peso:	49%
Total PTL Envolvente Exterior	13,71		
Total Perdas Envolvente Interior	18,03	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	46,14	Peso:	30%
Total PTL Ext + Int	13,71		

Anexo III – Tabela 39 - A\_I\_Loulé\_460.05\_2009\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	69,79	Peso:	38%
Total PTL Envolvente Exterior	26,85		

Total Perdas Envolvente Interior	0,00	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	69,79	Peso:	38%
Total PTL Ext + Int	26,85		

Anexo III – Tabela 40 - A\_I\_Loulé\_493.05\_2009\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	27,35	Peso:	53%
Total PTL Envolvente Exterior	14,59		

Total Perdas Envolvente Interior	0,00	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	27,35	Peso:	53%
Total PTL Ext + Int	14,59		

Anexo III – Tabela 41- A\_I\_Loulé\_493.05\_2009\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	27,35	Peso:	53%
Total PTL Envolvente Exterior	14,59		

Total Perdas Envolvente Interior	0,00	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	27,35	Peso:	53%
Total PTL Ext + Int	14,59		

Apartamento no ultimo piso (cobertura):

Anexo III – Tabela - 42- A\_C\_Loulé\_493.05\_2009\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	84,91	Peso:	28%
Total PTL Envolvente Exterior	23,43		

Total Perdas Envolvente Interior	0,00	Peso:	0%
----------------------------------	------	-------	----

Total PTL Envolvente Interior	0,00
-------------------------------	------

Total Perdas Env Ext + Int	84,91	Peso:	28%
Total PTL Ext + Int	23,43		

Anexo III – Tabela 43 - A\_C\_Evora\_773.09\_2009\_1

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	21,96	Peso:	42%
Total PTL Envolvente Exterior	9,29		

Total Perdas Envolvente Interior	34,61	Peso:	21%
Total PTL Envolvente Interior	7,12		

Total Perdas Env Ext + Int	56,58	Peso:	29%
Total PTL Ext + Int	16,41		

Anexo III - Tabela 44 - A\_C\_Evora\_773.09\_2009\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	21,96	Peso:	42%
Total PTL Envolvente Exterior	9,29		

Total Perdas Envolvente Interior	18,28	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	40,24	Peso:	23%
Total PTL Ext + Int	9,29		

Anexo III – Tabela 45 - A\_C\_Evora\_773.09\_2009\_3

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	47,92	Peso:	43%
Total PTL Envolvente Exterior	20,40		

Total Perdas Envolvente Interior	18,28	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		

Total Perdas Env Ext + Int	66,20	Peso:	31%
Total PTL Ext + Int	20,40		

Anexo III – Tabela 46 - A\_C\_Evora\_773.09\_2009\_4

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	21,96	Peso:	42%
Total PTL Envolvente Exterior	9,29		
Total Perdas Envolvente Interior	18,28	Peso:	0%
Total PTL Envolvente Interior	0,00		
Total Perdas Env Ext + Int	40,24	Peso:	23%
Total PTL Ext + Int	9,29		

Anexo III – Tabela 47 - A\_C\_Palmela\_0585.0610\_1

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	62,93	Peso:	54%
Total PTL Envolvente Exterior	34,27		
Total Perdas Envolvente Interior	3,61	Peso:	11%
Total PTL Envolvente Interior	0,40		
Total Perdas Env Ext + Int	66,54	Peso:	52%
Total PTL Ext + Int	34,67		

Anexo III - Tabela 48 - A\_C\_Palmela\_0585.0610\_2

	W/°C		
Total Perdas Envolvente Exterior	62,54	Peso:	53%
Total PTL Envolvente Exterior	33,10		
Total Perdas Envolvente Interior	3,61	Peso:	11%
Total PTL Envolvente Interior	0,40		
Total Perdas Env Ext + Int	66,15	Peso:	51%
Total PTL Ext + Int	33,50		

**ANEXO IV – Inércia térmica – Tabelas de cálculo referentes aos casos em estudo**

**Zona Climática I1V1:**

Anexo IV – Tabela 1 - I1\_V1\_0569.0511\_4

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V1_0569.0511_4							
Inércia	FORTE	56,58	57,31	10,45	22,00	1,58	A+
Térmica	FRACA	63,92		15,50		1,68	A+ (*)
	Diferença	7,34		5,05		0,10	
	%	12,97%		48,29%		6,47%	

Anexo IV – Tabela 2 - I1\_V1\_0564.0511\_5

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V1_0564.0511_5							
Inércia	FORTE	48,94	58,86	10,29	22,00	0,90	A+
Térmica	FRACA	57,43		16,17		1,02	A+
	Diferença	8,50		5,89		0,12	
	%	17,36%		57,23%		13,11%	

Anexo IV – Tabela 3 - I1\_V1\_0479.0410\_6

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V1_0479.0410_6							
Inércia	FORTE	52,15	57,01	13,09	22,00	0,94	A+
Térmica	FRACA	60,51		19,02		1,06	A+ (*)
	Diferença	8,37		5,92		0,12	
	%	16,05%		45,26%		12,51%	

Anexo IV - Tabela 4 - I1\_V1\_0212.0211\_7

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V1_0212.0211_7							
Inércia	FORTE	58,17	65,04	14,29	22,00	1,19	A
Térmica	FRACA	65,60		19,43		1,31	A (*)
	Diferença	7,43		5,14		0,12	
	%	12,77%		35,97%		10,08%	

(\*) – Classe energética obtida caso o cálculo estivesse regulamentar

Anexo IV – Tabela 5 - I1\_V1\_0924.0910\_8

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V1_0924.0910_8							
Inércia Térmica	FORTE	51,20	55,99	10,09	22,00	0,92	A+
	FRACA	59,06		15,89		1,04	A+ (*)
	Diferença	7,86		5,80		0,12	
	%	15,35%		57,48%		13,04%	

Anexo IV – Tabela 6 - I1\_V1\_0730.0711\_9

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V1_0730.0711_9							
Inércia Térmica	FORTE	50,75	56,79	12,07	22,00	1,01	A+
	FRACA	59,22		17,94		1,13	A (*)
	Diferença	8,47		5,87		0,12	
	%	16,69%		48,63%		11,88%	

Anexo IV – Tabela 7 - I1\_V1\_0692.0611\_10

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V1_0692.0611_10							
Inércia Térmica	FORTE	52,50	65,99	9,72	22,00	1,27	A
	FRACA	58,55		14,75		1,36	A
	Diferença	6,05		5,03		0,09	
	%	11,52%		51,72%		7,28%	

(\*) – Classe energética obtida caso o cálculo estivesse regulamentar

### Zona Climática I1V2:

Anexo IV – Tabela 8 - I1\_V2\_0569.0511\_4

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V2_0569.0511_4							
Inércia	FORTE	58,77	55,59	23,34	32,00	1,72	A+ (*)

Térmica	FRACA	64,73		24,90		1,78	A+ (*)
	Diferença	5,96		1,56		0,06	
	%	10,14%		6,67%		3,49%	

Anexo IV – Tabela 9 - I1\_V2\_0564.0511\_5

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V2_0564.0511_5							
Inércia	FORTE	51,44	57,09	24,43	32,00	1,04	A+
Térmica	FRACA	58,43		26,40		1,10	A+ (*)
	Diferença	6,99		1,97		0,06	
	%	13,59%		8,06%		5,44%	

Anexo IV – Tabela 10 - I1\_V2\_0479.0410\_6

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V2_0479.0410_6							
Inércia	FORTE	54,60	55,30	28,56	32,00	1,11	A
Térmica	FRACA	61,48		30,34		1,18	A (*)
	Diferença	6,88		1,77		0,07	
	%	12,60%		6,21%		6,31%	

Anexo IV – Tabela 11 - I1\_V2\_0212.0211\_7

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V2_0212.0211_7							
Inércia	FORTE	60,40	63,07	28,72	32,00	1,35	A
Térmica	FRACA	66,41		30,12		1,42	A (*)
	Diferença	6,01		1,40		0,07	
	%	9,95%		4,87%		5,19%	

Anexo IV – Tabela 12 - I1\_V2\_0924.0910\_8

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V2_0924.0910_8							
Inércia	FORTE	53,54	54,32	23,76	32,00	1,07	A+
Térmica	FRACA	59,97		25,72		1,14	A+ (*)
	Diferença	6,43		1,96		0,07	
	%	12,01%		8,25%		6,54%	

(\*) – Classe energética obtida caso o cálculo estivesse regulamentar

Anexo IV – Tabela 13 - I1\_V2\_0730.0711\_9

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V2_0730.0711_9							
Inércia Térmica	FORTE	53,26	55,09	26,93	32,00	1,17	B
	FRACA	60,21		28,75		1,24	B (*)
	Diferença	6,95		1,82		0,07	
	%	13,05%		6,76%		5,98%	

Anexo IV – Tabela 14 - I1\_V2\_0692.0611\_10

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V2_0692.0611_10							
Inércia Térmica	FORTE	54,30	63,99	22,62	32,00	1,41	A
	FRACA	59,19		24,21		1,46	A
	Diferença	4,89		1,58		0,05	
	%	9,01%		7,00%		3,55%	

### Zona Climática I1V3:

Anexo IV – Tabela 15 - I1\_V3\_0569.0511\_4

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V3_0569.0511_4							
Inércia Térmica	FORTE	58,96	57,31	23,50	32,00	1,72	A+ (*)
	FRACA	65,61		25,05		1,78	A+ (*)
	Diferença	6,65		1,55		0,06	
	%	11,28%		6,59%		3,49%	

Anexo IV – Tabela 16 - I1\_V3\_0564.0511\_5

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V3_0564.0511_5							
Inércia Térmica	FORTE	51,48	58,86	24,77	32,00	1,06	A+
	FRACA	59,11		26,72		1,14	A+ (*)
	Diferença	7,63		1,95		0,08	
	%	14,82%		7,88%		7,55%	

(\*) – Classe energética obtida caso o cálculo estivesse regulamentar

Anexo IV – Tabela 17- I1\_V3\_0479.0410\_6

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V3_0479.0410_6							
Inércia Térmica	FORTE	54,61	57,01	28,81	32,00	1,11	A
	FRACA	62,24		30,57		1,18	A (*)
	Diferença	7,63	1,76	0,07			
	%	13,97%	6,12%	6,31%			

Anexo IV – Tabela 18 - I1\_V3\_0212.0211\_7

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V3_0212.0211_7							
Inércia Térmica	FORTE	60,60	65,04	28,86	32,00	1,36	A
	FRACA	67,33		30,25		1,43	A (*)
	Diferença	6,73	1,39	0,07			
	%	11,11%	4,82%	5,15%			

Anexo IV – Tabela 19 - I1\_V3\_0924.0910\_8

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V3_0924.0910_8							
Inércia Térmica	FORTE	53,56	55,99	24,27	32,00	1,07	A+
	FRACA	60,72		26,19		1,15	A(*)
	Diferença	7,16	1,92	0,08			
	%	13,37%	7,91%	7,48%			

Anexo IV – Tabela 20 - I1\_V3\_0730.0711\_9

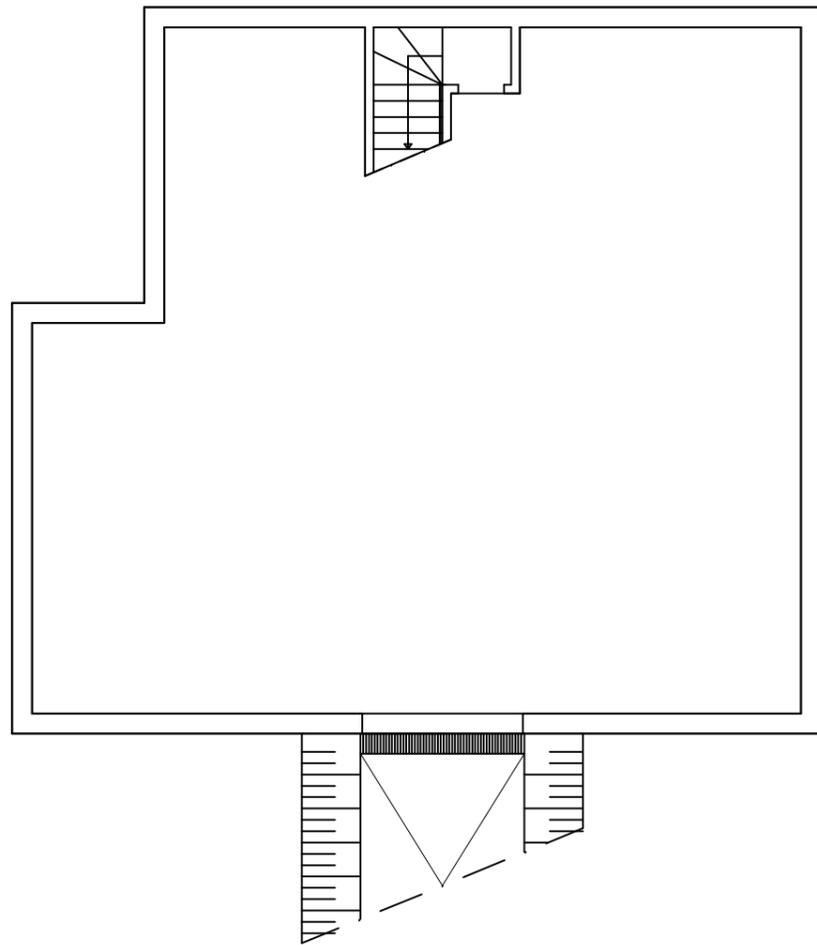
Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V3_0730.0711_9							
Inércia Térmica	FORTE	53,28	56,79	27,23	32,00	1,17	B
	FRACA	60,93		29,03		1,25	B(*)
	Diferença	7,65	1,80	0,08			
	%	14,36%	6,61%	6,84%			

(\*) – Classe energética obtida caso o cálculo estivesse regulamentar

Anexo IV – Tabela 21 – I1\_V3\_0692.0611\_10

Estudo		Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Classe
I1_V3_0692.0611_10							
Inércia Térmica	FORTE	54,57	65,99	22,50	32,00	1,41	A
	FRACA	60,04		24,09		1,46	A
	Diferença	5,47		1,59		0,05	
	%	10,02%		7,07%		3,55%	

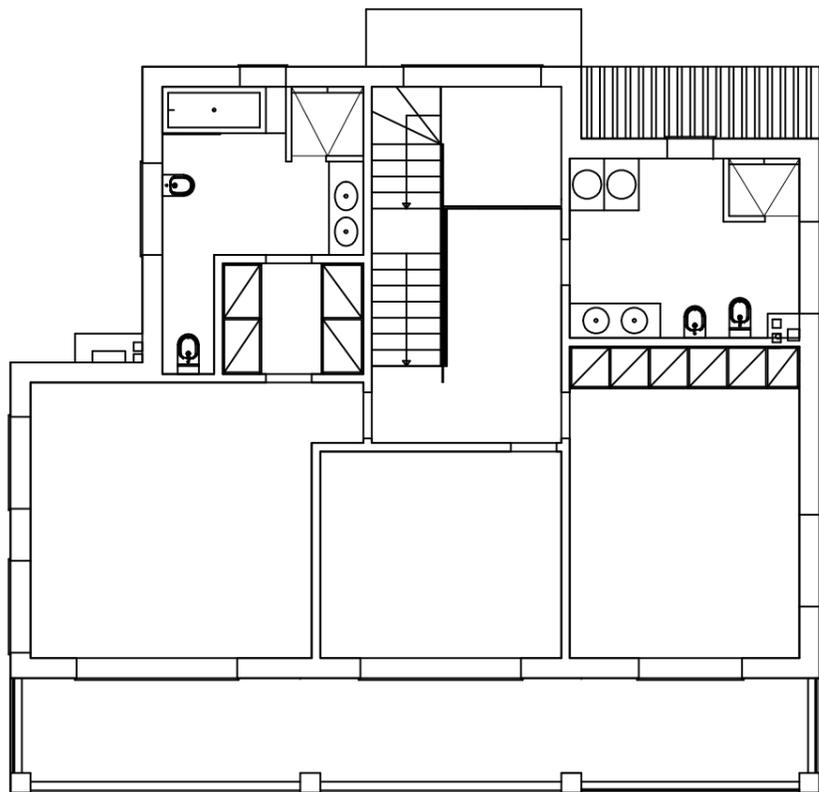
**ANEXO V – Coeficiente de transmissão térmica – Exemplos de arquitetura referentes aos casos de estudo**



