



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Análise energética de um edifício unifamiliar

Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Electromecânica

(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Pedro Nuno Dinho Pinto da Silva

Co-orientador: Prof. Doutor Sílvio José Pinto Simões Mariano

Covilhã, Outubro de 2011

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar o meu agradecimento ao Professor Doutor Pedro Nuno Dinho Pinto da Silva e Professor Doutor Sílvio José Pinto Simões Mariano pela orientação na dissertação, pelo espírito crítico que bastante contribuiu para a obtenção de um melhor trabalho.

Agradeço ao proprietário da fracção autónoma por ter fornecido os elementos da sua habitação e por se mostrar sempre disponível.

Agradeço à empresa Fundicalor, ao Engenheiro Sérgio Lopes e à Engenheira Aldina Mendes pela colaboração e fornecimento de elementos sobre o sistema de climatização do fracção autónoma.

Agradeço à empresa Alumínio Alverca e Vitrochaves pela colaboração e fornecimento dos elementos dos envidraçados.

Agradeço à empresa B3A e à Engenheira Mónica Alexandra Costa Bastos Ferreira o apoio prestado no fornecimento do projecto de estabilidade.

Agradeço ao colegas de Mestrado em Engenharia Electromecânica pelo fantástico companheirismo.

Agradeço aos colegas de profissão com quem diariamente colaboro e partilho novas experiencias.

Por fim quero agradecer aos meus pais, à minha família e à Diana Felix por todo o apoio e compreensão fornecida.

“Só sabemos com exactidão quando sabemos pouco; à medida que vamos adquirindo conhecimento, instala-se a dúvida.”

Johann Wolfgang von Goethe

Resumo

Hoje em dia passamos a maior parte do tempo no interior de edifícios e não é de estranhar que nas últimas décadas os seus consumos energéticos tenham aumentado significativamente. Existem diversos factores que influenciam esse aumento de consumo, além do excessivo uso de pequenos equipamentos eléctricos e electrodomésticos, a utilização de sistema de climatização para aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes sanitárias.

De acordo com esta problemática este trabalho visa o estudo térmico de uma moradia unifamiliar utilizando-se para isso dois métodos de cálculo; o cálculo pela análise do RCCTE e através de uma simulação dinâmica utilizando o *EnergyPlus* com a interface do *DesignBuilder*.

O método de cálculo RCCTE, respeita o actual regulamento (Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril) e foi acompanhado com bastante rigor no sentido de se obter o balanço energético final credível, onde é possível analisar quatro variáveis; as necessidades de aquecimento, de arrefecimento, de energia para águas quentes sanitárias e as necessidades globais de energia primária.

O método da simulação dinâmica de edifícios compreende um estudo extremamente detalhado onde é possível modular o edifício de acordo com a sua geometria e localização geográfica. Permite ainda adicionar diversos tipos de cargas internas, como sejam equipamentos eléctricos, equipamentos de catering, taxa de metabolismo, personalizar e definir perfis de ocupação, de iluminação, de utilização de equipamentos e até mesmo de climatização ou águas quentes sanitárias. A partir do software *DesignBuilder*, com uma interface gráfica apelativa e recorrendo ao motor de cálculo *EnergyPlus*, é possível simular e alterar qualquer parâmetro no interior da habitação. Com este resultado consegue-se desagregar nos dados de saída os diversos consumos eléctricos, assim como avaliar o consumo da habitação e o seu comportamento térmico.

Depois de estudados ambos os métodos de cálculo será feita uma análise comparativa sobre os consumos de energia eléctrica para ambos os casos, assim como uma verificação sobre a viabilidade dos métodos de cálculo.

Palavras-chave

Balanço energético, RCCTE, simulação dinâmica de edifícios, sistemas de climatização, DesignBuilder, EnergyPlus, consumos energéticos.

Abstract

Nowadays we spend most time inside buildings and it is not surprising to see, that in recent decades their energy consumption has increased significantly. There are several factors influencing this consumption, as well as excessive use of small electrical appliances and the use of air conditioning system for heating, cooling and hot water production.

According to this problem this paper aims to study the heat of a single family house using two methods for this calculation; the calculation using the actual legislation, RCCTE, and through a dynamic simulation using EnergyPlus with DesignBuilder interface.

The calculating method of RCCTE was accompanied with great accuracy in order to get a credible final energy balance, where it is possible to analyze four variables; the need for heating, cooling, for hot water and the global needs for primary energy.

The method for dynamic simulation of buildings comprises an extremely detailed study where it is possible to modulate the buildings according to their geometry and location. It also allows to add different types of internal loads, such as electrical equipment, catering equipment, rate of metabolism, customize and define profiles of occupancy, lighting, use of equipment, and even air conditioning or hot water. From the software DesignBuilder, with an appealing graphical interface, and using the EnergyPlus calculation engine, you can simulate and change any parameter inside the house. With this result it is possible to disaggregate the data output of the various electrical consumption and to evaluate the consumption of the buildings and its thermal behavior.

After studied both methods of calculation will be made a comparative analysis on the electricity consumption for both cases, as well as check the feasibility of the methods of calculation.

Keywords

Energy balance, RCCTE, dynamic simulation of buildings, HVAC systems, DesignBuilder, EnergyPlus, energy consumption.

Índice

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	VI
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE	X
LISTA DE FIGURAS	XV
LISTA DE TABELAS	XVIII
LISTA DE GRÁFICOS	XXI
LISTA DE ACRÓNIMOS	XXIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>Enquadramento</i>	1
1.1.1 Preocupações ambientais	3
1.2 <i>Problema em estudo e sua relevância</i>	3
1.3 <i>Revisão Bibliográfica</i>	5
1.4 <i>Objectivos do trabalho</i>	6
1.5 <i>Organização da Dissertação</i>	7
2. TECNOLOGIAS E ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS	9
2.1 <i>Características arquitectónicas e construtivas dos edifícios</i>	9
2.2 <i>Forma e localização do edifício</i>	10
2.3 <i>Orientação e captação de energia solar</i>	11
2.4 <i>Características da envolvente exterior</i>	13
2.4.1 Isolamento das paredes exteriores	14
2.4.2 Coberturas	16
2.4.3 Pavimentos	17
2.4.4 Vidros e janelas	17
2.4.5 Cor dos revestimentos	20
2.4.6 Ventilação	21
3. REALIZAÇÃO PRÁTICA E DESCRIÇÃO DA MORADIA UNIFAMILIAR	23
3.1 <i>Localização da Fracção Autónoma</i>	23
3.2 <i>Zonamento Climático</i>	26
3.3 <i>Descrição detalhada da envolvente do edifício</i>	26
3.4 <i>Caracterização de espaços não úteis</i>	28
3.4.1 Garagem	28
3.4.2 Casa das Máquinas	29

3.4.3	Arrumos	29
3.4.4	Adega	29
3.4.5	Instalações Sanitárias	29
3.4.6	Lavandaria	29
3.4.7	Vestíbulo	29
3.4.8	Escadas	30
3.4.9	Cobertura sob desvão fracamente ventilado	30
3.5	<i>Características térmicas da envolvente ext. opaca e em contacto com espaços não úteis</i>	30
3.5.1	Parede Exterior 1 – Pext1	30
3.5.2	Parede Exterior 2 – Pext2	31
3.5.3	Ponte Térmica Plana Pilar – PTPpilar1	31
3.5.4	Ponte Térmica Plana Pilar – PTPpilar2	32
3.5.5	Ponte Térmica Plana Viga – PTPviga1	32
3.5.6	Ponte Térmica Plana Caixa de Estore – PTPEstore1	33
3.5.7	Cobertura Exterior Varanda	33
3.5.8	Cobertura Exterior Plana Invertida	34
3.5.9	Cobertura Exterior Inclinada	34
3.5.10	Cobertura Exterior Sob Desvão Não Útil	35
3.5.11	Pavimento Exterior	35
3.5.12	Pavimento Interior em contacto com ENU - Cerâmica	36
3.5.13	Pavimento Interior em contacto com ENU - Madeira	36
3.5.14	Parede em contacto com ENU (cave) - (Pznu1)	37
3.5.15	Parede em contacto com ENU (cave) - (Pznu2)	37
3.5.16	Ponte térmica linear – Fachada com pavimento sobre LNU	38
3.5.17	Ponte térmica linear – Fachada com pavimento intermédios	38
3.5.18	Ponte térmica linear – Fachada com cobertura inclinada	39
3.5.19	Ponte térmica Linear – Fachada com varanda	39
3.5.20	Ponte térmica Linear – Ligação de 2 paredes verticais	40
3.5.21	Ponte térmica Linear – Ligação de fachada com caixa de estore	40
3.5.22	Ponte térmica Linear – Ligação de padieira, ombreira, peitoril	41
3.5.23	Ponte térmica Linear – Situação não caracterizada	41
3.6	<i>Características técnicas dos vãos envidraçados</i>	42
3.6.1	Vão envidraçado fixo	42
3.6.2	Vão envidraçado Oscilo Batente	44
3.6.3	Vidros	46
3.7	<i>Classe de inércia da fracção autónoma</i>	46
3.8	<i>Ventilação da fracção autónoma</i>	47
3.8.1	Ventilação natural	47
3.9	<i>Equipamento de AQS e climatização</i>	49
3.9.1	Principio de funcionamento - esquema hidráulico	49
3.9.2	Principio de funcionamento - esquema de controlo	51
3.9.3	Cálculo das necessidade de Energia solar térmica para AQS	54

3.10	<i>Necessidades Anuais Nominais de Aquecimento e Arrefecimento</i>	58
3.10.1	Necessidades anuais nominais de aquecimento	59
3.10.2	Necessidades anuais nominais de arrefecimento	59
3.11	<i>Necessidades globais anuais</i>	60
4.	SIMULAÇÃO DINÂMICA DE EDIFÍCIO	62
4.1	<i>Procedimento da simulação Dinâmica</i>	62
4.2	<i>Design Builder</i>	63
4.3	<i>Implementação do Modelo</i>	65
4.3.1	Zonas internas à fracção autónoma	66
4.3.2	Localização e clima	69
4.3.3	Actividade, ocupação, DHW e densidade de equipamentos	71
4.3.4	Fraction Lost e Radiant Fraction	81
4.3.5	Materiais e Tipo de Construção	84
4.3.6	Janelas e protecções de envidraçados	90
4.3.7	Iluminação	94
4.3.8	Climatização e Águas quentes Sanitárias	95
4.4	<i>Cálculo de energia produzida com o colectores solares</i>	99
4.5	<i>Resultados de análise dos consumos eléctricos da fracção autónoma</i>	101
4.6	<i>Análise de resultados da simulação dinâmica</i>	104
4.7	<i>Análise dos resultados do Energyplus e Facturas da EDP</i>	109
4.8	<i>Análise dos resultados do RCCTE e Simulação Dinâmica</i>	111
5.	CONCLUSÃO	114
5.1	<i>Considerações Finais</i>	114
5.2	<i>Pospostas de trabalho futuro</i>	116
ANEXO A.1		120
	Desenhos Técnicos do edifício Unifamiliar	120
ANEXO A.2		149
	Fichas RCCTE	149
ANEXO A.3		170
	Ficha técnica da Caixa de Estore	170
	Ficha técnica dos vidros	170
ANEXO A.4		174
	Esquema de Climatização	174
	Ficha Técnica da Bomba de calor	174
	Ficha técnica dos colectores solares	174
	Relatório energético do Solterm 200 Litros	174
	Relatório energético do Solterm 500 Litros	174

ANEXO A.5	187
Ficha técnica Luminárias	187
Ficha técnica grelha de ventilação	187

Lista de Figuras

FIGURA I: EVOLUÇÃO DA TARIFA ELÉCTRICA DE VENDA A CLIENTES FINAIS, POR NÍVEL DE TENSÃO	2
FIGURA II: MAPA CLIMÁTICO DA ESTAÇÃO DE VERÃO E INVERNO PARA PORTUGAL CONTINENTAL	11
FIGURA III: PONTE TÉRMICA PLANA CORRESPONDENTE A UM PILAR INTERMÉDIO	14
FIGURA IV: RENOVAÇÃO DE AR NO INTERIOR DE UMA HABITAÇÃO	21
FIGURA V: LOCALIZAÇÃO DA MORADIA UNIFAMILIAR EM ESTUDO	23
FIGURA VI: FOTO DO ALÇADO PRINCIPAL – SUDESTE	24
FIGURA VII: FOTO DO ALÇADO POSTERIOR - NOROESTE	24
FIGURA VIII: FOTO DO ALÇADO LATERAL ESQUERDO – SUDOESTE	25
FIGURA IX: ALÇADO LATERAL DIREITO - NORDESTE	25
FIGURA X: FICHA TÉCNICA DO VÃO ENVIDRAÇADO FIXO	43
FIGURA XI: FICHA TÉCNICA DO VÃO ENVIDRAÇADO OSCILO-BATENTE	45
FIGURA XII: ESQUEMA UNIFILAR DO HIDRÁULICO DE CLIMATIZAÇÃO E AQS DA HABITAÇÃO	49
FIGURA XIII: ESQUEMA DE CONTROLO DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	51
FIGURA XIV: SELECÇÃO DO EQUIPAMENTO SOLAR TÉRMICO	56
FIGURA XV: DESEMPENHO DO SISTEMA SOLAR TÉRMICO	57
FIGURA XVI: PARÂMETROS DE ENTRADA E SAÍDA DO ENERGYPLUS	64
FIGURA XVII: MODELO GEOMÉTRICO DO CASO DE ESTUDO MODULADO NO SOFTWARE DESIGNBUILDER	66
FIGURA XVIII: ÁREA DA CAVE E RESPECTIVAS DIVISÕES	66
FIGURA XIX: ÁREA DO R/CH E RESPECTIVAS DIVISÕES	67
FIGURA XX: : ÁREA DO PISO 1 E RESPECTIVAS DIVISÕES	67
FIGURA XXI: MODULAÇÃO DO ALÇADO PRINCIPAL – SUDESTE	68
FIGURA XXII: MODULAÇÃO DO ALÇADO POSTERIOR - NOROESTE	68
FIGURA XXIII: MODULAÇÃO DO ALÇADO LATERAL ESQUERDO – SUDOESTE	69
FIGURA XXIV: MODULAÇÃO DO ALÇADO LATERAL DIREITO - NORDESTE	69
FIGURA XXV: SEPARADOR “LOCALION” DO PROGRAMA DESIGNBUILDER	71
FIGURA XXVI: SEPARADOR ACTIVITY	72
FIGURA XXVII: PERFIL DE ILUMINAÇÃO SEMANAL DA COZINHA	78
FIGURA XXVIII: PERFIL DE UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE CATERING DURANTE O FIM DE SEMANA	80
FIGURA XXIX: SEPARADOR CONSTRUCTION	85
FIGURA XXX: ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO DA PAREDE EXTERIOR DO TIPO 1	86
FIGURA XXXI: IMAGEM GERADA PELO PROGRAMA DA PAREDE EXTERIOR DO TIPO 1	86
FIGURA XXXII: CÁLCULO DO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA PAREDE EXTERIOR DO TIPO 1	87
FIGURA XXXIII: ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO DA COBERTURA PLANA INVERTIDA	88
FIGURA XXXIV: IMAGEM GERADA PELO PROGRAMA DA COBERTURA PLANA INVERTIDA	88

Análise energética de um edifício unifamiliar

FIGURA XXXV: CÁLCULO DO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA COBERTURA PLANA INVERTIDA	89
FIGURA XXXVI: SEPARADOR <i>OPENINGS</i>	91
FIGURA XXXVII: COMPOSIÇÃO DO VIDRO SELECIONADO	92
FIGURA XXXVIII: PROPRIEDADES TÉRMICAS E DE RADIAÇÃO DO VIDRO DUPLO ISOLANTE	92
FIGURA XXXIX: CAIXILHO SERIE AKI	93
FIGURA XL: SEPARADOR <i>HVAC</i>	96
FIGURA XLI: <i>HVAC TEMPLATE - GENERAL</i>	97
FIGURA XLII: SEPARADOR VENTILAÇÃO	98
FIGURA XLIII: SEPARADOR <i>HEATING AND COOLING</i>	99
FIGURA XLIV: RESULTADO DE SIMULAÇÃO NO PROGRAMA SOLTERM COM 500 LITROS DE CONSUMO	100

Lista de Tabelas

TABELA I: FACTOR FORMA PARA OS DIFERENTES TIPOS DE EDIFÍCIOS	10
TABELA II: RESISTÊNCIA TÉRMICA DOS DIFERENTES TIPOS DE PROTECÇÃO SOLAR	20
TABELA III: ZONAMENTO CLIMÁTICO PARA O CONCELHO DO FUNDÃO	26
TABELA IV: VALORES MÉDIOS DE INTENSIDADE DE RADIAÇÃO SOLAR	26
TABELA V: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREAS DA PEXT1	31
TABELA VI: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREAS DA PEXT2	31
TABELA VII: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREAS DA PTPPILAR1	32
TABELA VIII: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREAS DA PTPPILAR2	32
TABELA IX: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREAS DA PTPVIGA1	33
TABELA X: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREAS DA PTPSTORE1	33
TABELA XI: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREAS DA COBERTURA EXTERIOR VARANDA	34
TABELA XII: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICO E ÁREA DA COBERTURA EXTERIOR PLANA INVERTIDA	34
TABELA XIII: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREAS DA COBERTURA EXTERIOR INCLINADA	35
TABELA XIV: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREA DA COBERTURA EXT, SOB DESVÃO NÃO ÚTIL	35
TABELA XV: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREAS DO PAVIMENTO EXTERIOR	36
TABELA XVI: C. DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREA DO PAV. INT. EM CONTACTO COM ENU, CERÂMICA	36
TABELA XVII: C. DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREA DO PAV. INT. EM CONTACTO COM ENU, MADEIRA	37
TABELA XVIII: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREA DA PAREDE EM CONTACTO COM ENU	37
TABELA XIX: COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA E ÁREA DA PAREDE EM CONTACTO COM ENU	37
TABELA XX: MEDIÇÃO DA PONTE TÉRMICA LINEAR (FACHADA COM PAVIMENTO SOBRE LNU)	38
TABELA XXI: MEDIÇÃO DA PONTE TÉRMICA LINEAR (FACHADA COM PAVIMENTO INTERMÉDIOS)	38
TABELA XXII: MEDIÇÃO DA PONTE TÉRMICA LINEAR (FACHADA COM COBERTURA INCLINADA)	39
TABELA XXIII: MEDIÇÃO DA PONTE TÉRMICA LINEAR (FACHADA COM VARANDA)	39
TABELA XXIV: MEDIÇÃO DA PONTE TÉRMICA LINEAR (DUAS PAREDES VERTICAIS)	40
TABELA XXV: MEDIÇÃO DA PONTE TÉRMICA LINEAR (FACHADA COM CAIXA DE ESTORE)	40
TABELA XXVI: MEDIÇÃO DA PONTE TÉRMICA LINEAR (FACHADA COM PADIEIRA, OMBREIRA, PEITORIL)	41
TABELA XXVII: MEDIÇÃO DA PONTE TÉRMICA LINEAR (FACHADA COM PAVIMENTO)	41
TABELA XXVIII: ÁREAS E COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS FIXOS	42
TABELA XXIX: ÁREAS E COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DOS VÃOS OSCILO BATENTE	44
TABELA XXX: CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS E DE RADIAÇÃO DO VÍDEO	46
TABELA XXXI: NÚMERO CONVENCIONAL DE OCUPANTES EM FUNÇÃO DA TIPOLOGIA DE HABITAÇÕES	55
TABELA XXXII: NECESSIDADES NOMINAIS DE AQUECIMENTO / ARREFECIMENTO E AQS	61
TABELA XXXIII: NECESSIDADES GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA	61
TABELA XXXIV: DADOS DE ENTRADA DO SEPARADOS ACTIVITY	73

Análise energética de um edifício unifamiliar

TABELA xxxv: CONSUMO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA _____	76
TABELA xxxvi: TIPOS DE LÂMPADAS DA FRACÇÃO AUTÓNOMA _____	77
TABELA xxxvii: CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS NA FRACÇÃO AUTÓNOMA _____	77
TABELA xxxviii: POTENCIAS ELÉCTRICAS DO EQUIPAMENTOS DA HABITAÇÃO _____	79
TABELA xxxix: FRACÇÃO RADIANTE VS VELOCIDADE DO AR. _____	83
TABELA xl: VALORES MÁXIMO DE TAXA DE MISTURA A CONSIDERAR _____	83
TABELA xli: RESUMO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS INTRODUZIDAS NO PROGRAMA _____	90
TABELA xlii: PROPRIEDADES TÉRMICA E DE RADIAÇÃO DO VIDRO SELECIONADO _____	93
TABELA xliii: CARACTERÍSTICAS TÉCNICA DOS CAIXILHOS SERIE AKI _____	93
TABELA xliv: TIPOS DE MONTAGEM DE LUMINÁRIAS E RESPECTIVOS GANHOS DE CALOR _____	94
TABELA xlv: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA _____	95
TABELA xlvi: CÁLCULO DA ENERGIA AUXILIAR AO SISTEMA DE AVAC _____	98
TABELA xlvii: CAUDAIS DE RENOVACÃO DE AR E VENTILAÇÃO MECÂNICA NA COZINHA _____	98
TABELA xlviii: LEITURAS DOS CONSUMOS MEDIDOS PELA EDP E PROPRIETÁRIO _____	101
TABELA xlix: CONSUMO MENSAL REAL _____	103
TABELA l: VALOR A PAGAR POR MÊS PELA ENERGIA ELÉCTRICA CONSUMIDA _____	103
TABELA li: PERCENTAGEM DE CONSUMOS DOS EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS _____	105
TABELA lii: BALANÇO ENERGÉTICO MENSAL E ANUAL DO SOLTERM PARA CONSUMO DE 500 L DE AQS _____	106
TABELA liii: DIFERENÇAS ENTRE CONSUMO REAL E SIMULAÇÃO DINÂMICA _____	110
TABELA liv: CONSUMO MÉDIO DE POTÊNCIA ELÉCTRICA _____	110

Lista de Gráficos

GRÁFICO I: DENSIDADE DE OCUPAÇÃO DA MORADIA UNIFAMILIAR DE SEGUNDA-FEIRA A SEXTA-FEIRA _____	75
GRÁFICO II: DENSIDADE DE OCUPAÇÃO DA MORADIA UNIFAMILIAR SÁBADO E DOMINGO _____	75
GRÁFICO III: CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA NA HABITAÇÃO - EDP _____	104
GRÁFICO IV: CONSUMO DESAGREGADO DOS VÁRIOS EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS _____	105
GRÁFICO V: POTÊNCIA CALORÍFICA DE AQUECIMENTO OBTIDO PELA SIMULAÇÃO DINÂMICA _____	107
GRÁFICO VI: POTÊNCIA CALORÍFICA DE ARREFECIMENTO OBTIDO PELA SIMULAÇÃO DINÂMICA _____	108
GRÁFICO VII: COMPARAÇÃO DE CONSUMOS ELÉCTRICOS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO DINÂMICA E FACTURAS DA EDP _____	109
GRÁFICO VIII: COMPARAÇÃO DA ENERGIA ANUAL DISPENDIDA PARA CLIMATIZAÇÃO NO RCCTE E SIMULAÇÃO DINÂMICA _____	111
GRÁFICO IX: GANHOS INTERNOS DE OCUPAÇÃO NA SIMULAÇÃO DINÂMICA E NO RCCTE _____	112
GRÁFICO X: GANHOS SOLARES PELOS ENVIDRAÇADOS NOS DOIS MÉTODOS DE CÁLCULO _____	113

Lista de Acrónimos

AQS	Águas Quentes Sanitária
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning
DHW	<i>Domestic Hot Water</i>
ENU	Espaço Não útil
EPS	Poliestireno Expandido
FF	Factor Forma
GD	Graus Dia
HVAC	<i>Heating Ventilation and Air Conditioned</i>
ICB	Aglomerado de Cortiça
ITE	Informação Técnica Edifícios
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LNEG	Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia
MAQS	Consumo médio diário de referência
MW	Lã Mineral
Nac	Necessidades nominais de energia para preparação das águas quentes sanitárias
Nic	Necessidades nominais de energia útil de aquecimento;
Ntc	Necessidades nominais globais de energia primária
Nvc	Necessidades nominais de energia útil de arrefecimento
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Buildings</i>
PTL	Ponte Térmica Linear
PTP	Ponte Térmica Plana
PUR	Espuma de Poliuretano
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico em Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energético e de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética
SHGC	<i>Solar Heat Gain Coefficient</i>
UE	União Europeia
XPS	Poliestireno Extrudido

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

Em Portugal, os edifícios foram responsáveis pelo consumo de 5,8 Mtep (Milhões de toneladas de equivalente de petróleo), representando cerca de 30% do consumo total de energia primária do país e 62% dos consumos de electricidade em 2005, sendo que os consumos posteriores apresentam resultados superiores. O sector residencial com cerca de 3,3 milhões de edifícios contribui com 17% dos consumos de energia primária em termos nacionais representando cerca de 29% dos consumos de electricidade, o que evidencia a necessidade de uma atenção particular à eficiência energética dos equipamento consumidores de electricidade como forma de moderação de consumos.

No sector residencial, a qualidade dos edifícios e do conforto a eles associado tem aumentado particularmente nos últimos anos. As necessidades ligadas à higiene, às necessidades básicas na confecção e conservação dos alimentos, as necessidades de conforto térmico (aquecimento e arrefecimento), e ainda o uso de equipamentos de entretenimento e equipamentos eléctricos de apoio às tarefas (computadores pessoais, electrodomésticos, etc.) são comodidades que foram sendo postas gradualmente à disposição dos utilizadores dos edifícios de habitação. Contudo, este nível mais elevado de conforto traduz-se normalmente num acréscimo de investimento e num maior consumo de energia com repercussão no aumento da emissão de gases que contribuem para o aquecimento global.

O consumo de energia no sector doméstico depende directamente do rendimento disponível das famílias. O crescimento sustentado deste indicador, com forte impacto na posse e utilização de aparelhos consumidores de energia, tem sido um dos motores de dinâmica da procura de energia eléctrica no sector. Outra causa do aumento dos consumos de energia reside na enorme multiplicidade de pequenas e grandes ineficiências resultantes quer dos próprios equipamentos consumidores utilizados no sector, edifícios incluídos, quer dos procedimentos e hábito de utilização desses equipamentos. É necessário ter presente que os edifícios residenciais são utilizados por um universo de mais de 10 milhões de consumidores, existindo alguma inércia na adopção de padrões comportamentais de consumo de energia devido, não só a razões comportamentais dos utilizadores, como também ao período necessário para a substituição dos equipamentos e progressiva recuperação dos edifícios.

Em termos de utilizações finais, os consumos de energia nos edifícios residenciais distribuem-se aproximadamente da seguinte forma: Cozinhas e águas quentes sanitárias 50%, aquecimento e arrefecimento 25%, iluminação e equipamentos electrodomésticos 25%. Estes valores permitem inferir algumas conclusões de forma a melhorar a eficiência térmica e energética dos edifícios.

Assim:

- Os custos elevados associados à produção de águas quentes sanitárias, cuja fonte energética se divide entre o gás e a electricidade poderão ser transferidos para uma produção de origem renovável - energia solar térmica;
- Os consumos associados ao conforto térmico (aquecimento e arrefecimento) constituem uma via de intervenção no sector;
- A melhoria da eficiência energética do parque de equipamentos e iluminação constitui um alvo de intervenção onde as economias de energia poderão ser significativas.

Numa óptica de eficiência energética é urgente integrar os princípios de racionalização de energia nos edifícios novos e nos que necessitam obras de reabilitação, para evitar que os consumos energéticos aumentem drasticamente. (1)

A poupança de energia é a primeira fonte de energia renovável disponível e a utilização eficaz de energia pode melhorar as condições de conforto das nossas casas. Pode-se observar através da Figura i a evolução das tarifas de venda a clientes finais do comercializador de último recurso, por nível de tensão, entre 1990 e 2011, segundo a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). (2)

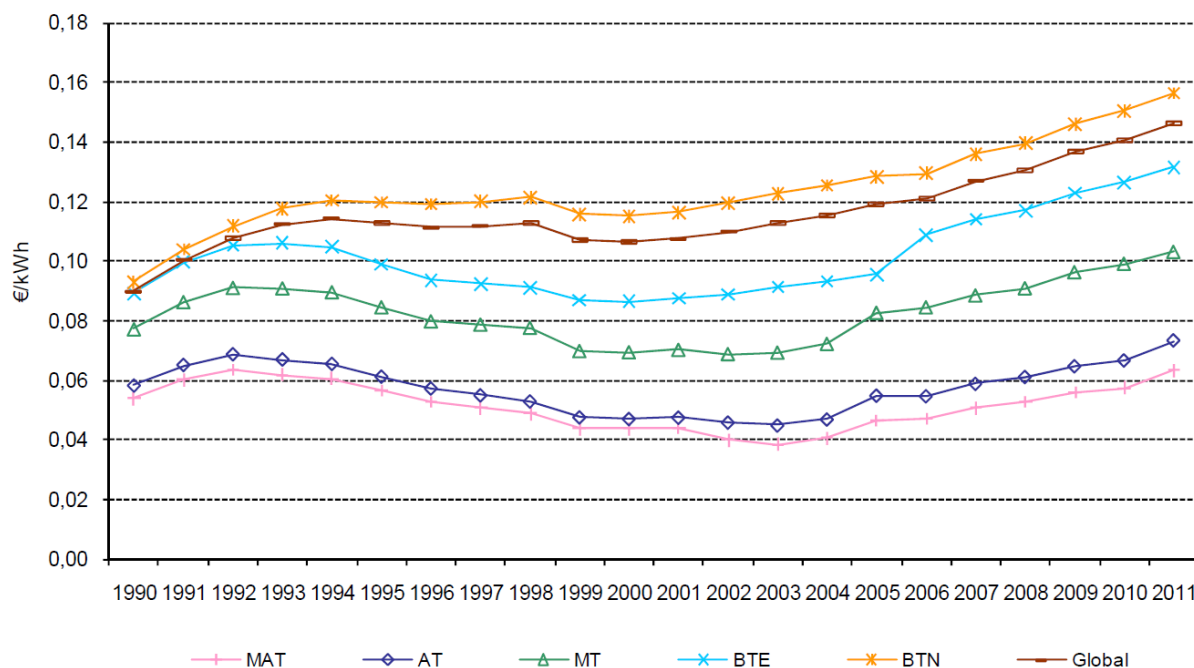


Figura i: Evolução da tarifa eléctrica de venda a clientes finais, por nível de tensão

Em BTN, os preços médios em 2011 são cerca de e 81% dos respectivos preços médios verificados em 1990.

1.1.1 Preocupações ambientais

As emissões produzidas pelos combustíveis fósseis usados para satisfazer as crescentes necessidades energéticas a nível global estão a provocar alterações climáticas perigosas no planeta, Os cientistas têm vindo a alertar para o facto de as temperaturas globais poderem aumentar de um mínimo de 1,4°C (se as emissões de CO₂ estabilizarem rapidamente) a um máximo de 5,8°C, caso não se tomem medidas imediatas no sentido de controlar as emissões poluidoras.

As consequências do aquecimento global (desertificação, migrações das populações, erosão da costa marítima, perda da biodiversidade, etc.) são alarmantes e podem tornar-se catastróficas, As principais autoridades internacionais adoptaram um conjunto importante e significativo de medidas, A União Europeia instou os seus Estados-Membros a alcançarem as seguintes metas até 2020: redução das emissões de gases causadores de efeito de estufa em 20% face aos níveis de 1990; aumento em 20% do uso de fontes de energia renováveis e adopção de medidas com vista à obtenção de uma poupança energética de 20% relativamente aos níveis de consumo actuais.

É urgente intervir para alcançar um novo equilíbrio que esteja em harmonia com o ambiente e respeite os direitos das gerações futuras, É necessário modificar e reduzir o consumo de energia:

- Por **motivos éticos e sociais**, No presente, 28% da população consome 77% de toda a energia produzida, enquanto 72% vivem apenas com os restantes 23%;
- Por **motivos estratégicos**, A Europa (e especialmente em Portugal) depende fortemente dos países fora da U,E, (alguns deles politicamente muito instáveis) para satisfazer as suas necessidades de combustíveis fósseis, razão pela qual não existe uma certeza de continuidade do fornecimento;
- Por **motivos económicos**, O custo anual da factura energética representa uma parcela significativa das despesas de um lar.

É necessário dar inicio a uma nova revolução energética, com o objectivo estratégico de incentivar o uso de fontes de energia renovável (sol, vento, água, etc.) para produção de energia necessária ao desenvolvimento e subsistência das populações do mundo.

1.2 Problema em estudo e sua relevância

Actualmente, o sector dos edifícios tem vindo a sofrer constantes alterações e novas exigências relativamente aos consumos de energia.

As actuais características dos novos edifícios de habitação conduzem a um aumento do consumo de energia e a tendência não é para diminuir o que provoca uma determinante preocupação em torno da eficiência energética nos edifícios.

Por isso a optimização do desempenho, da sua eficiência energética ao encontro da sustentabilidade reveste-se de um vital importância. No entanto esta optimização encontra-se condicionada por vários factores, pelo que se torna vital encontrar um método, ou um instrumento de cálculo que permita assegurar o melhor desempenho energético, assim como reduzir a sua incidência sobre o meio ambiente garantido simultaneamente um elevado conforto térmico e condições de salubridade no interior das habitações.

Tendo como referência a moldura actual do Sistema Nacional de Certificação Energética e do Ar Interior dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril), resultante da transposição da directiva n.º 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, que tem como finalidade regulamentar as condições de eficiência energética e utilização de sistemas de energias renováveis e ainda as condições de garantia da qualidade do ar interior.

A todos os novos edifícios de habitação é aplicável o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE - Decreto-Lei n.º, 80/2006 de 4 de Abril) que estabelece as regras a observar nos edifícios de habitação com potências de climatização inferiores a 25 kW, Caso contrário, a situação sai do âmbito do presente trabalho, terão também os edifícios que obedecer ao RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios - Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril).

Este estudo vem na sequência da Directiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010, relativo ao desempenho energético dos edifícios, A directiva aponta as indicações a seguir para reduzir até 2020 as emissões globais de gases com efeito de estufa em pelo menos 20 % em relação aos níveis de 1990, e em 30 % no caso de se alcançar um acordo internacional.

Regista-se ainda que todos os estados membros da EU devem assegurar que:

- O mais tardar em 31 de Dezembro de 2020, todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia;
- Após 31 de Dezembro de 2018, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia.

Para que o estudo se consiga concretizar e seja possível elaborar uma abordagem adequada, que tente responder a todas as medidas do regulamento, é necessário que haja coerência entre o projectos de arquitectura e respectivos estudos de estruturas e infra-estruturas.

1.3 Revisão Bibliográfica

Apresenta-se uma recolha bibliográfica que permite avaliar o estado de arte (State of the Art), realizado no contexto do presente estudo.

Salienta-se a escassez de trabalhos que analisem o método de cálculo RCCTE com uma simulação dinâmica ou de trabalhos que avaliem a simulação dinâmica e a confortem com os consumos reais.

Existem sim diversos estudos a avaliar individualmente cada uma destas metodologias de estudo, mas poucas confrontam dados com outros métodos de cálculo.

Pieraldo Isolani (2008) apresentou as diversas fragilidades dos edifícios, assim como as áreas onde se deve proceder para reduzir alguns consumos em edifícios. Faz uma larga descrição das características arquitectónicas e construtivas dando um análise interessante sobre a energética de edifícios.

Eduardo Maldonado, Helder Gonçalves (2006), vêm esclarecer através do manual auxiliar do RCCTE pequenos detalhes que não se apresentam no Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril, auxiliando na análise térmica deste caso de estudo.

Luis Filipe Vaz Morais (2009), faz uma abordagem de consumo de energia nas habitações e identifica os principais locais de poupança associados ao consumo energético residencial, no sentido de se tomarem medidas eficientes no que respeita aos equipamentos de aquecimento/arrefecimento e iluminação, assim como pela melhoria do isolamento térmico da envolvente dos edifícios. Por outro lado, a aposta na energia solar que representa um forte potencial de poupança económica e energética para efeitos de aquecimento de águas sanitárias.