A

B

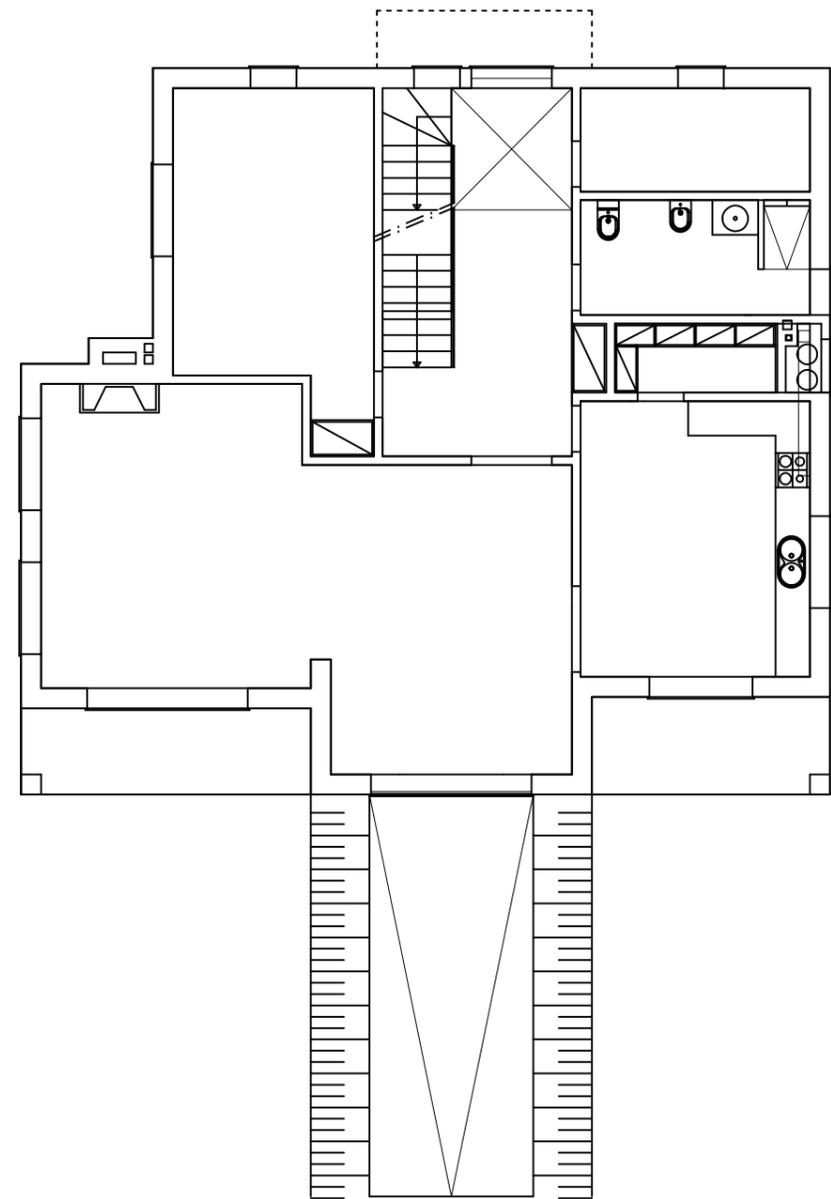
B'



A

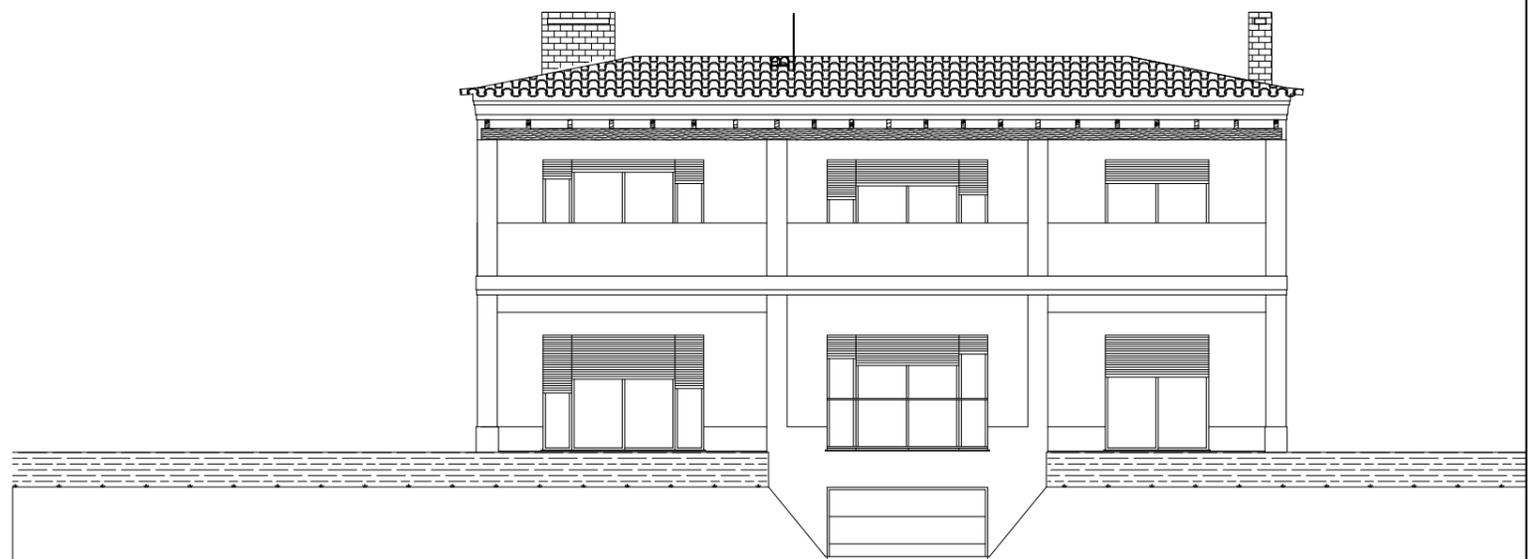
A'

A



A'

R/Chão



A'

Caso de estudo referente a Arquitectura Tradicional

Desenho: PLANTAS E ALÇADOS

Caso Estudo: TRAD\_0746.0711\_6

Alçado posterior

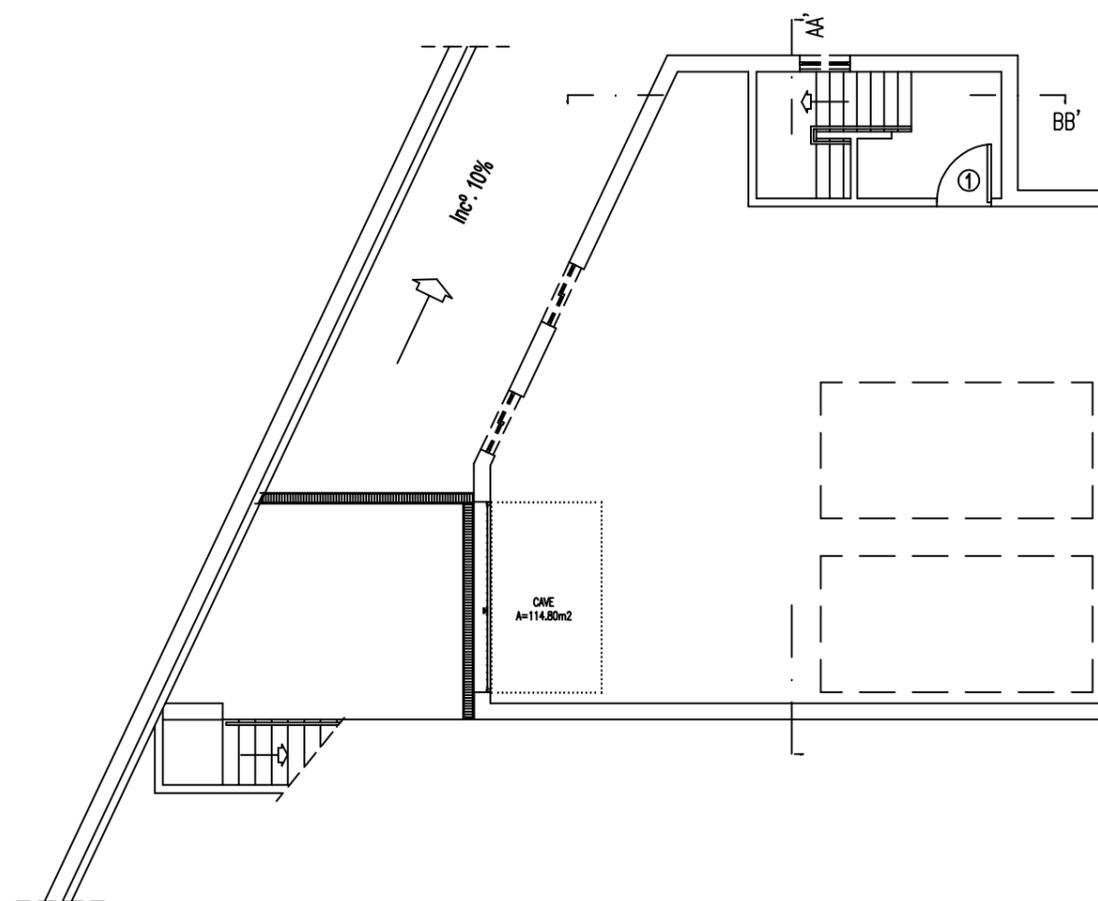
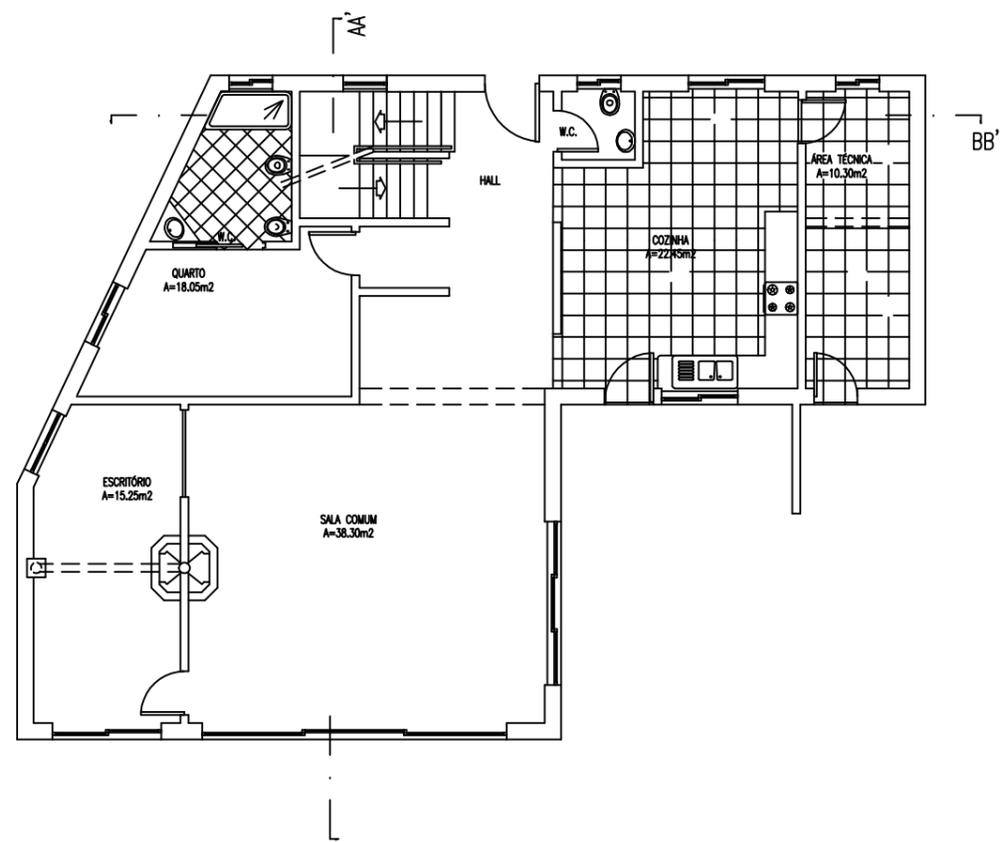
Localização: -

Técnico:

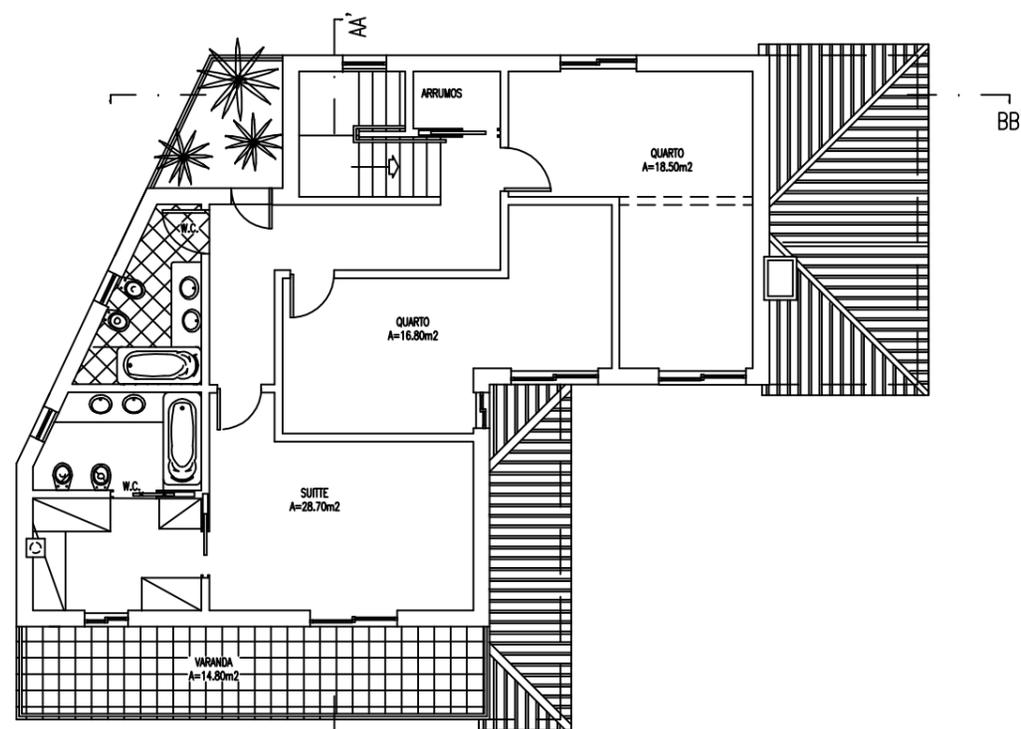
Processo: -

Escala: S/E

Data: SETEMBRO 2011



PLANTA DO PISO "-1"