Ricardo Miguel Antunes da Silva Ferreira (2010), concentra o seu estudo na verificação da possibilidade de implementar um modelo de edifício residencial unifamiliar com determinada estrutura arquitectónica, em diferentes concelhos de Portugal Continental, sem que os critérios abrangidos pelo RCCTE sejam infringidos.

Hélder Filipe Duarte Ferreira (2010), elabora um trabalho que vai mais ao encontro do presente caso de estudo pois começou por aplicar o RCCTE, com os objectivos de verificar se o edifício estava de acordo com os requisitos mínimos de qualidade térmica e de calcular os principais índices térmicos, como as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento, a produção de águas quentes sanitárias, assim como as necessidades globais de energia primária. De seguida analisaram-se os edifícios com o software de simulação dinâmica ESP-r. Para a relação entre o desempenho aferido através do RCCTE e o desempenho por simulação detalhada em regime de flutuação livre de temperaturas (ESP-r), durante a estação de aquecimento e durante a estação de

arrefecimento, verificou-se existir uma correlação evidente, sobretudo para a estação de Inverno. No Verão verificou-se que os valores oscilarem consideravelmente.

Joana Filipa das Neves Cartas (2011), este trabalho vai mais ao encontro do que se estudou no presente caso de estudo pois permitiu realizar uma análise comparativa dos consumos energéticos, eléctricos e térmicos, entre dois programas de simulação dinâmica de edifícios: *EnergyPlus* e *Trace700*. Os modelos computacionais desenvolvidos em cada um dos programas foram calibrados através dos consumos eléctricos e térmicos, obtidos através de contagens (facturas). No final foram comparados os resultados obtidos e estimadas as densidades de equipamento necessárias para que os consumos totais simulados estivessem a mais ou menos 10% dos consumos reais, seguindo deste forma a metodologia corrente no RSECE (Regulamento de Sistemas Energéticos e de Climatização de Edifícios). Os resultados obtidos foram comparados entre si, tendo também sido efectuado um conjunto de simulações de modo a avaliar a influência de determinadas opções dentro de cada programa, nomeadamente métodos de cálculo de cargas térmicas e definição da temperatura de zonas não úteis, disponíveis no TRACE 700.

Além de todos estes documentos científicos analisaram-se diversas normas internacionais assim como os regulamentos em vigor e os manuais dos programas utilizados (*DesignBuilder*, *EnergyPlus* e *Solterm*).

Como nota conclusiva pode-se afirmar que após esta curta síntese de diversos trabalhos e livros analisados sobre desempenho energético em edifícios, chega-se à conclusão que há demasiadas variáveis em jogo e que é importante que os estudos sejam mais pormenorizados levando a tirar pequenas conclusões de pequenos casos de estudo até se conseguir reunir toda essa informação e obter um modelo com um elevado desempenho.

1.4 Objectivos do trabalho

De acordo com o que já foi descrito nas secções anteriores torna-se necessário assegurar um método de cálculo que permita avaliar o consumo energético em edifícios de habitação.

Neste contexto a abordagem do estudo efectuado incidiu na aplicação do processo de cálculo estipulado pelo RCCTE, por intermédio das folhas de cálculo disponíveis, com o objectivo de apurar os seus indicadores de eficiência energética:

- Nic - Necessidades nominais de energia útil de aquecimento;
- Nvc - Necessidades nominais de energia útil de arrefecimento;
- Nac - Necessidades de energia para preparação das águas quentes sanitárias;
- Ntc - Necessidades nominais globais de energia primária.

A caracterização dos elementos da envolvente, no que diz respeito aos coeficientes de transmissão térmica, foi efectuado de acordo com ITE 50 do LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, assim como pelos dados fornecidos pelos fabricantes dos envidraçados, sistema de climatização e AQS.

Numa fase posterior foi modulado o edifício através do programa *EnergyPlus*, recorrendo-se a uma simulação dinâmica, com as características reais de utilização, assim como as soluções construtivas e elementos usados no cálculo do RCCTE, no sentido de se obter o balanço energético detalhado da fracção autónoma.

Feito o balanço energético, o ultimo objectivo incide na análise dos dados de consumo de energia e sua comparação com as facturas do fornecedor de energia eléctrica.

De um modo geral o principal objectivo consiste em estabelecer uma analogia entre o método de cálculo RCCTE e a simulação dinâmica, assim como, assegurar o programa *EnergyPlus* como uma ferramenta de trabalho credível no sentido de se reduzirem consumos energéticos nos edifícios de habitação unifamiliares.

1.5 Organização da Dissertação

Este documento está organizado em cinco capítulos fundamentais, conforme o assunto abordado.

No *Capítulo 1*, é efectuada uma perspectiva geral do tema, definindo-se o estudo em causa através da sua relevância. Segue-se a revisão bibliográfica que tem por objectivo enquadrar este trabalho no âmbito de outros trabalhos científicos. Apresentam-se os objectivos e a organização da dissertação.

No *Capítulo 2* apresentam-se as características ambientais e as tecnologias energéticas dos edifícios, tais como a forma e localização dos edifícios, características da envolvente exterior, ventilação e produção de energia térmica e eléctrica com recurso a energia solar.

Neste capítulo apresentam-se alguns fundamentos teóricos e bons princípios a usar no projecto de novos edifícios de habitação. Faz-se referência à forma e localização do edifício, orientação e captação de energia solar, assim como, características das soluções construtivas, ventilação e ainda produção de energia com recurso à energia solar. É um capítulo essencialmente teórico sobre a energética de edifícios.

No *Capítulo 3* descreve-se a realização prática à luz do RCCTE e efectua-se a descrição pormenorizada da moradia unifamiliar. Define-se a sua localização geográfica e zona climática, soluções construtivas, vãos envidraçados, ventilação, sistema de climatização e águas quente

sanitárias no que diz respeito ao RCCTE. Neste capítulo apresentam-se as principais características da moradia unifamiliar em estudo, descreve-se pormenorizadamente todas as soluções construtivas, perdas térmicas e zonas onde se verifica o coeficiente de redução de perdas, características técnicas dos envidraçados e dos sistemas de produção de águas quentes sanitárias e aquecimento/arrefecimento. Todo o estudo é efectuado de acordo com a metodologia de balanço energético do RCCTE apresentando-se alguns resultados.

No *Capítulo 4* faz-se uma descrição da realização prática efectuada no âmbito da simulação dinâmica através do programa DesignBuilder / Energyplus. Definem-se todos os perfis de ocupação, iluminação, climatização, equipamentos de modo a que se consiga introduzir com o máximo rigor as características reais da habitação em termos construtivos, de ocupação e funcionamento. No âmbito da simulação dinâmica efectou-se ainda a sua modulação para que posteriormente fosse possível atribuir todas as características de ocupação, consumo eléctrico, iluminação, climatização. Registaram-se os principais resultados de consumo de energia da fracção autónoma assim como uma analogia com o método de cálculo do RCCTE. Elaboram-se algumas considerações sobre os dois métodos de cálculo para se obter o balanço energético em edifícios. E compara-se ainda o resultado da simulação dinâmica com os consumos reais da empresa fornecedora de energia eléctrica.

No *Capítulo 5* efectua-se todas as conclusões sobre o trabalho, os métodos de estudo e os resultados obtidos, apresentam-se propostas de trabalho futuro com vista à optimização do estudo de simulação dinâmica.

Capítulo 2

Tecnologias e energética dos edifícios

2.1 Características arquitectónicas e construtivas dos edifícios

As condições de conforto proporcionadas por uma habitação dependem de uma série de factores que incluem as características de construção do edifício e dos sistemas de aquecimento e arrefecimento utilizados. Estes factores estão também relacionados de forma directa com os custos de operação do edifício, Assim, é essencial proceder a uma avaliação correcta destas características para avaliar as linhas de acção que podem conduzir a uma melhoria significativa do ambiente interior da habitação e a menores custos na utilização de energia.

A avaliação das características de construção e dos sistemas de aquecimento e arrefecimento é especialmente importante quando se adquire nova habitação. É fundamental que, para além da aparência exterior da habitação e do seu custo de aquisição, também sejam levados em consideração os requisitos de eficiência energética.

As características arquitectónicas e construtivas dos edifícios têm uma influência determinante nas condições de conforto interior, Um edifício que não é projectado e construído sem ter em conta as condições climáticas do local onde seria implantado não poderá ser considerado um edifício eficiente na utilização de energia para proporcionar conforto aos seus utilizadores. Nas últimas décadas, as questões de conforto de um edifício têm sido resolvidas através de sistemas artificiais de controlo de conforto ambiente, ignorando as características climáticas do local onde o edifício se insere. A consequência directa desta abordagem é a elevada incidência dos custos de aquecimento e de ar condicionado nas despesas das famílias.

As variáveis climáticas que mais influenciam os edifícios em termos de transferências de calor são a temperatura do ar exterior e a radiação solar. A temperatura do ar determina o estabelecimento das trocas de calor entre o interior e o exterior da habitação. Assim, no Inverno, a temperatura exterior é baixa, pelo que existem perdas térmicas do interior para o exterior das habitações. No Verão, acontece o inverso: a temperatura mais elevada no exterior provoca a entrada de calor indesejado nas habitações.

A outra variável de grande importância para os edifícios é a radiação solar, No inverno constitui uma fonte de calor muito importante, contribuindo para o aumento da temperatura interior, No Verão

constitui uma fonte de calor a evitar, precisamente para impedir o aumento da temperatura interior nos edifícios.

A energia solar depende de dois factores: a trajectória do Sol (é o ângulo de incidência dos raios solares que determinam a intensidade da radiação) e a duração da exposição solar (numero de horas de Sol recebidas ao longo do dia e do ano).

É possível construir edifícios que tiram o maior partido da trajectória do Sol e que, como consequência, conseguem fazer um melhor aproveitamento do mesmo, Para se ter uma ideia de como o edifício poderá responder no Verão e no Inverno, tem de ser prestar atenção a dois factores: a forma do edifício e, sobretudo a sua orientação solar.

2.2 Forma e localização do edifício

A forma do edifício tem um forte impacto na eficiência energética do edifício. A necessidade de aquecer uma casa no Inverno advém do facto do calor gerado no ser interior ser continuamente transmitido para o exterior da casa através das paredes, janelas, telhados, etc, ou seja, através das superfícies externas do edifício, Assim, quanto maior for a superfície (S) que envolve o volume (V) aquecido, maior será a transferência de calor.

Para ser eficiente do ponto de vista energético, um edifício deve ter um factor de forma (FF) ou uma relação superfície/volume (S/V) baixa. Por este motivo, como se ilustra na Tabela i, uma casa independente é menos eficiente em termos energéticos do que um edifício de vários pisos.

Tabela i: Factor forma para os diferentes tipos de edifícios

Tipo de Edifício	S/V
Casa independente	0,8
Casa geminada	0,65
Edifício de um piso	0,50
Edifício de vários pisos	0,30

Por outro lado, a localização do edifício é muito importante no que respeita às necessidades térmicas do espaço interior. Estas necessidades estão contempladas no Regulamento de Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), onde é possível estudar e melhorar o desempenho térmico dos edifícios. Para se ter uma ideia das condições climáticas no País, pode consultar-se o mapa climático de Verão e Inverno apresentado na Figura ii.

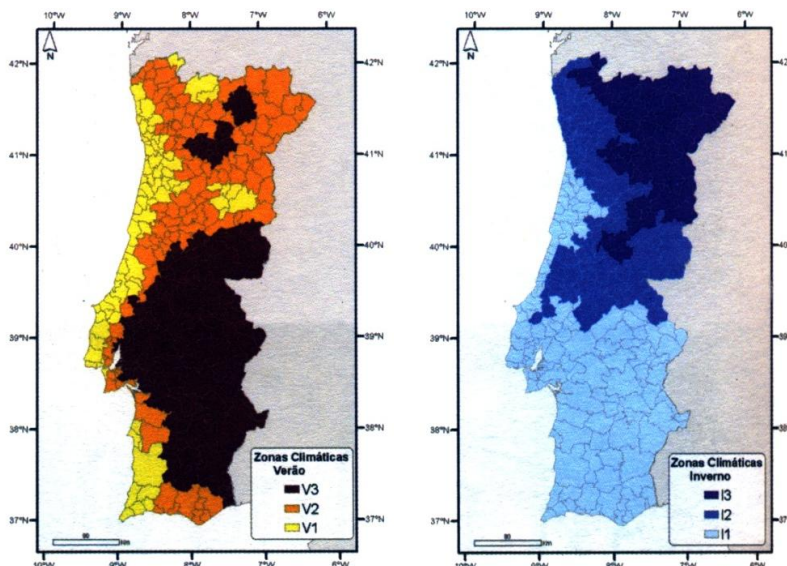


Figura ii: Mapa climático da estação de Verão e Inverno para Portugal Continental

As zonas classificadas como I1 correspondem a locais com menores necessidades de aquecimento no Inverno, enquanto que as zonas I3 terão necessidades mais elevadas. Da mesma forma, no Verão, as zonas V3 terão mais necessidades de arrefecimento do que as regiões V1.

Para além da zona climática, também se deve verificar se o edifício está localizado numa área com boa ventilação, mas sem estar directamente sujeito a ventos fortes.

2.3 Orientação e captação de energia solar

A captação eficaz de energia solar constitui um factor primordial a ter em consideração, especialmente num País como Portugal, onde, apesar de existir um clima moderado, existe uma demarcação bastante significativa a estação quente (Verão) e frio (Inverno).

A capacidade que um edifício tem de captar a radiação solar nos períodos em que existe uma maior necessidade de energia (isto é, no Inverno) e de ter a menor superfície possível exposta à luz do Sol quando existe a necessidade de dissipar o calor (isto é, no Verão) determina o grau de conforto oferecido aos ocupantes e os consequentes gastos de energia. Sendo essas condições opostas, dá-se muitas vezes o caso de os edifícios serem muito eficientes no Inverno mas pouco eficientes no Verão, ou vice-versa. Existem, no entanto, alguns tipos de edifícios que têm boas prestações tanto no Inverno como no Verão. Esses resultados de conforto nas estações de aquecimento e arrefecimento podem ser economicamente favoráveis se não existirem grandes amplitudes térmicas, ou se por exemplo a zona climática for I1, V1.

Consoante o clima local ou os diferentes objectivos específicos, pode optar-se por privilegiar uma condições ou a outra, No caso de uma casa situada num clima muito frio, o Verão não será um problema tão grande e poder-se-á concentrar quase exclusivamente na eficiência energética

durante o Inverno, Por outro lado, no caso de um edifício situado a Sul, o objectivo consistirá em reduzir a irradiação durante o Verão.

No nosso país, em que ambas as condições meteorológicas estão presentes, é necessário ter os dois valores em consideração e obter o melhor compromisso possível de modo a obter o melhor equilíbrio de eficiência da energia solar.

Regra geral, é preferível que a exposição solar das superfícies a Este e Oeste seja reduzida. Estas duas orientações são irradiadas principalmente durante o Verão e a entrada de radiação é muito difícil de controlar, uma vez que se faz quase perpendicularmente às janelas. Para combater a influência do frio do Inverno, é aconselhável reduzir as paredes e janelas orientadas para o Norte e aumentar as que estão orientadas para o Sul, também porque as paredes voltadas para o Sul são mais fáceis de proteger da luz do Sol durante o Verão, uma vez que a posição do Sol nessa ocasião está quase perpendicular e recorrendo a palas horizontais conseguem-se boas obstruções.

O lado Norte da casa deve ser reservado a WCs, arrumos, ou outras divisões que necessitem de poucas aberturas (ou mesmo nenhuma) para o exterior. E nesta orientação que se originam grandes perdas térmicas através dos vidros durante a estação fria, Se for impossível a escolha de uma casa sem divisões orientadas a Norte, então tenha sempre presente esta questão.

As zonas com clima mediterrânico apresentam uma necessidade dupla, com a protecção solar no Verão e a obtenção de aquecimento no Inverno. Actualmente, é possível conseguir este objectivo, utilizando sistemas simples de protecção de janelas. Estes sistemas revestem-se de uma importância vital ao nível da eficiência energética de um edifício. De facto, estes têm por objectivo controlar a entrada da luz solar e bloquear a luz directa do sol durante o Verão enquanto permitem a penetração da luz do sol durante o Inverno.

A protecção das janelas pode ser realizada através de unidades fixas (telheiros, palas, varandas ou alpendres). Também podem ser utilizados sistemas de protecção externos móveis (isto é, toldos, estores venezianos, etc,) ou unidades externas fixas (isto é, guarda-sóis verticais e horizontais, alpendres, etc,) ou plantas trepadeiras e arbustos, desde que tenham folhagem caduca, de forma a permitirem a entrada de radiação solar no Inverno.

A protecção solar deverá ter uma dimensão adequada, tendo em conta quer os requisitos de Inverno quer os de Verão. Por conseguinte, estes sistemas de sombreamento devem ser concebidos de acordo com as condições específicas de latitude.

Para combater os efeitos do calor no Verão, a casa deverá ter elementos de protecção das zonas de acesso (isto é, pátios, pórticos, arcos, etc,).

2.4 Características da envolvente exterior

O tipo de materiais com que se constrói a fachada de um edifício também influencia as condições de conforto no seu interior. As características principais a ter em conta, no que diz respeito aos ganhos e perdas de energia, são a inércia térmica do material e o seu poder isolante.

A inércia térmica é uma característica própria dos materiais pesados e densos, como, por exemplo, os tijolos maciços e a pedra. As paredes com uma estrutura pesada têm uma elevada capacidade térmica, funcionando como reservatórios de calor e amortecedores térmicos, ou seja, amortecem e contrariam os picos climáticos exteriores, algo que uma estrutura isolante, mais leve, não consegue fazer. Nas casas com este tipo de paredes podem arejar-se as divisões mesmo que esteja frio no exterior, porque, uma vez fechada a janela, a temperatura interna restabelece-se quase imediatamente. No Verão, a mesma capacidade para absorver o calor mantém mais fresco o ambiente interior: como se pode constatar quando se entra numa casa antiga com espessas paredes de pedra, capazes de transmitir uma sensação de bem-estar, embora a pedra tenha uma reduzidíssima capacidade de isolamento térmico.

A quantidade de calor necessária para manter uma habitação à temperatura de conforto depende também, em larga escala, do seu nível de isolamento térmico que previne a transferência de calor por condução entre o interior e o exterior de um edifício. Um edifício mal isolado acarreta maiores custos com o aquecimento, pois consome mais energia: no Inverno arrefece rapidamente podendo ocorrer condensações no seu interior, e no Verão aquece mais e num curto espaço de tempo. Por esta razão é essencial diminuir as perdas e os ganhos de calor utilizando técnicas de isolamento adequadas nos edifícios. Pequenas intervenções de melhoria no isolamento de edifícios podem conduzir a economias energéticas avultadas, evitando custos desnecessários no aquecimento e na refrigeração de espaços.

Para proporcionar um nível baixo de transmissão de calor do edifício, o isolamento deve cumprir os seguintes requisitos:

- Todas as partes estruturais (isto é, pilares, vigas, paredes de protecção) devem estar posicionadas dentro da área isolada;
- Dever-se-á prestar atenção à ligação entre os diferentes elementos do edifício, tendo em vista evitar o aparecimento de pontes térmicas, isto é, áreas em que o calor é dissipado em maior quantidade do que no resto do edifício (zonas de junção entre materiais diferentes, possíveis descontinuidades na colocação do isolamento, como pode acontecer nos pilares, nas vigas ou no recorte das janelas);
- As janelas e as portas devem ser montadas utilizando métodos de construção específicos, de forma a criar uma barreira de corte de calor, reduzindo assim a sua entrada e saída;
- As varandas e terraços não devem entrar em contacto com as estruturas posicionadas dentro da área isolada, devendo ser elementos estruturais separados.

2.4.1 Isolamento das paredes exteriores

Um bom isolamento da envolvente do edifício proporciona poupanças ao nível dos custos de aquecimento e arrefecimento, ou seja, permite poupar energia durante a sua utilização. Existem vários tipos de materiais e técnicas de isolamento, a escolha depende evidentemente do clima da zona (ou seja, do grau de isolamento que se pretende alcançar) e de quaisquer restrições de construção da área visada.

Os isolantes térmicos são geralmente materiais porosos e de baixa densidade como o EPS (Poliestireno Expandido), o XPS (Poliestireno Extrudido), a PUR (Espuma de Poliuretano), o ICB (Aglomerado de cortiça), a MW (lá mineral), etc. Consoante os casos, são utilizados materiais soltos ou sob a forma de espuma, placas compactas, tapetes ou placas de feltro. Para além do ICB, existem ainda outros materiais de isolamento de origem natural como a vermiculite, a perlite e a fibra de coco. (1)

Nas situações de ponte térmica plana¹, como por exemplo pilares intermédios (Figura iii), deverá garantir-se isolamento, de modo a que o coeficiente de transmissão térmica, calculado de forma unidimensional na direcção normal à envolvente, não seja superior ao dobro do valor de U elementos homólogos em zona corrente, respeitando sempre os valores máximos indicados no Quadro IX.1, do Anexo IX do D.L. 80/2006 de 4 de Abril. (3)

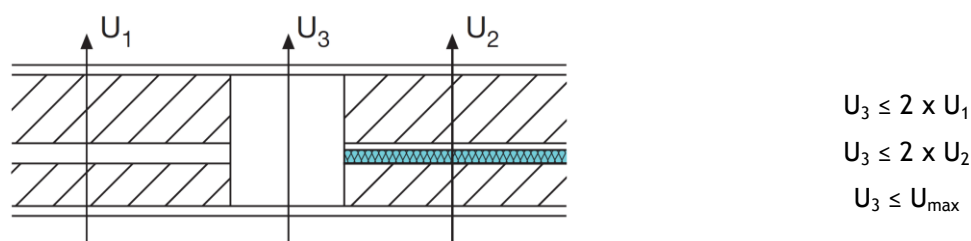


Figura iii: Ponte térmica plana correspondente a um pilar intermédio

As perdas térmicas no edifício são também contabilizadas pelo coeficiente de transmissão térmica linear² (ψ), cuja a unidade de medida é dada em $W/(m \cdot ^\circ C)$ sempre que se verificarem pontes

¹ - "Ponte térmica plana" é a heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente, como pode ser o caso de certos pilares e talões de viga, (DL80/2006 de 4 de Abril, Anexo II, Definições)

² - O Coeficiente de Transmissão Térmica Linear - ψ representa a quantidade de calor transmitida ao longo da ligação entre elementos construtivos ou elementos enterrados (B), por unidade de tempo, quando sujeito a um gradiente de temperatura unitário entre os ambientes que separa. Este coeficiente é utilizado na quantificação das perdas de calor através do perímetro dos elementos em contacto com, assim como na avaliação das perdas de calor através das ligações entre elementos construtivos.

térmicas lineares³. No actual regulamento estão contabilizadas oito tipos de pontes térmicas lineares para ligação entre elementos construtivos e três tipos de perdas térmicas lineares para elementos em contacto com o solo, conforme apresentado em seguida:

Pontes térmicas lineares - Elementos em contacto com o solo:

- Pavimento em contacto com o terreno sem isolante térmico;
- Pavimento em contacto com o terreno isolante térmico perimetral;
- Parede em contacto com o terreno.

Pontes térmicas lineares - Entre elementos construtivos:

- Ligação da fachada com pavimentos térreos;
- Ligação da fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos;
- Ligação da fachada com pavimentos intermédios;
- Ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço;
- Ligação da fachada com varanda;
- Ligação entre duas paredes verticais;
- Ligação da fachada com caixa de estore;
- Ligação fachada/ombreira, padieira ou peitoril. (3)

Isolamento pelo exterior

O sistema de isolamento mais eficaz consiste na aplicação de placas de material isolante ou aplicação contínua de uma espuma nas paredes exteriores e em cobrir esses materiais com um revestimento/reforço/reboco adequado, que pode ser pintado ou revestido de outros materiais, obtendo-se assim uma aparência tradicional. Esta forma de isolar as paredes exteriores proporciona vantagens significativas em termos de capacidade de aquecimento do edifício, Uma vez que o isolamento externo é ininterrupto, as pontes térmicas são quase que totalmente eliminadas. Por conseguinte, aumentando a espessura do material isolante, conseguem-se níveis baixos de transmissão de calor. Por outro lado, é praticamente impossível conseguir este nível de isolamento através de isolamentos interiores ou de enchimento, nas caixas-de-ar.

A eliminação das pontes térmicas proporciona um ambiente mais confortável e uma melhor conservação do edifício. Uma vez eliminadas as áreas frias das superfícies internas que se situam junto das pontes térmicas, a temperatura das paredes interiores aumenta, aumentando o conforto,

³ Uma ponte térmica linear corresponde à ligação de dois elementos construtivos exteriores ou em contacto com um espaço não útil com $\tau > 0,7$ e é uma singularidade da envolvente em que o fluxo térmico é bi- ou tridimensional assimilada a uma perda térmica por unidade de comprimento (Ψ). A ponte térmica é quantificada multiplicando o valor de ψ pelo respectivo desenvolvimento.

Além disso, também se impede o aparecimento de zonas de condensação de humidade e formação de bolor nas paredes interiores, Deste modo, a casa será mais saudável e a degradação física das superfícies tornar-se-á muito mais lenta.

Devido ao custo considerável desta intervenção, é especifica mente recomendada nos casos em que a fachada do edifício é renovada.

Isolamento pelo Interior

Esta intervenção é bastante eficaz em termos de custos, não sendo necessário recorrer a mão-de-obra especializada. E indicada no caso de acções selectivas como para o isolamento de uma parede orientada a Norte. Consiste na colagem do matérias de isolamento em placas na face interior da parede.

O isolamento pode ser revestido com placas de gesso cartonado ou outro material, sobre o qual é aplicado o acabamento final (tinta, papel de parede, etc,) da parede interior. O isolamento térmico de paredes simples pelo interior evita as pontes térmicas em pilares (mas não nas vigas e lajes). O inconveniente principal é que deixa de se aproveitar a inércia térmica das paredes.

Isolamento colocado na caixa de ar

Se a parede exterior tiver uma caixa-de-ar adequada, esta poderá ser preenchida com isolamento térmico mediante perfuração feita na parede e injectando ou soprando o material de isolamento para o seu interior (de um modo geral espuma, grânulos em poliestireno expandido ou grânulos minerais). A operação tem custos muito razoáveis e proporciona um isolamento eficaz. Deve ser utilizado um material isolante estável a longo prazo, que não produza fumos tóxicos nem desagradáveis.

2.4.2 Coberturas

As coberturas são as superfícies da envolvente que mais contribuem para as perdas de calor num edifício. O isolamento térmico de uma cobertura é considerada uma intervenção de eficiência energética prioritária. face aos benefícios imediatos em termos da diminuição das necessidades energéticas, e por se tratar de uma das medidas mais simples e menos dispendiosa.

Cobertura horizontal

A aplicação do isolante térmico pelo exterior deve ser realizada com a solução cobertura invertida; o isolamento térmico, sob a forma de placas, é aplicado sobre a impermeabilização da laje de betão, e protegido superiormente pela aplicação de uma protecção pesada. Esta solução deve ser usada em detrimento da solução em que o isolante térmico desempenha a função de suporte de impermeabilização, pois permite aumentar a vida útil da impermeabilização ao protegê-la de amplitudes térmicas significativas.

Cobertura Inclinada

Em coberturas inclinadas com desvão habitável (um sótão, por exemplo), o isolamento exterior deve, sempre que possível, ser colocado sob o telhado e sobre a impermeabilização da laje (isolamento das vertentes). No caso de telhados sem laje o isolamento térmico deve ser aplicado sob a estrutura de fixação das telhas, podendo ser revestido pelo interior com outro material.

No caso do isolamento pelo interior, o material isolante é colocado sobre a estrutura do telhado inclinado. Esta intervenção é de fácil instalação e constitui uma solução viável igualmente do ponto de vista da concepção. Se o espaço disponível no interior sob o telhado inclinado do edifício não for um local habitável, o material isolante pode ser aplicado sobre o pavimento (isolamento da esteira horizontal). Este tipo de solução é mais económico (comparativamente com o isolamento das vertentes) pois a quantidade de isolante utilizada é menor e a sua aplicação encontra-se geralmente mais facilitada.

2.4.3 Pavimentos

A intervenção ao nível dos pavimentos é fundamental quando estes estão em contacto directo com o exterior ou com espaços interiores não aquecidos. O isolamento térmico é aplicado sobre a laje de fundo, depois de executada a adequada preparação e de aplicada a cola apropriada. O sistema de aplicação simples proporciona a correcção das pontes de calor, tem um tempo de duração bastante longo, é resistente aos choques acidentais e não é facilmente inflamável.

2.4.4 Vidros e janelas

As superfícies vidradas desempenham um papel muito importante no domínio da eficiência térmica do edifício. Se, por um lado, podem contribuir para a entrada de calor sem custos, por outro, podem ser saídas através das quais o calor se dissipa, quando não são construídas e montadas de uma forma apropriada. A intervenção ao nível das janelas deve ser feita com o intuito de reduzir as infiltrações de ar não controladas, aumentar a captação de ganhos solares no Inverno, reforçar a protecção da radiação solar durante o Verão e melhorar as condições de ventilação natural.

Estima-se que entre 25 a 30% das nossas necessidades de aquecimento são devidas a perdas de calor com origem nos envidraçados.

Os factores mais importantes na avaliação das janelas são os seguintes:

- A área da superfície envidraçada;
- O tipo de vidro utilizado;
- O tipo de caixilharia,

No que diz respeito à área, se o edifício estiver orientado de forma adequada, considera-se que do lado Sul, a superfície vidrada deverá rondar 40% da superfície total, Se a superfície vidrada exceder

50% da superfície total do lado Sul, a luz solar conseguida no Inverno não aumentará significativamente, mas as salas situadas na parte Sul da casa ficarão expostas a um calor excessivo no Verão, com uma diminuição considerável no bem-estar. Por outro lado, uma superfície vidrada reduzida diminui o risco de sobreaquecimento no Verão, mas também diminui a luz solar, aumentando assim o consumo de energia associado à iluminação artificial e ao aquecimento.

As janelas voltadas para Este e Oeste não melhoram consideravelmente o equilíbrio energético no Inverno, enquanto que contribuem em grande medida para o sobreaquecimento no Verão (mais do que as janelas voltadas para Sul), Devem portanto ser equipadas com sistemas de sombra eficazes (como os estores venezianos) ou através de vegetação densa no exterior.

O isolamento térmico de uma janela depende da qualidade do vidro e do tipo de caixilharia utilizado, As janelas que possuem vidros duplos têm maior capacidade de isolamento do que os vidros simples, já que o espaço entre os dois vidros serve para reduzir a perda de calor, Geralmente, quanto maior este espaço, mais isolante é o vidro, Para prevenir a entrada de calor em excesso no Verão, o vidro exterior pode ser reflector, As janelas de vidro duplo reduzem quase a metade a perda de calor comparativamente com os vidros simples.

Para tornar as janelas mais eficientes reduzindo as perdas ou ganhos de calor, podem ser executadas intervenções simples, de custo pouco significativo e sem que para isso seja necessário contratar mão-de-obra especializada, Por exemplo, para reduzir a excessiva penetração de ar podem ser aplicadas tiras vedantes nas juntas das janelas ou injectar borracha de silicone nas fissuras, A instalação de cortinas em tecido pesado (evitando, contudo, instalar cortinas pesadas à frente de aquecedores e/ou radiadores) é outra forma de diminuir as fugas de calor.

As caixilharias das janelas desempenham um papel chave na dissipação do calor, As caixilharias em madeira, Pvc ou alumínio com corte térmico são as que apresentam melhores propriedades térmicas, enquanto as de alumínio que não disponham de corte térmico só são adequadas nos casos em que esteja instalada uma barreira que impeça a passagem do calor, para evitar o problema da condensação. (1)

Determinação do U

A caracterização dos vãos envidraçados traduzida pelos coeficiente de transmissão térmica, U_w , e coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite U_{wdn} , tem em atenção os seguintes padrões de ocupação dos espaços interiores em que se integram:

U_w , aplicável a janelas de locais com ocupação predominantemente diurna, não se considerando a utilização de eventuais dispositivos de oclusão nocturna dos vãos;

U_{wdn} , aplicável a janelas de locais com utilização diurna e nocturna importantes, considerando-se neste caso a contribuição de eventuais dispositivos de oclusão, exteriores ou interiores (cortinas

opacas, persianas, portadas, estores, ou dispositivos similares), os quais é lícito assumir que sejam totalmente fechados durante a noite, Nesta última hipótese, prevê-se ainda que os dispositivos de oclusão (ou de ocultação) correntes se diferenciem pela estanquidade ao ar que podem assegurar, quando totalmente fechados:

- com permeabilidade ao ar baixa (boa estanquidade), com formação dum espaço de ar não ventilado, ou muito fracamente ventilado, entre o dispositivo e a janela;
- com permeabilidade ao ar elevada (sem boa estanquidade), com formação dum espaço de ar ventilado entre o dispositivo e a janela.

A permeabilidade ao ar do dispositivo de oclusão é determinada pelas larguras e estanquidade ao ar das várias juntas construtivas e de montagem existentes entre eventuais elementos móveis, ou no contorno do dispositivo.

Em geral, podem considerar-se como exemplos de dispositivos de oclusão que, se devidamente concebidos e instalados, apresentam boa estanquidade: as portadas opacas de madeira ou metálicas e os estores exteriores enroláveis, não-projectáveis, de réguas horizontais de plástico, madeira ou metal, Como exemplos de dispositivos sem boa estanquidade podem referir-se as persianas, as portadas e os estores venezianos, e todos os dispositivos com aberturas permanentes.

As cortinas, translúcidas ou opacas, e outros dispositivos que não podem assegurar a estanquidade ao ar no respectivo contorno devem ser considerados elementos com permeabilidade ao ar muito elevada, oferecendo uma contribuição muito limitada para o nível de isolamento térmico proporcionado pelo vão envidraçado.

Determinação do U_{down}

O coeficiente de transmissão térmica de uma janela, a utilizar na determinação das perdas de calor, deve ser o médio dia-noite, U_{wdn} , para o sector residencial quando existem dispositivos de protecção solar. Este deve ser a média entre os coeficientes de transmissão térmica do vão sem dispositivos de protecção solar / oclusão nocturna, U_w , e com o dispositivos de protecção solar / oclusão nocturna existente na caixa-de-ar fechado, U_{ws} . (4)

De acordo com a norma ISO10077-1, o cálculo destes coeficientes pode ser feito de acordo com as seguintes expressões:

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad (\text{i})$$

$$U_{\text{wdn}} = \frac{U_w + U_{ws}}{2} \quad (\text{ii})$$

U_w - Coeficiente de transmissão térmica da janela dupla sem dispositivo de protecção solar / oclusão nocturna na caixa-de-ar;

U_{ws} - Coeficiente de transmissão térmica da janela dupla com dispositivo de protecção/ oclusão nocturna na caixa-de-ar;

ΔR - Resistência térmica adicional devida ao dispositivo de protecção solar/ oclusão nocturna, presente na caixa-de-ar.

Através da Tabela ii, cuja informação foi retirada da norma ISO10077-1, pode-se observar o valor da resistência térmica para os diferentes tipos de protecção solar utilizada em envidraçados.

Tabela ii: Resistência térmica dos diferentes tipos de protecção solar

Tipo de protecção/occlusão nocturna	ΔR [(m ² .°C/W)]
Persiana de réguas metálicas	0,12
Persiana de réguas em madeira ou plástico sem enchimento de espuma	0,16
Persiana de réguas de plástico preenchida com espuma	0,19
Portadas de madeira opacas	0,22

O valor de ΔR pretende contabilizar dois factores: a resistência térmica da camada de ar que se forma, entre o dispositivo de protecção solar / oclusão nocturna e a janela quando este é activado e a alteração de resistência térmica do envidraçado interior devida à existência por si só do dispositivo de protecção solar / oclusão nocturna, Neste quadro apresentam-se os valores de resistência térmica adicional, incluídos na norma ISO10077-1, para algumas tipologias de dispositivos de protecção solar/ oclusão nocturna. (5)

2.4.5 Cor dos revestimentos

As cores utilizadas nas fachadas e coberturas também influenciam o conforto térmico, Uma superfície lisa de cor preta absorve cerca de 90% da radiação solar incidente, ao passo que uma superfície branca reflecte 80% da radiação, E fácil adoptar este princípio simples numa habitação. A escolha de cores claras para o revestimento das paredes exteriores permitirá, assim, reflectir grande parte da radiação, Não é por acaso que as casas alentejanas e algarvias eram, no passado, pintadas de branco.