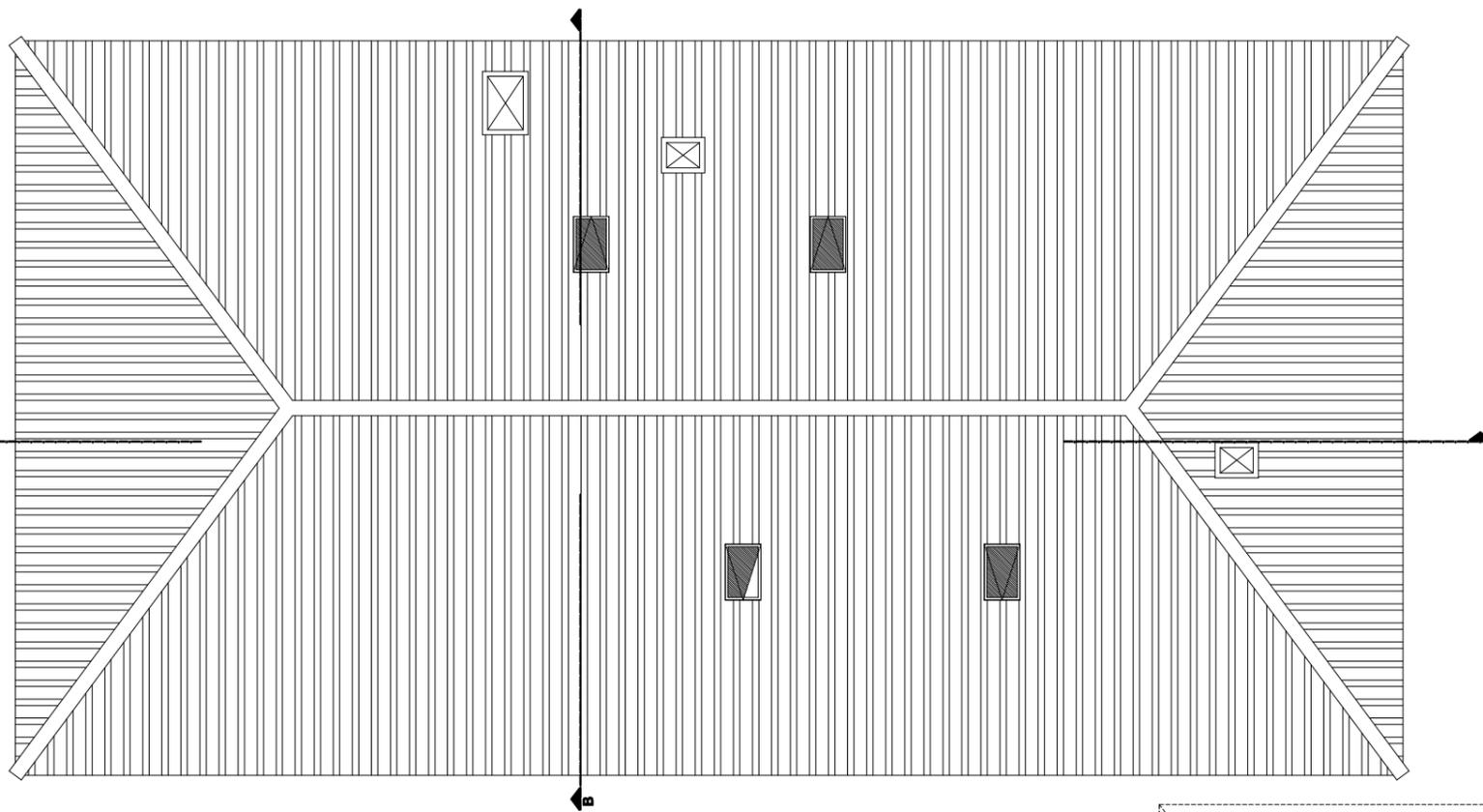


PLANTA DO PISO "1"

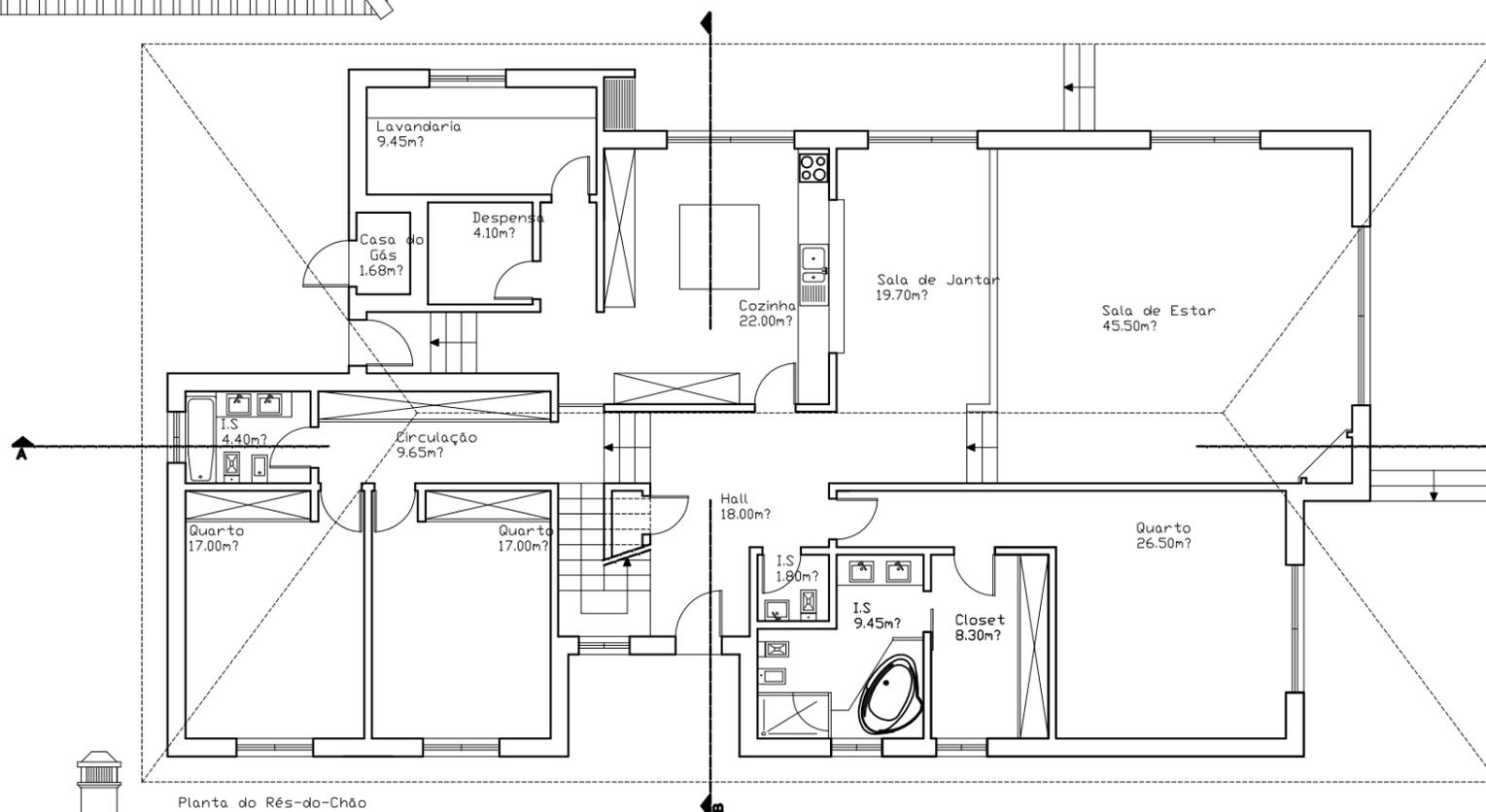


ALÇADO SUL

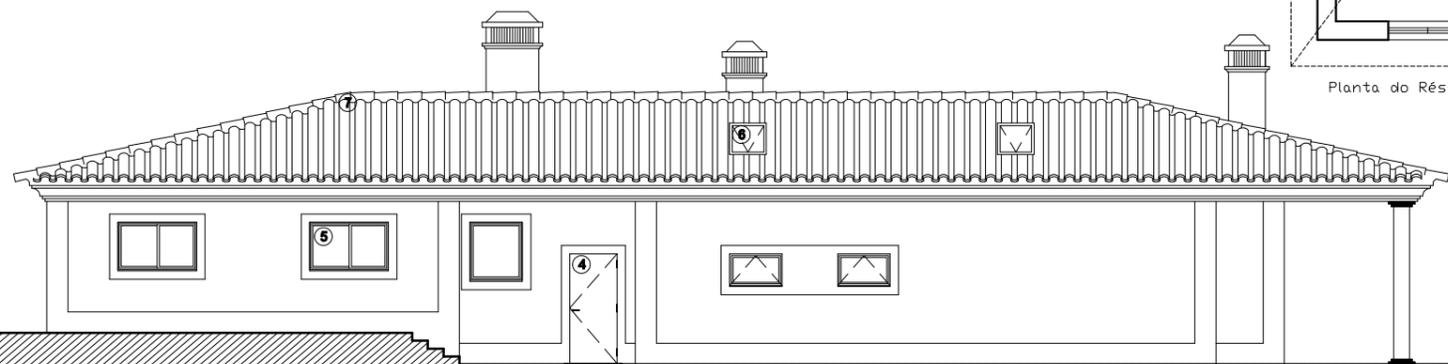
		Caso de estudo referente a Arquitectura Tradicional		
		Desenho: PLANTAS E ALÇADOS		
		Caso Estudo: TRAD_0345.0311_7		
		Localização: —		
Técnico:	Processo: —	Escala: S/E	Data: SETEMBRO 2011	



Planta de Cobertura

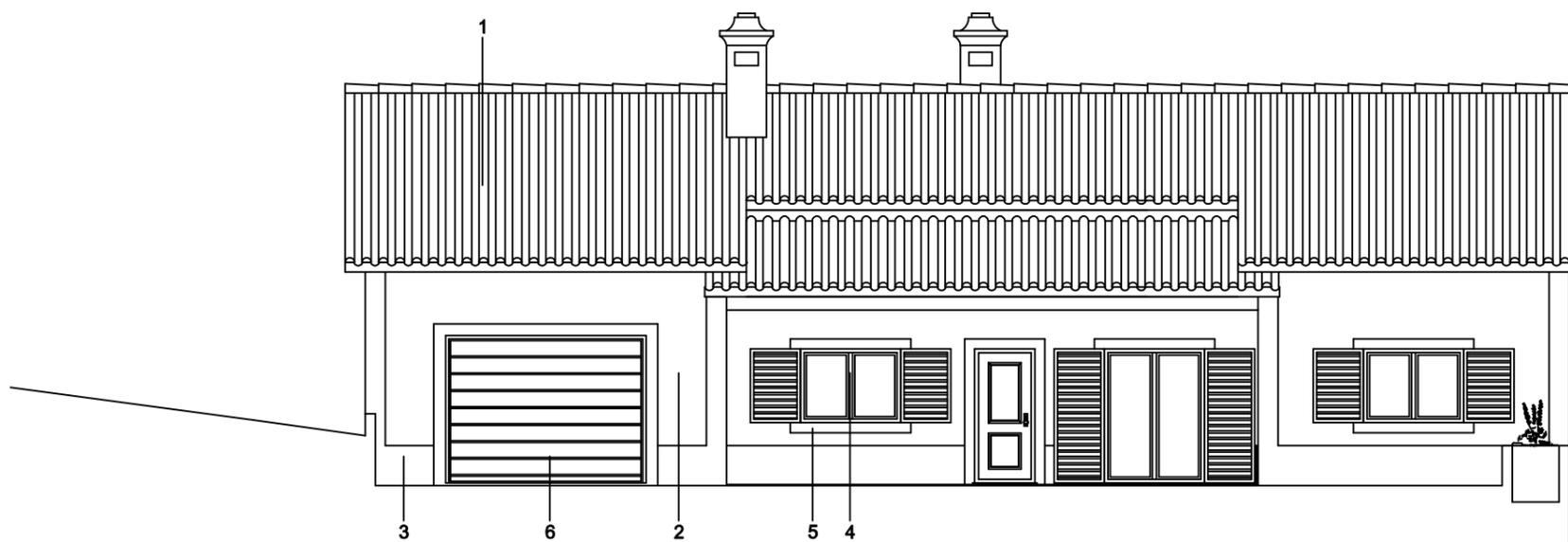
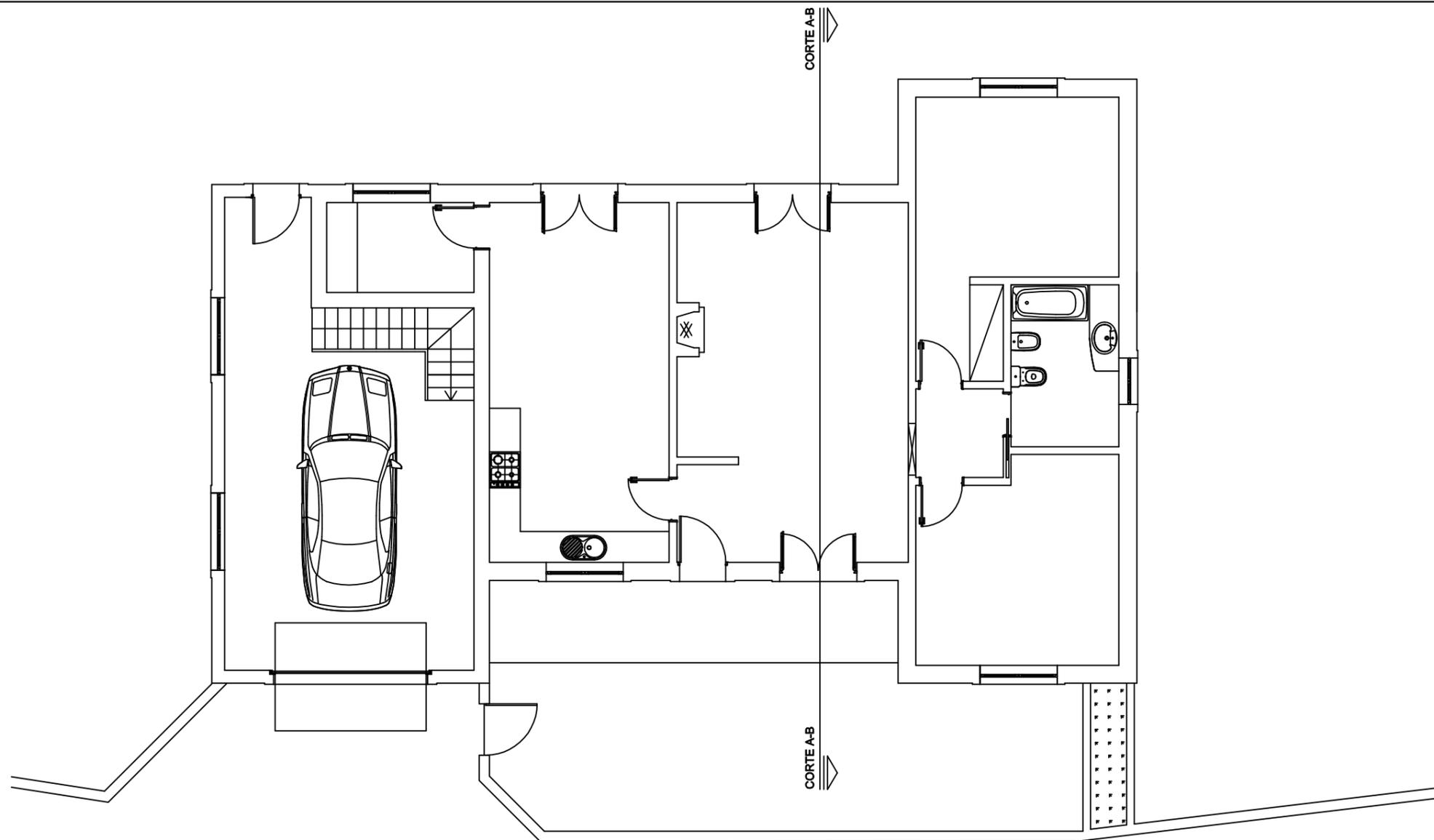


Planta do Rés-do-Chão



Alçado Poente

Caso de estudo referente a Arquitectura Tradicional			
Desenho:		PLANTAS E ALÇADOS	
Caso Estudo:		TRAD_0577_8	
Localização:		—	
Técnico:	Processo: —	Escala:	S/E
		Data:	SETEMBRO 2011



ALÇADO PRINCIPAL - Definitivo

Caso de estudo referente a Arquitectura Tradicional

Desenho: PLANTAS E ALÇADOS

Caso Estudo: TRAD\_FZZ-2\_9

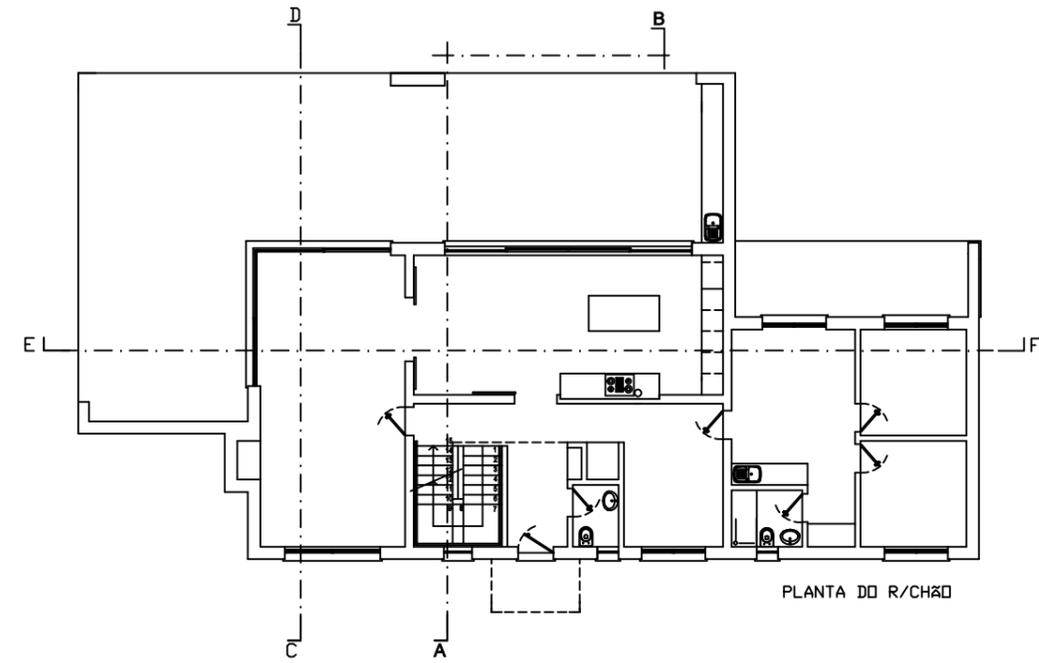
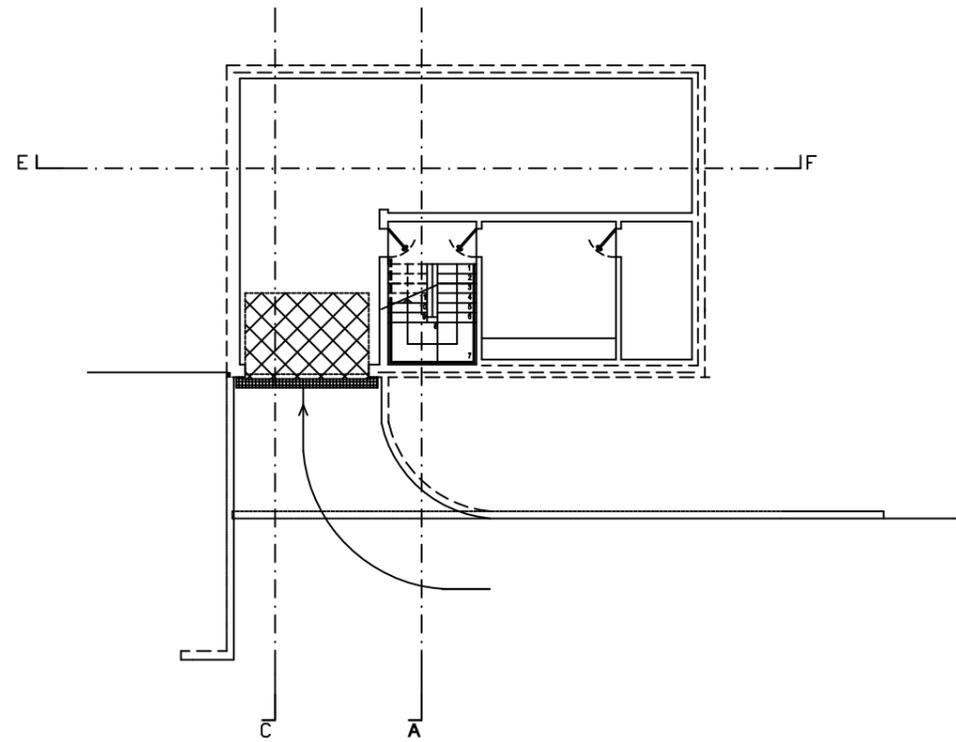
Localização: -

Técnico:

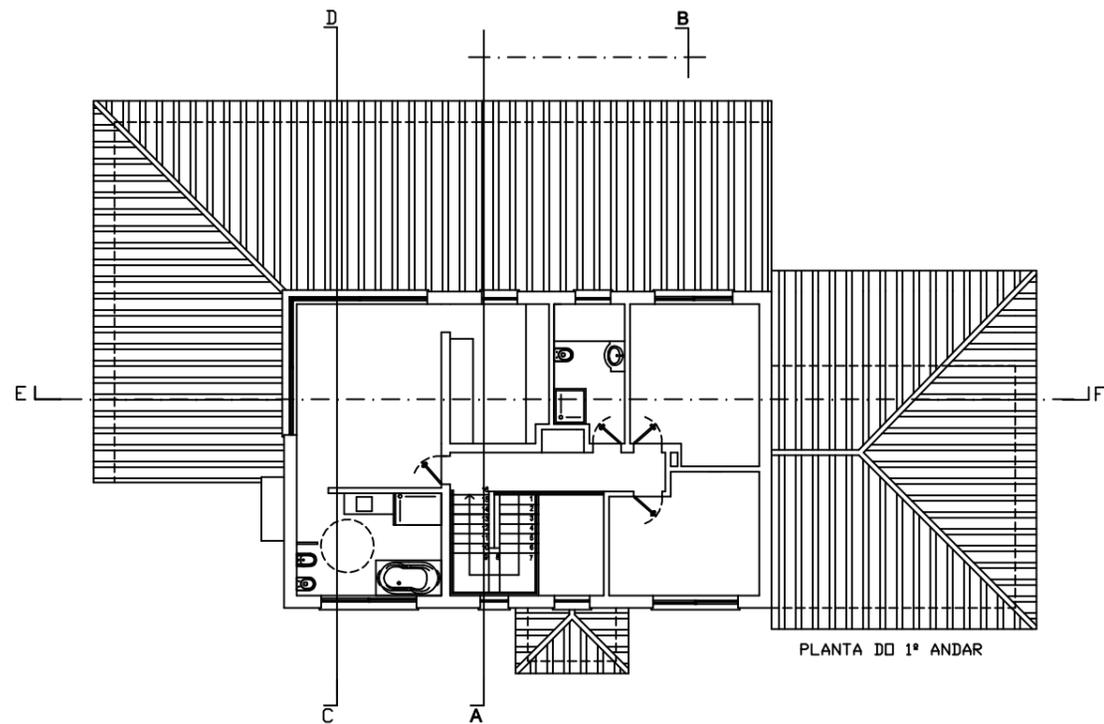
Processo: -

Escala: 1/100

Data: SETEMBRO 2011



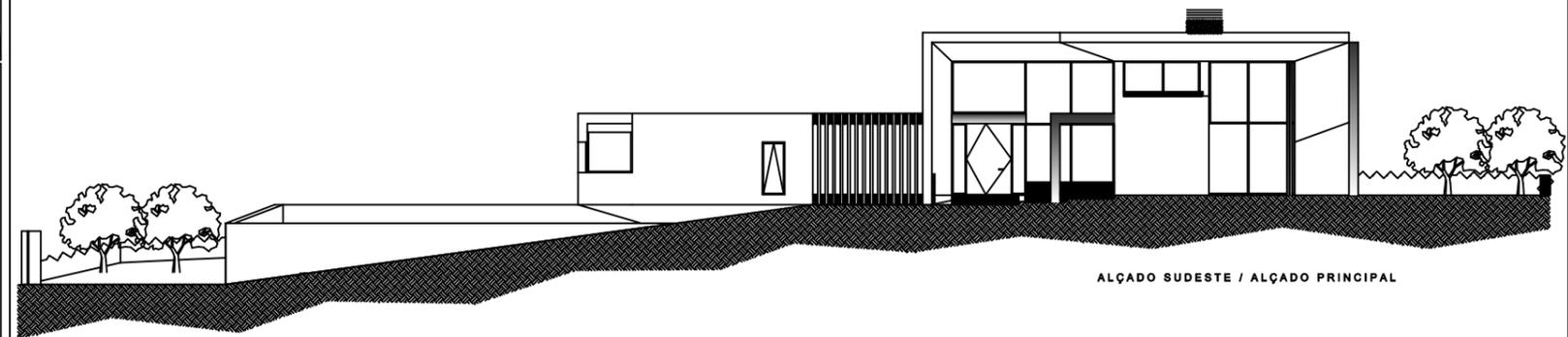
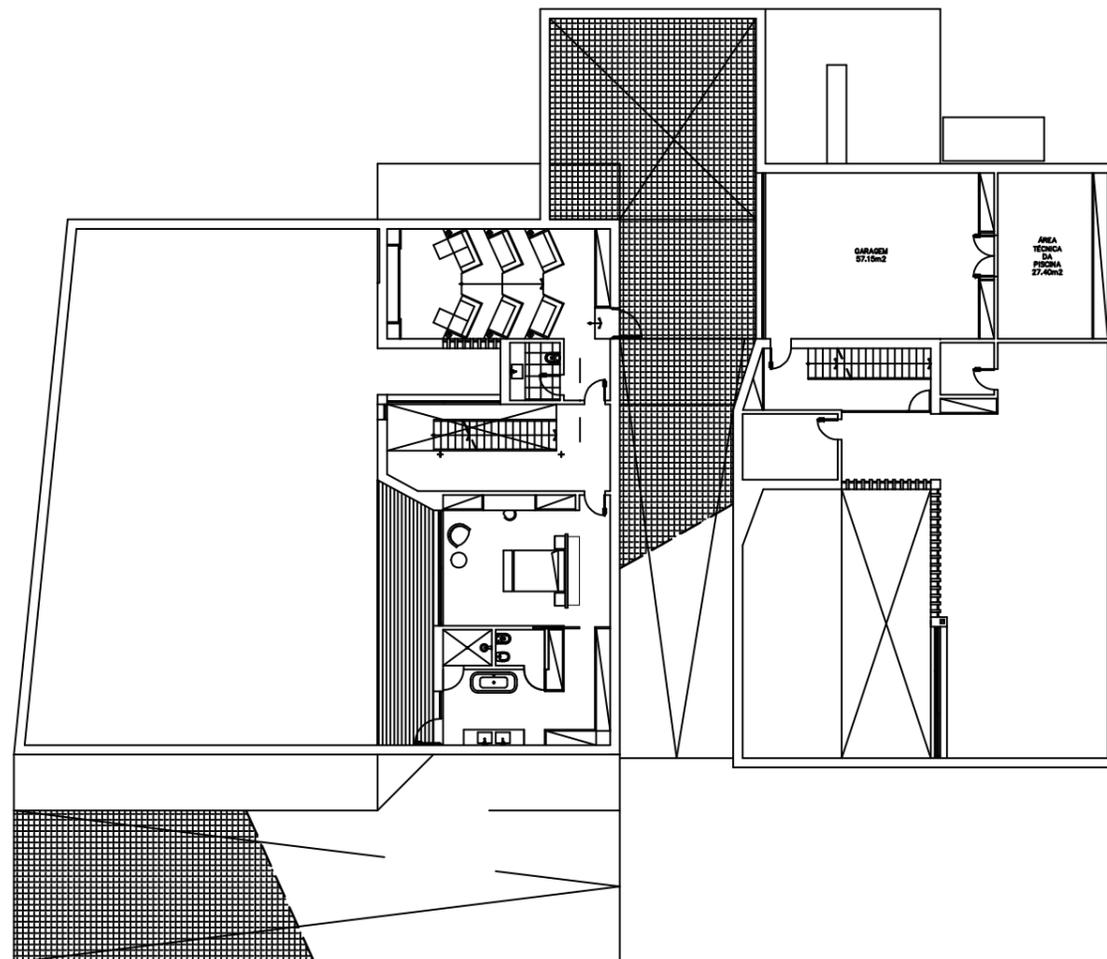
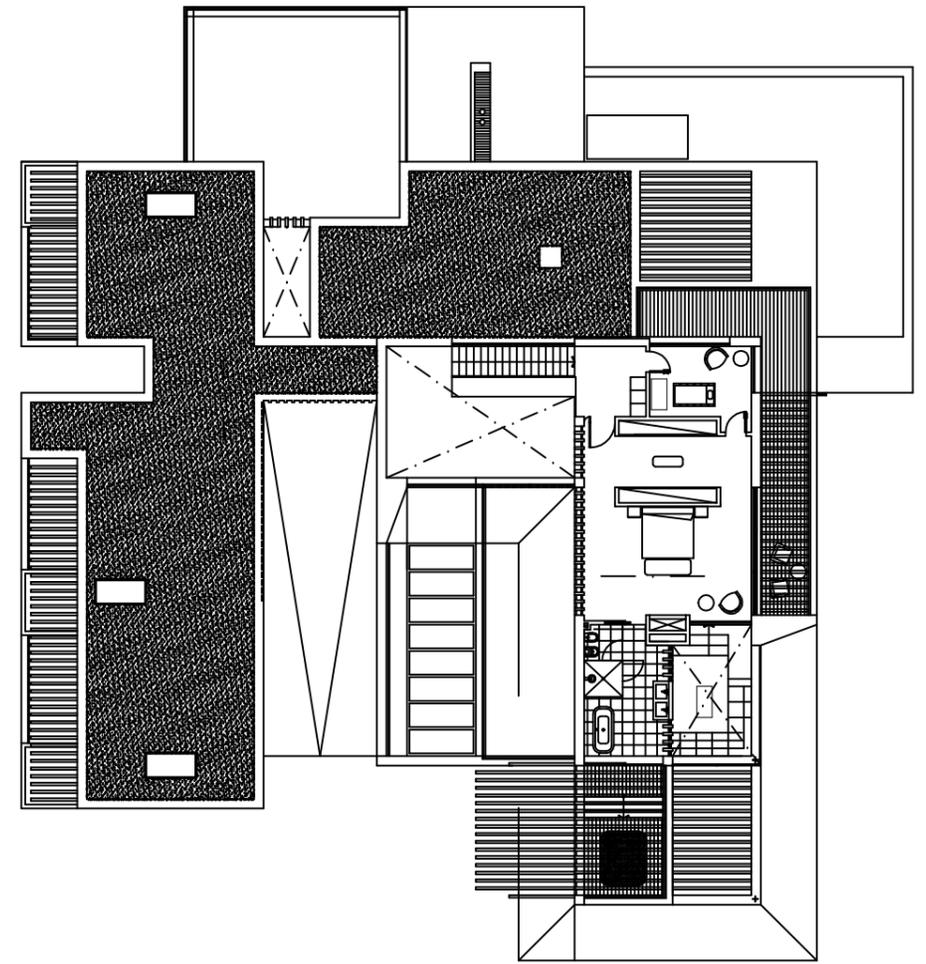
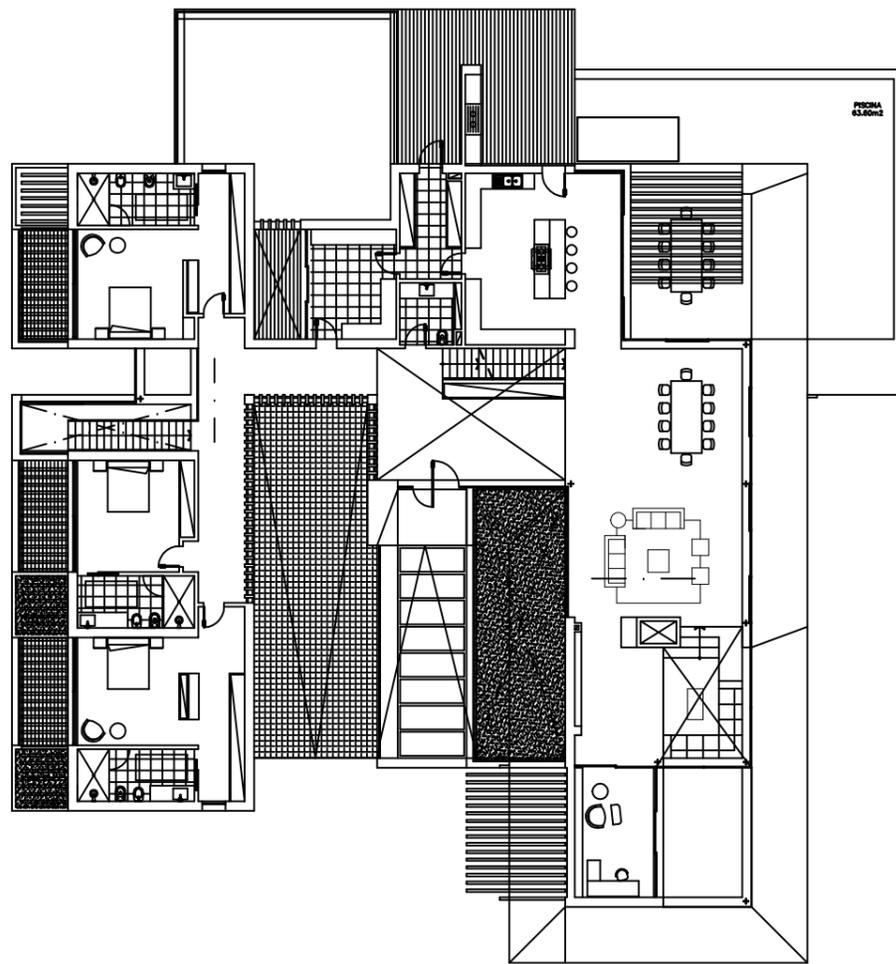
PLANTA DO R/CH&O