Assim que a radiação solar atinge a superfície de uma parede, uma parte é reflectida para o ambiente, sendo a outra absorvida pelo material, contribuindo, desta forma, para o seu

aquecimento, Para evitar esta absorção pelo material e que o calor se acumule nas paredes, é necessário, no Verão, que a parte reflectida da radiação seja aumentada.

Tendo em vista a eficiência energética de um edifício, também é muito importante dispor de uma troca de ar nas condições consideradas ideais.

2.4.6 Ventilação

A mistura e a renovação do ar nos espaços com uma ventilação adequada, natural ou mecânica, também permite uma redução da humidade e contaminação, contribuindo para um maior conforto. Uma casa insuficientemente ventilada poderá gerar humidade através dos vapores que se formam, afectando o conforto ou mesmo a saúde dos seus habitantes.

Ventilação natural

A melhor escolha consiste na exploração da ventilação natural sempre que possível, fazendo uso da pressão e depressão causada pela acção do vento na superfície exterior do edifício conforme se demonstra na Figura iv, desse modo consegue-se a renovação de ar no interior da habitação o que contribui para o bem-estar dos ocupantes podendo ainda ser benéfico caso se esteja na estação de arrefecimento e o ar exterior esteja menos quente que o interior.

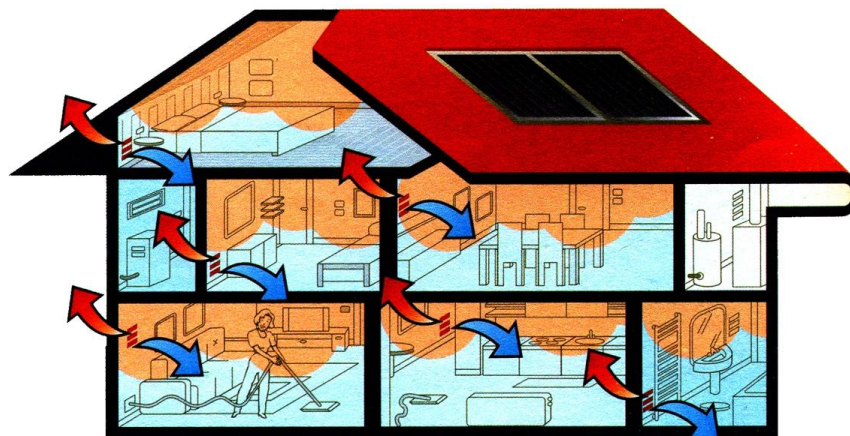


Figura iv: Renovação de ar no interior de uma habitação

No primeiro caso (pressão), é utilizado o princípio do efeito de tiragem: o ar quente, que é mais leve do que o ar frio, tende a subir e a arrastar ar frio, As diferenças de temperatura entre as diferentes divisões da casa produzem ventilação, permitindo a mudança do ar, desde que haja aberturas para o exterior que permitam a entrada de ar novo.

O outro fenómeno (depressão) pode ser explorado com mais frequência: quando um edifício é afectado pelo vento, a parede directamente exposta ao vento é sujeita a uma forte pressão, enquanto a parede do lado oposto, é envolvida numa depressão, A diferença de pressão entre os dois lados é suficiente para gerar uma ventilação natural entre as divisões.

Para explorar de forma otimizada a ventilação natural, deve existir uma corrente de ar na fracção autónoma, ou seja, devem existir pelo menos duas janelas em duas fachadas opostas.

Esta é de facto a melhor maneira de estabelecer condições de diferença de pressão, que são essenciais para explorar a ventilação natural. Os edifícios que tenham apenas uma orientação geográfica têm uma capacidade muito menor de fazer uso da ventilação natural. Além disso, as portas e janelas afectam a ventilação natural. As portas e janelas estanques não permitem a entrada de ar, nem no Verão nem no Inverno, impedindo assim a ventilação natural, podendo ser prejudicial para a ventilação, no entanto poderá ser benéfico para os consumos de energia da habitação. O ideal será encontrar um valor intermédio onde se consiga algum equilíbrio entre ventilação e consumos de energia. (1)

Ventilação mecânica

Os sistemas de ventilação mecânica permitem a permuta de ar entre os espaços em que não seja possível utilizar a ventilação directamente a partir do exterior.

A permuta do ar é proporcionada por condutas de ventilação forçada ligadas aos espaços interiores através de extractores (destinados a extrair o ar parado ou poluído) e ventiladores (para injectar ar fresco). Regra geral, os sistemas centralizados de aquecimento e ar condicionado (AVAC), mais comuns nos grandes edifícios de serviços, incluem uma ventilação forçada.

Os sistemas recentes de ventilação forçada com recuperação de energia permitem a recuperação parcial da energia no arrefecimento ou no aquecimento. Esta energia seria desperdiçada com a permuta de ar simples. Isto deve-se aos permutadores de calor dentro dos quais os fluxos de entrada e saída de ar se cruzam sem se misturarem um com o outro, sendo que, no modo de arrefecimento, um fluxo de ar aquece o outro e vice-versa. Assim, no Verão, o ar quente de fora passa junto do ar que sai do ar condicionado e é arrefecido, enquanto no Inverno, o processo é o inverso.

Capítulo 3

Realização prática e descrição da moradia unifamiliar

3.1 Localização da Fracção Autónoma

A análise do edifício em estudo fez-se à luz do actual regulamento de características de comportamento térmico em edifícios (RCCTE).

A sua localização é na periferia de uma zona urbana na cidade do Fundão conforme apresentado na Figura v. Este desenvolve-se em três pisos com uma área útil de pavimento de 254,82m² e um pé direito médio de 2,85 metros.



Figura v: Localização da Moradia unifamiliar em estudo

No âmbito do RCCTE é necessário realizar a sua caracterização no que diz respeito à altitude em relação ao nível do mar, assim como distância à costa e a divisão de acordo com as respectivas áreas por piso:

- Altitude: 520 metros (sem correcção de zona climática);

Análise energética de um edifício unifamiliar

- Distância à costa: 118 km.

Áreas:

- Piso -1: 164,29 m²;
- Piso 0: 135,72 m²;
- Piso 1: 119,1 m².

Através das Figuras v, vi, vii e viii é possível visualizar os quatro alçados da fracção em estudo.



Figura vi: Foto do alçado principal - Sudeste



Figura vii: Foto do Alçado Posterior - Noroeste



Figura viii: Foto do Alçado Lateral Esquerdo - Sudoeste



Figura ix: Alçado Lateral Direito - Nordeste

3.2 Zonamento Climático

A fracção autónoma encontra-se no Concelho do Fundão, devido à sua localização e altitude, não apresenta correcção da zona climática, sendo que os valores a adoptar apresentam-se em seguida na tabela ii:

Tabela iii: Zonamento climático para o Concelho do Fundão

Concelho	Zona climática de Inverno	GD (°C,dias)	Duração da estação de aq, (meses)	Zona climática de Verão	Temp, Ext, do Projecto (°C)	Amplitude Térmica (°C)
Fundão	I2	1990	7	V3 (N)	34	14

A energia solar média incidente numa superfície horizontal orientada a sul na estação de aquecimento (G_{sul}) para a zona climática de Inverno I₂ é de 93 kWh/m²,mês.

Os valores médios da intensidade da radiação solar para a estação convencional de arrefecimento (Junho a Setembro) são os indicados na Tabela iii em kWh/m²:

Tabela iv: Valores médios de intensidade de radiação solar

Zona	θ atm	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz,
V3(N)	22	200	330	450	460	400	460	450	320	800

3.3 Descrição detalhada da envolvente do edifício

A moradia unifamiliar apresenta 3 pisos, sendo que dois encontram-se acima da cota de soleira e a cave está parcialmente enterrada, tendo apenas acesso através do alçado Nordeste.

O piso -1 (cave) tem pé direito de 2,3 m e encontra-se compartimentado com as seguintes áreas:

- Casa das Máquinas - 16,00 m²;
- Arrumos - 26,00 m²;
- Adega - 20,00 m²;
- Instalações Sanitárias - 4,50 m²;
- Escada - 3,56 m²;
- Vestíbulo - 4,73 m²;
- Lavandaria - 16,50 m²;
- Garagem - 73,00 m².

Todas estas zonas de compartimentação interior apresentam coeficiente de redução de perdas que serão calculados no subcapítulo posterior.

O piso 0 (Habitação) apresenta um pé direito de 2,8 m e encontra-se compartimentado com as seguintes áreas:

- Sala de Jantar - 26,47 m²;
- Sala de Estar - 35,90 m²;
- Hall e Escada - 15,74 m²;
- Instalações Sanitárias 1 - 4,00 m²;
- Hall de Acesso - 2,67 m²;
- Escritório - 14,11 m²;
- Instalações Sanitárias 2 - 4,37 m²;
- Cozinha - 32,46 m².

O piso 1 (Habitação) apresenta um pé direito de 2,55 m e encontra-se compartimentado com as seguintes áreas:

- Quarto 1 - 17,61 m²;
- Instalações Sanitárias 3 - 3,96 m²;
- Quarto 2 - 17,57 m²;
- Instalações Sanitárias 4 - 4,20 m²;
- Roupeiro - 10,94 m²;
- Hall Quarto 1 - 10,60 m²;
- Vestiário Suite - 7,27 m²;
- Hall Suite - 6,56 m²;
- Instalações Sanitárias Suite - 9,20 m²;
- Suite - 31,19 m².

O edifício não apresenta obstruções solares significativas aos ganhos solares uma vez que apenas no alçado Noroeste se encontra um edifício com a altura equivalente à sua.

A classe de Inércia térmica é forte incluindo em todas as fachadas isolamento térmico e soluções construtivas com dupla parede de alvenaria de tijolo com aplicação de isolamento térmico na caixa de ar. O revestimento exterior será estuque tradicional de cor branca em praticamente todo o edifício há excepção do alçado Sudeste e Sudoeste no Piso 0 que apresenta acabamento superficial de placas de mármore de cor castanha.

A cobertura é plana invertida em ambos os lados, sendo que na parte central da moradia existe uma cobertura inclinada com telha lusa cerâmica de cor vermelha.

Os vão envidraçados em alumínio com vidro duplo (6mm + 16mm + 6mm) vidro exterior, caixa de ar e interior respectivamente, sem quadricula, apresentam configurações de vão fixo e oscilo-batente.

Todos os vãos apresentam como protecção exterior persianas de réguas metálicas de cor escura, à excepção dos vãos envidraçados J5.SE, J9.SE, J5.NE, J6.NE, J7.SO e J8.SO, que não apresentam dispositivos de protecção.

No que diz respeito à ventilação efectua-se de um modo natural pelos elementos da envolvente, originando uma taxa de renovação de ar de 0,94.

O sistema de produção de AQS e climatização da habitação é integrado num só sistema e efectuado através de uma bomba de calor geotérmica.

O aquecimento/arrefecimento é efectuado através de piso radiante hidráulico na estação de aquecimento e arrefecimento.

O circuito exterior da bomba é usado com o princípio de lençol freático através de uma piscina, aproveitando o gradiente térmico que irá auxiliar o aquecimento hidráulico interior.

O circuito interior divide-se, através de uma válvula de três vias, pelo depósito de AQS e de inércia usado para climatização.

O depósito de AQS tem 2 serpentinas internas, a inferior cujo aquecimento é efectuado por 4 colectores solares orientados a sul e uma serpentina superior que provem da bomba de calor.

Na serpentina inferior há ainda uma válvula de três vias que me permite (através de um permutador de calor) dissipar o excesso de energia térmica para a piscina. No subcapítulo posterior o sistema de climatização será devidamente clarificado.

3.4 Caracterização de espaços não úteis

A cave da fracção autónoma é considerada um espaço não útil⁴, onde não é necessário serem verificados requisitos de conforto, como tal é requisito obrigatório analisar e identificar o espaço não útil a fim de perceber qual a influência sobre os espaços úteis e definir claramente as zonas de Ai⁵ e Au⁶ e o factor de redução de perdas (τ).

Para os casos em que esse relação seja superior a 0,7 é obrigatório que os elementos de separação com os espaços aquecidos cumpram os requisitos mínimos exteriores de coeficiente de transmissão térmica (U), definidos no anexo IV, do D.L. 80/2006 de 4 de Abril.

3.4.1 Garagem

A garagem apresenta uma pequena área na sua laje de tecto em contacto com o exterior, tal como a porta de acesso situada no alçado Nordeste, O tipo de espaço não útil será “garagem privada” de

4 Espaço não útil - é o conjunto dos locais fechados, fortemente ventilados ou não, que não se encontram englobados na definição de área útil de pavimento e que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes e, portanto, em regra, não são climatizados. Incluem-se aqui armazéns, garagens, sótãos e caves não habitados, circulações comuns a outras fracções autónomas do mesmo edifício, etc. DL80/2006 de 4 de Abril.

5 Ai - Área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil.

6 Au - Área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior.

acordo com a Tabela IV.1 do D.L. 80/2006 de 4 de Abril e a relação A_i/A_u situa-se entre os valores 1 e 10, conduzindo a um valor de $\tau=0,5$.

3.4.2 Casa das Máquinas

A casa das máquinas, também situada na cave, apresenta uma área de 1m^2 na sua laje de tecto em contacto o exterior, Tendo como tipo de espaço não útil um “armazém”, a relação A_i/A_u situa-se entre os valores > 10 , conduzindo a um valor de $\tau=0,3$.

3.4.3 Arrumos

O compartimento de arrumos, também situada na cave, apresenta uma área de $1,32\text{m}^2$ na sua laje de tecto em contacto o exterior. Tendo como tipo de espaço não útil um “armazém”, a relação A_i/A_u situa-se entre os valores > 10 , conduzindo a um valor de $\tau=0,3$.

3.4.4 Adega

A adega, também situada na cave, apresenta uma área de $0,84\text{m}^2$ na sua laje de tecto em contacto o exterior. Tendo como tipo de espaço não útil um “armazém”, a relação A_i/A_u situa-se entre os valores > 10 , conduzindo a um valor de $\tau=0,3$.

3.4.5 Instalações Sanitárias

O Instalação sanitária da cave, apresenta uma área bastante significativa ($4,21\text{m}^2$) na sua laje de tecto em contacto o exterior. Não havendo uma correspondência directa na Tabela IV do regulamento, usa-se a advertência das “Perguntas & Respostas sobre o RCCTE, Versão 2,0 de Maio de 2011” através da Pergunta D.2 usa-se o tipo de espaço não útil “Varandas, marquises e similares”, por analogia do tipo de espaço. Desse modo conduzindo, a uma relação $A_i/A_u < 1$, origina um valor de $\tau=0,8$.

3.4.6 Lavandaria

A lavandaria, apresenta uma pequena área ($1,63\text{m}^2$) na sua laje de tecto em contacto o exterior. Não havendo uma correspondência directa na Tabela IV do regulamento, usa-se a advertência das “Perguntas & Respostas sobre o RCCTE, Versão 2.0 de Maio de 2011” através da Pergunta D.2 usa-se o tipo de espaço não útil “Varandas, marquises e similares”, por analogia do tipo de espaço. Desse modo conduzindo, a uma relação A_i/A_u com valores entre 1 e 10, originando um $\tau=0,6$.

3.4.7 Vestíbulo

O vestíbulo, não apresenta áreas em contacto pelo exterior sendo que a relação A_i/A_u origina um valor superior a 10. De acordo com a Tabela IV.1 do regulamento caracteriza-se por uma “zona de circulação comum - sem abertura directa para o exterior”, dando origem a um $\tau=0$.

3.4.8 Escadas

As escadas de acesso ao Piso 0, não apresentam áreas em contacto pelo exterior sendo que a relação A_i/A_u origina um valor superior a 10. De acordo com a Tabela IV,1 caracteriza-se por uma “zona de circulação comum - sem abertura directa para o exterior”, dando origem a um $\tau=0$.

3.4.9 Cobertura sob desvão fracamente ventilado

A laje de esteira horizontal é delimitada por um desvão fracamente ventilado e não acessível originando uma relação A_i/A_u com um valor inferior a 1. Tendo como tipo de espaço não útil um “Desvão fracamente ventilado”, conduz a um valor de $\tau=0,9$.

No Anexo A.1 pode ser consultada toda a informação relativamente ao cálculo do factor de redução de perdas (τ).

3.5 Características térmicas da envolvente ext. opaca e em contacto com espaços não úteis

A envolvente exterior é o conjunto dos elementos da fracção autónoma que estabelecem a fronteira entre o espaço interior e o ambiente exterior. Neste caso de estudo existem dois tipos de elementos opacos verticais (Parede Exterior 1 e 2), três tipos de elementos opacos horizontais de cobertura (cobertura exterior plana invertida, cobertura exterior inclinada e cobertura exterior varanda) e um elemento construtivo horizontal de pavimento sob o exterior. Todas as características técnicas dos diversos materiais construtivos foram retiradas do ITE50, Coeficiente de transmissão térmica da envolvente dos edifícios LNEC e encontram-se no Anexo A.2.

3.5.1 Parede Exterior 1 - Pext1

A solução construtiva vertical opaca do tipo 1, apresenta 5 elementos construtivos e uma caixa de ar de 3 cm. Os elementos são (do interior para o exterior): 1º - estuque tradicional com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,43 W/(m°C), 2º - Tijolo Cerâmico furado com 11 cm e resistência térmica 0,27 (m².°C/W), 3º - poliestireno extrudido (XPS) com 7 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 4º - Espaço de Ar com 3 cm de espessura e resistência térmica 0,18 (m².°C/W), 5º - Tijolo Cerâmico furado com 15 cm de espessura e resistência térmica 0,39 (m².°C/W), 6º - Reboco de argamassa de cimento com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,30 W/(m°C).

No Anexo A.2 apresentam-se as área por orientações geográficas e cálculo detalhado da solução construtiva, no entanto resume-se, através da Tabela v os seus valores:

Tabela v: Coeficiente de transmissão térmica e áreas da Pext1

Parede Exterior 1 - Pext1	
U	0,34 W/m ² °C
Área [NO]	29,48 m ²
Área [NE]	30,7 m ²
Área [SE]	26,78m ²
Área [SO]	15,7m ²

3.5.2 Parede Exterior 2 - Pext2

A solução construtiva vertical opaca do tipo 2, apresenta 5 elementos construtivos e uma caixa de ar de 3 cm. Os elementos são (do interior para o exterior): 1° - estuque tradicional com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,43 W/(m°C), 2° - Tijolo Cerâmico furado com 11 cm e resistência térmica 0,27 (m².°C/W), 3° - poliestireno extrudido (XPS) com 7 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 4° - Espaço de ar com 3 cm de espessura e resistência térmica 0,18 (m².°C/W), 5° - Tijolo cerâmico furado com 15 cm de espessura e resistência térmica 0,39 (m².°C/W), 6° - Acabamento superficial exterior de pedra natural em Mármore com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2,50 W/(m°C).

No Anexo A.2 apresentam-se as área por orientações geográficas e cálculo detalhado da solução construtiva, no entanto resume-se, através da Tabela vi os seus valores:

Tabela vi: Coeficiente de transmissão térmica e áreas da Pext2

Parede Exterior 2 - Pext2	
U	0,34 W/m ² °C
Área [NO]	29,25m ²
Área [NE]	7,3m ²
Área [SE]	16,78m ²
Área [SO]	4,94m ²

3.5.3 Ponte Térmica Plana Pilar - PTPpilar1

A solução construtiva de ponte térmica plana pilar do tipo 1, apresenta 5 elementos construtivos. Os elementos são (do interior para o exterior): 1° - estuque tradicional com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,43 W/(m°C), 2° - Tijolo Cerâmico furado com 7 cm e resistência térmica 0,19 (m².°C/W), 3° - poliestireno extrudido (XPS) com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 4° - Betão armado com 25 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2 W/(m°C), 5° - Reboco de argamassa de cimento com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,30 W/(m°C).

No anexo II apresentam-se as área por orientações geográficas e cálculo detalhado da solução construtiva, no entanto, resume-se através da Tabela vii os seus valores:

Tabela vii: Coeficiente de transmissão térmica e áreas da PTPilar1

Ponte Térmica Plana Pilar - PTPilar1	
U	0,60 W/m ² °C
Área [NO]	1,38 m ²
Área [NE]	1,08 m ²
Área [SE]	0,7 m ²
Área [SO]	0,51 m ²

3.5.4 Ponte Térmica Plana Pilar - PTPilar2

A solução construtiva de ponte térmica plana pilar do tipo 2, apresenta 5 elementos construtivos, Os elementos são (do interior para o exterior): 1º - estuque tradicional com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,43 W/(m°C), 2º - Tijolo Cerâmico furado com 7 cm e resistência térmica 0,19 (m².°C/W), 3º - poliestireno extrudido (XPS) com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 4º - Betão armado com 25 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2 W/(m°C), 5º - Reboco de argamassa de cimento com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,30 W/(m°C).

No Anexo A.2 apresentam-se as área por orientações geográficas e cálculo detalhado da solução construtiva, no entanto resume-se através da Tabela viii os seus valores:

Tabela viii: Coeficiente de transmissão térmica e áreas da PTPilar2

Ponte Térmica Plana Pilar - PTPilar2	
U	0,61 W/m ² °C
Área [NO]	0,52 m ²
Área [NE]	0,96 m ²

3.5.5 Ponte Térmica Plana Viga - PTPviga1

A solução construtiva de ponte térmica plana viga, apresenta 5 elementos construtivos. Os elementos são (do interior para o exterior): 1º - estuque tradicional com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,43 W/(m°C), 2º - Tijolo cerâmico furado com 7 cm e resistência térmica 0,19 (m².°C/W), 3º - poliestireno extrudido (XPS) com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 4º - Betão armado com 25 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2 W/(m°C), 5º - Acabamento superficial exterior de pedra natural em mármore com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 3,50 W/(m°C).

No anexo II apresentam-se as área por orientações geográficas e cálculo detalhado da solução construtiva, no entanto, resume-se através da Tabela ix os seus valores:

Tabela ix: Coeficiente de transmissão térmica e áreas da PTPviga1

Ponte Térmica Plana Viga - PTPviga1	
U	0,60 W/m ² °C
Área [NO]	8,45 m ²
Área [NE]	7,83 m ²
Área [SE]	6,53 m ²
Área [SO]	9,73 m ²

3.5.6 Ponte Térmica Plana Caixa de Estore - PTPestore1

A solução construtiva de ponte térmica plana da caixa de estore, apresenta 3 elementos construtivos. Os elementos são (do interior para o exterior): 1º - estuque tradicional com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,43 W/(m°C), 2º - Caixa de Estore Sotecnisol com 36,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmico de 0,55 W/(m²,°C) de acordo com a ficha técnica do fabricante (Anexo A.3), 3º - Reboco de argamassa de cimento com 1,5 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,30 W/(m°C).

No Anexo A.2 apresentam-se as área por orientações geográficas e cálculo detalhado da solução construtiva, no entanto, resume-se através da Tabela x os seus valores:

Tabela x: Coeficiente de transmissão térmica e áreas da PTPestore1

Ponte Térmica Plana Estore - PTPestore1	
U	0,47 W/m ² °C
Área [NO]	2,88 m ²
Área [NE]	2,16 m ²
Área [SE]	2,46 m ²
Área [SO]	2,73 m ²

3.5.7 Cobertura Exterior Varanda

A solução construtiva da cobertura exterior varanda apresenta 7 elementos construtivos. Os elementos são (do interior para o exterior): 1º - estuque com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,43 W/(m°C), 2º - Betão armado com 23 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2 W/(m°C), 3º - poliestireno extrudido (XPS) com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 4º - argamassa de regularização com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1 W/(m°C), 5º - Tela de impermeabilização com betume com 0,2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,23 W/(m°C), 6º - argamassa de regularização com 2 cm de espessura e

condutibilidade térmica de $1 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$, 7° - Acabamento cerâmico com 1,5 cm de espessura e condutibilidade térmica de $1,3 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$.

No Anexo A.2 apresentam-se as área e cálculo detalhado da solução construtiva assim como o esquema do pormenor construtivo 7, no entanto, resume-se através da Tabela xi os seus valores:

Tabela xi: Coeficiente de transmissão térmica e áreas da cobertura exterior varanda

Cobertura Exterior Varanda	
Uasc	0,69 $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$
Udesc	0,66 $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$
Área	13,48 m^2

3.5.8 Cobertura Exterior Plana Invertida

A solução construtiva da cobertura exterior plana invertida apresenta 7 elementos construtivos. Os elementos são (do interior para o exterior): 1° - estuque com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de $0,43 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$, 2° - Betão armado com 23 cm de espessura e condutibilidade térmica de $2 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$, 3° - argamassa de regularização com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de $1 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$, 4° - tela flexível impregnada com betume com 0,2 cm de espessura e condutibilidade térmica de $0,23 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$, 5° - poliestireno extrudido (XPS) com 10 cm de espessura e condutibilidade térmica de $0,037 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$, 6° - filme de plástico com 0,2 cm de espessura e condutibilidade térmica de $1 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$, 7° - betonilha de protecção com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de $1,8 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$.

No Anexo A.2 apresentam-se as área e cálculo detalhado da solução construtiva assim como o esquema do pormenor construtivo 8, no entanto, resume-se através da Tabela xii os seus valores:

Tabela xii: Coeficiente de transmissão térmico e área da cobertura exterior plana invertida

Cobertura Exterior Plana Invertida	
Uasc	0,33 $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$
Udesc	0,32 $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$
Área	15,91 m^2

3.5.9 Cobertura Exterior Inclinada

A solução construtiva da cobertura exterior plana invertida apresenta 4 elementos construtivos sendo o ultimo separado por um espaço de ar fortemente ventilado, por esse motivo o ultimo elemento (telha cerâmica) não é contabilizada no cálculo do U da cobertura. Os elementos são (do interior para o exterior): 1° - estuque com 1,5 cm de espessura e condutibilidade térmica de $0,43 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$, 2° - Betão armado com 23 cm de espessura e condutibilidade térmica de $2 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$, 3° -

poliestireno extrudido (XPS) com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 4º- espaço de ar, 5º - telha cerâmica.

No Anexo A.2 apresentam-se as área e cálculo detalhado da solução construtiva assim como o esquema do pormenor construtivo 9, no entanto, resume-se através da Tabela xiii os seus valores:

Tabela xiii: Coeficiente de transmissão térmica e áreas da cobertura exterior inclinada

Cobertura Exterior Inclinada	
U _{asc}	0,70 W/m ² °C
U _{desc}	0,64 W/m ² °C
Área	25m ²

3.5.10 Cobertura Exterior Sob Desvão Não Útil

A solução construtiva da cobertura exterior sob desvão não útil apresenta 4 elementos construtivos. Os elementos são (do interior para o exterior): 1º - estuque com 1,5 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,43 W/(m°C), 2º - Betão armado com 23 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2 W/(m°C), 3º - poliestireno extrudido (XPS) com 10 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 4º - betonilha de protecção com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,8 W/(m°C).

No Anexo A.2 apresentam-se as área e cálculo detalhado da solução construtiva assim como o esquema do pormenor construtivo 10, no entanto, resume-se através da Tabela xiv os seus valores:

Tabela xiv: Coeficiente de transmissão térmica e área da cobertura ext, sob desvão não útil

Cobertura Exterior sob desvão não útil	
U _{asc}	0,33 W/m ² °C
U _{desc}	0,31 W/m ² °C
Área	84,30 m ²

3.5.11 Pavimento Exterior

A solução construtiva da cobertura exterior sob desvão não útil apresenta 6 elementos construtivos, Os elementos são (do interior para o exterior): 1º - argamassa com 1,5 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,3 W/(m°C), 2º - poliestireno extrudido (XPS) com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 3º - Betão armado com 23 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2 W/(m°C), 4º - betão de agregados leves com 6 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,85 W/(m°C), 5º - betonilha com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,8 W/(m°C), 6º - Acabamento de piso madeira ou cerâmica com 1,5 cm de espessura.

No Anexo A.2 apresentam-se as área e cálculo detalhado da solução construtiva assim como o esquema do pormenor construtivo 11, no entanto, resume-se através da Tabela xv os seus valores:

Tabela xv: Coeficiente de transmissão térmica e áreas do pavimento exterior

Pavimento Exterior	
Udesc	0,63 W/m ² °C
Área	14,10 m ²

3.5.12 Pavimento Interior em contacto com ENU - Cerâmica

A solução construtiva da cobertura exterior sob desvão não útil apresenta 6 elementos construtivos. Os elementos são (sentido ascendente): 1º - argamassa com 1,5 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,3 W/(m°C), 2º - poliestireno extrudido (XPS) com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 3º - Betão armado com 23 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2 W/(m°C), 4º - betão de agregados leves com 6 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,85 W/(m°C), 5º - betonilha com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,8 W/(m°C), 6º - Acabamento de piso cerâmica com 1,5 cm de espessura.

No Anexo A.2 apresentam-se as área e cálculo detalhado da solução construtiva assim como o esquema do pormenor construtivo 12, no entanto, resume-se através da Tabela xvi os seus valores:

Tabela xvi: C. de transmissão térmica e área do pav. int. em contacto com ENU, cerâmica

Pavimento Interior em contacto com ENU	
Udesc	0,60 W/m ² °C
Área	40,83 m ²

3.5.13 Pavimento Interior em contacto com ENU - Madeira

A solução construtiva da cobertura exterior sob desvão não útil apresenta 6 elementos construtivos. Os elementos são (sentido ascendente): 1º - argamassa com 1,5 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,3 W/(m°C), 2º - poliestireno extrudido (XPS) com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 3º - Betão armado com 23 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2 W/(m°C), 4º - betão de agregados leves com 6 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,85 W/(m°C), 5º - betonilha com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,8 W/(m°C), 6º - Acabamento de piso Madeira com 1,5 cm de espessura.

No Anexo 9.2 apresentam-se as área e cálculo detalhado da solução construtiva assim como o esquema do pormenor construtivo 13, no entanto, resume-se através da Tabela xvii os seus valores:

Tabela xvii: C. de transmissão térmica e área do pav. int. em contacto com ENU, madeira

Pavimento Interior em contacto com ENU	
U_{desc}	0,57 W/m ² °C
Área	90,71 m ²

3.5.14 Parede em contacto com ENU (cave) - (Pznu1)

A solução construtiva da parede em contacto com a zona não útil apresenta 3 elementos construtivos. Os elementos são (da zona não útil para útil): 1º - argamassa com 1,5 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,3 W/(m°C), 2º - Tijolo cerâmico com 20 cm de espessura e resistência térmica de 0,52 (m²°C/W), 3º - estuque com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,43 W/(m°C).

No Anexo A.2 apresenta-se a área e cálculo detalhado da solução construtiva, no entanto, resume-se através da Tabela xviii os seus valores:

Tabela xviii: Coeficiente de transmissão térmica e área da parede em contacto com ENU

Pavimento Interior em contacto com ENU	
U	1,24 W/m ² °C
Área	6,90 m ²

3.5.15 Parede em contacto com ENU (cave) - (Pznu2)

A solução construtiva da parede em contacto com a zona não útil apresenta 4 elementos construtivos. Os elementos são (da zona não útil para útil): 1º - argamassa com 1,5 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,3 W/(m°C), 2º - Betão armado com 22 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2 W/(m°C), 3º - poliestireno extrudido (XPS) com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m°C), 4º - estuque com 1,5 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,43 W/(m°C). (5)

No Anexo A.2 apresenta-se a área e cálculo detalhado da solução construtiva, no entanto, resume-se através da Tabela xix os seus valores:

Tabela xix: Coeficiente de transmissão térmica e área da parede em contacto com ENU

Pavimento Interior em contacto com ENU	
U	1,04 W/m ² °C
Área	5,58 m ²

3.5.16 Ponte térmica linear - Fachada com pavimento sobre LNU

No edifício em estudo está presente uma PTL no que diz respeito à fachada em contacto com pavimentos sobre locais não úteis.

Resume-se através da Tabela xx as principais características desta ponte térmica linear.

Tabela xx: Medição da Ponte térmica linear (Fachada com pavimento sobre LNU)

Designação	Desenvolvimento Linear (B) (m)	Coef. Transmissão Térmica Linear (ψ) (W/m.°C)	Pormenor Construtivo 12
Ligação da Fachada com Pavimentos sobre locais não úteis	54,16	0,69	

3.5.17 Ponte térmica linear - Fachada com pavimento intermédios

No edifício em estudo está presente uma PTL no que diz respeito à fachada em contacto com pavimentos intermédios.

Resume-se através da Tabela xxi as principais características desta ponte térmica linear.

Tabela xxi: Medição da ponte térmica linear (Fachada com pavimento intermédios)

Designação	Desenvolvimento Linear (B) (m)	Coef. Transmissão Térmica Linear (ψ) (W/m.°C)	Pormenor Construtivo 5
Ligação da Fachada com Pavimentos intermédios	37	$0,29 \times 2 = 0,58$	

3.5.18 Ponte térmica linear - Fachada com cobertura inclinada

No edifício em estudo está presente uma PTL no que diz respeito à fachada em contacto com pavimentos intermédios.

Resume-se através da Tabela xxii as principais características desta ponte térmica linear.

Tabela xxii: Medição da ponte térmica linear (Fachada com cobertura inclinada)

Designação	Desenvolvimento Linear (B) (m)	Coef. Transmissão Térmica Linear (ψ) (W/m.°C)	Pormenor Construtivo 9
Fachada com cobertura inclinada	56	0,62	

3.5.19 Ponte térmica Linear - Fachada com varanda

No edifício em estudo está presente uma PTL no que diz respeito à fachada em contacto com varanda.

Resume-se através da Tabela xxiii as principais características desta ponte térmica linear.

Tabela xxiii: Medição da Ponte térmica linear (Fachada com varanda)

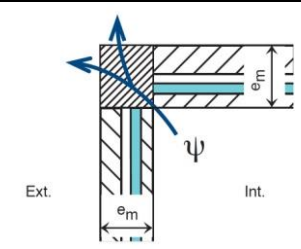
Designação	Desenvolvimento Linear (B) (m)	Coef. Transmissão Térmica Linear (ψ) (W/m.°C)	Pormenor Construtivo 7
Fachada com varanda	19,06	$0,44 \times 2 = 0,88$	

3.5.20 Ponte térmica Linear - Ligação de 2 paredes verticais

No edifício em estudo está presente uma PTL no que diz respeito à ligação entre 2 paredes verticais.

Resume-se através da Tabela xxiv as principais características desta ponte térmica linear.

Tabela xxiv: Medição da Ponte térmica linear (duas paredes verticais)

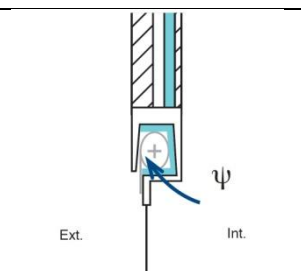
Designação	Desenvolvimento Linear (B) (m)	C. Transmissão Térmica Linear (ψ) (W/m.°C)	Pormenor Construtivo 13
Duas paredes verticais	32,4	0,2	

3.5.21 Ponte térmica Linear - Ligação de fachada com caixa de estore

No edifício em estudo está presente uma PTL no que diz respeito à ligação entre fachada com caixa de estore.

Resume-se através da Tabela xxv as principais características desta ponte térmica linear.

Tabela xxv: Medição da ponte térmica linear (fachada com caixa de estore)

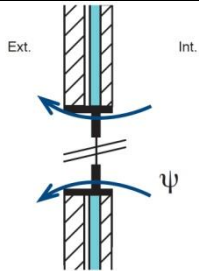
Designação	Desenvolvimento Linear (B) (m)	Coef. Transmissão Térmica Linear (ψ) (W/m.°C)	Pormenor Construtivo 6
Fachada com caixa de estore	34,2	0	

3.5.22 Ponte térmica Linear - Ligação de padieira, ombreira, peitoril

No edifício em estudo está presente uma PTL no que diz respeito à ligação entre fachada com padieira, ombreira, peitoril.

Resume-se através da Tabela xxvi as principais características desta ponte térmica linear.