PLANTA DO 1º ANDAR

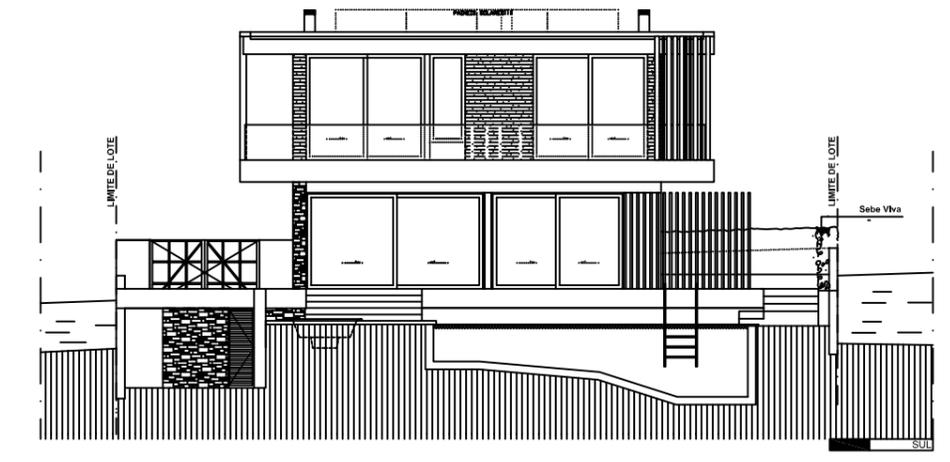
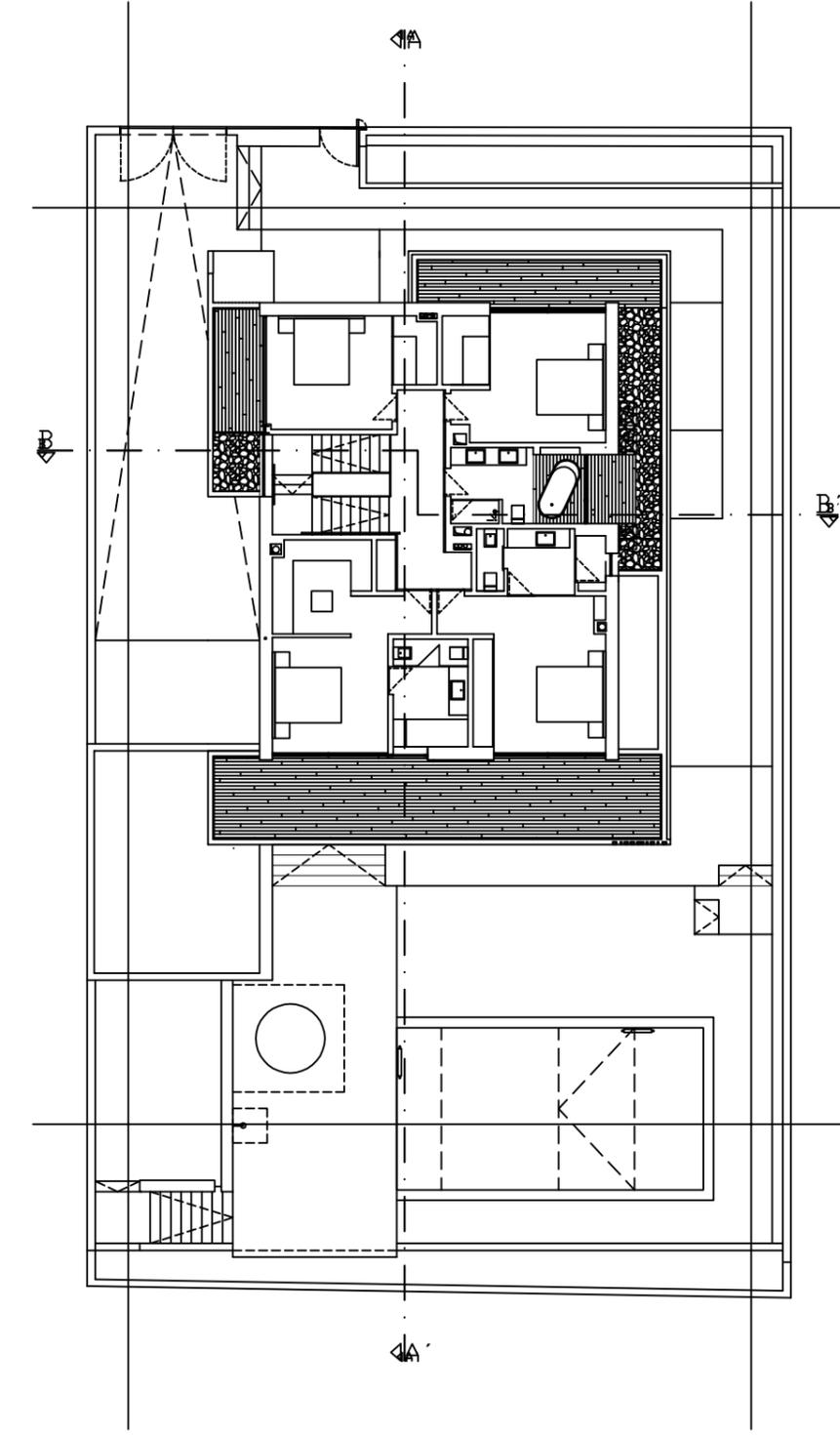
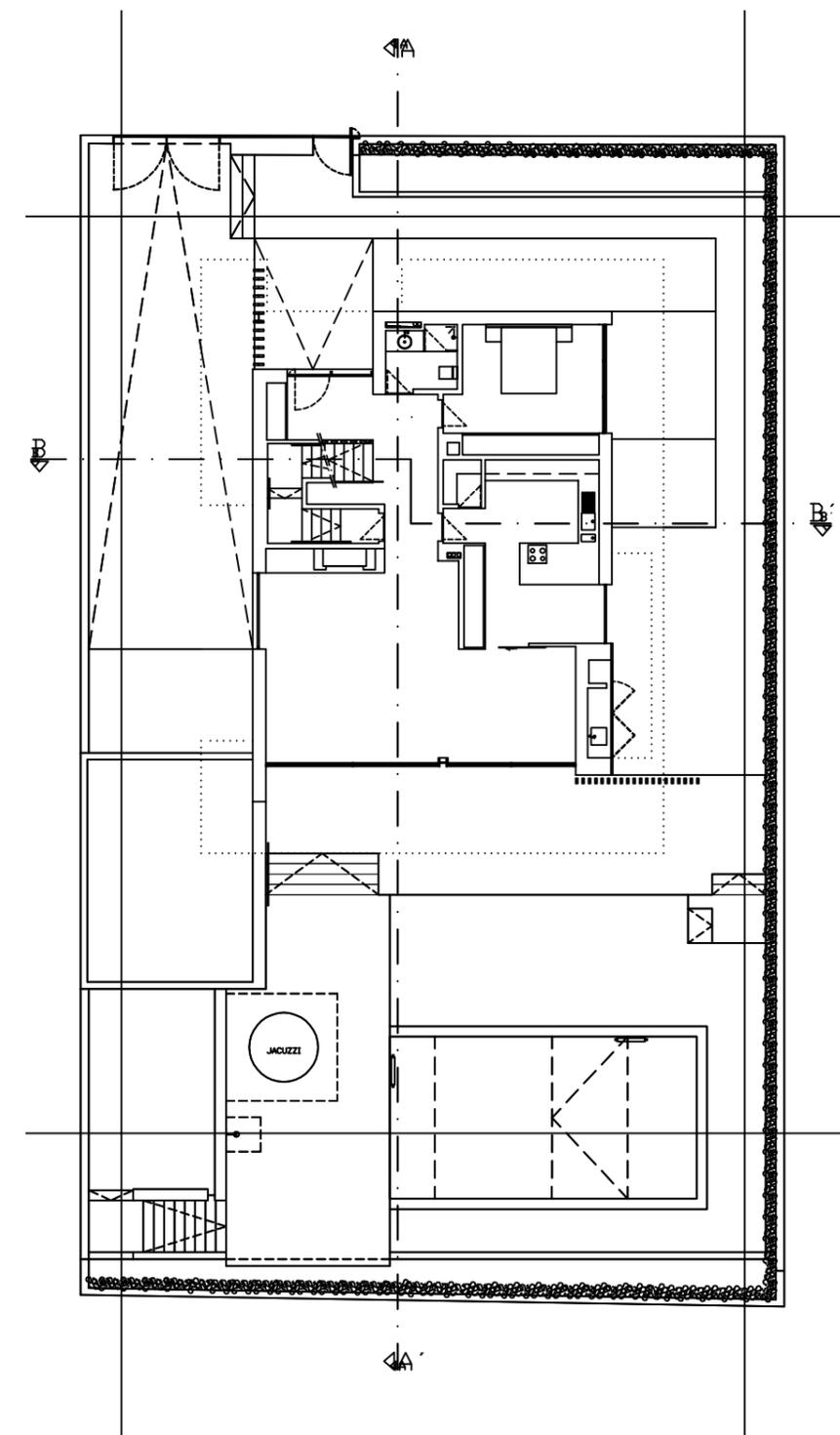
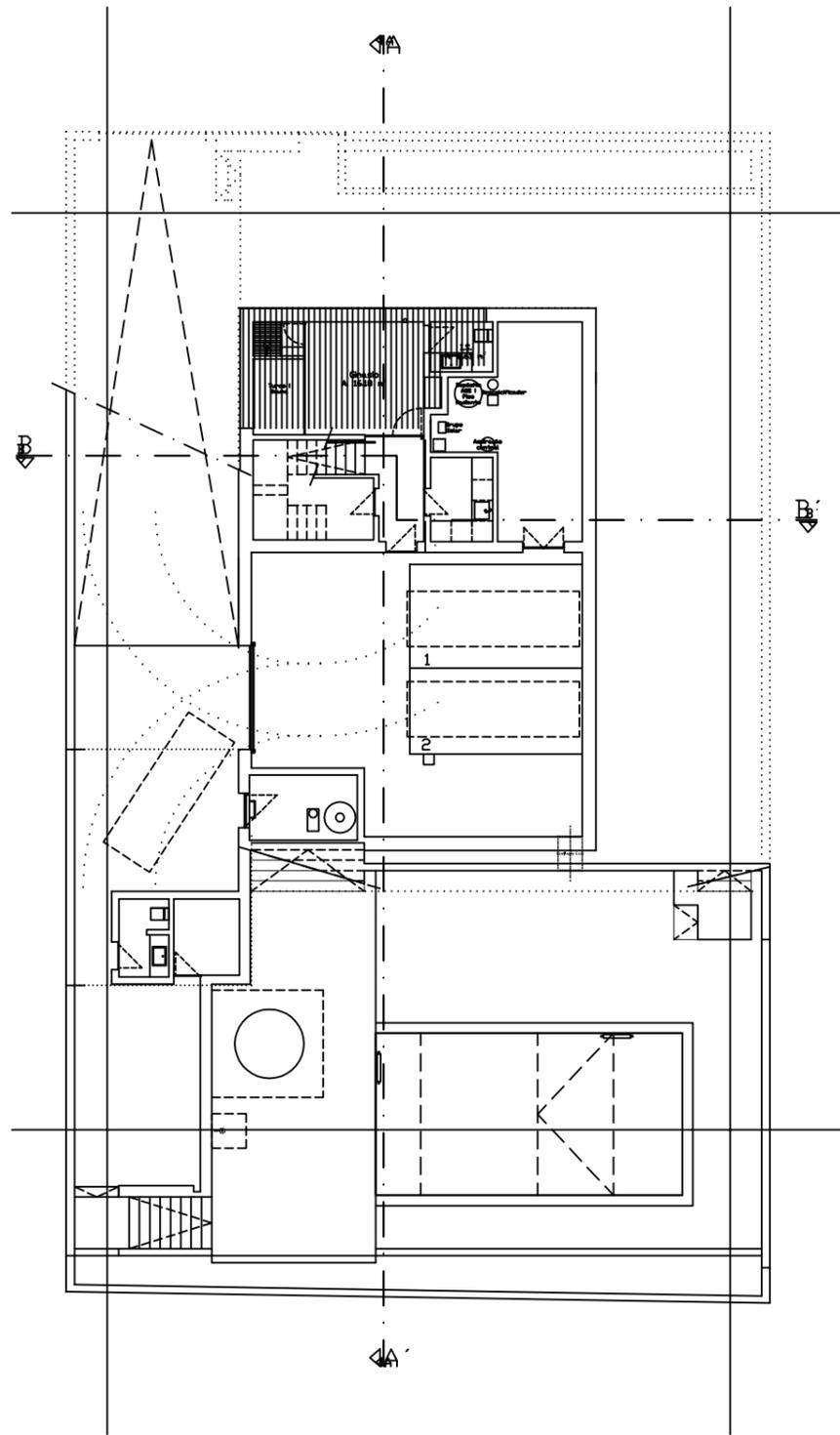


		<b>Caso de estudo referente a Arquitectura Tradicional</b>		
		Desenho:	PLANTAS E ALÇADOS	
		Caso Estudo:	TRAD_0320.0311_10	
		Localização:	-	
Técnico:	Processo: -	Escala:	S/E	Data: SETEMBRO 2011

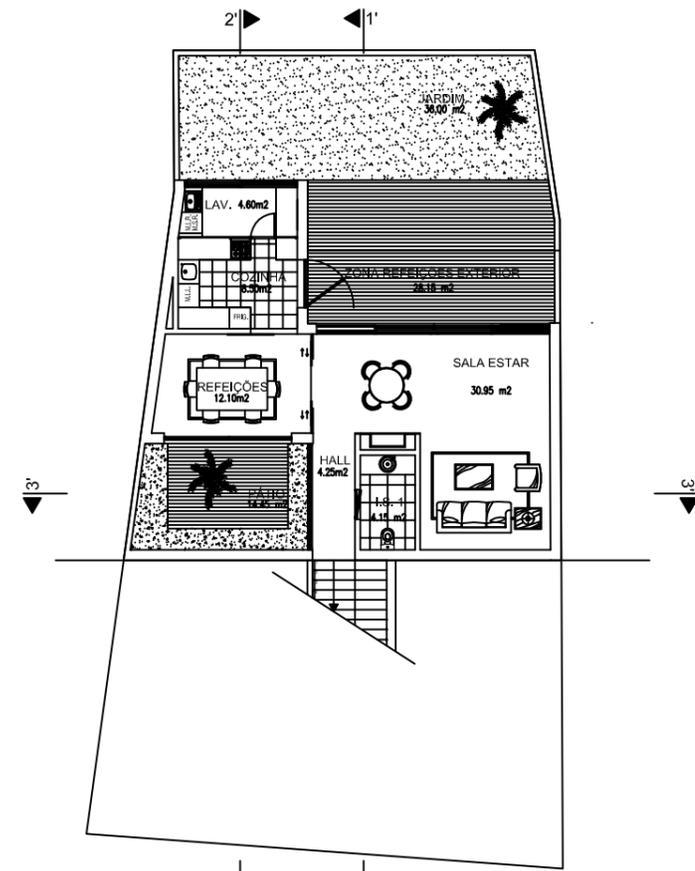


Caso de estudo referente a Arquitectura Contemporânea				
Desenho: PLANTAS E ALÇADOS				
Caso Estudo: CONT_0633.0611_1				
Localização: —				
Técnico:	Processo: —	Escala: S/E	Data: SETEMBRO 2011	Des. n.º

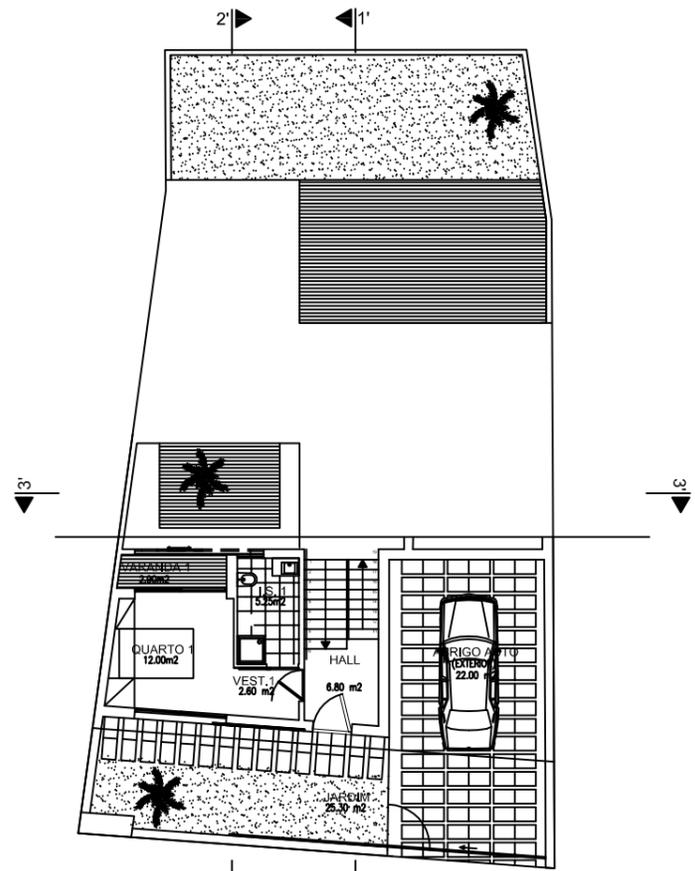




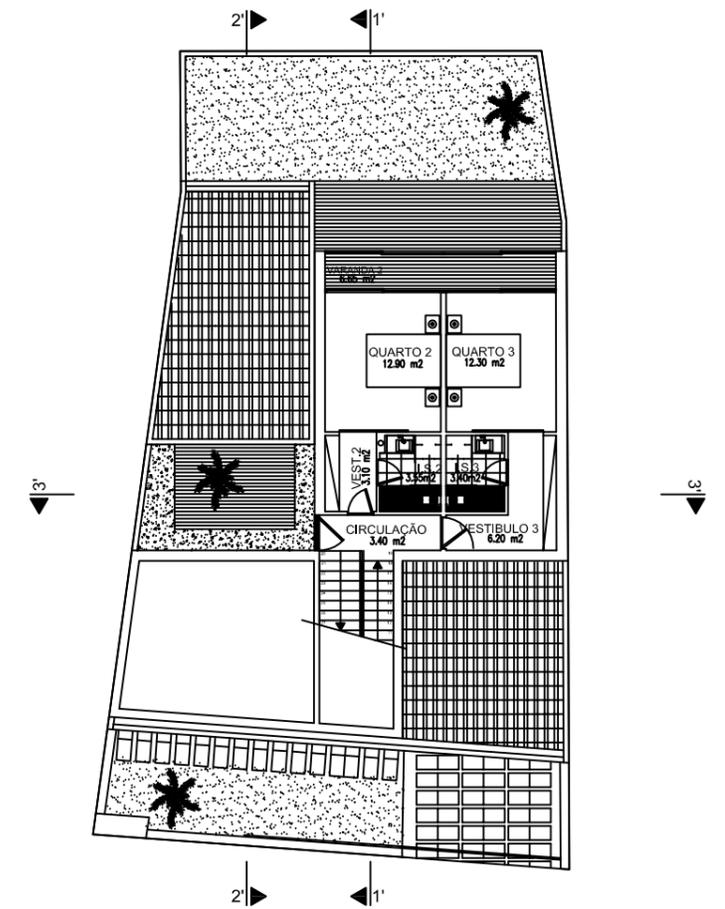
Caso de estudo referente a Arquitetura Contemporânea	
Desenho:	PLANTAS E ALÇADOS
Caso Estudo:	PEE_0674.0611_5
Localização:	-
Técnico:	Processo: -
Escala:	S/E
Data:	SETEMBRO 2011



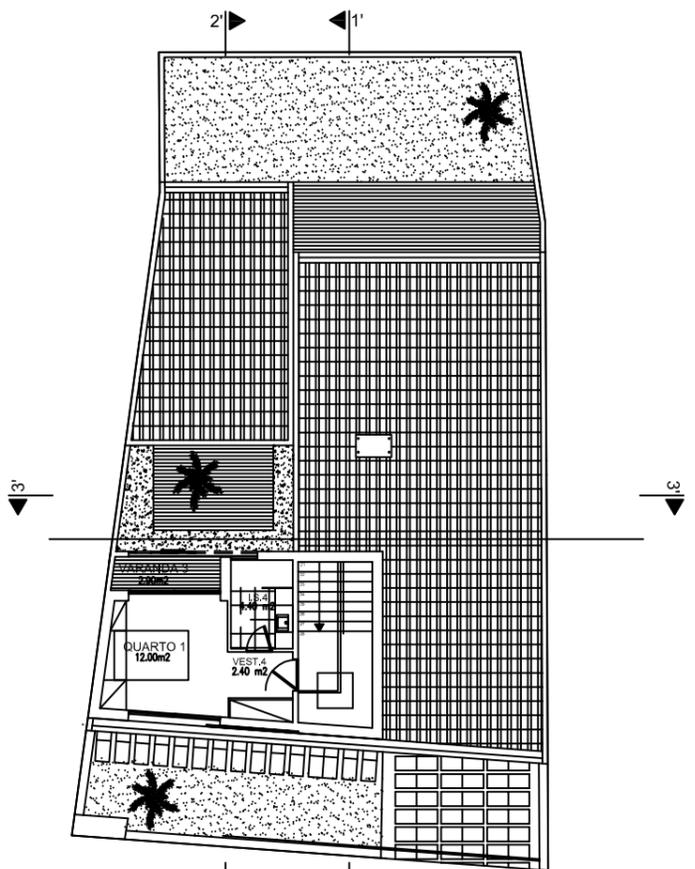
PLANTA DO PISO -1  
 AREA BRUTA DE CONST.  
 79.80 m²



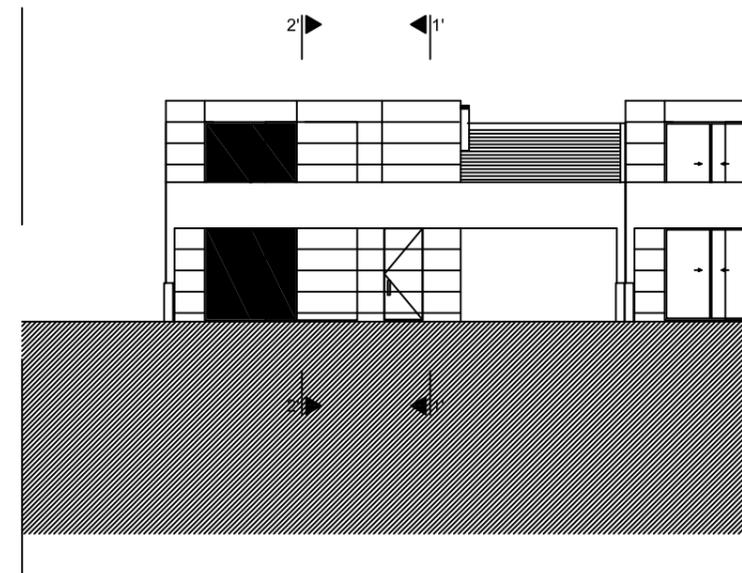
PLANTA DO PISO 0  
 AREA BRUTA DE CONST.  
 36.95 m²