Tabela xxvi: Medição da Ponte térmica linear (fachada com padieira, ombreira, peitoril)

Designação	Desenvolvimento Linear (B) (m)	Coef. Transmissão Térmica Linear (ψ) (W/m.°C)	Pormenor Construtivo 15
Fachada com padieira, ombreira e peitoril	156	0,2	

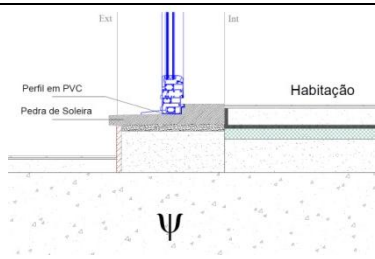
3.5.23 Ponte térmica Linear - Situação não caracterizada

No edifício em estudo está presente uma PTL no que diz respeito à ligação entre fachada com soleira, pois no caso em que o vão envidraçado se apoia directamente no elemento de soleira (pedra ou outro elemento), então deverão ser consideradas duas pontes térmicas lineares:

- Ligação de fachada com a soleira, já contabilizada no subcapítulo anterior;
- Ligação de fachada com pavimento, não caracterizada com ψ de 0,5 W/m.°C.

Resume-se através da Tabela xxvii as principais características desta ponte térmica linear. (3)

Tabela xxvii: Medição da ponte térmica linear (fachada com pavimento)

Designação	Desenvolvimento Linear (B) (m)	Coef. Transmissão Térmica Linear (ψ) (W/m,°C)	Pormenor Construtivo
Fachada com pavimento	20	0,5	

3.6 Características técnicas dos vãos envidraçados

Os vãos envidraçados do edifício são representados pelo junção do vidro com a caixilharia metálica. A composição estrutural do envidraçado é dupla, composta por um vidro reflectante de 6 mm no exterior e incolor interior também de 6 mm, separados por uma lâmina de ar com 16 mm.

A fracção autónoma possui 28 vãos envidraçados, repartidos nas 4 orientações geográficas, sendo do tipo fixos e oscilo batente.

Para cada tipo de envidraçado foi calculado a área, o U_w , U_{wdn} , factor solar, factores de obstrução, factor de orientação, fracção envidraçada, levando ao cálculo da área efectiva com que o envidraçado contribui para ganhos térmicos na estação de aquecimento. Os elementos reúnem-se no Anexo A.3, no entanto apresenta-se em seguida um resumo de algumas características.

3.6.1 Vão envidraçado fixo

A localização dos vãos envidraçados fixos pode ser obtida através da consulta do Anexo A.1 desenho técnico nº 2.12 a 2.14, na Tabela xxviii apresentam-se as área de cada vão envidraçado.

Tabela xxviii: Áreas e Coeficientes de transmissão térmica dos vãos envidraçados fixos

Identificação	Área	U_w
J1.SO	1,2 m ²	1,3 W/m ² °C
J3.SO	3,33 m ²	1,3 W/m ² °C
J6.SO	10 m ²	1,3 W/m ² °C
J7.SO	0,56 m ²	1,3 W/m ² °C
J8.SO	0,6 m ²	1,3 W/m ² °C
J5.NE	0,56 m ²	1,3 W/m ² °C
J6.NE	0,6 m ²	1,3 W/m ² °C
J1.NO	1,61m ²	1,3 W/m ² °C
J2.NO	1,75m ²	1,3 W/m ² °C
J5.NO	1,50m ²	1,3 W/m ² °C
J5.SE	4,48m ²	1,3 W/m ² °C
J7.SE	4,86m ²	1,3 W/m ² °C
J9.SE	0,6m ²	1,3 W/m ² °C

No que diz respeito às protecções solares, os vãos envidraçados fixos apresentam duas configurações, uma com caixa de estore e cortina interior e outra configuração sem qualquer dispositivo de protecção. A situação sem protecção verifica-se para os vãos envidraçados J5.SE, J9.SE, J5.NE, J6.NE, J7.SO e J8.SO em que o U_{wdn} é igual ao U_w , afectando também o factor solar.

As características técnicas dos vãos envidraçados de estrutura fixa foram fornecidos pelo fabricante onde é possível consultar o U_w e o factor solar de acordo com a Figura x.


	
Hermínio & Manuel Reis, Lda Estrada de Valverde Ponte de Alverca 6230-203 Fundão	
11	
EN 14351-1	
Fixo, da Série AKi, prevista para uso Público	
Resistência à carga de vento	Classe C5
Estanticidade à água - não protegido (A)	Classe E750
Altura	2250 mm
Atenuação acústica R_w (C,C _p)	33 (-2,-7)
Coefficiente de transmissão térmica U_w	1,30 W/m ² K
Propriedades de radiação: Factor solar g	0,43
Propriedades de radiação: Transmissão luminosa	73 %
Permeabilidade ao ar	Classe 4
Substâncias perigosas	NPD

Figura x: Ficha técnica do vão envidraçado fixo

Cálculo do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite

Para que seja possível obter o valor do U_{wdn} dos vãos envidraçados fixos é necessário utilizar as equações i e ii, referenciadas na norma ISO10077-1 e cujo cálculo se apresenta em seguida através das equações iii e iv.

O valor da resistência térmica da protecção exterior foi retirado da Tabela ii, de acordo com tipo de protecção aplicado na fracção autónoma, cujo valor é 0,16 m².°C/W.

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \Leftrightarrow U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{1,3} + 0,16} \Leftrightarrow U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{1,3} + 0,16} \Leftrightarrow U_{ws} = 1,076 W/m^2, ^\circ C \quad (iii)$$

$$U_{wdn} = \frac{U_w + U_{ws}}{2} \Leftrightarrow U_{wdn} = \frac{1,3 + 1,076}{2} \Leftrightarrow U_{wdn} = 1,18 W/m^2, ^\circ C \quad (iv)$$

Conforme referido em cima, o resultado de U_{wdn} verifica-se apenas para os envidraçados que dispõem de protecção exterior opaca.

Cálculo do factor solar do envidraçado

Neste caso, como o vidro só por si, já tem uma protecção solar superior à da cortina interior muito transparente, esta não é necessária e utiliza-se, para o cálculo das necessidade nominais anuais de

aquecimento, o valor do factor solar do vidro utilizado na janela sem qualquer protecção solar adicional. Como tal os valores a usar são os seguintes:

- Vidro com protecção opaca (Persianas com réguas plásticas de cor escura):
 - $g_{\text{vidro}} - 0,44$;
 - $g_{100\%} - 0,09$;
 - $g_{\text{inverno}} - 0,44$;
 - $g_{\text{verão}} - 30\% g_{\text{vidro}} + 70\% g_{100\%} - 0,195$.

- Vidro sem protecção opaca:
 - $g_{\text{vidro}} - 0,44$;
 - $g_{100\%} - 0,44$;
 - $g_{\text{inverno}} - 0,44$;
 - $g_{\text{verão}} - 30\% g_{\text{vidro}} + 70\% g_{100\%} - 0,44$.

De acordo com o cálculo da inércia térmica (forte) o factor máximo solar admissível é 0,56, desse modo, nenhum vão envidraçado pode apresentar um factor solar, com os respectivos dispositivos de protecção 100% activos, superior a esse valor. Conforme se pode verificar o valor mais elevado é 0,44, pelo que verifica a condição.

3.6.2 Vão envidraçado Oscilo Batente

A localização dos vãos envidraçados fixos podem obtida através da consulta do Anexo A.1 desenho técnico nº 2.12 a 2.14, na Tabela xxix apresentam-se as área de cada vão envidraçado.

Tabela xxix: Áreas e Coeficientes de transmissão térmica dos vãos oscilo batente

Identificação	Área	U_w
J2.SO	1,8 m ²	1,77 W/m ² .°C
J4.SO	2,07 m ²	1,77 W/m ² .°C
J5.SO	2,07 m ²	1,77 W/m ² .°C
J1.NE	1,35 m ²	1,77 W/m ² .°C
J2.NE	1,35 m ²	1,77 W/m ² .°C
J3.NE	2,16 m ²	1,77 W/m ² .°C
J4.NE	2,16 m ²	1,77 W/m ² .°C
J3.NO	2,76m ²	1,77 W/m ² .°C
J4.NO	2,76m ²	1,77 W/m ² .°C

J1.SE	1,60m ²	1,77 W/m ² .°C
J2.SE	1,60m ²	1,77 W/m ² .°C
J3.SE	1,60m ²	1,77 W/m ² .°C
J4.SE	1,60m ²	1,77 W/m ² .°C
J6.SE	1,62m ²	1,77 W/m ² .°C
J8.SE	1,96m ²	1,77 W/m ² .°C

As características técnicas dos vãos envidraçados de estrutura fixa foram fornecidos pelo fabricante onde é possível consultar o U_w e o factor solar de acordo com a Figura xi.

CE	
Herminio & Manuel Reis, Lda Estrada de Valverde Ponte de Alverca 8230-203 Fundão	
11	
EN 14351-1	
Janela de 2 Folhas com Oscilo-Batente, da Série AKI, prevista para uso Público	
Resistência à carga de vento	Classe C5
Estanquidade à água - não protegido (A)	Classe E750
Capac. suporte de carga dos dispositivos de segurança	Apto - 350 N
Altura	750 mm
Atenuação acústica R_w (C,C _v)	33 (-2;-4)
Coefficiente de transmissão térmica U_w	1,77 W/m ² K
Propriedades de radiação: Factor solar g	0,53
Propriedades de radiação: Transmissão luminosa	0,77 %
Permeabilidade ao ar	Classe 4
Substâncias perigosas	NPD

Figura xi: Ficha técnica do vão envidraçado Oscilo-Batente

Cálculo do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite

Para que seja possível obter o valor do U_{wdn} dos vãos envidraçados Oscilo-batente é necessário utilizar as equações i e ii, referenciadas na norma ISO10077-1 e cujo cálculo se apresenta em seguida através das equações v e vi.

O valor da resistência térmica da protecção exterior foi retirado da Tabela ii, de acordo com tipo de protecção aplicado na fracção autónoma, cujo valor é 0,16 m².°C/W.

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \Leftrightarrow U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{1,77} + 0,16} \Leftrightarrow U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{1,77} + 0,16} \Leftrightarrow U_{ws} = 1,3793 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad (v)$$

$$U_{wdn} = \frac{U_w + U_{ws}}{2} \Leftrightarrow U_{wdn} = \frac{1,77 + 1,379}{2} \Leftrightarrow U_{wdn} = 1,57 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \quad (vi)$$

Os vãos envidraçados oscilo batente apresentam todos como protecção exterior, estores de réguas metálicas de cor escura, pelo que os factores solares se manifestam iguais aos do capítulo anterior.

3.6.3 Vidros

De acordo com a informação fornecida pelo fabricante o tipo de vidro seleccionado para a fracção autónoma é do tipo isolante para uso em edificação e trabalhos de construção. A referência comercial para o vidro exterior é Solarlux supernatural 70/40 de 6 mm de espessura, seguido de uma câmara de ar com 16 mm de espessura e o vidro interior com a referência Float com 6 mm de espessura. A constituição seleccionada origina as propriedades térmicas e de radiação apresentadas na Tabela xxx. No Anexo A.3 apresenta-se a ficha técnica do vidro.

Tabela xxx: Características térmicas e de radiação do vídeo

Propriedades térmicas	Coefficiente U	1,3 W/(m ² ·K)
Propriedades de radiação	Transmissão luminosa (τ_v)	0,73
	Reflexão luminosa (ρ_v)	0,12
	Transmissão da energia solar (τ_e)	0,4
	Reflexão da energia solar (ρ_e)	0,3
	Coefficiente g	0,44

3.7 Classe de inércia da fracção autónoma

A inércia térmica é caracterizada pela resistência oferecida pelos sistemas térmicos à tentativa de alterar o seu estado termodinâmico. A sua principal característica incide na capacidade que os materiais possuem de armazenar calor.

Quanto mais elevada for essa capacidade, mais difícil será alterar o estado termodinâmico, assim sendo, é altamente recomendável que os edifícios possuam um elevado nível de inércia, conseguindo desse modo:

- Armazenar o aquecimento por radiação através dos ganhos solares de inverno mantendo o interior das habitações com uma temperatura mais elevada;
- Prevenção sobre a influência de elevadas amplitudes térmicas exteriores durante um pico de diurno de calor.

A inércia é portanto uma característica de extrema importância no que diz respeito ao desempenho térmico de um edifício. Como tal, a capacidade de armazenamento de energia térmica, que

depende das soluções construtivas, da geometria da fracção autónoma, do perfil de ocupação, das cargas internas, etc, deve ser maximizada evitando assim gastos significativos de energia.

De acordo com o actual regulamento existem 3 classes de inércia que dependem do valor de massa superficial útil por metro quadrado da área de pavimento, que são:

- Fraca - $I_t < 150 \text{ kg/m}^2$;
- Média - $150 \leq I_t \leq 400 \text{ kg/m}^2$;
- Forte - $I_t > 400 \text{ kg/m}^2$.

Na fracção autónoma em estudo efectuou-se o cálculo da massa superficial útil (M_{si}) das diversas soluções construtivas interiores e exteriores. O valor obtido poderá ser contabilizado na totalidade, até um limite de 150 kg/m^2 , se for um elemento da envolvente exterior ou em contacto com o solo, e até um limite de 300 kg/m^2 , se for um elemento interior da fracção autónoma.

Poderá existir uma redução de 50% ou 75% dependendo do valor da resistência térmica do revestimento superficial, no entanto, no caso de estudo essa situação não se verifica.

O cálculo vem demonstrado no Anexo A.2 onde se obteve um resultado de massa superficial útil por m^2 de área de pavimento igual a $533,13 \text{ kg/m}^2$.

De acordo com as classes de inércia apresentadas o edifício tem inércia forte. (3)

3.8 Ventilação da fracção autónoma

A determinação da taxa de renovação horária⁷ nominal deve ser efectuada por razões de higiene e conforto dos ocupantes, é necessário que os edifícios sejam ventilados em permanência por um caudal mínimo de ar.

A metodologia de cálculo da ventilação normal é detalhada no nº 3,2,1, do Anexo IV do D.L. 80/2006 de 4 de Abril, onde a fracção autónoma tem características construtivas ou dispositivos apropriados para garantirem, por ventilação natural, a taxa de renovação horária que varia entre 0,6 e 1,15.

3.8.1 Ventilação natural

Sempre que os edifícios estejam em conformidade com as disposições da norma NP 1037-1, o que deve ser objecto de demonstração clara e inequívoca pelo responsável pela aplicação do RCCTE, o valor de R_{ph} a adoptar é de $0,6 \text{ h}^{-1}$.

Neste caso de estudo utilizam-se os quadros IV.1 e IV.2 do Anexo IV do RCCTE para determinação da renovação horária de ar para a habitação, de acordo com os seguintes pressupostos:

⁷ Taxa de renovação do ar - é o caudal horário de entrada de ar novo num edifício ou fracção autónoma para renovação do ar interior, expresso em múltiplos do volume interior útil do edifício ou da fracção autónoma.

- Vãos envidraçados com caixa de estore:
- Área dos vãos envidraçados: 52,71m²;
- Região A;
- Rugosidade II;
- Classe de exposição 2;
- Sem dispositivos de admissão de ar auto-reguláveis nas fachadas;
- Caixilharias Classe 4;
- Vãos envidraçados com caixas de estore;
- Todas as portas bem vedadas - decréscimo 0,05;
- Área de envidraçados superior a 15% da área útil de pavimento - Acréscimo de 0,10;
- R_{PH}: 0,95.
-
- Vão envidraçados sem caixa de estore:
- Área dos vãos envidraçados: 4,88m²;
- Região A;
- Rugosidade II;
- Classe de exposição II;
- Sem dispositivos de admissão de ar auto-reguláveis nas fachadas;
- Caixilharias sem classificação;
- Vãos envidraçados sem caixas de estore;
- Todas as portas bem vedadas - decréscimo 0,05;
- Área de envidraçados superior a 15% da área útil de pavimento - Acréscimo de 0,10;
- R_{PH}: 0,85.

Ponderação do R_{PH} em função da área dos envidraçados

Para uma determinação mais precisa do valor do R_{PH} procede-se à ponderação do seu valor em função das área dos vãos envidraçados com caixa de estore e sem caixa de estore, conforme obtido através da equação vii.

$$R_{ph} = \frac{(0,85 \times 4,88) + (0,95 \times 52,71)}{57,59} \Leftrightarrow R_{ph} = 0,94 \quad \text{(vii)}$$

3.9 Equipamento de AQS e climatização

Apresenta-se na Figura xii o esquema unifilar do sistema que proporciona as necessidades de AQS e climatização da fracção autónoma através da bomba de calor geotérmica. No Anexo A.4 o referido esquema pode ser visualizado com melhor detalhe, proporcionando uma leitura mais precisa de todo o sistema.

O sistema de bomba de calor geotérmica “água-água” é composto por três blocos principais: a bomba de calor, o circuito hidráulico exterior e o circuito hidráulico interior que proporciona a distribuição do aquecimento e arrefecimento pelas divisões e águas quentes sanitárias.

A designação “água-água” indica que o fluido que transporta a energia térmica para o circuito interior e exterior da bomba de calor é água, simultaneamente o sistema de distribuição de energia térmica para o interior da habitação é também proporcionado pelo piso radiante hidráulico.

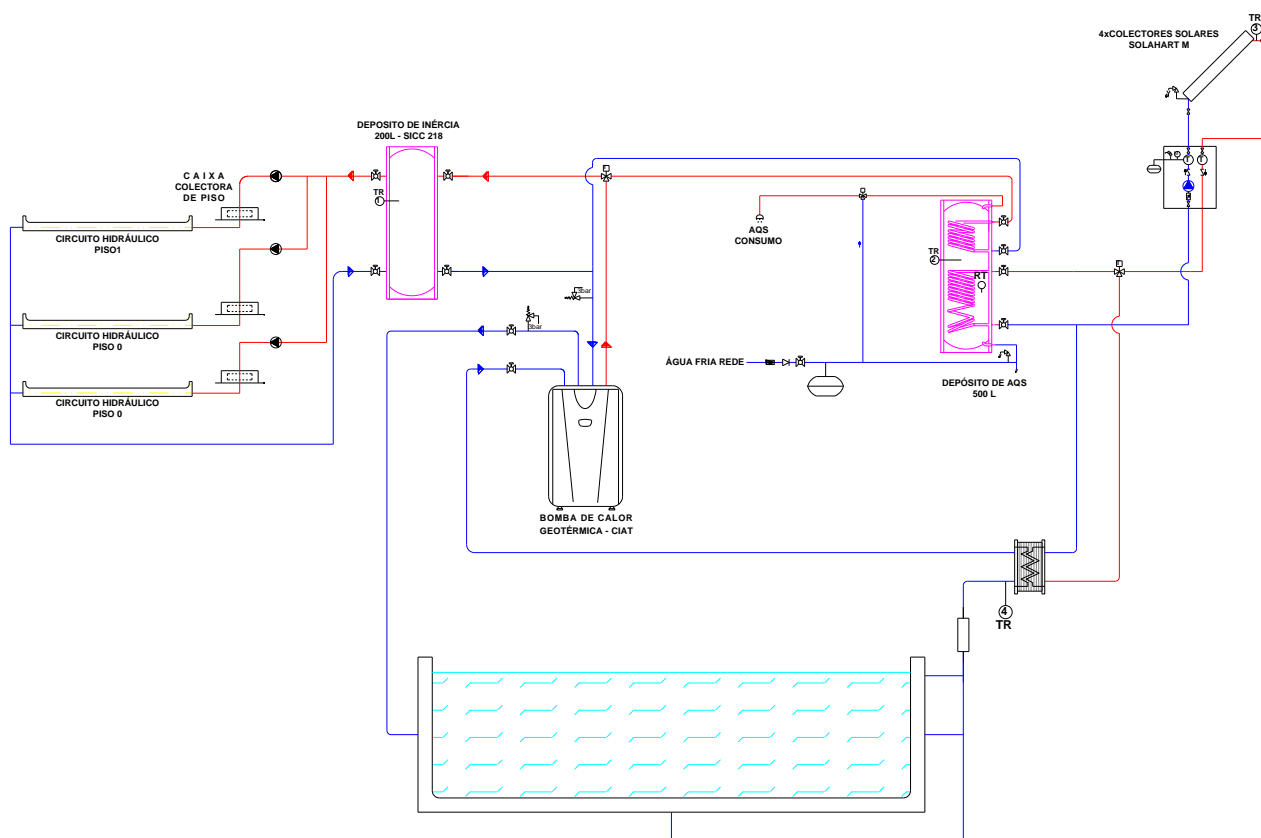


Figura xii: Esquema unifilar do hidráulico de climatização e AQS da habitação

3.9.1 Princípio de funcionamento - esquema hidráulico

No circuito hidráulico interior o sistema é decomposto por dois subsistemas, um destinado a climatizar a fracção autónoma e outro destinado a proporcionar águas quentes sanitárias à habitação.

O princípio de funcionamento os dois subsistemas, usando a bomba de calor, funciona através do ciclo frigorífico usando a compressão e expansão de um fluido refrigerante para dirigir os fluxos de calor entre o interior da fracção e a água da piscina.

Na estação de aquecimento a bomba de calor funciona de acordo com o seguinte procedimento: a temperatura da água da piscina, que se mantém a 15°C de acordo com leituras do proprietário, chega ao permutador de calor designado por evaporador, esse calor da água é transferido para o evaporador e para o fluido refrigerante. O fluido refrigerante encontra-se mais frio do que a água indicando que os fluxos de calor surgem em direcção ao refrigerante (do mais quente para o mais frio). Este calor faz com que o refrigerante aumente a sua temperatura o suficiente para se evaporar. No estado gasoso o refrigerante tem pressão e temperatura baixa passando em seguida pelo compressor com motor eléctrico que irá aumentar a pressão do fluido refrigerante e como consequência a sua temperatura.

Este gás, a alta temperatura e pressão, sai do compressor e passa para o segundo permutador de calor, designado por condensador. Através do condensador a água irá fluir pelo piso radiante da fracção. Desde que o refrigerante esteja com a temperatura mais elevada que a água então irá haver transferência de calor. À medida que o condensador perde calor a temperatura do refrigerante diminui e este condensa-se. O refrigerante, no estado líquido, a alta temperatura passa em seguida por uma válvula de expansão reduzindo a pressão do fluido refrigerante e como consequência a pressão do fluido desde significativamente. Nesta fase o refrigerante líquido de baixa temperatura passa novamente para o evaporador e o ciclo começa novamente. Desta forma o calor da água do circuito exterior é transferido para a água no interior do edifício repetindo-se o ciclo até se atingir a temperatura desejada.

Em modo de arrefecimento a temperatura da água da piscina (circuito exterior) será mais baixa que a temperatura interior, de modo a que o fluxo de calor circula na direcção desejada, no entanto a bomba de calor ainda pode ainda precisar de funcionar de modo a garantir a temperatura no interior da habitação de 25°C. Como tal bomba de calor reversível, que utiliza uma válvula de 4 vias interior para conduzir o calor em ambos os sentidos e desse modo o evaporador torna-se o condensador do lado exterior e no circuito interior o condensador torna-se no evaporador. Deste modo o evaporador no interior da habitação recebe a energia do circuito hidráulico pois a sua temperatura de fluido é inferior, de seguida passa novamente no compressor e a alta temperatura do fluido é transferida pelo condensador para o circuito da piscina que tem uma temperatura de água mais baixa. O processo repete-se ciclicamente até se atingir a temperatura desejada em cada uma das divisões.

3.9.2 Princípio de funcionamento - esquema de controlo

O sistema de climatização pode ser dividido em duas partes, constituídas pelo circuito hidráulico interior e circuito hidráulico exterior.

No circuito hidráulico interior a bomba de calor fornece energia térmica ao depósito de inércia usado para climatização e ao depósito de 500 Litros usado para AQS. No circuito exterior da bomba de calor utiliza a circulação de água da piscina, com o princípio de lençol freático, fornecendo energia ao circuito hidráulico interior, através do permutador de calor. Simultaneamente o circuito exterior dispõe de 4 colectores solares ligados à serpentina inferior do depósito de AQS e subdivide-se ainda, através de uma válvula de três vias, por um permutador de calor que dissipa a energia térmica à água da piscina. Deste modo, no circuito exterior da bomba de calor aproveita-se, além da temperatura da água da piscina o excedente de produção térmica dos colectores solares.

O circuito de controlo divide-se entre a placa de controlo interna à bomba de calor e o módulo adicional Anasol que permite controlar as bombas circuladoras e dividir a produção de energia solar entre o depósito de AQS e piscina. Actuando em função do diferencial de temperatura gerado entre os pontos de captação de energia e abastecimento de energia. O esquema de controlo do sistema de climatização encontra-se apresentado na Figura xiii permite a gestão e monitorização de todo o sistema usado para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias. No anexo A.4 pode também ser consultado o referido esquema.

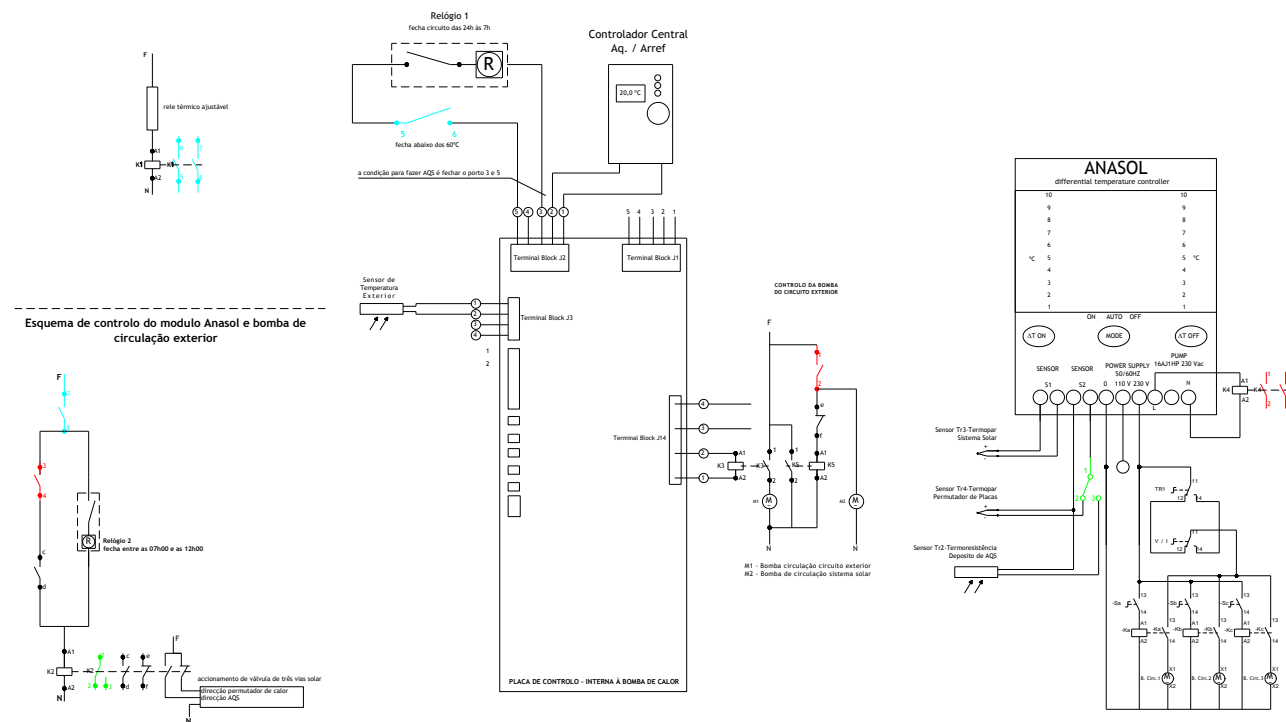


Figura xiii: Esquema de controlo do sistema de climatização

Em seguida descreve-se o procedimento de controlo diário para a estação de aquecimento, produzindo aquecimento para a fracção pelo piso radiante hidráulico e AQS.

Estação de Aquecimento

Admitindo que o sistema se encontra estável descreve-se o princípio de funcionamento de controlo para produção de 500 Litros águas quentes sanitárias a 60°C e 200 Litros para o piso radiante hidráulico a 40°C.

A placa de controlo interna da bomba de calor tem como requisito para produção de AQS a presença de um curto-circuito entre o terminal 3 e 5 do “Block J2”. Como tal o circuito de comando inicia-se nesse bloco, associando um relógio monofásico (Relógio 1) a um relé térmico em série com um contactor, cuja designação é K1. Então, para que a bomba de calor faça AQS, através da serpentina superior do depósito de 500 Litros é necessário que se verifiquem duas condições; a operação decorrer entre as 24h00 e as 07h00 e simultaneamente a temperatura do depósito ser inferior a 60°C. Isto significa que a bomba de calor funciona durante o período nocturno (vazio) para que seja possível garantir água quente para os duches matinais.

Às 07h00 a BC termina esta operação, mesmo que a temperatura do depósito não seja 60°C, pois o circuito entre o terminal 3 e 5 fica aberto.

No entanto, o contactor K1 acciona, além do contacto 5-6, o contacto 7-8 e origina o funcionamento do contactor K2 entre as 07h00 e as 12h00, caso a temperatura no depósito seja inferior a 60°C. Simultaneamente o contacto 1-2 e 3-4 do contactor K4 fecha-se sempre que se verifique um Δt superior a 10°C e abre caso o Δt seja inferior a 7°C.

De acordo com esse princípio, todos os dias às 07h00, inicia-se a produção de AQS entre os colectores solares e o respectivo depósito, pois com o fecho do relógio 2 o contactor K2 passa a comparar a temperatura entre o sistema solar e o depósito de AQS (sensor Tr3 e Tr2). Consecutivamente o contacto c-d fecha, realimentando a produção de AQS pelo sistema solar, o contacto e-f abre parando a circulação da bomba exterior e a válvula de 3 vias solar fica na direcção de AQS.

Neste ponto de situação o sistema fica a funcionar das 07h00 às 12h00. O relógio 2 abre o circuito às 12:00, mas caso exista um Δt superior a 10°C então o contacto 1-2 e 3-4, do contactor K4, permanece fechado, como tal a realimentação do circuito serve para manter a energia para o depósito de AQS, enquanto houver uma diferença de temperatura superior a 10°C. Assim que o depósito atinja os 60°C o contacto 7-8 abre e o sistema regressa à posição de repouso.

Na posição de repouso o sistema ANASOL ficou a comparar a temperatura dos colectores solares com o permutador de calor. A válvula de 3 vias regressa à posição em que conduz o fluido para o permutador de calor e o contacto e-f ficou fechado, accionando a bomba de circulação exterior. No entanto, caso exista um Δt superior a 10°C entre estes dois pontos de medição, então o contacto 1-2

permanece fechado e toda a energia solar térmica será dissipada para a piscina. Enquanto houver um Δt superior a 10°C a produção solar que é efectuada através do colectores solares é dissipada para a piscina, logo que o Δt seja inferior a 7°C então o contacto 1-2 abre parando a bomba de circulação do sistema solar e por sua vez a troca de energia. No entanto às 24h do dia seguinte o processo repete-se.

Ainda no modo de produção de águas quentes sanitárias a válvula misturado no topo do depósito de AQS utiliza-se como dispositivo de segurança, fornecendo água quente a uma temperatura inferior à de produção. Desse modo conseguem-se evitar situações problemáticas pela entrega de água quente a uma temperatura indesejável e simultaneamente arriscada.

No que diz respeito ao sistema de aquecimento pelo piso radiante o seu accionamento é através da válvula de três vias da bomba de calor, sendo esse um requisito interno à bomba de calor. A termoresistência Tr1 inserida no depósito de inércia monitoriza a temperatura da água para que se mantenha a 40°C no interior do depósito. Caso a temperatura no interior do depósito seja inferior a 40°C , então a bomba de calor comuta a electro válvula através de um comando interno fazendo com que seja produzida água no depósito de inércia até à temperatura programada.

Para que seja possível aquecer cada uma das divisões à temperatura de 18°C , foram colocados controladores individuais com sensores de temperatura que irão accionar as bombas de circulação dos circuitos hidráulicos interiores. Ou seja, os contactores Ka, Kb e Kc, são accionados sempre que a temperatura de uma divisão seja inferior a 18°C . Fechado o circuito 13-14 do contactor Ka a bomba de circulação obriga a água quente a percorrer as divisões até que a temperatura estabilize.

Ainda relativamente à estação de aquecimento é importante referir que a produção de AQS tem prioridade sobre a climatização. Isto significa que durante o período nocturno e enquanto a bomba de calor estiver a produzir AQS, mesmo que a temperatura das divisões seja inferior a 18°C a BC não irá produzir água quente para o depósito de inércia.

Estação de Arrefecimento

Descreve-se o principio de funcionamento para produção de 500 Litros águas quentes sanitárias a 60°C e 200 Litros para o piso radiante hidráulico a 18°C .

O relógio 1 durante a estação de arrefecimento permanece sempre aberto, como tal, as águas quentes sanitárias são efectuadas pelo sistema solar, conforme descrição na estação de aquecimento.

A bomba de calor inverte o funcionamento interno através do controlador central e o dispositivo que tinha funções de evaporador durante o inverno serve como condensador durante o verão, de acordo com a descrição na secção “Principio de funcionamento - esquema hidráulico”. Isto significa

que durante a estação de arrefecimento a bomba de calor está destinada arrefecer a água do depósito de inércia.

A partir das 12h00, caso no depósito de AQS tenha uma temperatura superior a 60°C, todo o excedente de produção irá circular entre os colectores solares e o permutador de calor, fornecendo energia térmica à piscina. Simultaneamente a bomba de calor trabalha o circuito interior para arrefecer a água do depósito até aos 18°C de modo a que as divisões internas permaneçam com uma temperatura de 25°C.

Este método de arrefecimento funciona através do “switch” V/I localizado no módulo Anasol, pois quando se comuta para a posição 11-12 do respectivo “switch” o circuito encontra-se no modo Verão. Isto significa que a temperatura de 25°C nas divisões foi ajustada pelo responsável do equipamento tendo para tal que garantir que a água no depósito seja de 18°C. Embora seja um método com pouca monitorização, é uma solução que funciona fornecendo água fria ao pavimento radiante.

3.9.3 Cálculo das necessidades de Energia solar térmica para AQS

O recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária nos edifícios abrangidos pelo RCCTE é obrigatório sempre que haja uma exposição solar adequada, na base de 1m² de colector por ocupante convencional previsto.

As necessidades de energia para preparação das águas quentes sanitárias (N_{ac}) podem ser obtidas no actual regulamento através da expressão viii:

$$N_{ac} = \left(\frac{\frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren}}{A_p} \right) \quad (viii)$$

em que:

- Q_a é a energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS;
- $(\eta_a)_a$ é a eficiência de conversão desses sistemas de preparação de AQS;
- E_{solar} é a contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS;
- E_{ren} é a contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis (solar fotovoltaica, biomassa, eólica, geotérmica, etc.) para a preparação de AQS, bem como de quaisquer formas de recuperação de calor de equipamentos ou de fluidos residuais;
- A_p é a área útil de pavimento.

A forma de cálculo das parcelas da expressão viii é obtido através das expressões ix e x:

$$Q_a = \left(\frac{M_{aq_s} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3\,600\,000} \right) (kWh/ano) \quad (ix)$$

em que:

- M_{AQ_S} - é o consumo médio diário de referência de AQS;
- ΔT - é o aumento de temperatura necessário para preparar as AQS toma o valor de referência de 45°C. Este valor considera que a água da rede pública de abastecimento é disponibilizada a uma temperatura média anual de 15°C e que deve ser aquecida à temperatura de 60°C;
- n_d - representa o número anual de dias de consumo de AQS, para edifícios residenciais é 365.

O valor de M_{AQ_S} para os edifícios residenciais é conseguido pelo consumo médio diário de referência, dado pela expressão x:

$$M_{aq_s} = 40 L \times \text{numero convencional de ocupantes} \quad (x)$$

O número convencional de ocupantes de cada fracção autónoma definido através da Tabela xxxi.

Tabela xxxi: Número convencional de ocupantes em função da tipologia de habitações

Tipologia	T0	T1	T2	T3	...	Tn
Numero de Ocupantes	2	2	3	4	...	n+1

De acordo com a tipologia do edifício a necessidade de água quente sanitária é de 200 Litros (5 x 40 Litros), conforme apresentado na Tabela xxxi. O estudo das necessidades de AQS é efectuado recorrendo à simulação com depósito de 500 Litros sendo que o consumo da fracção irá respeitar as necessidades de consumo estipuladas pelo RCCTE.

De acordo com a tipologia da fracção (T4), verifica-se que serão 5 ocupantes, originando um M_{aq_s} de 200 Litros (5 x 40 L). No entanto, para este caso de estudo o depósito utilizado para AQS é de 500 Litros, superior às necessidades da fracção, o que não irá majorar o resultado, uma vez que a simulação foi efectuada com o consumo de 200 Litros diários.