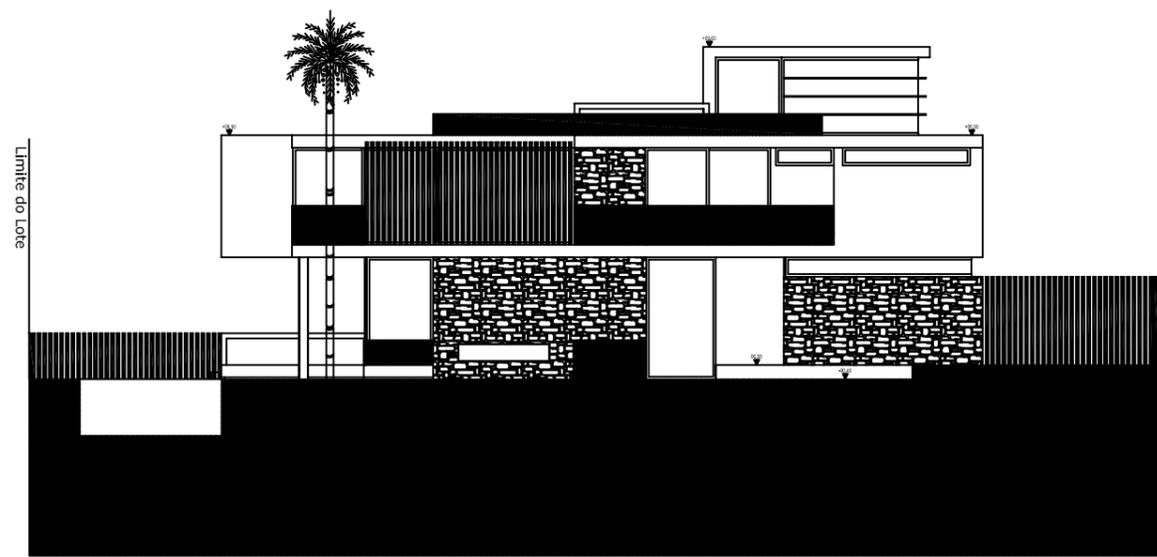
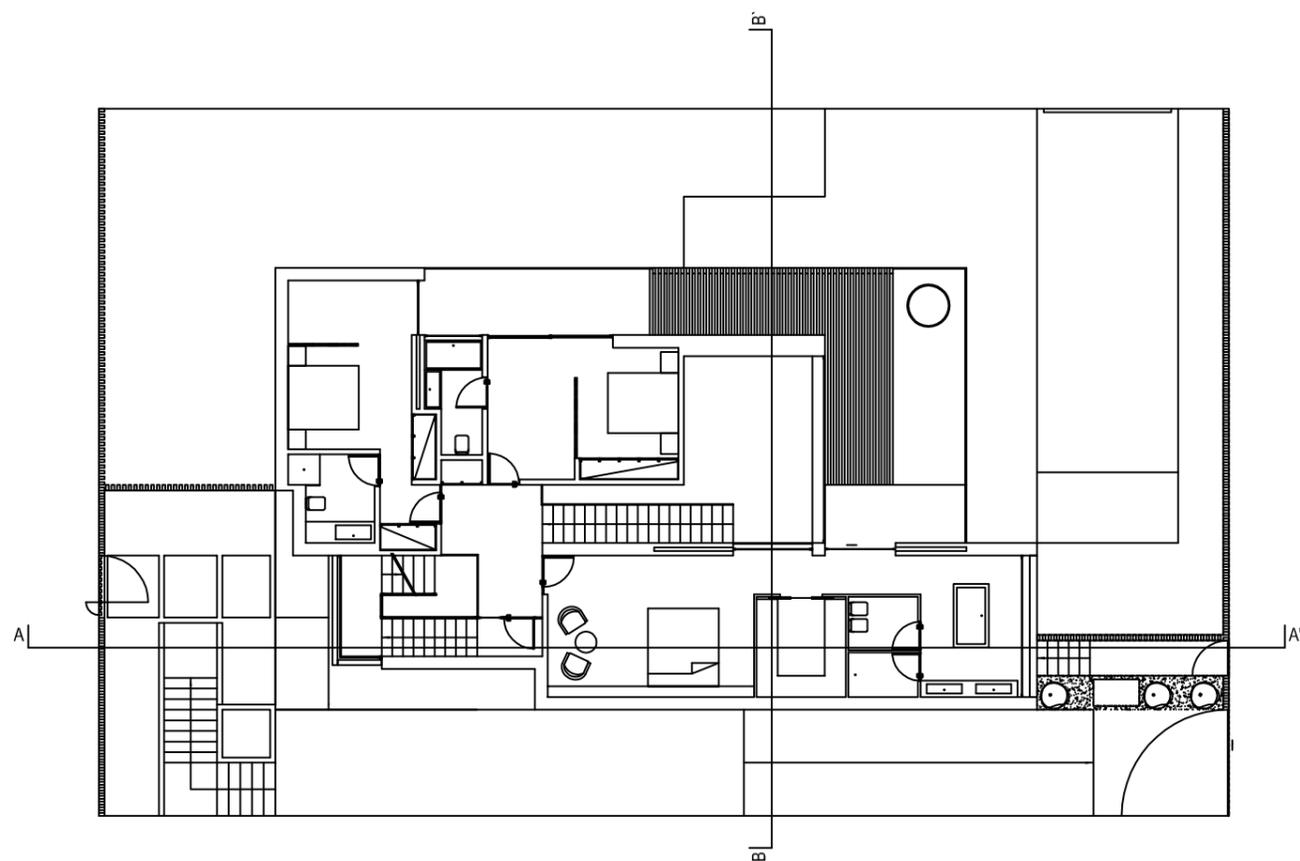
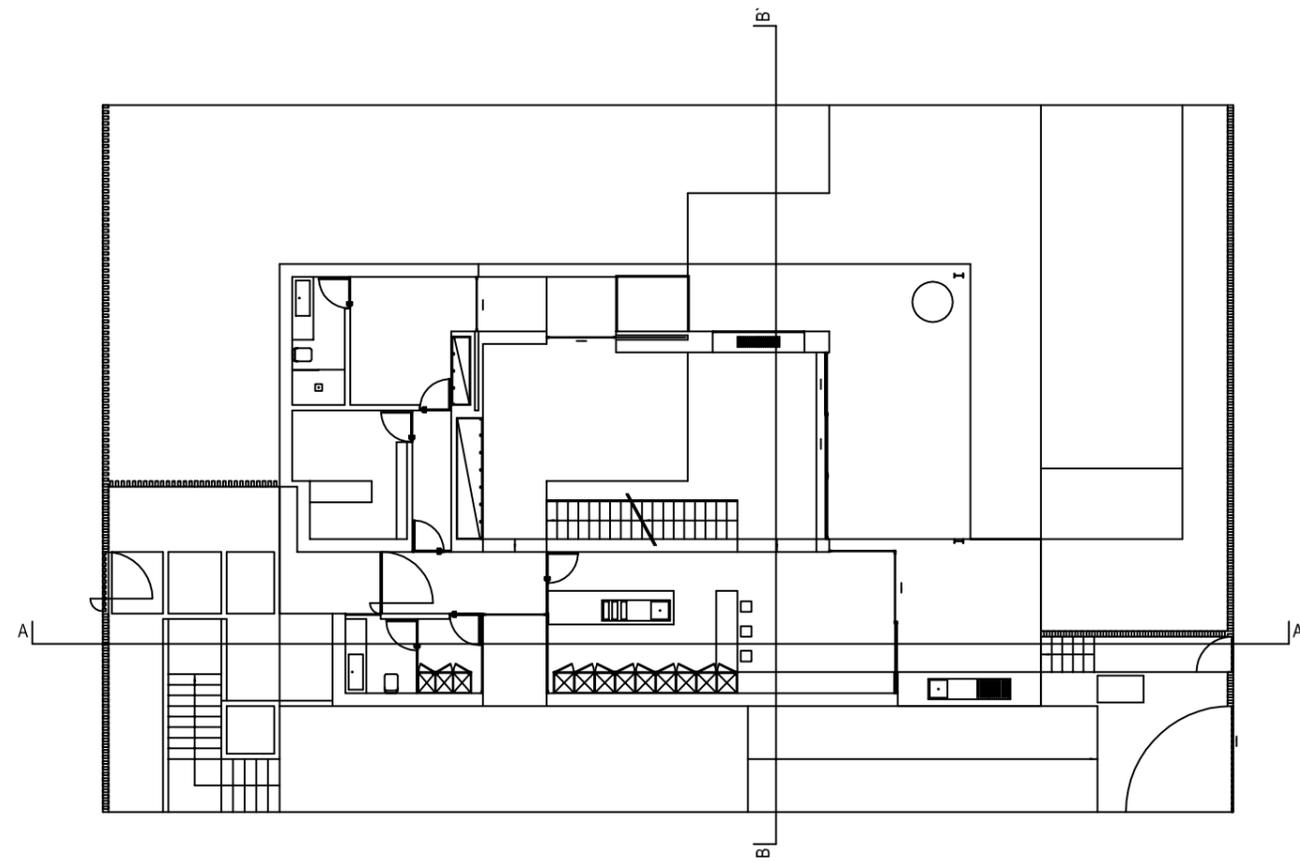
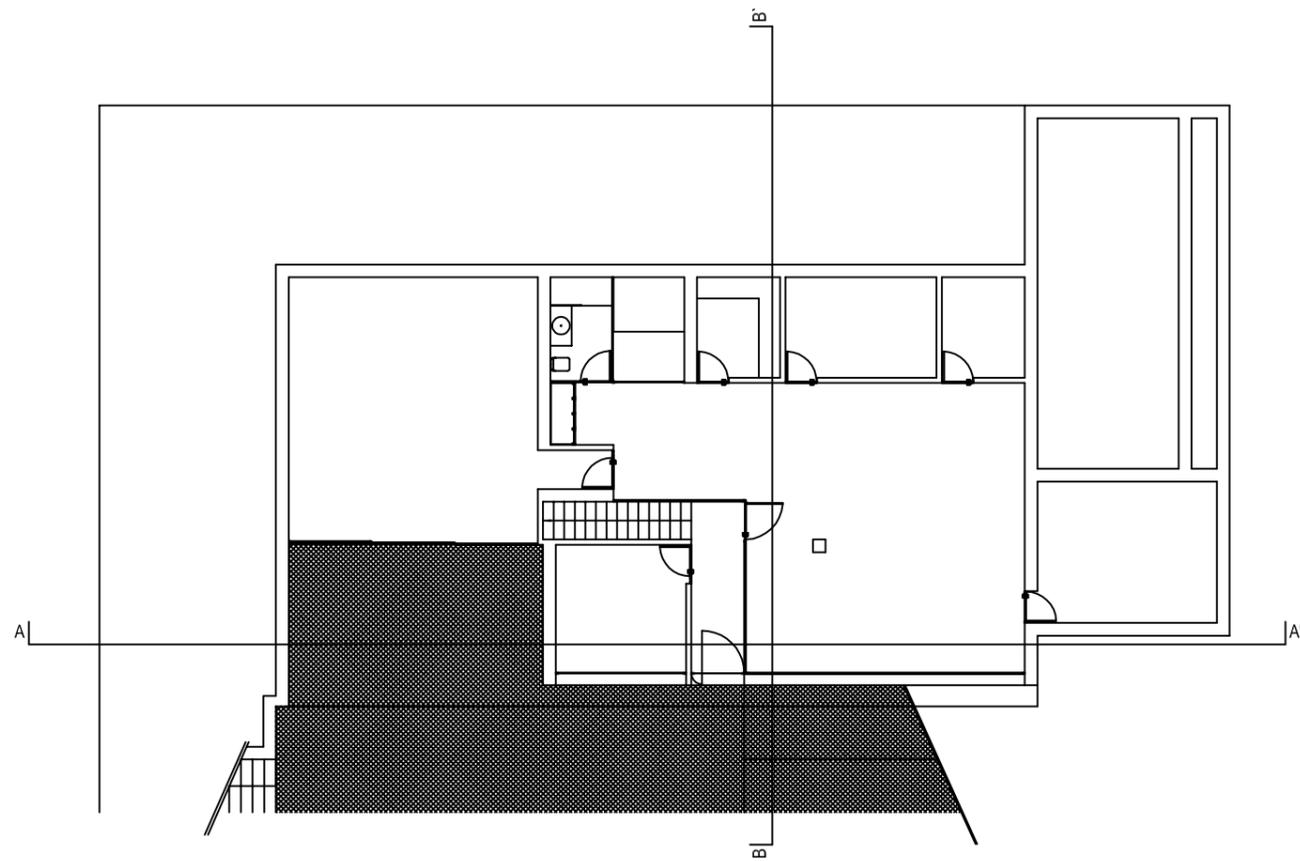
PLANTA DO PISO 1  
 AREA BRUTA DE CONST.  
 54.85 m²



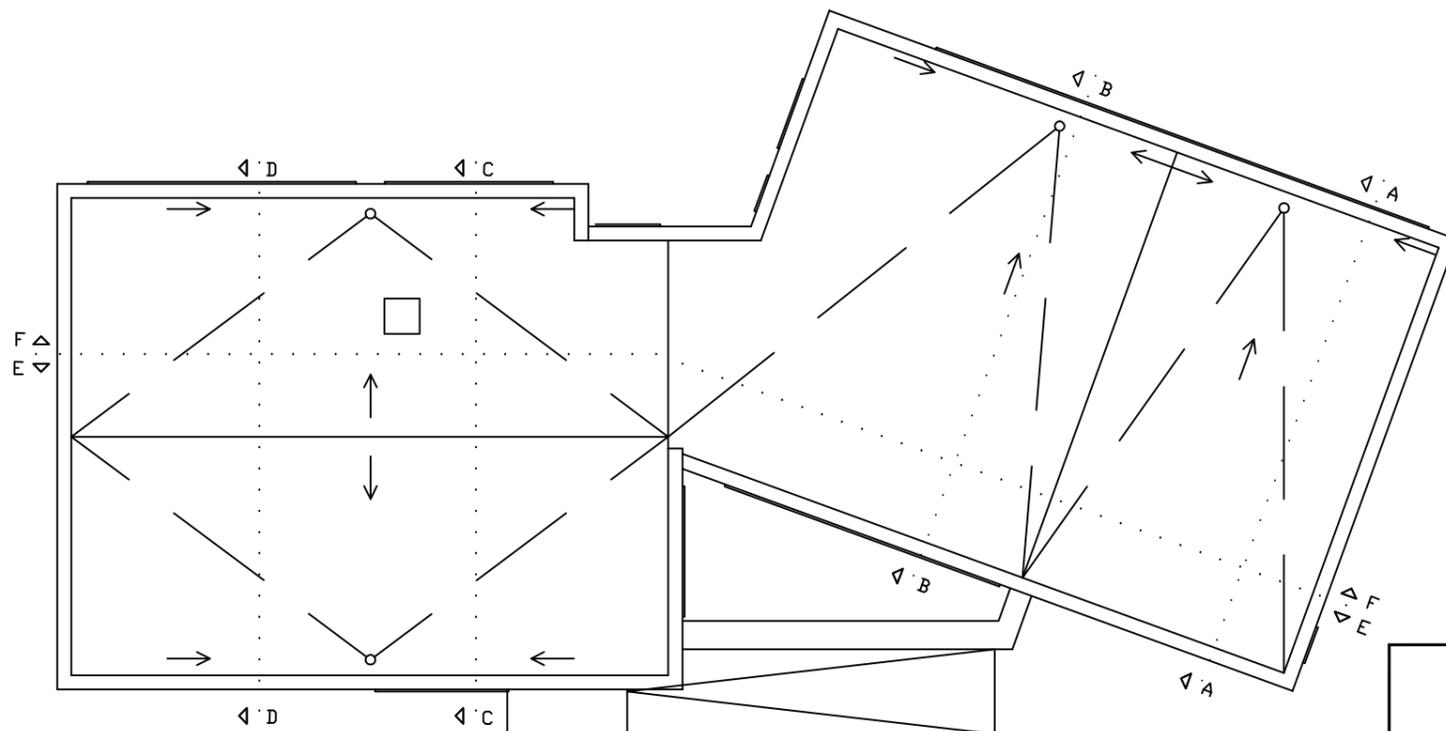
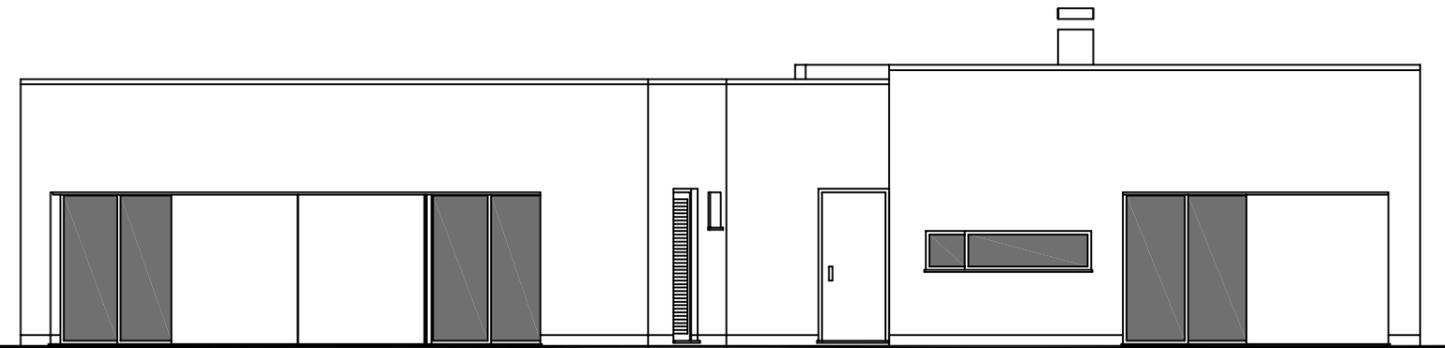
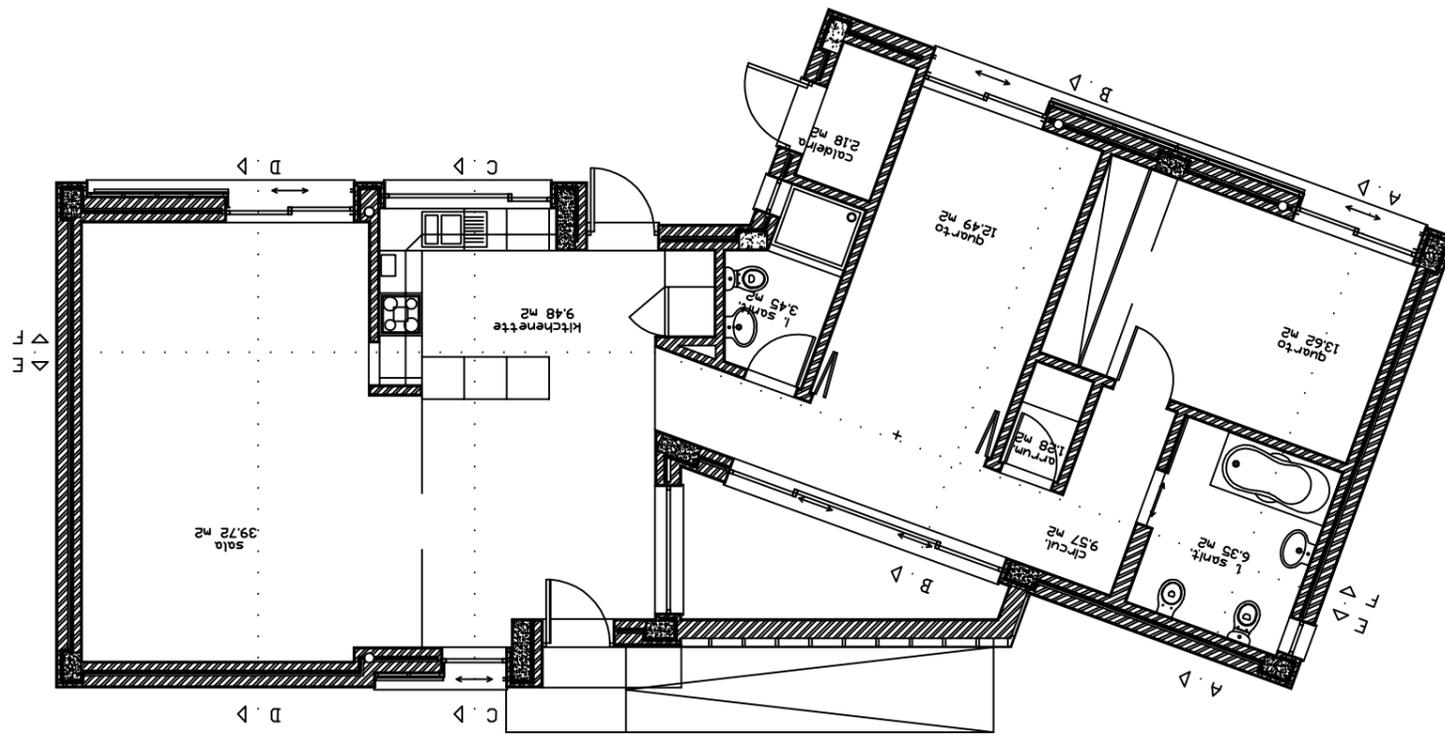
PLANTA DO PISO 2  
 AREA BRUTA DE CONST.  
 28.90 m²



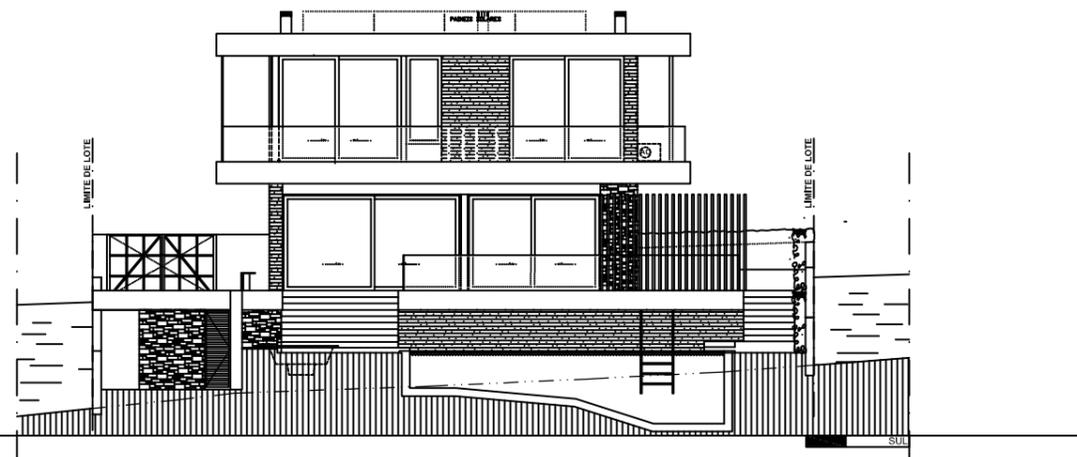
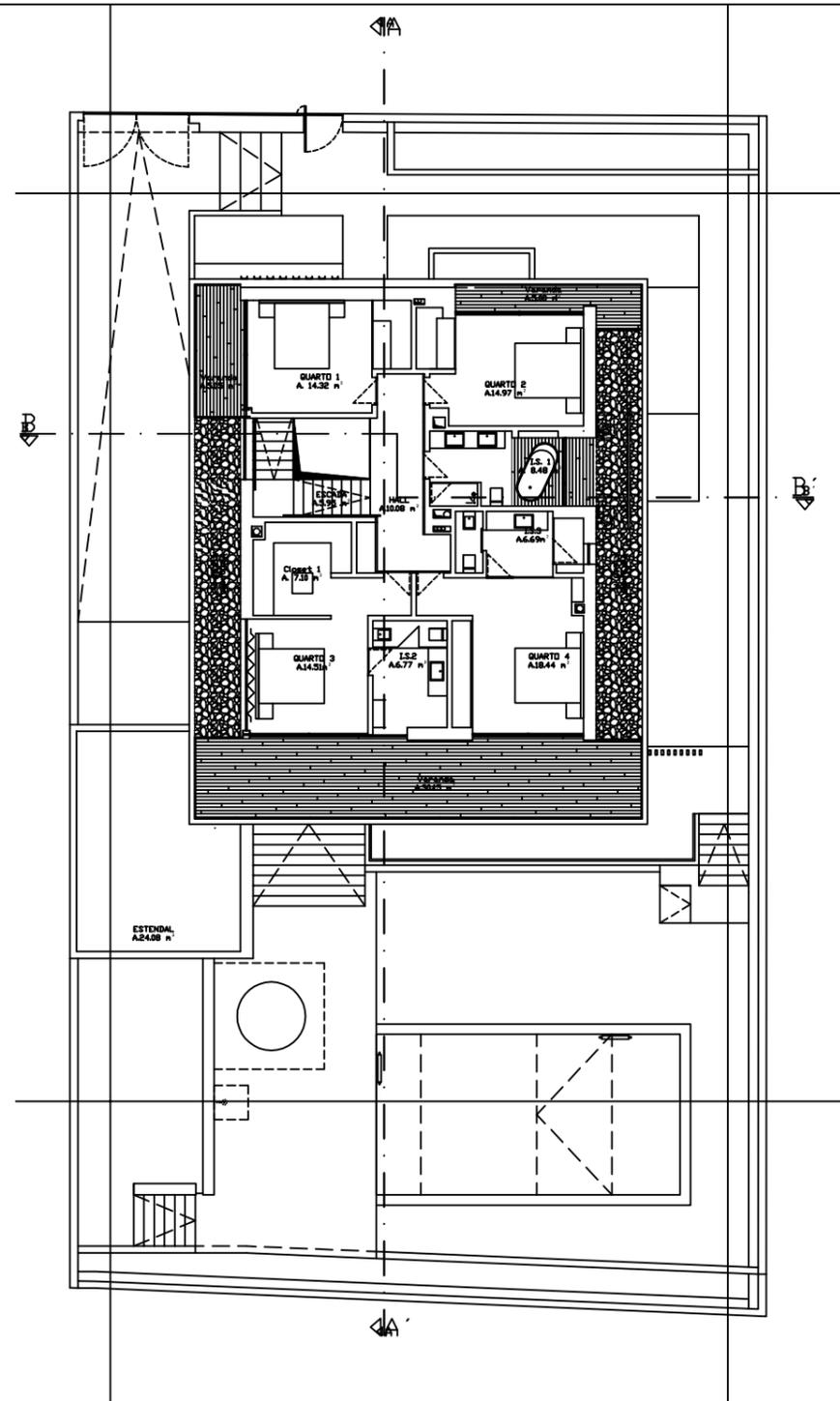
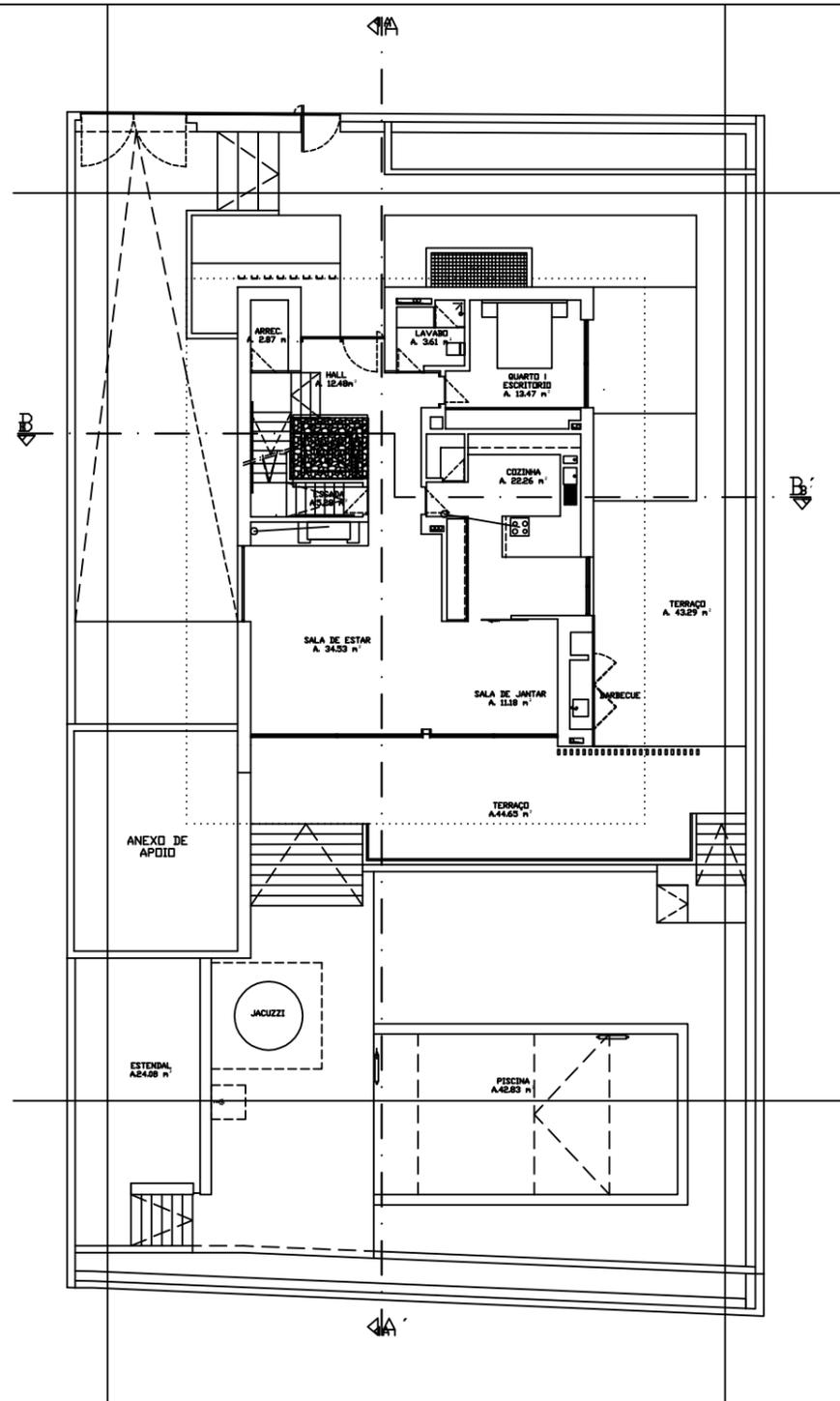
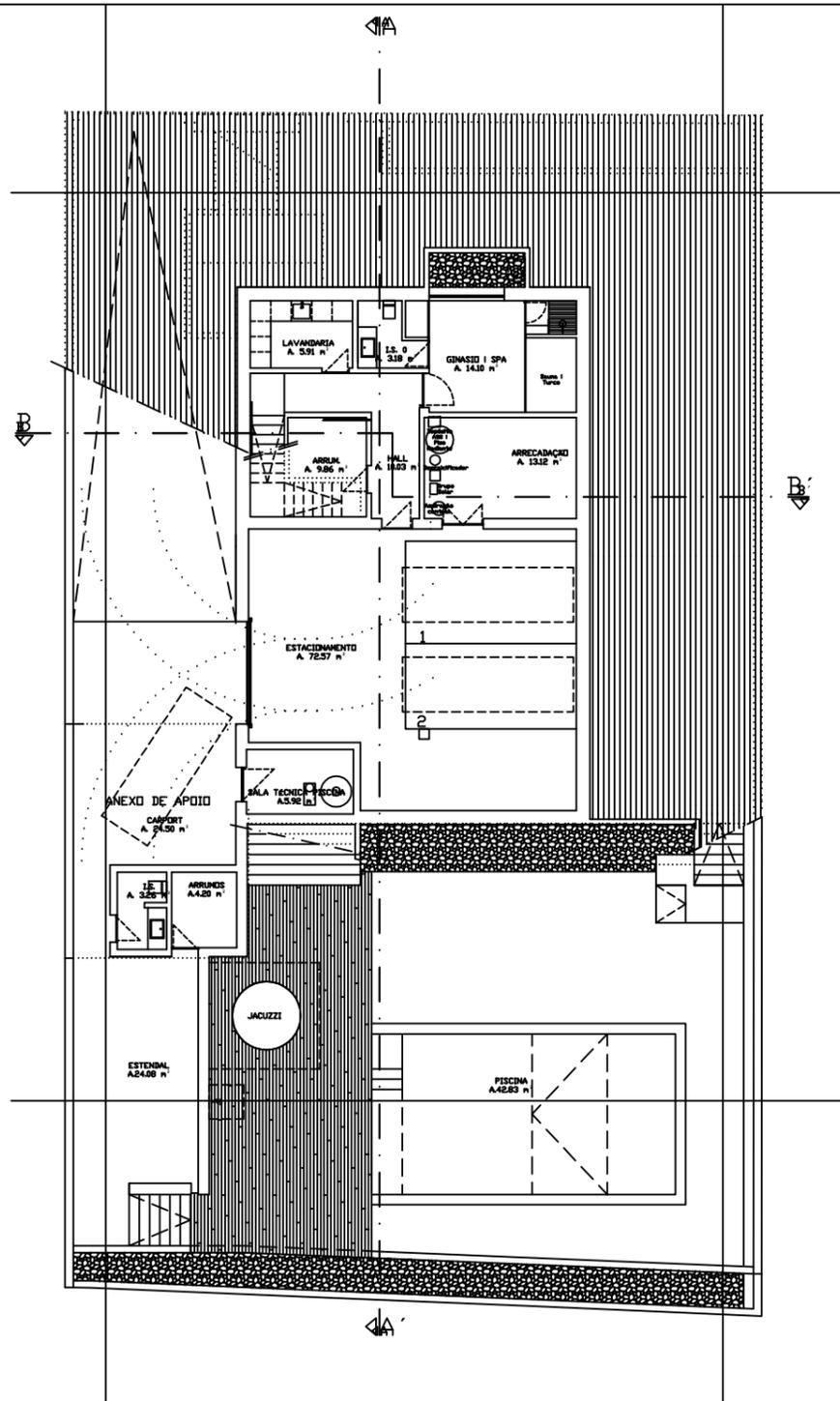
Caso de estudo referente a Arquitectura contemporânea			
Desenho:		PLANTAS E ALÇADOS	
Caso Estudo:		PEE_0383.0410_6	
Localização:		-	
Técnico:	Processo: -	Escala:	S/E
		Data:	SETEMBRO 2011



Caso de estudo referente a Arquitectura Contemporânea			
Desenho: PLANTAS E ALÇADOS		Caso Estudo: PEE_0212.0211_8	
Localização: -		Data: SETEMBRO 2011	
Técnico:	Processo: -	Escala: S/E	



Caso de estudo referente a Arquitectura Contemporânea			
Desenho:		PLANTAS E ALÇADOS	
Caso Estudo:		PEE_0837.0911_9	
Localização:		—	
Técnico:	Processo: —	Escala: 1/100	Data: SETEMBRO 2011



Caso de estudo referente a Arquitectura Contemporânea			
Desenho:		PLANTAS E ALÇADOS	
Caso Estudo:		PEE_0479.0410_10	
Localização:		—	
Técnico:	Processo: —	Escala:	S/E
		Data:	SETEMBRO 2011