Cálculo do E_{solar}

Para que seja possível obter o balanço energético anual torna-se necessário realizar o pré-dimensionamento do sistema solar de acordo com o equipamento instalado e com as características de utilização utilizando para isso a aplicação informática recomendada pelo RCCTE “*SOLTERM V 5.1.3*”.

O sistema dispõe de 4 colectores solares térmicos, certificados pela KEYMARK, com as seguintes características:

- De Dietrich - Inisol NEO 2,1;
- Rendimento Óptico (η_0) - 77,3%;
- Coeficiente de perdas por transmissão (a_1) - 3,676 (W/m²,K);
- Coeficiente de perdas por transmissão (a_2) - 0,0143 (W/m²,K²);
- Área de Abertura - 1,9 m²;
- Factor de absorção - 95 ±2%;
- Emitância - 5 ±2%;
- Dimensões - 1960x1060x70.

O depósito foi seleccionado de acordo com o seu volume (500 Litros) e características assim como o sistema de apoio (bomba de calor). Nos perfis de consumo definiu-se a utilização diária de 200 Litros de água proveniente da rede de abastecimento, sendo que estas características repetiam-se durante a semana e ao fim de semana.

Através da Figura xiv, é possível verificar como foi efectuada a análise de desempenho de sistemas solares térmicos.

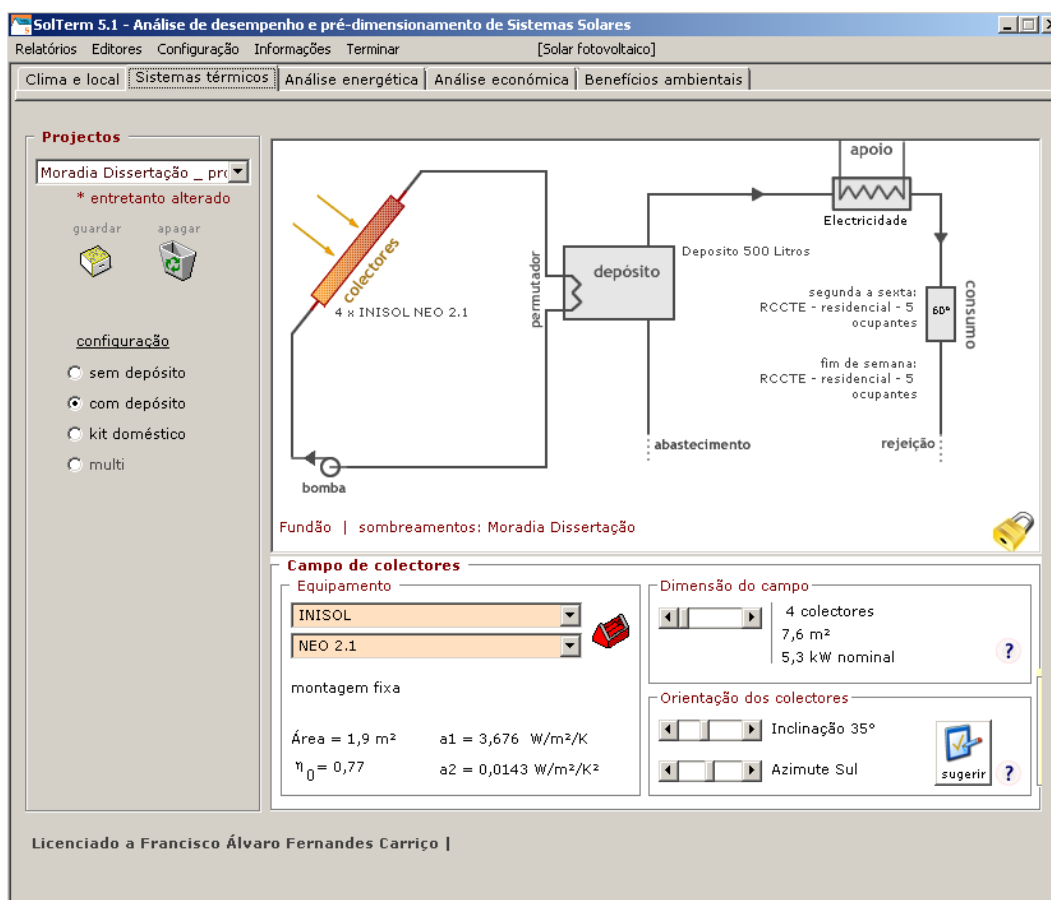


Figura xiv: Selecção do equipamento solar térmico

O relatório de simulação pode ser consultado no Anexo A.4, onde se obteve o valor de E_{solar} igual a 3350 kWh.ano com uma fracção solar que ocupa os 87,7% das necessidades de AQS.

A instalação dos 4 colectores solares da marca De Dietrich Inisol Neo 2.1 ocupam uma área de 7,6m² orientados no Azimute Sul, com uma inclinação de 35° e um rendimento óptico de 77,3%, conforme se pode observar através da Figura xv.

No meses de verão o sistema de apoio é praticamente desprezado, conforme se observa pela Figura xv nos meses de Maio a Setembro o sistema de apoio fornece apenas 24 kWh de energia final. Isso representa a energia que o sistema de apoio fornece para complementar a energia fornecida pelo sistema solar (kWh). Trata-se de energia final útil.

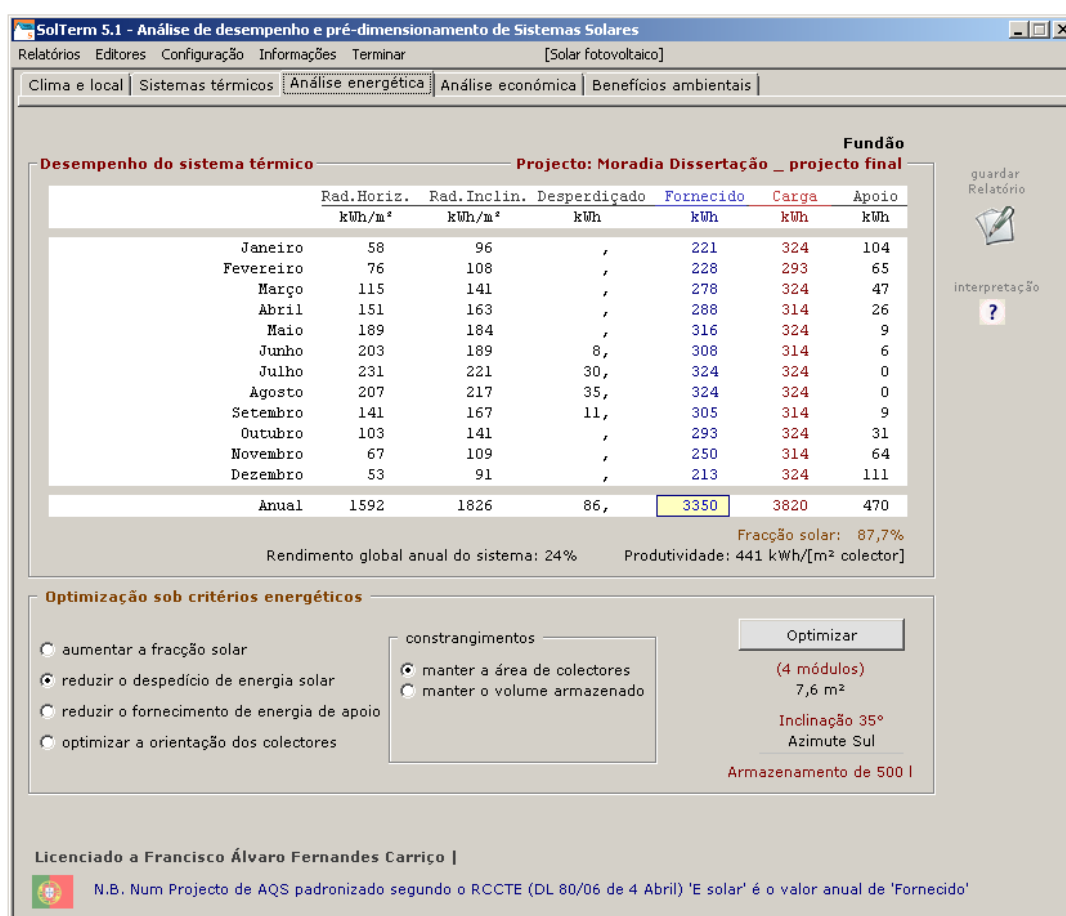


Figura xv: Desempenho do sistema solar térmico

De acordo com a informação fornecida pelo SOLTERM é já possível determinar o valor das necessidades anuais de energia para preparação das águas quentes sanitárias (Nac), através do cálculo seguinte:

$$Q_a = \left(\frac{M_{aqs} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3\,600\,000} \right) \Leftrightarrow Q_a = \left(\frac{200 \times 4187 \times 45 \times 365}{3\,600\,000} \right) \Leftrightarrow Q_a = 3820,63 \text{ kWh/ano} \quad (xi)$$

Como o sistema de apoio (bomba de calor) tem um rendimento de 5,11 verifica-se que o resultado da seguinte equação seria negativo, pois a energia fornecida pelo sistema solar seriam superiores àquelas que o sistema de apoio iria fornecer.

$$N_{ac} = \left(\frac{Q_a - E_{solar} - E_{ren}}{A_p} \right) \Leftrightarrow N_{ac} = \left(\frac{747 - 3350}{254,82} \right) = -10,21 \text{ kWh/m}^2, \text{ ano} \quad (\text{xii})$$

Uma vez que o N_{ac} não pode ser negativo e não reflecte a realidade, toda a água que não for aquecida pelo sistema solar será aquecida pela bomba de calor, com um consumo eléctrico mais baixo, Desta forma, o procedimento de cálculo deverá ser o seguinte:

$$N_{ac} = \left(\frac{Q_a - E_{solar} - E_{ren}}{A_p} \right) \Leftrightarrow N_{ac} = \left(\frac{\frac{3820,63 - 3350}{5,11}}{254,82} \right) = 0,36 \text{ kWh/m}^2, \text{ ano} \quad (\text{xiii})$$

As necessidades máximas de preparação de AQS apontam um valor de 0,36 kWh/m².ano, que representa um valor bastante inferior às necessidades de energia útil despendida com sistemas de preparação de AQS, cujo valor é 3820,63 kWh/ano, se for repartido pela área útil de pavimento o valor será, 14,99 kWh/m².ano.

Deste modo consegue-se um valor de N_{ac} reduzido face ao elevado rendimento da bomba de calor e à produção de energia solar térmica. (3)

3.10 Necessidades Anuais Nominais de Aquecimento e Arrefecimento

No Anexo A.2 encontram-se as folhas de cálculo do RCCTE que permitiram elaborar o balanço térmico da habitação, fornecendo informação sobre as necessidades de energia para a estação de aquecimento e arrefecimento. Os valores obtidos são calculados para que durante a estação de aquecimento se mantenham as zonas úteis à temperatura de 20 °C e na estação de arrefecimento de 25°C ambas com 50% de humidade relativa.

3.10.1 Necessidades anuais nominais de aquecimento

Na folha de cálculo IV 1f do Anexo A.2, obtêm-se o cálculo das necessidades nominais de aquecimento máximas através do produto do factor forma pelos graus dia.

O valor dos graus-dia variam em função da localização geográfica e por sua vez dos dados climáticos de referência de cada concelho, O seu valor pode ser definido como o somatório das diferenças positivas registadas entre a temperatura base (de 20°C) e a temperatura do ar exterior ao longo da estação de aquecimento.

$$GD = \sum (T_{base} - T_{ext,}) \times 1 h \quad (xiv)$$

A limitação das necessidades nominais de aquecimento é expressa no termo N_i em função do factor de forma do edifício ou fracção autónoma e dos Graus Dias correspondentes ao Concelho onde o edifício se localiza.

O factor de forma de uma fracção autónoma (FF), define-se como o quociente entre o somatório das superfícies da envolvente exterior e da envolvente interior, através das quais se verificam as trocas de calor e o volume útil interior e traduz a compacidade dessa fracção.

Por sua vez as necessidades nominais de aquecimento, obtidas através da folha de cálculo IV 2 do mesmo Anexo, resultam da diferença entre as necessidades brutas de aquecimento e os ganhos totais úteis da fracção, obtidos pelos vãos envidraçados, originando um valor de 85.54 kWh/m².ano.

3.10.2 Necessidades anuais nominais de arrefecimento

No que diz respeito às necessidades nominais anuais máximas de arrefecimento, são valores fixos que dependem da zona climática e de acordo com a localização da fracção autónoma o valor de N_v é de 26 kWh/m².ano.

Para o cálculo das necessidades nominais anuais de arrefecimento, é necessário obter os ganhos térmicos totais, através da folha da cálculo V1f disponível no Anexo A.2. A razão entre os ganhos térmicos totais e as perdas térmicas totais fornece o factor de utilização de ganhos solares.

O produto desse factor pelos ganhos térmicos totais permite obter as necessidades brutas de arrefecimento, por sua vez a razão desse valor com a área útil de pavimento fornecem o valor de N_{vc} , de 16,42 kWh/m².ano.

3.11 Necessidades globais anuais

O balanço energético global que permite obter as necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (N_{tc}). Este balanço consiste numa ponderação dos indicadores de energia para aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias através da equação xv.

$$0,1 \cdot \left(\frac{N_{ic}}{\eta_i}\right) \times F_{pui} + 0,1 \cdot \left(\frac{N_{vc}}{\eta_v}\right) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} = N_{tc} \text{ [kgep/m}^2 \cdot \text{ano]} \quad (xv)$$

Em que:

- η_i - Eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento;
- η_v - Eficiência nominal dos equipamentos para aquecimento;
- F_{pui} - Factor de conversão (aquecimento);
- F_{puv} - Factor de conversão (arrefecimento);
- F_{pua} - Factor de conversão (AQS).

De acordo com a equação xv as necessidades globais de aquecimento e arrefecimento são afectadas do rendimento dos equipamentos de climatização, mesmo que o sistema de aquecimento / arrefecimento só se encontre numa única divisão da habitação.

Isto corresponde a um balanço que nesta habitação não se verifica uma vez que todas as divisões são climatizadas de igual modo.

O valor 0,1 diz respeito a uma redução de 10%. Esta redução aplicada relativamente às situações de arrefecimento e aquecimento baseia-se no facto de as habitações não serem aquecidas nem arrefecidas 24 horas por dia, ao longo de toda a estação correspondente.

Por sua vez o cálculo das necessidades máximas globais representado através da equação xvi, verifica-se que há uma maior afectação do consumo para a energia dispendida com o sistema de AQS. Desse modo mesmo que os valores máximos de energia para aquecimento e arrefecimento sejam reduzidos a prestação será sempre um peso na avaliação global da habitação.

$$0,9 \times (0,01 N_i + 0,01 N_v + 0,15 N_a) = N_t \text{ [kgep/m}^2 \cdot \text{ano]} \quad (xvi)$$

Com o termo 0,9, pretende-se incentivar um melhor desempenho dos edifícios, estabelecendo que o limite para as necessidades nominais globais deverá ser inferior a 90% da soma dos limites máximos permitidos para as necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS. Não bastará, por isso, ao edifício cumprir “à justa” com o limite individual estabelecido para cada uma das necessidades parciais.

Resumem-se através da Tabela xxxii e da Tabela xxxiii os principais valores obtidos.

Tabela xxxii: Necessidades nominais de aquecimento / arrefecimento e AQS

Ni (kWh/m ² .ano)	Nic (kWh/m ² .ano)	Nv (kWh/m ² .ano)	Nvc (kWh/m ² .ano)	Na (kWh/m ² .ano)	Nac (kWh/m ² .ano)
95,19	85,54	26	16,42	23,20	0,36

Tabela xxxiii: Necessidades globais de energia primária

Nt (kgep/m ² .ano)	Ntc (kgep/m ² .ano)
4,22	0,68

Fazendo uma relação do valor de Ntc e Nt, obtêm-se uma proporção de 16,11%, um valor inferior a 25%, o que indica que a habitação tem a classe energética A+.

Capítulo 4

Simulação Dinâmica de Edifício

4.1 Procedimento da simulação Dinâmica

O procedimento adoptado para a simulação dinâmica deste caso de estudo envolve um conjunto de decisões, que foram tomadas com base nas ocupações e equipamentos reais da fracção autónoma. Ainda que, a rotina de ocupação e consumo se altere ao longo dos 365 dias anuais tentou-se reproduzir com o máximo detalhe o conjunto de acções em que os ocupantes da fracção autónoma intervêm.

As decisões tomadas irão interferir grandemente na climatização do edifício, uma vez que aumentando a ocupação ou a taxa de metabolismo esses factores vão reflectir-se na temperatura garantindo do mesmo modo as condições térmicas que permitem um conforto para os seus ocupantes.

Além da climatização é necessário garantir a qualidade do ar interior recorrendo normalmente à ventilação natural e introdução de ar novo por infiltrações. Uma vez que a climatização está directamente ligada à transmissão de calor e massa que ocorre entre um sistema termodinâmico e a sua envolvente os edifícios sofrem a acção de três tipos de cargas térmicas:

- Internas - geradas pela taxa de ocupação, pela iluminação e pelo funcionamento de diversos equipamentos;
- Externas - provocadas pelo clima, através da temperatura, da radiação solar, do vento e da humidade que promovem trocas através da envolvente;
- Infiltrações e ar novo - provocadas pela infiltração e renovação do ar interior.

Estas cargas térmicas devem ser tidas em consideração e contabilizadas no desempenho energético do edifício, pois são mecanismos de transferência de energia e vão influenciar a potência de aquecimento e de arrefecimento assim como os consumos de energia necessários ao edifício.

A interacção dos tipos de cargas térmicas vai levar a variações de temperatura, de humidade e de qualidade do ar interior. A transmissão de calor que promove estas alterações pode ocorrer de três formas distintas:

- Radiação - transporte de energia através de ondas electromagnéticas, realizado de forma independente em relação ao meio em que ocorre o transporte;
- Condução - transporte de energia através de um meio, sólido, líquido ou gasoso;

- Convecção - transferência de calor entre uma superfície sólida e um fluido em movimento, líquido ou gasoso, de forma forçada ou natural.

Para contrariar todas estas alterações que originam desconforto das pessoas, são necessários equipamentos de climatização correctamente dimensionados de modo a remover de forma todas as cargas térmicas indesejadas, permitindo obter uma valores de temperatura e humidade dentro da gama de conforto estipulada pelo RCCTE.

O cálculo das cargas térmicas e do desempenho dos sistemas de climatização pode ser feito por diversos programas de cálculo devidamente reconhecidos internacionalmente. No âmbito da legislação para grandes edifícios de serviços é obrigatório efectuar uma simulação dinâmica do comportamento térmico do edifício, utilizando um programa de cálculo que satisfaça a norma ASHRAE 140-2004.

O software escolhido para realizar a simulação dinâmica da moradia unifamiliar foi o *EnergyPlus*.

O *EnergyPlus* é um programa de simulação de energia em edifícios, utilizado no mundo inteiro, integrado com os seus sistemas. Este aplicação informática permite desenvolver estudos de edifícios existentes ou em fase de projecto. Foi desenvolvido a partir dos programas do Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (DOE) na década de 70. Passou por várias designações ao longo dos anos. O software tem vindo a ser aperfeiçoado ao longo dos anos até aos dias que correm, sempre mantendo a preocupação pela validação dos seus resultados. A validação desses é feita através de testes cujos parâmetros de comparação são definidos pela ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*). (6)

No estudo desenvolvido foi utilizada uma interface gráfica para auxiliar e facilitar o seu funcionamento, denominada *DesignBuilder*.

4.2 Design Builder

O *DesignBuilder* é uma ferramenta bastante eficiente na simulação dinâmica de edifícios, faz uso de uma interface gráfica que permite ao utilizador introduzir todos as características do edifício de modo a que seja gerado o código fonte a ser compilado pela aplicação *EnergyPlus*.

O software *EnergyPlus* é a base de todo este processo de cálculo, é o motor de simulação que pode ser utilizado com diferentes interfaces e ferramentas de análise de resultados. O ambiente de trabalho de *EnergyPlus* baseia-se na introdução de valores numéricos que dizem respeito à climatização, cargas térmicas e ao projecto térmico (RCCTE) através do *DesignBuilder*. A obtenção de resultados, após o cálculo com *EnergyPlus*, permite ao utilizador analisar os dados obtidos e comparar com outras simulações executadas.

Por comparação de resultados obtidos, é uma ferramenta que permite tomar determinadas decisões na construção de novos edifícios, ou alterações de existentes. É possível testar os níveis de consumo de energia em função da adopção de critérios diversos, passivos ou activos.

Entre os critérios passivos, é possível analisar o impacto da adopção de um elemento de sombreamento sobre a fachada, da especificação de diferentes materiais, bem como o aumento ou redução de áreas envidraçada em relação às áreas não envidraçadas, outras propriedades, como o factor solar dos vidros, pode também ser comparadas. Isto permite avaliar a necessidade de se especificar um vidro com desempenho mais eficiente e, conseqüentemente, transformar estas informações numa análise de custo vs benefício.

Na Figura xvi apresentam-se alguns parâmetros de entrada do *EnergyPlus* que permitem originar determinados resultados tais como:

- Cálculo da energia eléctrica de consumo do edifício;
- Cálculo das necessidades de energia térmica para aquecimento e arrefecimento;
- Avaliação das diferentes fachadas e verificação das suas temperaturas e aspecto visual;
- Simulação térmica de edifícios com ventilação natural;
- Iluminação natural e modelos de controlo de iluminação por dimmings;
- Verificação dos ganhos térmicos por metabolismo e ocupação;
- Perdas de energia térmica por ventilação natural ou infiltrações;
- Simulação diária, semanal, mensal ou anual;
- Emissão de gases com efeito de estufa (CO₂).

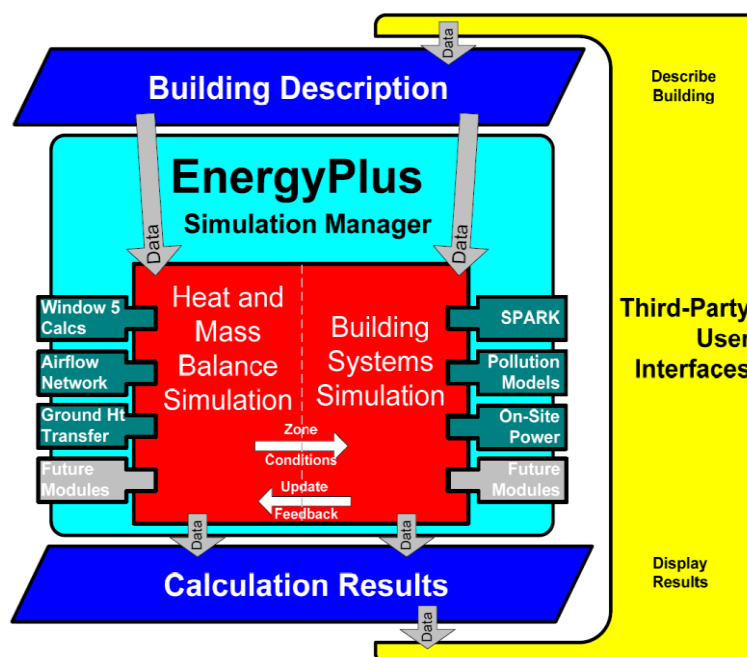


Figura xvi: Parâmetros de entrada e saída do EnergyPlus

A modelação geométrica é efectuada numa primeira fase no *DesignBuilder* através da introdução de dados. A segunda fase corresponde à parte de cálculo, pela qual é responsável o EnergyPlus.

O *DesignBuilder* é um programa cuja interface é intuitiva e fácil de trabalhar. Oferece uma quantidade imensa de bibliotecas “libraries” com pré-definições que facilitam a implementação de dados no programa. Estes vão desde dados exteriores ao edifício como os dados climáticos, tipos de iluminação ou climatização e ainda os horários de utilização de diversos tipos de edifícios. No entanto para este caso de estudo introduziram-se todos os perfis de ocupação, utilização de equipamentos, iluminação, climatização, de acordo com a ocupação e funcionamento real.

A implementação de dados do edifício em geral ou de um zona é feita através de cinco separadores:

- “Activity” - dados referentes ao tipo de actividade realizada em determinada zona. Exemplo: horário e densidade de ocupação, densidade de iluminação, densidade de equipamentos, taxa de metabolismo, consumo de água quente sanitária, volume de ar novo insuflado, etc.;
- “Construction” - dados referentes ao tipo de construção e material de todas as soluções construtivas.;
- “Openings” - dados referentes a aberturas no edifício. Exemplo: janelas, protecções opacas exteriores ou interiores, portas, tipo de vidro, etc.;
- “Lighting” - dados referentes à iluminação. Exemplos: tipo de iluminação, perfil de utilização de iluminação, etc.;
- “HVAC” - dados referentes aos equipamentos de climatização, aquecimento de águas sanitárias, ventilação natural e mecânica. Exemplos: energia auxiliar utilizada nos equipamentos de AVAC, tipo de energia utilizado em cada tipo de sistema, etc.

Os resultados do programa são apresentados através de gráficos ou tabelas, sendo possível a escolha do tipo de informação que se obtém após a simulação (exemplo: consumos totais, consumos parciais, temperatura, conforto, etc.), os intervalos de tempo entre cálculos, o período de tempo da simulação, etc. A análise detalhada dos consumos desagregado por espaço requer a utilização dos resultados gerados pelo EnergyPlus 4.0, dados esses que são apresentados no programa DesignBuilder. (7)

4.3 Implementação do Modelo

Devido à diversidade de ocupação e utilização das diferentes zonas foram criados perfis de iluminação, climatização e equipamentos, afectos a cada divisão da moradia unifamiliar. Os perfis configurados dizem respeito às zonas de descanso (quartos e sala), instalações sanitárias, cozinha, zonas de circulação, escritório, e zonas da cave. O modelo foi apresentado através da Figura xvii foi

modulado de acordo com o projecto de arquitectura permitindo numa fase posterior introduzir todas as características internas da habitação.

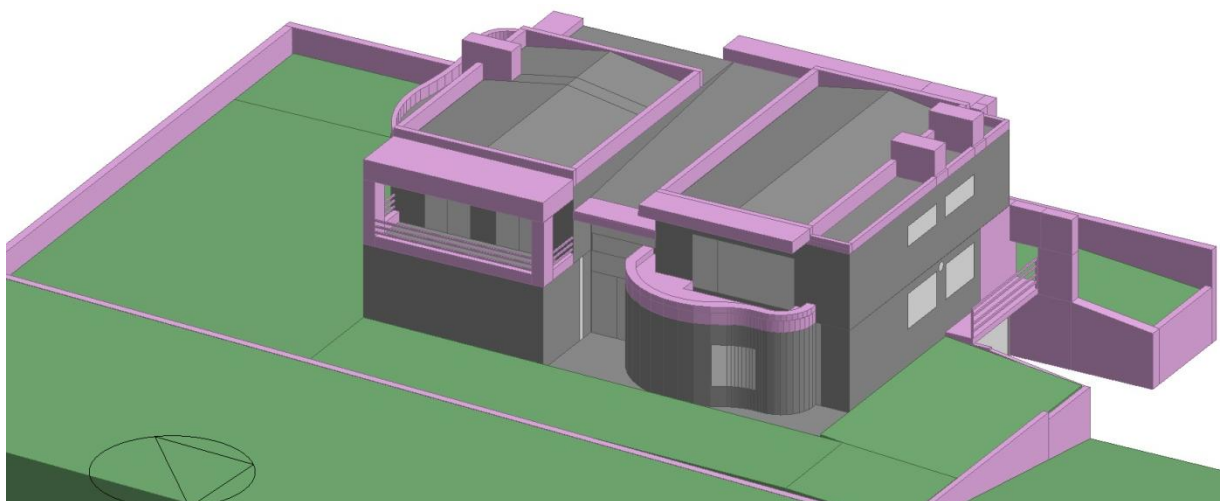


Figura xvii: Modelo geométrico do caso de estudo modulado no software DesignBuilder

4.3.1 Zonas internas à fracção autónoma

De entre as várias particularidades do software, uma das mais vantajosas é permitir a divisão de um sólido (zona) em diversas partes. A fracção autónoma foi compartimentada de acordo com o projecto de arquitectura em 25 zonas, respeitando a área e volumetria de cada divisão. Através da Figura xviii apresenta-se a divisão interna da Cave (piso -1).

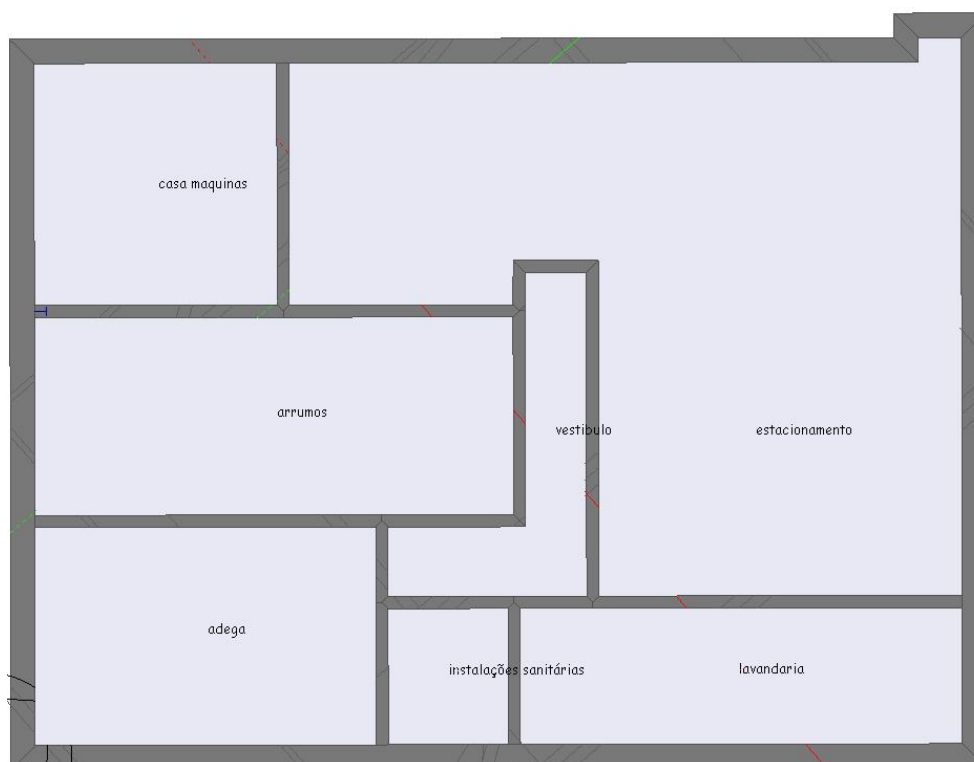


Figura xviii: Área da cave e respectivas divisões

O mesmo procedimento foi obtido ao nível do R/Ch e mostra-se através da Figura xix a divisão das diversas zonas do respectivo piso.

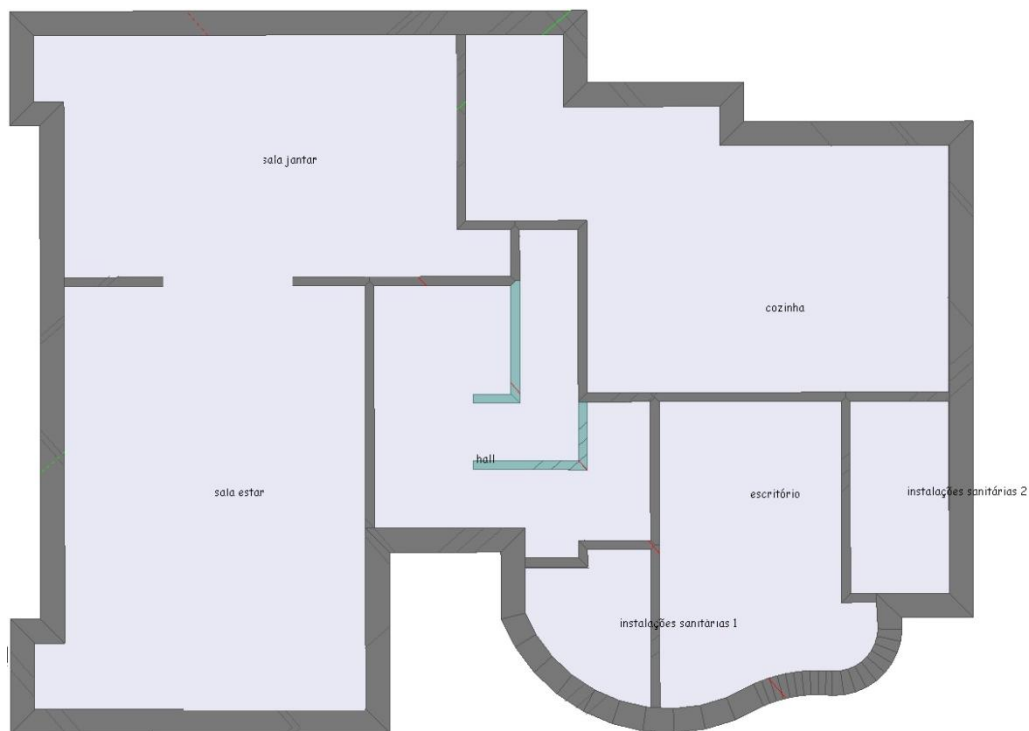


Figura xix: Área do R/ch e respectivas divisões

O mesmo procedimento foi obtido ao nível do piso 1 e verifica-se através da Figura xix a divisão das diversas zonas do respectivo piso.

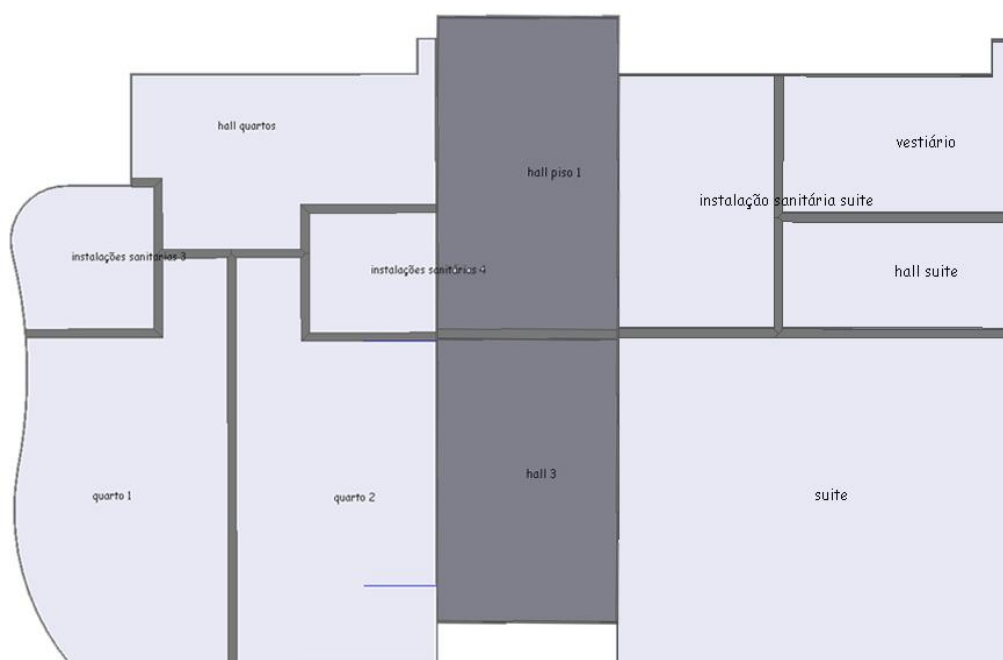


Figura xx: : Área do piso 1 e respectivas divisões

Logo que o edifício esteja dividido conforme o projecto de arquitectura torna-se possível atribuir-lhe as cargas térmicas internas, assim como afectar consumos eléctricos e individualizar o sistema de climatização ou potência e nível de iluminação, isto com a ocupação real e independente em cada zona.

Depois de definida a geometria interior produzem-se os resultados finais da moradia unifamiliar através das imagens Figura xxi, Figura xxii, Figura xxiii e Figura xxiv.



Figura xxi: Modulação do alçado principal - Sudeste



Figura xxii: Modulação do Alçado Posterior - Noroeste

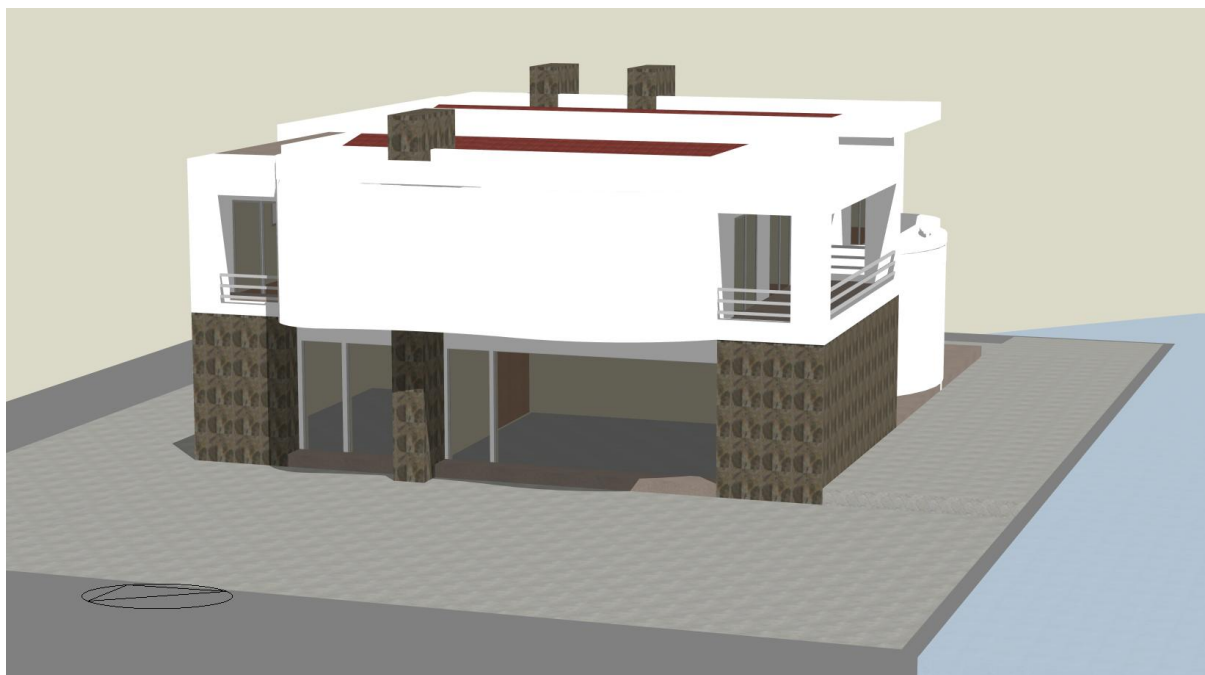


Figura xxiii: Modulação do Alçado Lateral Esquerdo - Sudoeste

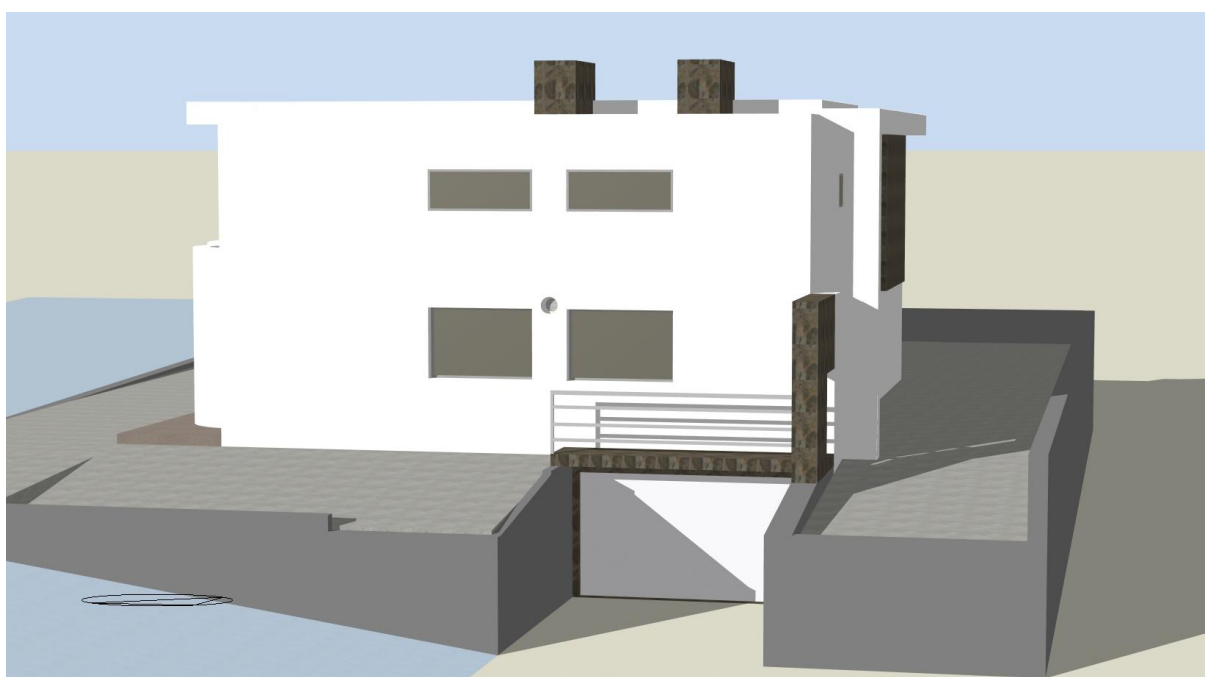


Figura xxiv: Modulação do Alçado Lateral Direito - Nordeste

4.3.2 Localização e clima

Após o edifício está modulado é necessário orienta-lo geograficamente e seleccionar o ficheiro climático, de acordo com a sua localização.

Os dados climáticos utilizados para simulação encontram-se num ficheiro disponibilizado pelo LNEG (Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia), e tem por base o ficheiro climático do programa SolTerm.

Como se sabe o clima é um dos principais factores de variação de temperatura no interior do edifício e conseqüente aumento de consumo energético, como tal é de extrema importancia que a localização esteja correcta e como tal resume-se as principais características meteorológicas da cidade do Fundão.

Condições Exteriores:

- Temperatura máxima: 42 °C
- Temperatura mínima: -2,1°C
- Temperatura média: 19 °C

- Humidade relativa máxima: 78 %
- Humidade relativa mínima: 2 %
- Humidade relativa média: 31,2 %

Condições Interiores:

- Temperatura de mínimas 20 °C
- Temperatura de máximas 25 °C
- Humidade relativa 50 % HR

Na Figura xxv apresenta-se o separador, *Location*, onde serão inseridas todas as informações referentes à localização do edifício e tipo de terreno onde se insere, tais como:

- Coordenadas geográficas;
- Concelho;
- Ficheiro climático;
- Altitude ao nível do mar;
- Distância à costa;
- Temperaturas mensais.

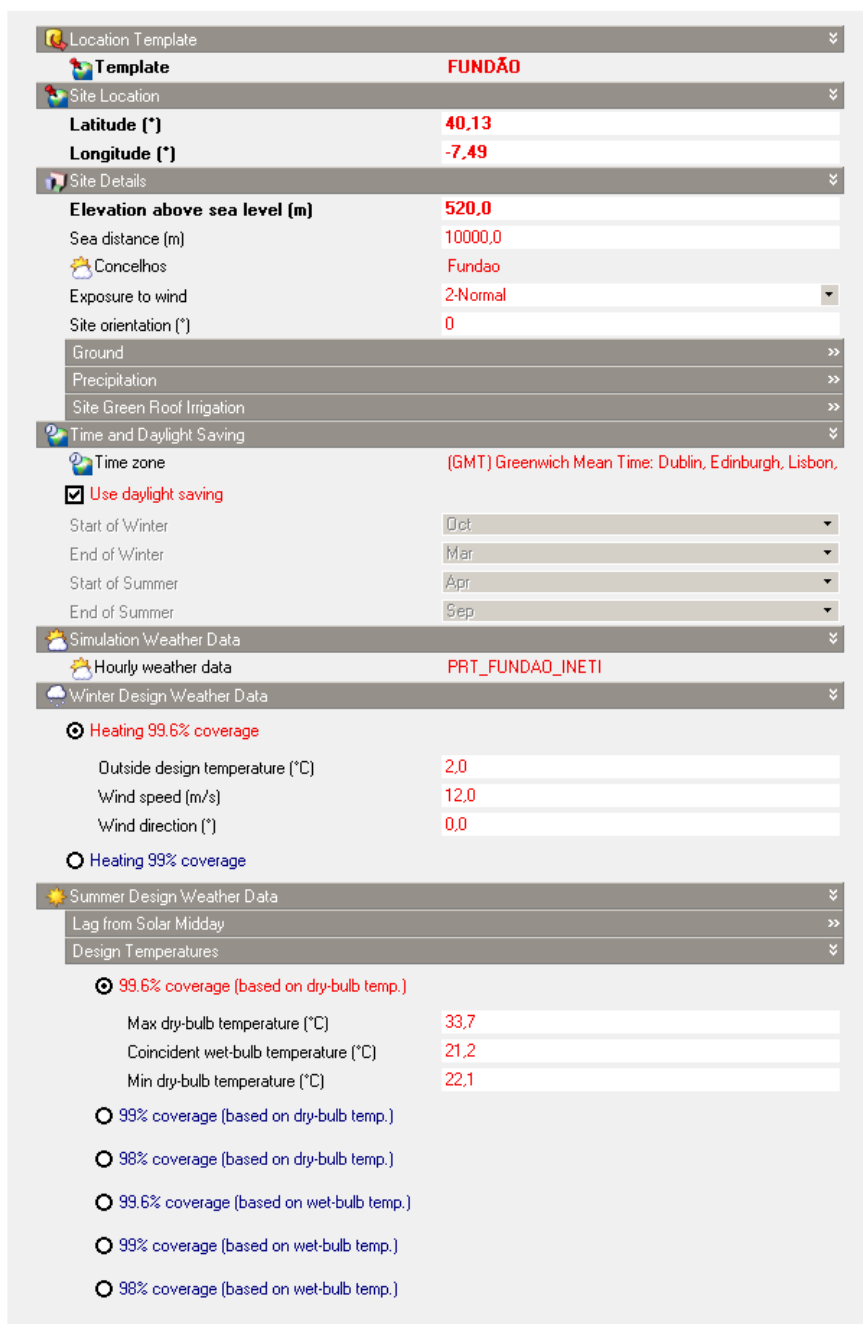


Figura xxv: Separador “Location” do programa Designbuilder

4.3.3 Actividade, ocupação, DHW e densidade de equipamentos

Para que seja possível definir todos os parâmetros que afectem as cargas internas do edifício, assim como definir as temperaturas de referência, utiliza-se o separador *Activity*, apresentado na Figura xxvi.

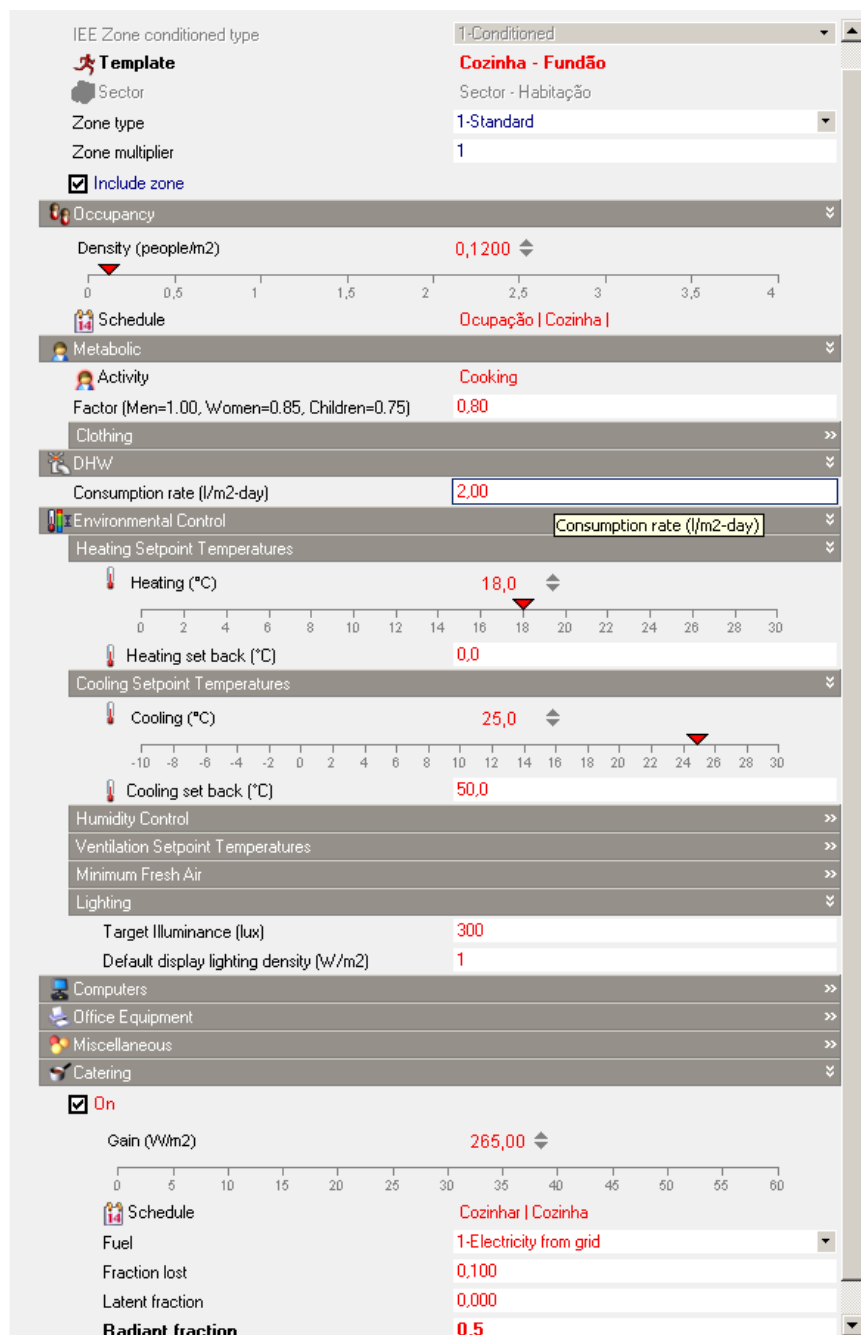


Figura xxvi: Separador Activity

Através do separador da Figura xxvi é possível definir a ocupação do edifício, nível de metabolismo e de equipamentos eléctricos e temperaturas de referência para a estação de aquecimento e arrefecimento, consumo de DHW (domestic hot water), volume de ar novo a introduzir em cada zona, nível de iluminação pretendido, etc.

Foi utilizado o exemplo da cozinha pois é o mais completo, uma vez que apresenta consumos de água quente, iluminação, equipamentos eléctricos destinados a uso geral e de catering e ainda e ventilação mecânica proveniente do exaustão.

No separador *Activity* foram definidos os parâmetros de entrada de todos as zonas da fracção. Uma vez que cada zona tem características diferentes optou-se por criar 25 perfis de actividade independentes, com os dados introduzidos de acordo com a Tabela xxxiv.

Tabela xxxiv: Dados de entrada do separados *Activity*

Piso	Zona	Índice Ocupação [pessoas/m ²]	Actividade - [W/person]	DHW [l/m ² -day]	Iluminação [W/m ²]	Eq. Eléctricos [W/m ²]	Catering
-1	Adega	0,20	Work involving walking -160	0	0,7	13,7	0
-1	Arrumos	0,15	Work involving walking -160	0	2	13,7	0
-1	C. Máquinas	0,25	Work involving walking -160	0	0,87	13,7	0
-1	Estac.	0,05	Work involving walking -160	0	2,21	13,7	0
-1	I. Sanitárias	0,89	Reading seated - 99	20	3,1	13,7	0
-1	Lavandaria	0,24	Work involving walking -160	0	3,27	13,7	0
-1	Vestíbulo	0,95	Work involving walking -160	0	3,3	13,7	0
0	Cozinha	0,12	Cooking - 180	2	0,86	106	265
0	Escritório	0,28	Standing relaxed - 126	0	0,99	17,7	0
0	Hall	0,21	Standing relaxed - 126	0	2,28	0	0
0	I. S. 1	0,1	Reading seated - 99	0	3,5	62,2	0
0	I. S. 2	0,0,92	Reading seated - 99	18	2,73	62,2	0
0	Sala Estar	0,11	Standing relaxed -126	0	1,69	14,5	0
0	Sala Jantar	0,15	Standing relaxed -126	0	0,84	14,5	0
1	Hall quartos	0,37	Standing / Waling -140	0	1,27	0	0
1	I. S. 3	1,01	Reading seated	23	3,53	62.2	0

			- 99				
1	I. S. 4	0,95	Reading seated - 99	21	3,33	62.2	0
1	Quarto 1	0,23	Sleeping - 72	0	0,79	0	0
1	Quarto 2	0,23	Sleeping - 72	0	0,79	0	0
1	Hall 3	0,21	Standing relaxed - 126	0	0	0	0
1	Hall Piso 1	0,38	Standing / Waling -140	0	2,64	0	0
1	Hall Suite	0,61	Standing / Waling -140	0	2,13	0	0
1	I. S. Suite	0,43	Reading seated - 99	10	1,52	62.2	0
1	Suite	0,13	Sleeping - 72	0	0,448	0	0
1	Vestiário Suite	0,55	Standing / Waling -140	0	1,92	0	0

Todas as decisões apresentadas na Tabela xxxiv devem ser justificadas de acordo com os níveis de ocupação e equipamentos instalados. Conforme já foi referido todas as zonas têm características distintas e por esse motivo os valores alteram-se de divisão para divisão.

Índice de Ocupação

A fracção tem uma ocupação diária de 4 ocupantes (2 adultos e 2 crianças), e o valor do índice de ocupação reflecte-se pela razão desse valor em função da área ocupada. O critério estabelecido foi dividir os 4 ocupantes pelas áreas afectadas, o que significa que para cada divisão dividiram-se os 4 ocupantes pela respectiva área e repetiu-se o procedimento para as seguintes divisões. De acordo com este procedimento de cálculo consegue-se respeitar a ocupação do edifício através da calendarização da percentagem de ocupação. Quer-se com isto dizer que, por exemplo, durante as 8h00 às 8h30 a ocupação é de 100% na cozinha e 0% nas restantes divisões do edifício.

Perfis de ocupação

A densidade de ocupação de cada uma das divisões da habitação efectua-se respeitando a rotina laboral de um agregado familiar. Durante o período semanal de segunda-feira a sexta-feira a habitação não tem ocupação durante as 9h00 e as 17h00 conforme se pode observar através do Gráfico i. No Gráfico ii apresenta-se densidade de ocupação do agregado familiar durante o sábado e domingo.

Análise energética de um edifício unifamiliar

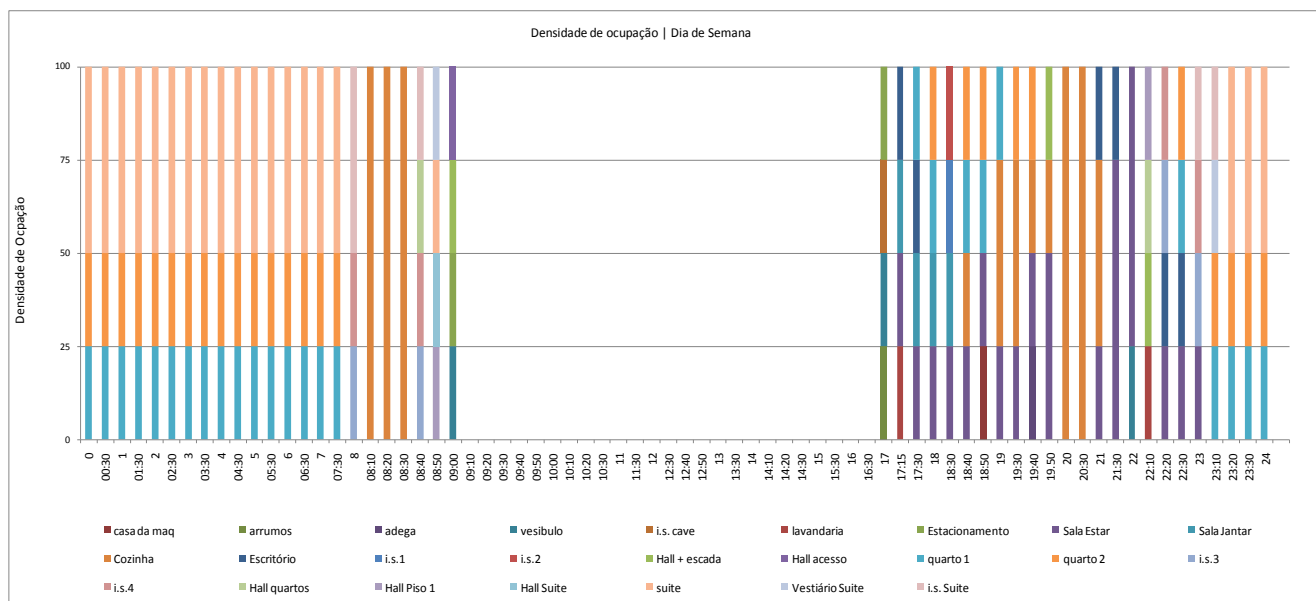


Gráfico i: Densidade de ocupação da moradia unifamiliar de segunda-feira a sexta-feira

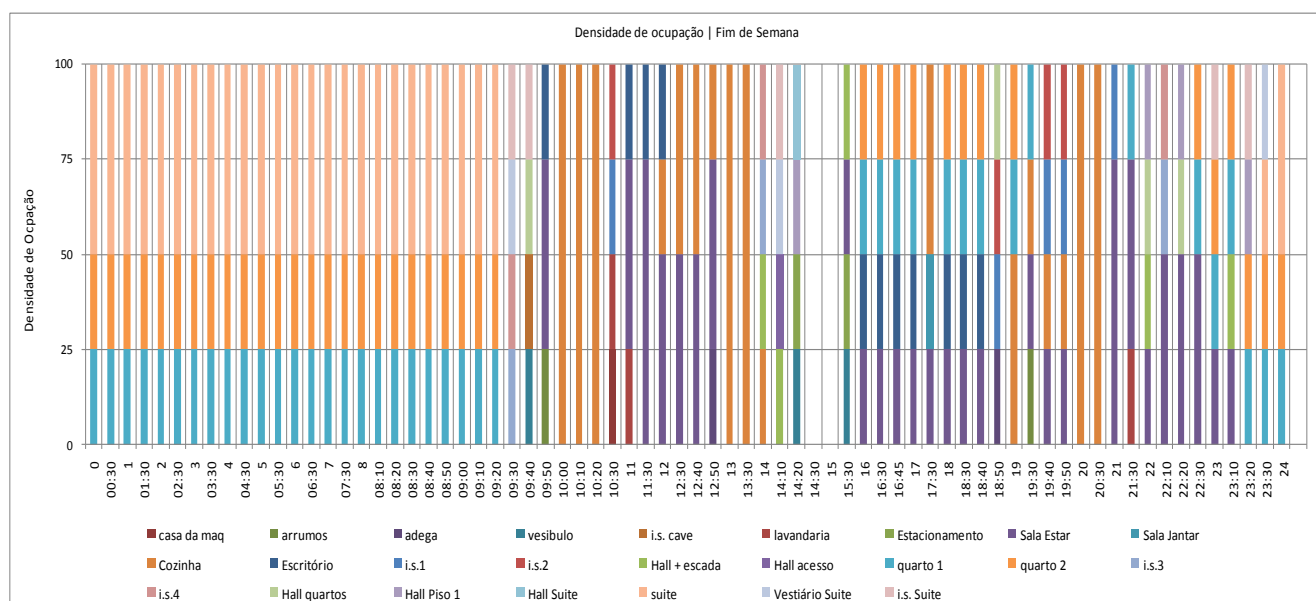


Gráfico ii: Densidade de ocupação da moradia unifamiliar sábado e domingo

Conforme se pode verificar durante o período nocturno a ocupação é de 100% nos quartos. Na suite há uma ocupação de 50%, e 25% em cada um dos quartos. A divisão do tempo varia entre de 30 em 30 minutos e 10 em 10 minutos dependendo do tempo dispendido em cada tarefa. Isto significa que nas zonas de circulação a ocupação não excede os 10 minutos, assim como no estacionamento, ou até mesmo nas instalações sanitárias numa utilização ocasional durante o período da tarde. No entanto para zonas de descanso, ou cozinha os períodos de ocupação são bastante mais elevados.

No entanto durante os meses de Julho, Agosto e Setembro a moradia unifamiliar tem ocupação diária igual à do Gráfico ii.

Actividade

A taxa de metabolismo é outro factor comum que vai ter influencia nas cargas térmicas interiores. A sua influencia traduz-se pelo calor libertado pelas pessoas durante as tarefas que estão a realizar, aumentando assim a temperatura interior, havendo uma maior necessidade de arrefecimento e uma menor necessidade de aquecimento. Os valores utilizados na Tabela xxxiv, dizem respeito ao tipo de actividade elaborada em cada divisão à potência libertada por cada ocupante.

DHW (Domestic Hot Water)

O consumo de água quente sanitária da fracção terá que ser introduzido com a relação de Litros/m² por cada dia de consumo.

Como tal efectuou-se uma ponderação de consumo em função das divisões onde se despense AQS, ou seja, nas instalações sanitárias considera-se que o consumo médio será de 90 Litros por dia e na cozinha apenas 50 Litros. Dividindo os consumos pelas respectivas áreas verifica-se o resultado na Tabela xxxv.

Tabela xxxv: Consumo de água quente sanitária

Zona	área [m ²]	Consumo por divisão [L]	Consumo por [m ²]
cozinha	32,46	50	2
i.s. cave	4,50	90	20
i.s. 2	5,12	90	18
i.s. 3	3,96	90	23
i.s. 4	4,20	90	21
i.s. suite	9,20	90	10
	TOTAL	500	

Como não existe contador de consumo de água quente na habitação optou-se por elaborar o cálculo para o pior cenário, o de consumir diariamente 500 Litros de AQS. Relativamente ao equipamento utilizado para AQS, far-se-á uma análise no capítulo posterior.

Iluminação

O interior da fracção autónoma contém maioritariamente luminárias fluorescentes compactas de marca Philips. No entanto, há 3 divisões situadas na cave, que contêm luminárias fluorescentes tubulares T5, cujas características apresentadas na Tabela xxxvi.

Tabela xxxvi: Tipos de lâmpadas da fracção autónoma

Tipo	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Eficiência Luminosa (lm/W)	Temperatura da cor (K)	Vida estimada (horas)
Fluorescente Compacta - Genie	14	800	57	2700	8000
Fluorescente Tubular - Master TL5 HO	54	4850	90	5000	19000

Apresenta-se na Tabela xxxvii a distribuição de potência de iluminação na fracção autónoma, onde se pode observar, na última coluna, o valor obtido para a densidade de Iluminação de acordo com as respectivas áreas e potência das lâmpadas.

Tabela xxxvii: Características e distribuição das luminárias na fracção autónoma

Piso	Divisão	Área (m ²)	Número de Luminárias	Potência (Watts)	Densidade (W/m ²)
-1	Adega	20	1	14	0,7
-1	Arrumos	26	1	54	2
-1	Casa Máquinas	16	1	14	0,87
-1	Estacionamento	73	3	54	2,21
-1	Instalações Sanitárias	4,5	1	14	3,1
-1	Lavandaria	16,5	1	54	3,27
-1	Vestíbulo	4,2	1	14	3,3
0	Sala de Jantar	26,47	1	14	0,84
0	Sala de Estar	35,9	2	14	1,69
0	Hall + Escadas	18,41	3	14	2,28
0	Instalações Sanitárias 1	4	1	14	3,5
0	Escritório	14,11	1	14	0,99
0	Instalações Sanitárias 2	5,12	1	14	2,73
0	Cozinha	32,46	2	14	0,86
1	Quarto 1	17,61	1	14	0,79
1	Quarto 2	17,57	1	14	0,79
1	Instalações Sanitárias 3	3,96	1	14	3,53
1	Instalações Sanitárias 4	4,2	1	14	3,33
1	Hall Quartos	10,94	1	14	1,27
1	Hall Piso 1	10,60	2	14	2,64
1	Vestiário Suite	7,27	1	14	1,92
1	Hall Suite	6,56	1	14	2,13

1	Instalações Sanitárias Suite	9,20	1	14	1,52
1	Suite	31,19	1	14	0,44

Depois de inseridas as densidades de iluminação para cada uma das zonas interiores da fracção autónoma torna-se necessário atribuir o perfil de utilização de iluminação. Foi necessário definir um perfil de utilização ao longo das 24 horas durante a semana, e um outro perfil de iluminação no fim-de-semana.

O critério utilizado da densidade de iluminação foi afectar 100% de iluminação sempre que há ocupação nas divisões. No entanto é necessário verificar quais as divisões onde existem vãos envidraçados, pois nesses locais considerou-se iluminação apenas a partir das 19h00.

Na sequência desta informação, apresenta-se como exemplo a Figura xxvii com o perfil de utilização de iluminação para o período de segunda-feira a sexta-feira.

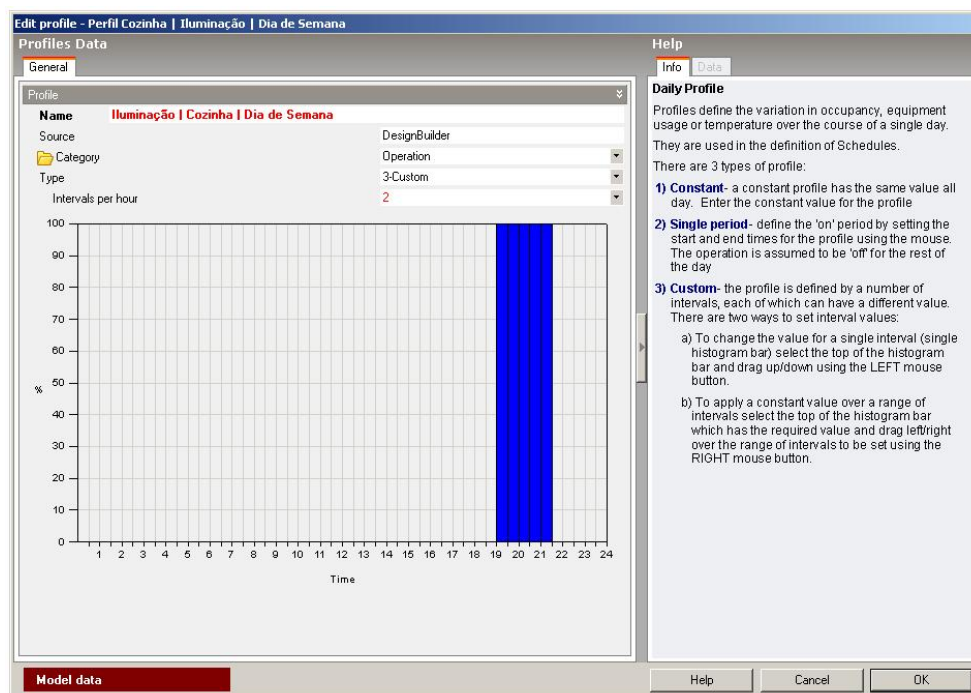


Figura xxvii: Perfil de iluminação semanal da cozinha

Equipamentos Eléctricos e Catering

A habitação dispõe de diversos equipamentos eléctricos nas cujas potências e descrições se apresentam na Tabela xxxviii.

Tabela xxxviii: Potencias eléctricas do equipamentos da habitação

Equipamento	kW	Nº de unidades	Total	Área [m2]	W/m2	Percentagem de Utilização
Lavandaria						
M. Lavar Roupa	2,20	1,00	2,20	16,50	133	100%
Casa das Máquinas						
B. circulação Piscina	1,46	1	1,46	16,00	91,25	100%
Instalações Sanitárias						
Secador	0,80	2,00	1,60	25,73	62,2	100%
Escritório						
Computador	0,25	1,00	0,25	14,11	17,7	100%
Sala de Estar						
Televisão	0,08	1,00	0,08	35,9	2,2	100%
Sistema Áudio	0,08	1,00	0,08	35,9	2,2	100%
					4,5	100%
Sala de Jantar						
Televisão	0,08	1,00	0,08	26,47	3	100%
Cozinha						
Fogão	2,42	1,00	2,42	32,46	74,6	28,1%
Placa de Indução	5,75	1,00	5,75	32,46	177,1	66,7% - 16,7%/foco de indução
Torradeira	0,45	1,00	0,45	32,46	13,9	5,2%
					265,6	
Exaustor	0,25	1,00	0,25	32,46	7,7	100%
Microondas	1,20	1,00	1,20	32,46	37,0	100%
M. Lavar Loiça	2,15	1,00	2,15	32,46	66,2	100%
					103,0	
Frigorífico	0,10	1,00	0,10	32,46	3,1	100%

No que diz respeito à utilização da máquina de lavar roupa afectou-se o seu consumo 3 vezes por semana de acordo com a ocupação da referida zona. O programa seleccionado mantém o seu funcionamento durante 1hora.

A bomba de circulação da piscina situada na casa das máquinas, só começou a ser usada no mês de Maio até ao fim do mês de Setembro, pois a partir de Outubro a frequência de utilização da piscina decresceu bastante e a sua limpeza passou a ser efectuada por um processo químico. O seu funcionamento durante os meses de Julho, Agosto e Setembro é diário e ao fim de semana durante o período nocturno. Trabalhando durante 8 horas ao sábado e 8 horas ao domingo e 5 horas por dia durante a semana.

Nas instalações sanitárias afectou-se o consumo eléctrico de dois secadores de cabelo cujo funcionamento estará directamente associado à ocupação.

A utilização do computador situado no escritório tem o perfil de equipamento coincidente com o perfil de ocupação, embora a densidade seja de 100%. Quer-se com isto dizer que, sempre que há ocupação no escritório o computador está a consumir energia.

No que diz respeito à televisão e sistema de áudio, a potência eléctrica foi individualizada pelas salas. As potências eléctricas foram afectadas de acordo com os perfis de ocupação.

Na cozinha existem dois tipos de consumos eléctricos; os equipamentos de *catering*, destinados à actividade de confecção de refeições e os equipamentos eléctricos com outras funções.

No que respeita aos equipamentos de *catering* a sua utilização efectua-se sempre que há ocupação na cozinha, no entanto a percentagem de utilização dos equipamentos depende da hora do dia. Ou seja, no período matinal e para preparação da primeira refeição do dia afecta-se apenas 5% de utilização de equipamentos de *catering*, que diz respeito à utilização da torradeira. Relativamente à utilização dos mesmos equipamentos afecta-se uma utilização de 35% durante uma hora, por cada refeição. Os 35% dizem respeito à utilização do fogão ou de duas chapas de indução em simultâneo. Pode-se observar através da Figura xxviii o que foi referido.

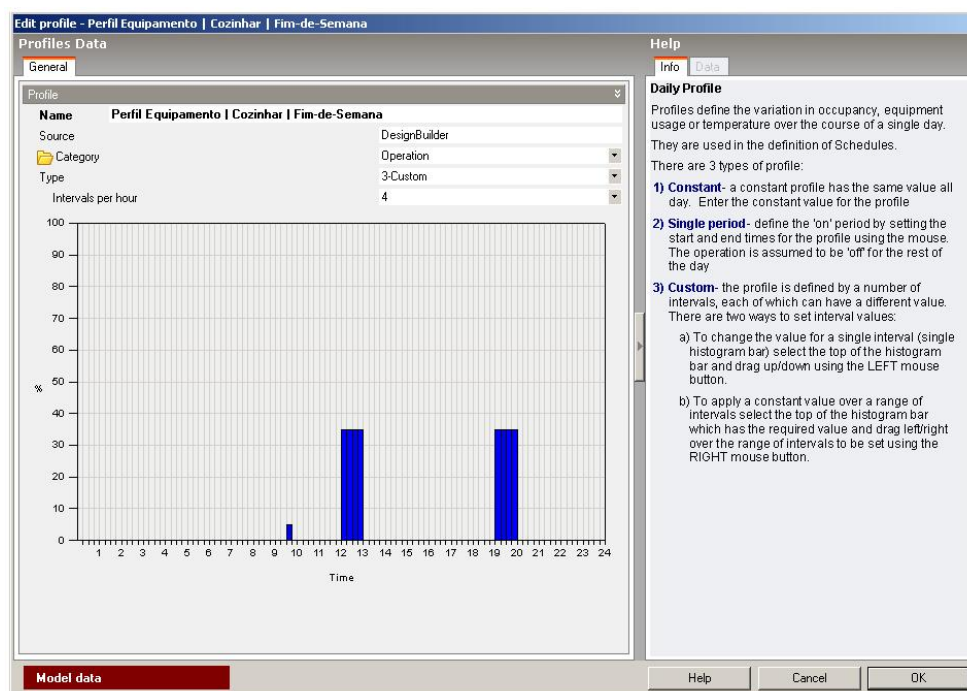


Figura xxviii: Perfil de utilização de equipamentos de *catering* durante o fim de semana

Os outros equipamentos, cuja potência é de 103 Watt/m², têm uma utilização directamente ligada à ocupação num perfil denominado MLL e Microondas, o frigorífico é o único equipamento que tem uma utilização contínua durante as 24h.

Na separador *Catering da* Figura xxvi encontram-se dois parâmetros que não foram ainda referidos durante o caso de estudo; *Fraction Lost* e *Radiant Fraction*.

4.3.4 Fraction Lost e Radiant Fraction

De acordo com o manual do programa *DesignBuilder* o parâmetro *Fraction Lost* corresponde a um número decimal entre 0,0 e 1,0 que é usado para caracterizar a quantidade de calor ‘perdido’ pelo equipamento numa determinada zona. Este número será multiplicado pela energia total consumida pelo equipamento e simboliza a quantidade de calor perdido, mas não tem impacto no balanço energético da zona. Corresponde ao aquecimento utilizados para cozinhar que são ventilados para a atmosfera através dos ductos de ventilação natural. Para este caso considerou-se que apenas 10% da energia era perdida no processo de cozinha.

O parâmetro *Radiant Fraction* que de acordo com a descrição fornecida pelo manual do programa *DesignBuilder* é um número decimal entre 0,0 e 1,0 utilizado para caracterizar a onda de calor radiante. O valor zero indica que os ganhos de calor são totalmente convectivos e como tal todo o calor é transferido para o ar. O valor 1 significa que os ganhos são inteiramente radiantes como tal o calor é distribuído pelas superfícies interiores.

Tipicamente utilizam-se valores entre 0,1 e 0,5, nos equipamentos eléctricos de escritório como computadores, televisões, rádios e similares o valor que vem por defeito é 0,2. No entanto o seu cálculo deve ser efectuado conforme se apresenta em seguida. (7)

Os ganhos de calor sensíveis dividem-se em dois tipos de ganhos; um que é transferência de calor radiante contribuindo para os ganhos de calor instantâneos e o outro é a transferência de calor convectivo que contribui para o atraso dos ganhos de calor.

Para se formular a transferência de calor por um equipamento ao ambiente que o rodeia é necessário linearizar o coeficiente de transferência de calor radiante e o coeficiente de transferência de calor convectivo.

Coeficiente de transferência de calor radiante

O coeficiente de transferência de calor radiante linearizado é praticamente constante para as usuais temperaturas interiores, podendo ser calculado através da Equação xvii:

$$h_{radiante} = 4,7 \varepsilon \quad (xvii)$$

ε - emissividade;

O valor 4,7 resulta da expressão completa para o cálculo do coeficiente da transferência de calor radiante apresentada pela equação xviii.

$$h_r = 4 \varepsilon \sigma S [273.2 + (t_{cl} + t_v)/2]^3 \quad (xviii)$$

t_r - Temperatura radiante média (°C);

t_{cl} - Temperatura média da superfície (°C);

ε - emissividade;

S - Área da superfície emissora (m²);

σ - Constante de Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8}$ (W/m²k⁴)

A_r - Area de radiação efectiva (m²).

Considerando uma emissividade de 0,95, vem que

$$h_r = 4,7 \varepsilon \Leftrightarrow h_r 4,7 \times 0,95 \Leftrightarrow h_r = 4,465 \quad (\text{xix})$$

Coefficiente de transferência de calor convectivo

O movimento do ar em espaços interiores causa transferência de calor por convecção. O coeficiente de transferência de calor por convecção é calculado através da equação xx. (8)

$$h_c = f(v, Tu, geometry, \Delta t, etc) \quad (\text{xx})$$

h_c - Coeficiente de transferência de calor convectivo [W/m²°C];

Tu - Intensidade turbulenta;

Δt - ($t_{sk} - t_a$) [°C];

Re - Numero de Reynolds;

Gr - Numero de Grashof

- Convecção Natural: $Gr > Re^2$ ($v < 0,1$ m/s);
- Convecção forçada: $Re^2 > Gr$ ($v > 0,2$ m/s);
- Convecção por mistura: $Gr \approx Re^2$ ($0,1$ m/s $< v < 0,2$ m/s);

De acordo com o tipo de convecção por mistura vem que $0,1 < v < 0,2$ m/s e utilizando a tabela de coeficientes de convecção vem que:

Quando $0 < v < 0,2$, então apresenta-se a expressão xvii

$$h_c = 8,3 v^{0,6} \Leftrightarrow h_c = 8,3 \times 0,2^{0,6} \Leftrightarrow h_c = 3,16 \quad (\text{xxi})$$

A soma do coeficiente de transferência de calor radiante e do coeficiente de transferência de calor convectivo é o que resulta na expressão xxii como $h_{combined}$.

$$\begin{aligned}
 \text{Radiant Fraction} = \frac{h_{\text{radiant}}}{h_{\text{combined}}} &\Leftrightarrow \text{Radiant Fraction} = \frac{hr}{h_r+h_c} \Leftrightarrow \text{Radiant Fraction} = \\
 \frac{4,465}{4,465+3,16} &\Leftrightarrow \text{Radiant Fraction} = 0,58
 \end{aligned}
 \tag{xxii}$$

No entanto o manual do DesignBuilder diz que a fracção radiante deve ter um valor inferior de 0,9 e superior a 0,0. Um valor de 0,0 é o mesmo que controlar as temperatura do ar na zona (convecção). Se as velocidades do ar são inferior a 0,2 m/s então serão utilizados valores mais elevados de fracção radiantes. No entanto os autores Niu and Burnett (1998) e a international standard ISO 77300 recomendam os valores de fracção radiante conforme apresentado na Tabela xxxix. (8)

Tabela xxxix: Fracção Radiante vs Velocidade do ar.

Velocidade do ar (m/s)	<0.2	0.2 - 0.6	0.6 - 1.0
Fracção Radiante	0.5	0.4	0.3

Na sequência desta informação resta determinar qual a velocidade do ar interior. No nas perguntas e respostas que acompanham o regulamento RSECE (Decreto-lei 79/2006 de 4 de Abril) apresenta-se uma metedologia de cálculo para verificação da velocidade do ar, uma vez que 0,2 m/s é o valor máximo permitido entre zonas adjacentes.

Para garantir uma velocidade do ar inferior a 0,2 m/s na zona ocupada de um espaço, terá que existir um correcto dimensionamento das rede aérolicas e selecção adequada das unidades terminais de difusão, UTD's, (grelhas) bem como da sua localização.

Normalmente, os fornecedores dos elementos terminais de insuflação possuem documentação técnica, (ADPI, CFD), que permite dimensionar e localizar as UTD de modo a garantir o cumprimento do referido requisito.

Numa abordagem simplista pode utilizar-se a taxa de mistura, TM, do ar insuflado com o ar ambiente, obtido pela seguinte expressão xxiii:

$$TM = \frac{\text{Caudal Insuflado}}{\text{Volume do espaço}}
 \tag{xxiii}$$

De modo a prever valores excessivos da velocidade do ar na zona ocupada. A Tabela xl ilustra, para diferentes UTD's, valores típicos que não devem ser excedidos, baseados numa diferença de 10°C entre a temperatura do ar insuflado e do ar ambiente para espaços com pé direito aproximadamente igual a 3,0 m, conforme o caso da cozinha cujo pé direito é 2,8. (9)

Tabela xl: Valores máximo de taxa de mistura a considerar

UTD	TM
Grelhas	8
Difusores convencionais	15
Difusores de alta indução	25

O caudal máximo permitido pela grelha de ventilação situada na cozinha é $195\text{m}^3/\text{h}$, conforme ficha técnica apresentada no Anexo A.5. Desse modo calcula-se através da equação xviii o valor da taxa de mistura.

$$TM = \frac{\text{Caudal Insuflado}}{\text{Volume do espaço}} \Leftrightarrow TM = \frac{195\text{m}^3/\text{h}}{32.46 \times 2,8} \Leftrightarrow TM = \frac{195\text{m}^3/\text{h}}{32.46 \times 2,8} \Leftrightarrow TM = 2,14 \quad (\text{xxiv})$$

Desta forma, obteve-se um valor de TM inferior a 8, o que indica que o requisito de requisito de velocidade do ar inferior a $0,2\text{ m/s}$ é cumprido. Trata-se de uma metodologia que permite obter apenas uma indicação, com base na taxa de mistura.

4.3.5 Materiais e Tipo de Construção

No separador *Construction* foram criadas todas as soluções construtivas de acordo com o projecto RCCTE. As soluções construtivas dividem-se em 6 tipos:

- Elementos exteriores;
 - External Walls;
 - Flat foof;
 - Pitched roof (occupied);
 - Pitched roof (unoccupied);
 - Internal Partitions;

- Semi-Exposed;
 - Semi-exposed walls;
 - Semi-exposed ceilings;
 - Semi-exposed floor;

- Floors
 - Ground floor;
 - External floor;
 - Internal floor;

- Sub -Surfaces;
 - Walls;
 - Internal;
 - Roof;
 - External door;
 - Internal door;

- Internal Thermal Mass;

- Component Block.

Na Figura xxix apresenta-se o separador *Construction* onde foram definidas e caracterizadas todas as soluções construtivas.

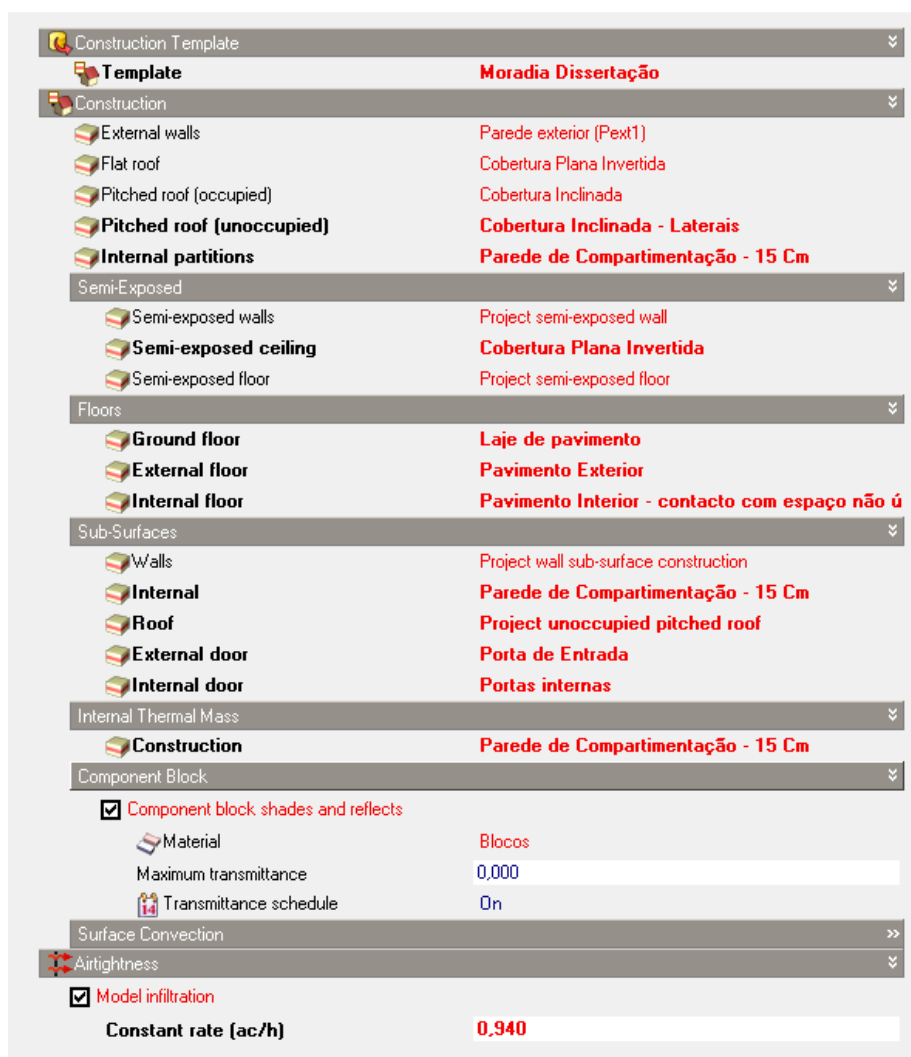


Figura xxix: Separador *Construction*

No que diz respeito às soluções construtivas opacas verticais foram definidos três novos tipos de parede, duas exteriores e uma interior. Isto deve-se ao facto do programa não permitir inserir mais do que um tipo de parede interior. Através das Figura xxx, Figura xxxi e Figura xxxii pode ser visualizado um exemplo de uma solução construtiva opaca exterior.

Análise energética de um edifício unifamiliar

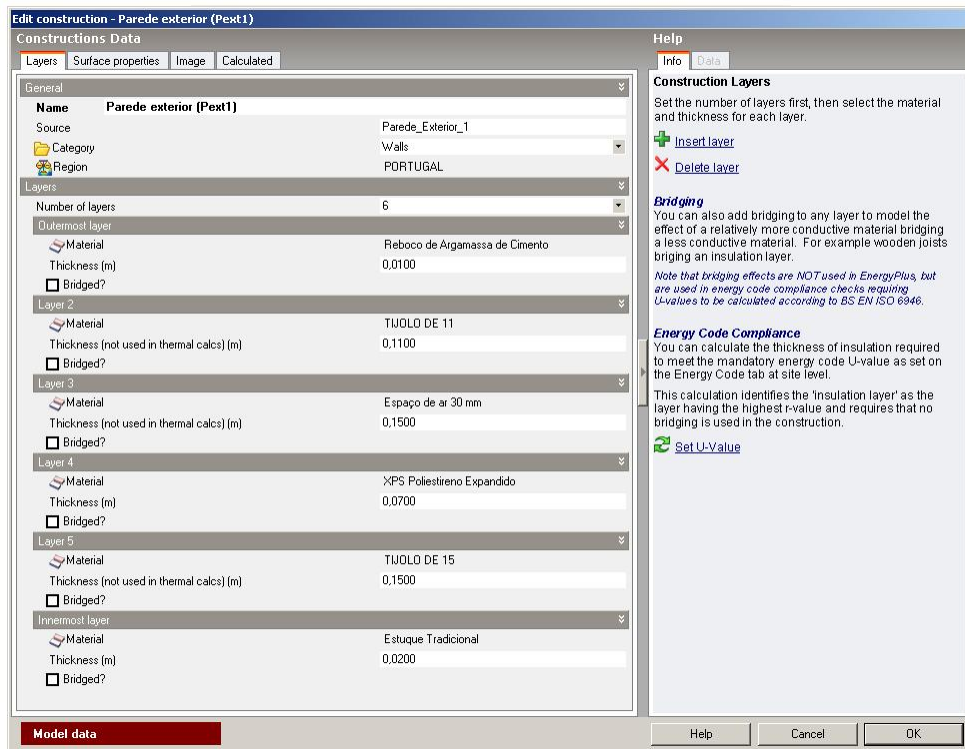


Figura xxx: Elementos de construção da parede exterior do tipo 1

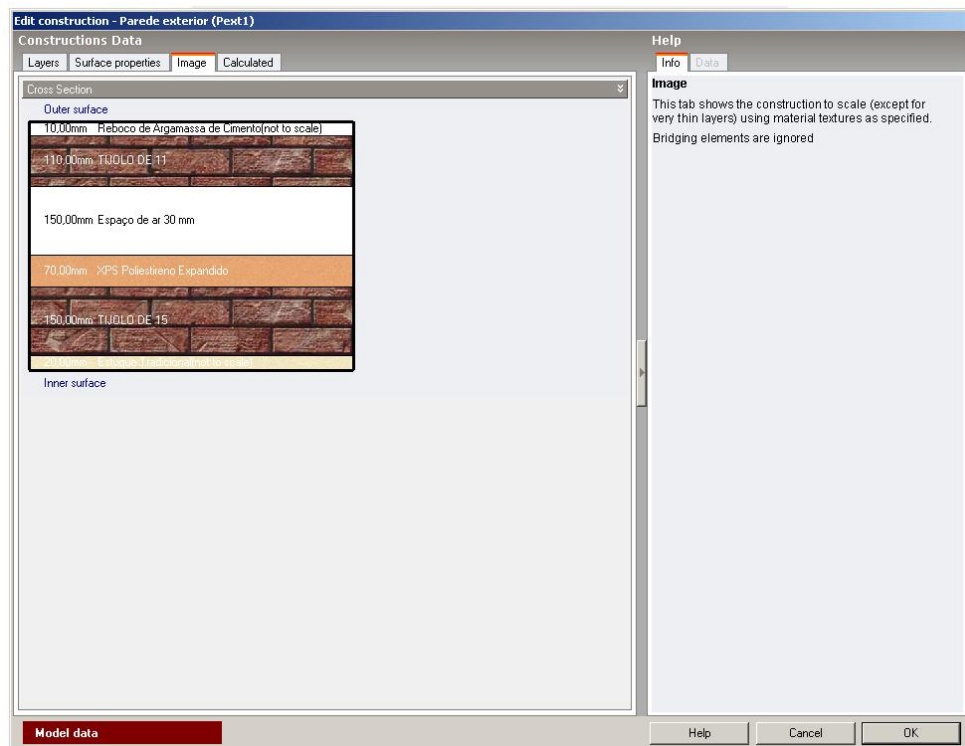


Figura xxxi: Imagem gerada pelo programa da parede exterior do tipo 1

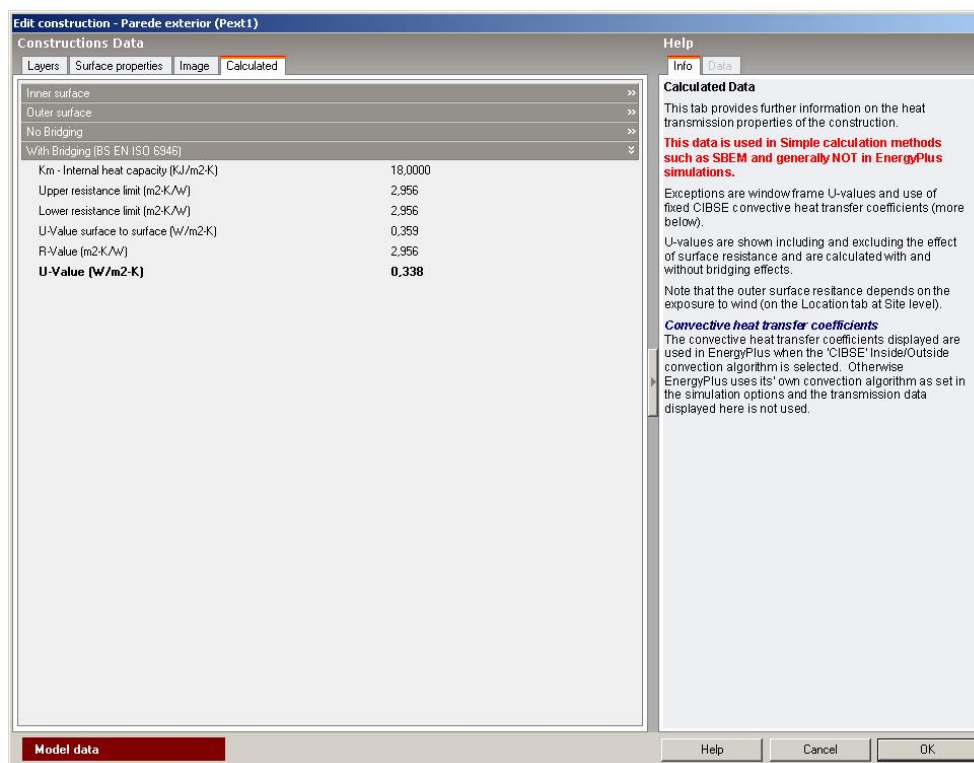


Figura xxxii: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior do tipo 1

Conforme se pode verificar os valor de resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica apresentam os mesmo valores do já calculados no RCCTE. No RCCTE o valor calculado era de $U=0,337 \text{ [W/m}^2\text{°C]}$ e $R=2,964 \text{ [(m}^2\text{.°C)/W]}$. Na Simulação dinâmica obteve-se $U=0,338 \text{ W/m}^2\text{°C}$ e $R=2,956 \text{ [(m}^2\text{.°C)/W]}$.

Ainda no primeiro separador encontra-se a opção *flat roof*, que corresponde à solução construtiva de cobertura plana invertida, que também se encontra na soluções construtivas do tipo semi-exposed. Conforme descrição do *DesignBuilder* a cobertura *semi-exposed*, é usada entre zonas ocupadas e zonas semi-exteriores sem acesso, como desvão sanitários não ocupados, sótãos, etc.

Foi também ainda calculada e inserida a cobertura inclinada sobre a zona ocupada (zona central) e sobre as laterais, sobre zona sem ocupação. Nas zonas laterais que contem uma inclinação de 8° a solução construtiva é a cobertura plana invertida no entanto a cobertura exterior não foi considerada pois é uma zona fortemente ventilada, pelo que será uma zona exterior e por esse motivo se verifica a existência de um coeficiente de redução de perdas (τ).

Relativamente à cobertura plana invertida, mostra-se através das Figura xxx, Figura xxxi e Figura xxxii o seu método de cálculo e resultados obtidos através do *DesignBuilder*.

Análise energética de um edifício unifamiliar

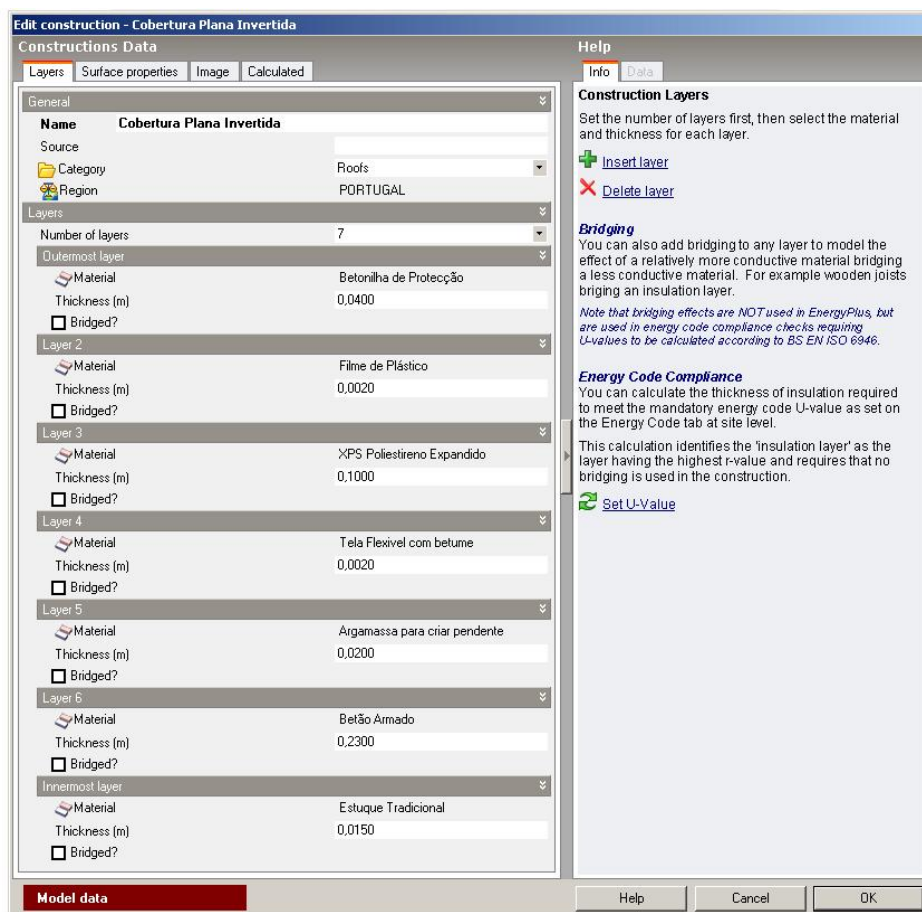


Figura xxxiii: Elementos de construção da cobertura plana invertida

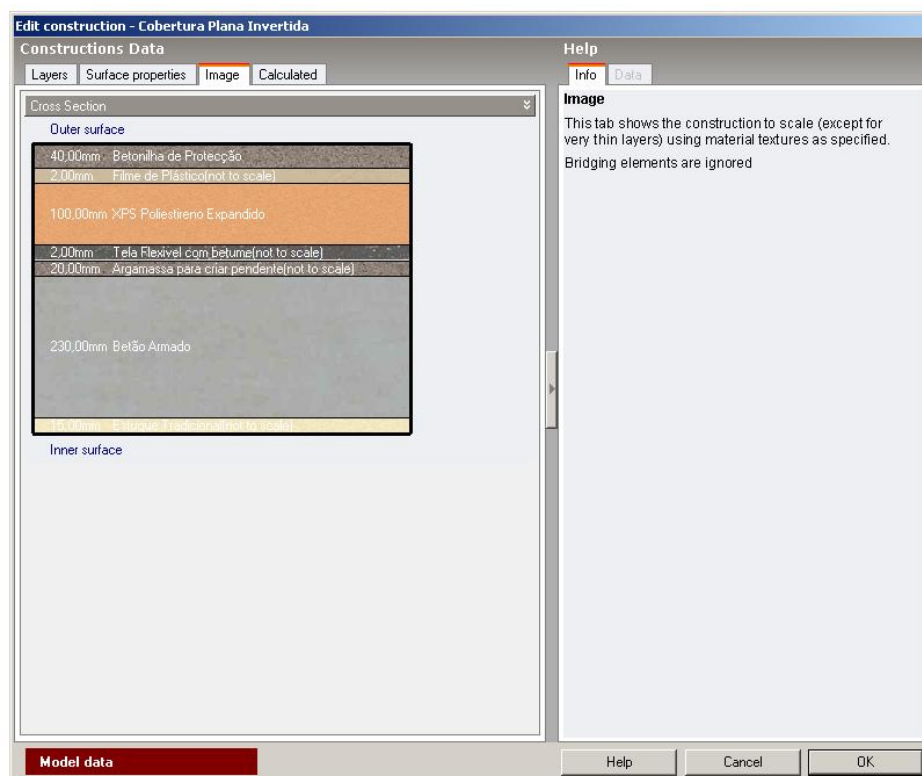


Figura xxxiv: Imagem gerada pelo programa da cobertura plana invertida

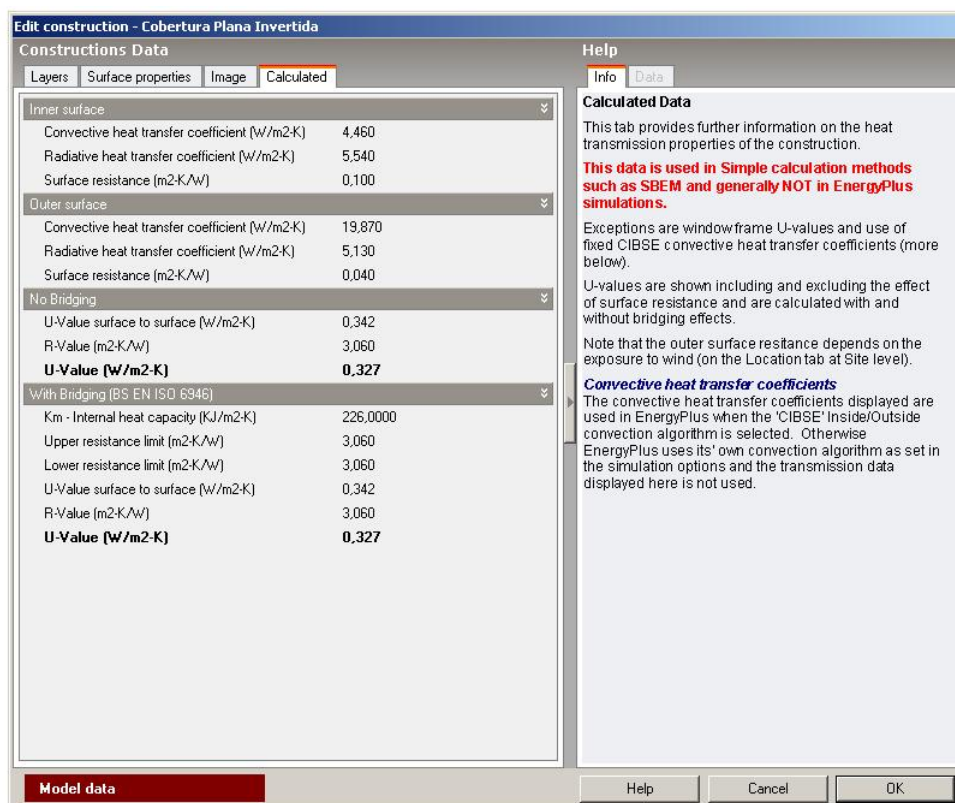


Figura xxxv: Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da cobertura plana invertida

Conforme se pode verificar os valor de resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica apresentam os mesmo valores do já calculados no RCCTE. No RCCTE o valor calculado era de $U=0,328$ [W/m²°C] e $R=3,052$ [(m².°C)/W]. Na Simulação dinâmica obteve-se $U=0,327$ W/m²°C e $R=3,06$ [(m².°C)/W].

Todas as restantes soluções construtivas foram calculadas com o mesmo nível de precisão. As pontes térmicas lineares não foram calculadas na simulação dinâmica uma vez que não há um método de conseguir inserir a estrutura do edifício e determinar o seu valor. Como tal no capítulo de conclusões serão elaboradas considerações sobre este assunto.

Para os coeficientes de condutibilidade térmica nos espaços considerou-se os valores indicados no ITE 50 (Matias e Santos, 2006) e respeitou-se com o máximo detalhe todos os valores já obtidos no RCCTE.

A importância dos materiais de construção está intimamente ligada à inércia térmica dos mesmos. A inércia térmica de um material é a capacidade deste reter o calor. Assim a inércia térmica de um edifício é a sua capacidade de contrariar as variações de temperatura no seu interior, ou seja, de reduzir a transferência ou transmissão de calor. Isto acontece devido à sua capacidade de acumular calor nos elementos construtivos.

Relativamente às infiltrações de ar por ventilação natural, o valor utilizado foi o mesmo no RCCTE, pois é importante haver um elevado grau de semelhança entre ambos os casos de estudo, de modo a que se consiga seja possível elaborar conclusões com elevado sentido de fundamento.

Através da Tabela xli é possível observar todos os valores dos materiais de construção calculados.

Tabela xli: Resumo das soluções construtivas introduzidas no programa

Solução construtiva	RCCTE U [W/m ² °C]	DesignBuilder U [W/m ² °C]
Parede Exterior 1	0,33	0,33
Parede Exterior 2	0,33	0,33
Cobertura Plana Invertida	0,32	0,32
Paredes Interiores - Tijolo 15 Cm	1,61	1,605
Cobertura Inclinada	0,69	0,71
Cobertura inclinada - Laterais	0,32	0,32
Pavimento Cave	Não calculado ZNU	1,94
Pavimento Exterior	0,62	0,605
Pavimento Interior - ZNU	0,6	0,62
Portas Externas	0,8	0,81
Portas Internas	1,74	1,74

4.3.6 Janelas e protecções de envidraçados

O separador *Openings* permite atribuir as características dos vidros, caixilhos, e protecções solares em janelas e portas interiores e exteriores.

O software não permite a inclusão de portas de vidro e como tal todas as portas de área envidraçada com acesso para o exterior foram representadas como janelas. Tenho em consideração que o vidro e caixilho seleccionado é o mesmo para ambas as situações não haverá alteração de resultados.

As características técnicas dos vãos envidraçados e caixilhos foram fornecidas pelos fabricantes e encontram-se em anexo as referidas fichas técnicas.

Através da Figura xxxvi, pode-se observar os quais os parâmetros de entrada no separador *Openings*.

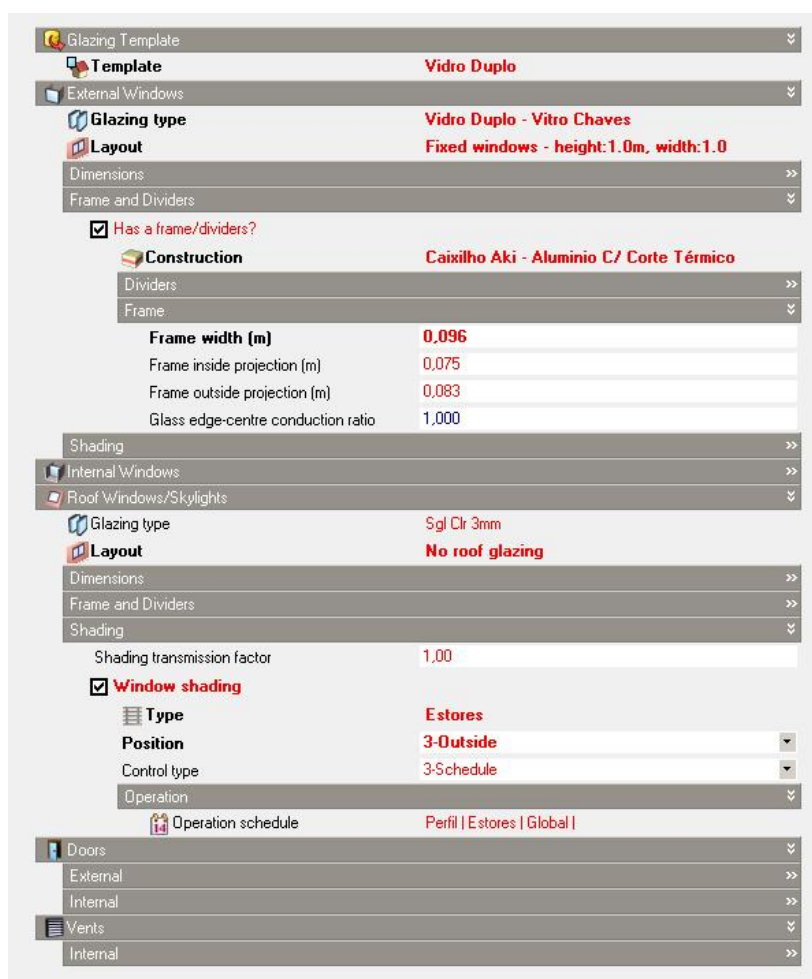


Figura xxxvi: Separador *Openings*

Relativamente ao tipo de vidro usado a sua composição é dupla e conforme se seleccionou no *layout* as dimensões são fixas na largura e comprimento e a dimensões estão directamente relacionadas com a geometria de cada envidraçado inserido nas diversas fachadas.

A segunda opção diz respeito há inclusão de quadricula, inexistente nos vãos envidraçados desta habitação e dimensões dos aros dos caixilhos. Por fim descreve-se o tipo de protecção solar, a sua localização e o horário de utilização.

Todos estes parâmetros serão abordados ao longo deste subcapítulo, onde ser irá descrever com detalhe todas as decisões tomadas.

Na Figura xxxvii apresenta-se a composição dos vidros utilizados no presente caso de estudo. As características térmicas e de radiação

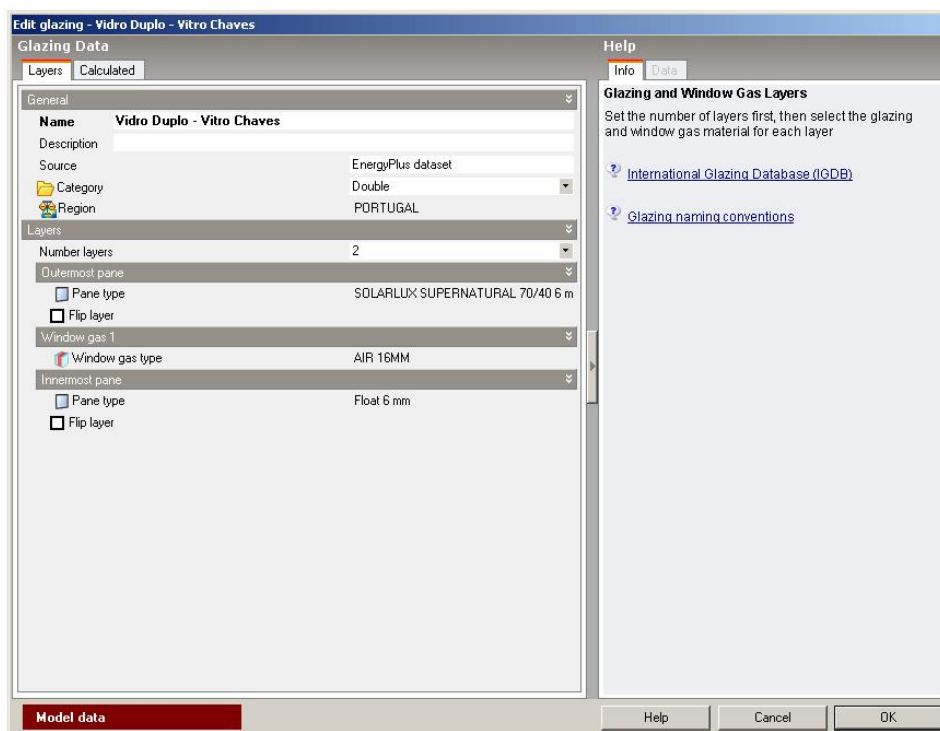


Figura xxxvii: Composição do vidro seleccionado

A selecção do vidro exterior, interior e caixa de ar coincide com os dados da ficha técnica e pode-se observar através das Figura xxxviii.

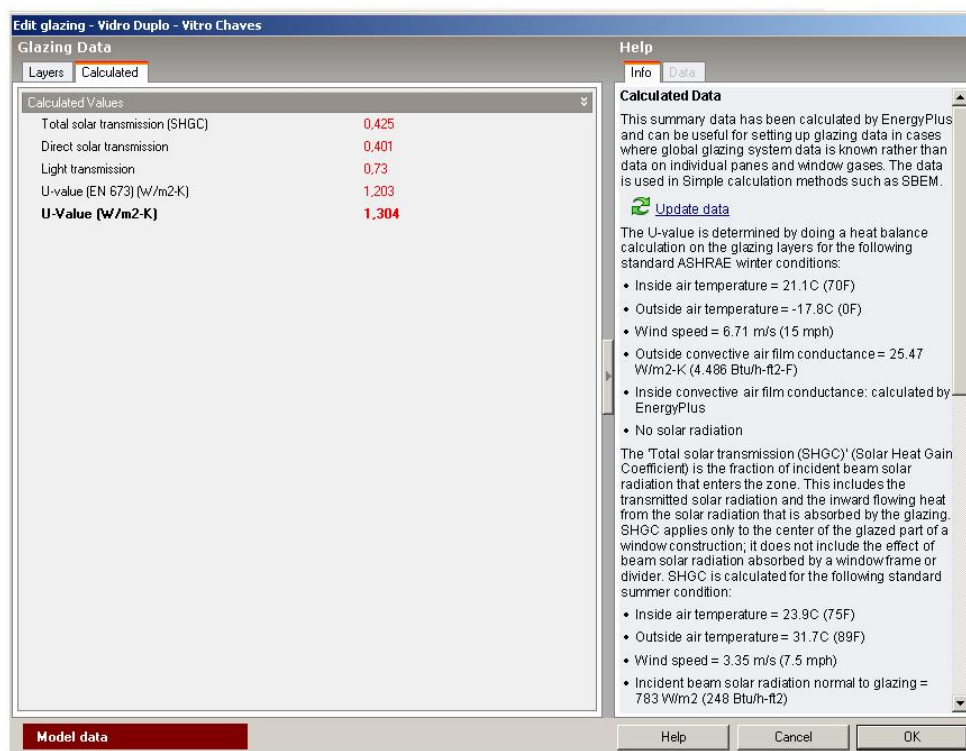


Figura xxxviii: Propriedades térmicas e de radiação do vidro duplo isolante

O parâmetro *total solar transmission* (SHGC) corresponde ao factor solar do vidro e o seu valor não sei conseguiu aproximar mais. As restantes propriedades de radiação e térmicas coincidem com os valores da ficha técnica conforme se verifica através da Tabela xlii.

Tabela xlii: Propriedades térmica e de radiação do vidro seleccionado

Propriedades Térmicas		
	Ficha técnica	Design Builder
Coefficiente de Transmissão térmica	1,3 W/m ² °C	1,304 W/m ² °C
Propriedades de radiação		
Transmissão luminosa (τ_v)	0,73	0,73
Reflexão luminosa (ρ_v)	0,12	---
Transmissão da energia solar (τ_e)	0,4	0,4
Reflexão da energia solar (ρ_e)	0,3	---
Coefficiente g	0,44	0,425

Os caixilhos tem uma a referência comercial Aki, uma elevada permeabilidade ao ar e um baixo coeficiente de transmissão térmica, conforme especificado na ficha técnica e cujas características se reúnem através da Tabela xliii.

Tabela xliii: Características técnica dos caixilhos Serie Aki

Secção interior do ar	75 mm
Secção interior do móvel	83 mm
Espessura média dos perfis de janela	1,5 mm
Espessura média dos perfis de porta	1,7 mm
Coefficiente de Transmissão térmica	1,84 (W/m ² .K)
Permeabilidade ao ar (EN 1026)	Classe 4

Apresenta-se o através da Figura xxxix o caixilho utilizado no caso de estudo da serie AKi.

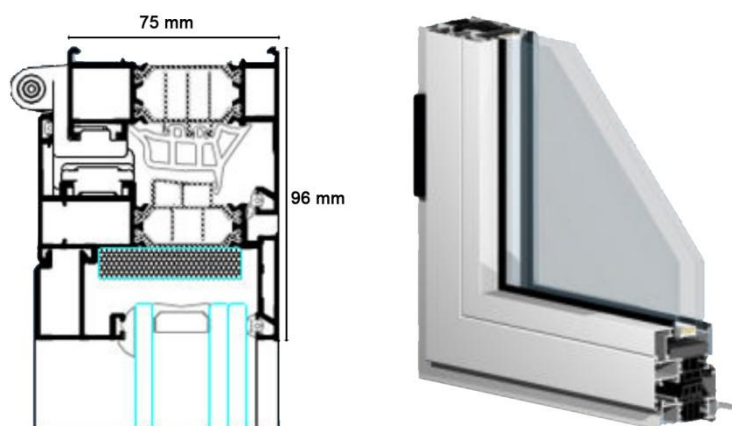


Figura xxxix: Caixilho serie AKi

O sistema de protecção solar foi seleccionado de acordo com as protecções existentes na fracção autónoma. E tendo em consideração que praticamente todos os vãos envidraçados dispõem de estores exteriores essa deverá ser a protecção solar a considerar.

O primeiro critério a definir cujo designação é *shading transmission factor*, tem valor unitário, isto significa que não há existe qualquer sombreamento. De acordo com o critério usado pelos proprietários da habitação, durante o dia mantém-se as protecções solares no mínimo, de modo a aquecer a habitação por radiação solar, beneficiando também através de iluminação natural. Esta decisão resulta num critério positivo na estação de aquecimento, mas negativo durante a estação de arrefecimento pois irá aumentar significativamente as cargas de arrefecimento necessárias para manter a habitação a 25°C.

O perfil de utilização definido para protecções solares corresponde a 100% de utilização durante as 21h00 e as 07h00. Esse foi o critério utilizado durante a estação de aquecimento e arrefecimento.

4.3.7 Iluminação

As principais características de iluminação já foram abordadas no capítulo anterior, sendo que no separador iluminação define-se além do tipo de luminária e método de fixação, o horário de utilização a as fracções de calor que são radiadas através das luminárias para os espaços onde estão inseridas.

O programa apresenta 5 tipos de colocação de luminárias:

- Suspensa;
- Montagem em superfície;
- Encastrada;
- Inserida no tecto falso;
- Colocadas nos ductos de retorno de ventilação.

Os ganhos de calor diferem para cada tipo de montagem, conforme apresentado na Tabela xlv.

Tabela xlv: Tipos de montagem de luminárias e respectivos ganhos de calor

	Suspensa	Montagem à superfície	Encastrada	Inserida em tecto falso	Ductos de retorno da ventilação
Ar de retorno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,54
Fracção Radiante	0,42	0,72	0,37	0,37	0,18
Fracção Visível	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Fracção Convectiva	0,40	0,10	0,45	0,45	0,10

Na fracção em estudo existem apenas dois tipos de montagem de luminárias. As luminárias fluorescentes compactas apresentam uma montagem do tipo suspensas e as fluorescentes tubulares T5 são de montagem à superfície, cujas respectivas fracções de calor estão directamente associadas aos valores da Tabela xlv. (10)

A energia de iluminação (*lighting energy*) está directamente associado ao tipo de luminárias seleccionado pelo que será também um parâmetro inerente à própria luminária.

No que diz respeito ao perfil de utilização de iluminação o critério utilizado no estudo foi equivalente ao que é utilizado na utilização da fracção. Corresponde à máxima utilização de iluminação natural durante o dia, havendo apenas consumos de iluminação sempre que existir ocupação.

4.3.8 Climatização e Águas quentes Sanitárias

No separador “HVAC” definem-se os critérios dos sistemas de climatização, ventilação e águas quentes sanitárias.

A moradia unifamiliar tem um único equipamento de climatização, que corresponde a uma bomba de calor geotérmica, capaz de satisfazer as necessidades de aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias.

O seu princípio de funcionamento foi devidamente explicado no capítulo anterior pelo que nesta fase introduzem-se apenas os parâmetros e critérios de simulação.

Todas as decisões tomadas relativamente ao sistema de climatização dizem respeito ao seu funcionamento real e por esse motivo os perfis de utilização para aquecimento e arrefecimento ocupam todo o período diário durante todos os meses do ano. O critério adoptado pelos proprietários da habitação incidiu numa disponibilidade de 24 horas diárias da bomba de calor, sendo que estaria sempre preparada para satisfazer as necessidades de climatização e AQS. As principais características resumem-se na Tabela xlv.

Tabela xlv: Características técnicas da bomba de calor geotérmica

Marca	CIAT
Modelo	AGEO 65HT
Tipo de Compressor	Scoll
Tensão	400 V
P. Calorífica	19.83 kW
P. Absorvida	3,88 kW
COP	5,11
Dimensões (comp x alt x largura)	695x1135x650 mm
Massa	164 kg

Através da Figura xl pode observar-se o separador *HVAC*, onde foram introduzidos todos os parâmetros de entrada para as necessidades de aquecimento e arrefecimento, assim como AQS.

Figura xl: Separador *HVAC*

Para as situações de aquecimento e arrefecimento o valor do COP retirado da ficha técnica foi inserido directamente no template de *HVAC*. Embora seja um valor elevado após diversas consultas com os fabricantes, fornecedores do equipamento e diversa informação técnica e comercial os valores de COP da bomba de calor situavam-se entre os 5,11 e 5,3, como tal optou-se por usar o valor 5,11.

No que diz respeito às perdas de distribuição de aquecimento, elas simbolizam a perda de calor devido à distribuição de água quente/ar em torno do edifício. Normalmente este valor é usado para aumentar a carga de aquecimento antes de calcular o consumo de energia do sistema de aquecimento. No entanto, e devido à inexistência de elementos suficientes para que fosse possível calcular as perdas de distribuição de aquecimento adoptou-se o valor que vem por defeito no programa, 5%.

O sistema de AQS que é fornecido pela bomba de calor usa o mesmo sistema para aquecer as águas a 60°C embora a temperatura de entrega seja inferior, recebendo-a da rede a 15°C.

Sobre o método de aquecimento e arrefecimento utilizado na fracção autónoma, conforme já foi referido, faz-se através de piso radiante hidráulico. Essa informação pode ser observada no separador Radiators/Baseboard onde o valor de fracção radiante é 1.

De acordo com a informação fornecida pela equipa da DesignBuilder, a escolha unitária para a fracção radiante pode parecer surpreendente. No entanto o motivo de usar este valor para pavimentos radiantes é deve-se ao facto de a simulação de pisos radiantes serem modeladas usando um componente de aquecimento radiante, irradiando para as superfícies do solo.

Assim, idealmente, toda a energia radiante dos aquecedor deve ser irradiada para o chão, para que ele possa novamente irradiar para as superfícies de outra zona e com uma pequena porção de convectiva.

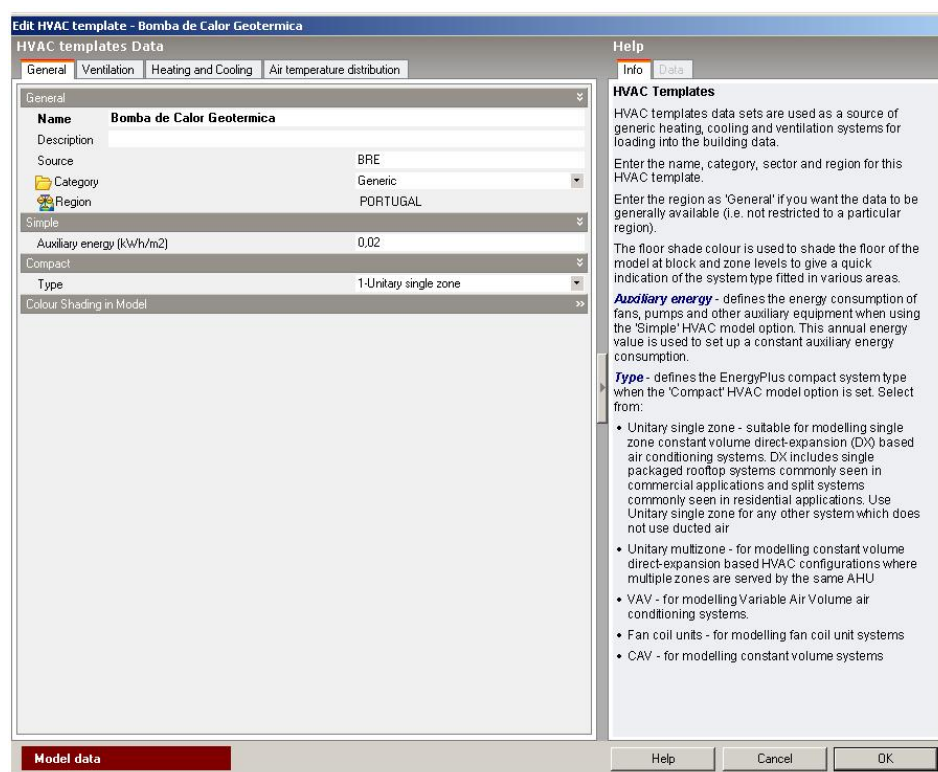


Figura xli: HVAC Template - General

No separador geral de AVAC o principal dado de entrada é o consumo de energia auxiliar que corresponde a 0,016 kW/m². Este valor está devidamente justificado na Tabela xlvi.

Tabela xlvii: Cálculo da energia auxiliar ao sistema de AVAC

	kW	Unidades	Total	Área da Zona a climatizar	kW/m ²
Bomba de circulação Piso radiante	0,08	3,00	0,24	254,82	0,016
Potencia absorvida pela Bomba de Calor	3,8	1	3,8		

O consumo principal de energia eléctrica que está acoplada ao sistema de climatização e AQS diz respeito à própria bomba de calor e às bombas de circulação exterior. O restante equipamentos de gestão e monitorização tem consumos de poucas dezenas de Watts e foram desprezados.

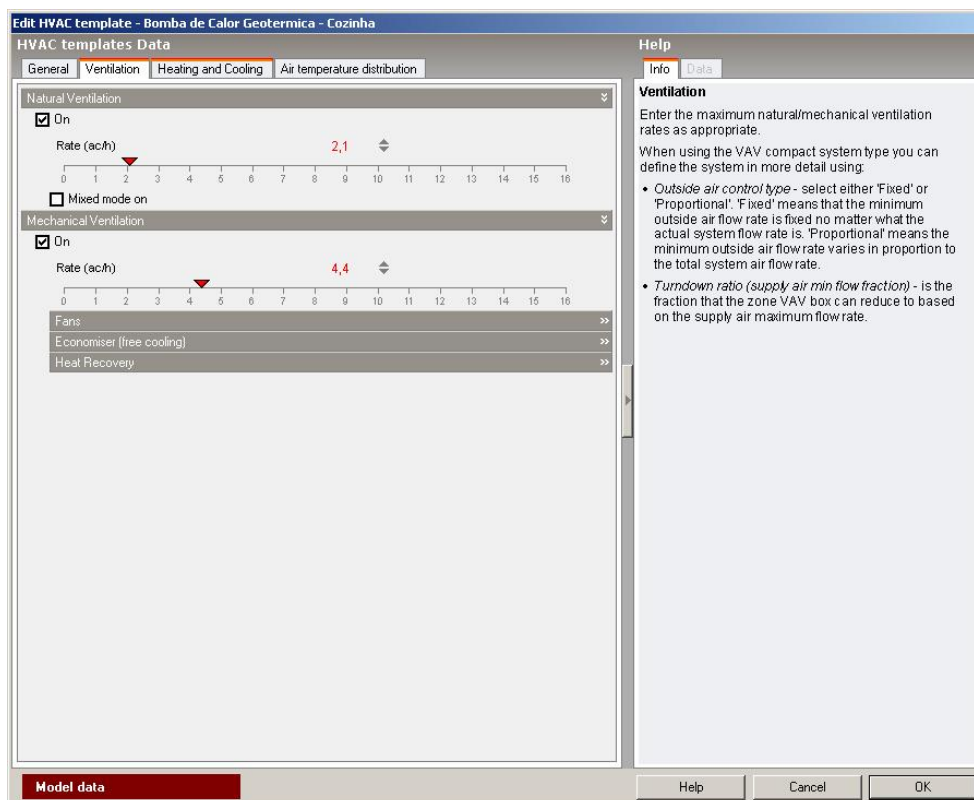


Figura xlvii: Separador Ventilação

O separador ventilação só é configurado na divisão da cozinha pois nos outros locais internos à habitação não há ventilação mecânica e a ventilação natural é efectuada pela infiltrações. Os valores adoptados são justificados através da Tabela xlviii

Tabela xlviii: Caudais de renovação de ar e ventilação mecânica na cozinha

Equipamento / local	Volume / caudal de ar	Renovações de ar
Volume da Cozinha	32,46x2,8=90,88 m ³	1 ac/h
Grelha de ventilação natural (Ø160)	195 m ³ /h	2,14 ac/h
Exaustão (vent. mecânica)	400 m ³ /h	4,4 ac/h

No que diz respeito aos parâmetros de entrada no separado HVAC, mais concretamente os valores de temperatura que podem ser visualizados na Figura xlviii, não foram alterados mantendo o valores

que vêm por defeito neste tipo de sistema AVAC (bomba de calor água-água com aquecimento por piso radiante).

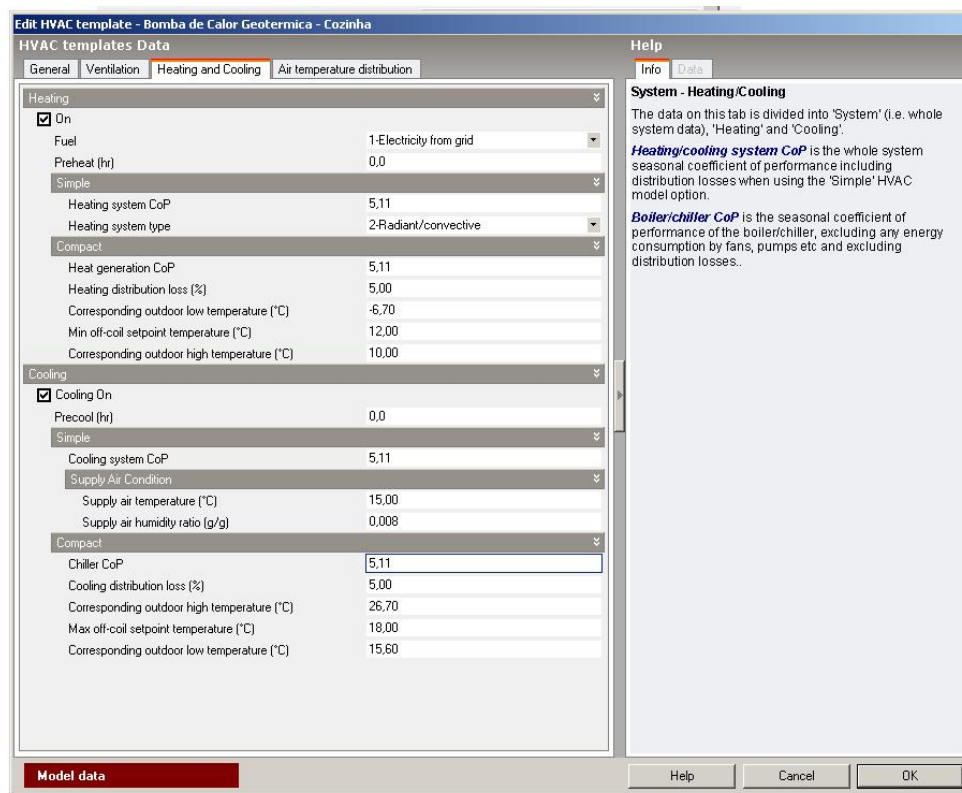


Figura xliii: Separador *Heating and Cooling*

Depois de introduzidos todos os parâmetros de entrada da simulação dinâmica pode-se seleccionar o período anual em que se pretende fazer a simulação da habitação, assim como introduzir o intervalo horário com que se irá simular. Caso seja efectuada uma simulação com intervalo de 1 hora durante os 365 dias por ano o nível de precisão da simulação é bastante mais elevado do que com um intervalo de 10 em 10 horas.

4.4 Cálculo de energia produzida com o colectores solares

Desconhecendo-se qual o consumo efectivo de AQS diário da moradia unifamiliar. No entanto e tendo em consideração que a simulação dinâmica foi efectuada de um consumo de 500 Litros diários de águas quentes sanitárias interessa analisar os resultados do programa Solterm e compara-los também com o resultado do EnergyPlus.

Foi elaborada uma nova simulação no Solterm com o mesmo sistema mas alterando apenas o consumo de 200 Litros para 500 Litros diários produzindo o resultado que pode ser observado através da Figura xliv.

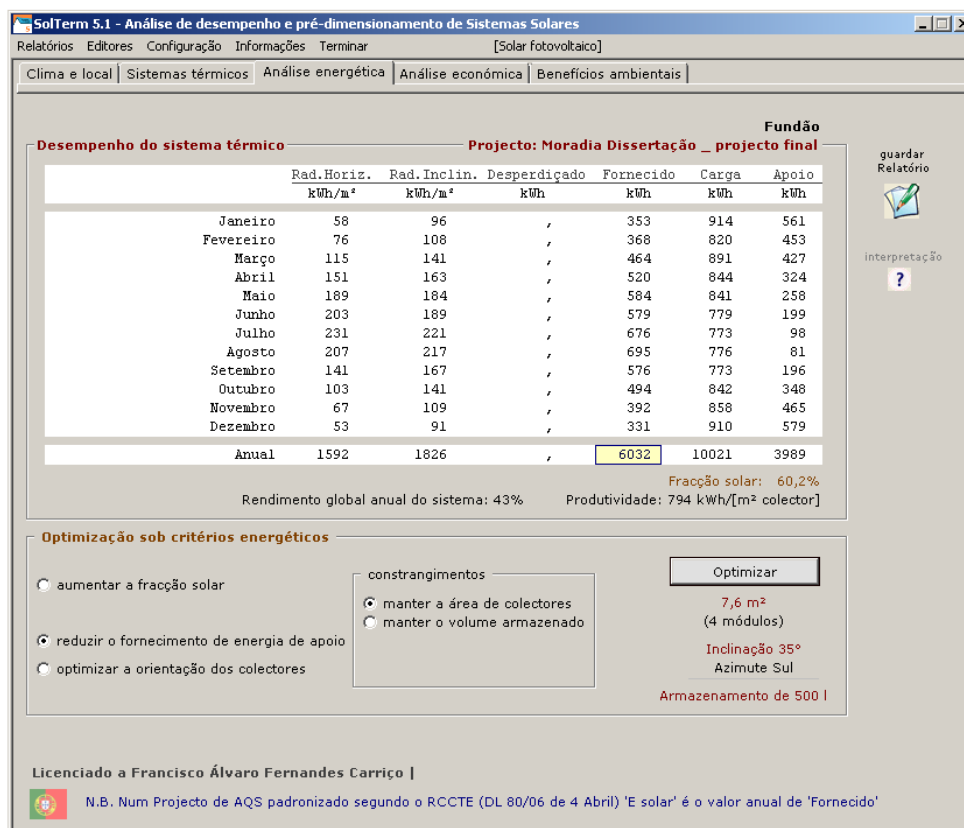


Figura xlv: Resultado de simulação no programa Solterm com 500 Litros de consumo

Numa primeira abordagem verifica-se que o consumo de apoio deveria ser praticamente nulo nos meses de verão e tal não se verifica pois devido à maior capacidade de consumo de AQS o sistema solar não tem capacidade para fornecer energia suficiente, recorrendo ao apoio.

O rendimento global do sistema é mais elevado e apresenta também uma maior produtividade em termo de kWh por m² de colector.

No que diz respeito à fracção solar, o valor de percentagem indica a energia útil fornecida para consumo a partir de radiação solar, que se obtêm pela razão entre o “Fornecido” e a “Carga” em valores anuais, sendo portanto a contribuição do sistema solar em si para o consumo solicitado. A fracção solar é a principal medida de avaliação de desempenho em sistemas solares térmicos. Em geral procura-se atingir uma fracção solar (anual) entre 40% e 90%. Abaixo desta gama o sistema estará em geral subdimensionado; acima desta gama é frequente que esteja sobredimensionado. No entanto, trata-se apenas de valores guia para situações típicas. Em muitos casos, tais como cargas nocturnas ou cargas fortemente sazonais (concentradas no Verão ou no Inverno), esta indicação não é adequada. De qualquer modo é sempre insuficiente usar a fracção solar anual como critério único de dimensionamento.

Nesta fase interessa analisar o resultados da Figura xlv com os resultados da simulação dinâmica, que serão analisados no subcapítulo seguinte.

4.5 Resultados de análise dos consumos eléctricos da fracção autónoma

Aqui serão analisados dados referentes aos últimos meses de consumo de energia eléctrica. Devido à inexistência de consumos facturados anteriores a Janeiro de 2011 foram consideradas as facturas a partir dessa data até à presente data, dia 17 de Outubro de 2011.

Estes dados têm origem nas facturas mensais de energia eléctrica sendo a instalação servida por um contrato de energia eléctrica com a seguinte designação:

- BTN - Bi-horária - Ciclo horário semanal sem feriados - 17,25kVA;

No que diz respeito aos consumos eléctricos com base nas facturas da EDP, verifica-se que a partir do mês de Julho do presente ano os valores são apresentados com base numa estimativa de consumo. Como tal a partir de Julho 2011 todos os resultados apresentados têm por base leituras de energia efectuadas pelo proprietário.

Como não existem contadores parciais afectos ao equipamento de climatização é apenas possível comparar os resultados globais de consumo, não foi possível desagregar cargas de consumo internas.

Através da Tabela xlviii, apresentam-se os consumos e custos de energia activa eléctrica, para o ano em análise referente ao contrato em BTN (sem desagregação de consumos), cujas medições foram efectuadas pelo proprietário e pela empresa EDP distribuição.

Tabela xlviii: Leituras dos consumos medidos pela EDP e proprietário

	MEDIDO - EDP		
	1 Jan. a 11 Jan.		
Medido em Vazio (kWh)	483,00		
Medido fora do Vazio (kWh)	528,00		
	MEDIDO - EDP		
	12 Jan. a 03 Fev.	Por dia (23 dias)	20 dias em Janeiro
Medido em Vazio (kWh)	1183,00	51,43	1028,70
Medido fora do Vazio (kWh)	940,00	40,87	817,39

Análise energética de um edifício unifamiliar

	MEDIDO PROPRIETARIO				
	1 Fev. a 28 Fev.				
Medido em Vazio (kWh)	957,00				
Medido fora do Vazio (kWh)	572,00				
	MEDIDO - EDP				
	4 Fev. a 8 Abril	Por dia (64 dias)	31 dias em Março	8 dias em Abril	
Medido em Vazio (kWh)	1718,00	26,84	832,04	214,72	
Medido fora do Vazio (kWh)	405,00	6,32	195,92	50,56	
	MEDIDO - EDP				
	9 Abril a 30 Maio	Por dia (52 dias)	22 dias em Abril	30 dias em Março	
Medido em Vazio (kWh)	631,00	12,13	266,96	364,04	
Medido fora do Vazio (kWh)	455,00	8,75	192,50	262,50	
	MEDIDO - EDP				
	31 Maio a 6 Julho	Por dia (37 dias)	31 Dias em Junho	6 dias em Julho	
Medido em Vazio (kWh)	670,00	18,11	561,35	108,65	
Medido fora do Vazio (kWh)	633,00	17,11	530,35	102,65	
	MEDIDO - PROPRIETARIO				
	7 Julho a 30 Set.	Por dia (86 DIAS)	25 dias em Julho	31 dias em Agosto	30 dias em Set.
Medido em Vazio (kWh)	1878,00	21,84	545,93	676,95	655,12
Medido fora do Vazio (kWh)	2044,00	23,77	594,19	736,79	713,02

Até à presente data, 17 de Outubro 2011, não há registo de consumos de energia eléctrica dos últimos três meses do ano pelo que todo o estudo foi elaborado entre os meses de Janeiro a Setembro de 2011.

Verifica-se através da Tabela xlix que o consumo médio mensal é de 1351 kWh, devido ao elevado valor que se regista em Janeiro.

Tabela xlix: Consumo mensal real

	JAN.	FEV.	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SET.
Medido em Vazio (kWh)	1511,70	957,00	832,04	481,68	364,04	561,35	654,58	676,95	655,12
Medido fora do Vazio (kWh)	1345,39	572,00	195,92	243,06	262,50	530,35	696,83	736,79	713,02
TOTAL	2857,09	1529,00	1027,96	724,74	626,54	1091,70	1351,41	1413,74	1368,14

O valor estimado a pagar em cada um dos meses de acordo com a tarifa actual vem apresentado na Tabela l, ao qual acresce o IVA e as respectivas taxas de exploração.

Tabela l: Valor a pagar por mês pela energia eléctrica consumida

	JAN.	FEV.	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SET.
Valor em Vazio (Euros)	117,6	74,5	64,7	37,5	28,3	43,7	50,9	52,7	51,0
Valor fora do Vazio (Euros)	194,8	82,8	28,4	35,2	38,0	76,8	100,9	106,7	103,2
TOTAL (Euros)	312,4	157,3	93,1	72,7	66,3	120,5	151,8	159,4	154,2

No primeiro mês do ano a habitação não tinha ainda o sistema de gestão e monitorização terminado e o sistema de apoio aos depósitos era efectuado por uma resistência eléctrica em cada depósito e por esse motivo o consumo no mês de Janeiro aparece tal elevado. Como essa situação era pontual e estava em funcionamento temporariamente não foi contabilizada.

Há outro aspecto que importa referir na análise das facturas da electricidade pois durante o mês de Abril e Maio os consumos reduziram ligeiramente talvez devido ao aumento da temperatura exterior e à menor utilização da bomba de calor. Em Junho o valor aumentou um pouco mais de 400kWh, pelo que a justificação está directamente associada ao consumo da bomba de circulação da piscina. A partir de Junho com uma maior frequência de utilização da piscina houve uma maior necessidade de filtragem da água e como tal a bomba ligou-se durante o fim de semana no período nocturno, 8 horas por noite e durante a semana 5 horas por noite.

Não havendo contadores de energia parciais torna-se difícil desagregar os consumos totais e tentar afecta-los à iluminação, equipamentos eléctricos ou bomba de calor, no entanto no mês de Abril e Maio facilmente se conclui que a utilização da bomba de calor foi mais reduzida, uma vez que a frequência de utilização dos equipamentos eléctricos e iluminação manteve-se constante, e devido às temperaturas exteriores mais elevadas a bomba de calor foi menos solicitada.

Nos meses de Julho, Agosto e Setembro a situação, terá uma análise diferente pois, o agregado familiar não teve férias e durante o esse mês a todo o tempo foi dispendido na habitação não havendo período mortos e com um maior numero de refeições semanais, maior consumo de água quente sanitária e por sua vez maior utilização de equipamentos, como tal esse valor reflecte-se no consumo total de electricidade.

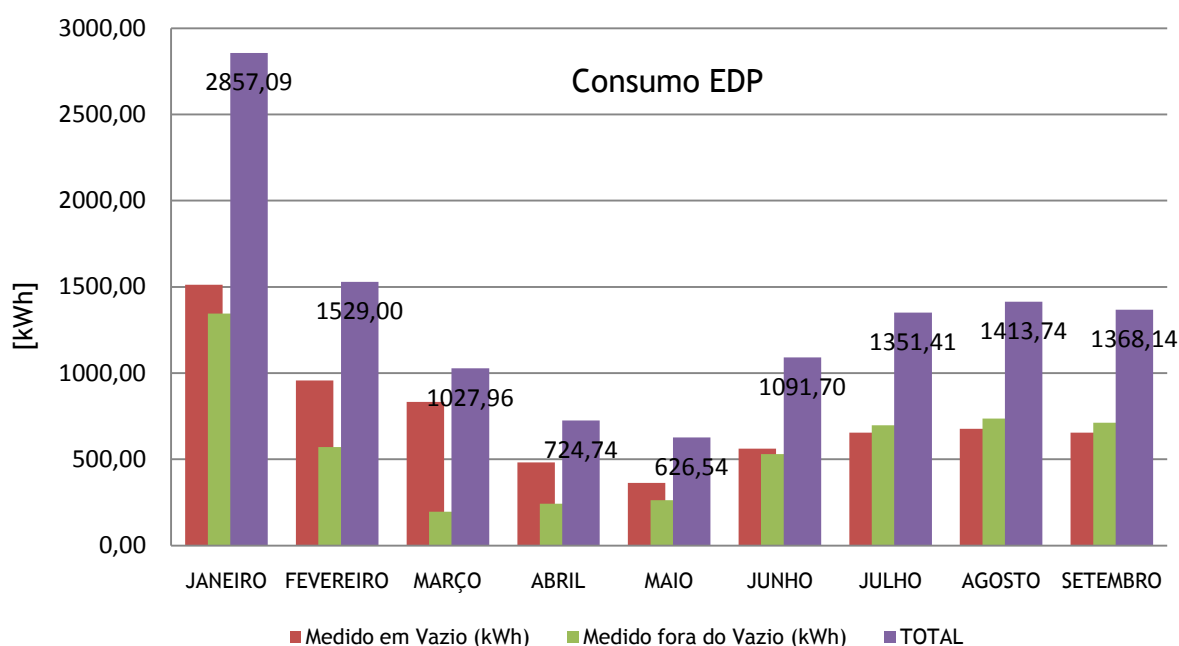


Gráfico iii: Consumo de energia eléctrica na habitação - EDP

4.6 Análise de resultados da simulação dinâmica

Na simulação dinâmica é possível desagregar consumos afectos à iluminação, ventilação, aquecimento, arrefecimento, águas quentes sanitárias, equipamentos eléctricos e desse modo ter um maior controlo e percepção sobre a origem de todos os consumos.

A simulação foi efectuada considerando que a rotina anual do agregado familiar seria a mesma semana após semana, no entanto no mês de Julho, Agosto e Setembro houve uma maior ocupação na fracção autónoma e essa situação está contemplada na simulação pelo que se verificam que os consumos de electricidade são ligeiramente mais elevados nesses meses.

No que diz respeito à utilização da piscina foi também tido em conta que a partir de Junho se ligou a bomba circuladora da piscina durante 8 horas apenas ao fim de semana e essa situação verifica-se no consumo de energia eléctrica no mês de Junho. Nos meses de Julho, Agosto e Setembro, a piscina foi utilizada diariamente assim como a bomba de circulação cuja sua utilização foi diária de 5 horas por noite.

Com um caudal máximo de 12,6 m³/h e um volume de 68 m³, logo as 5 horas não são suficiente para circular toda a água do interior da piscina. No entanto esse foi o tempo de utilização real da bomba de circulação.

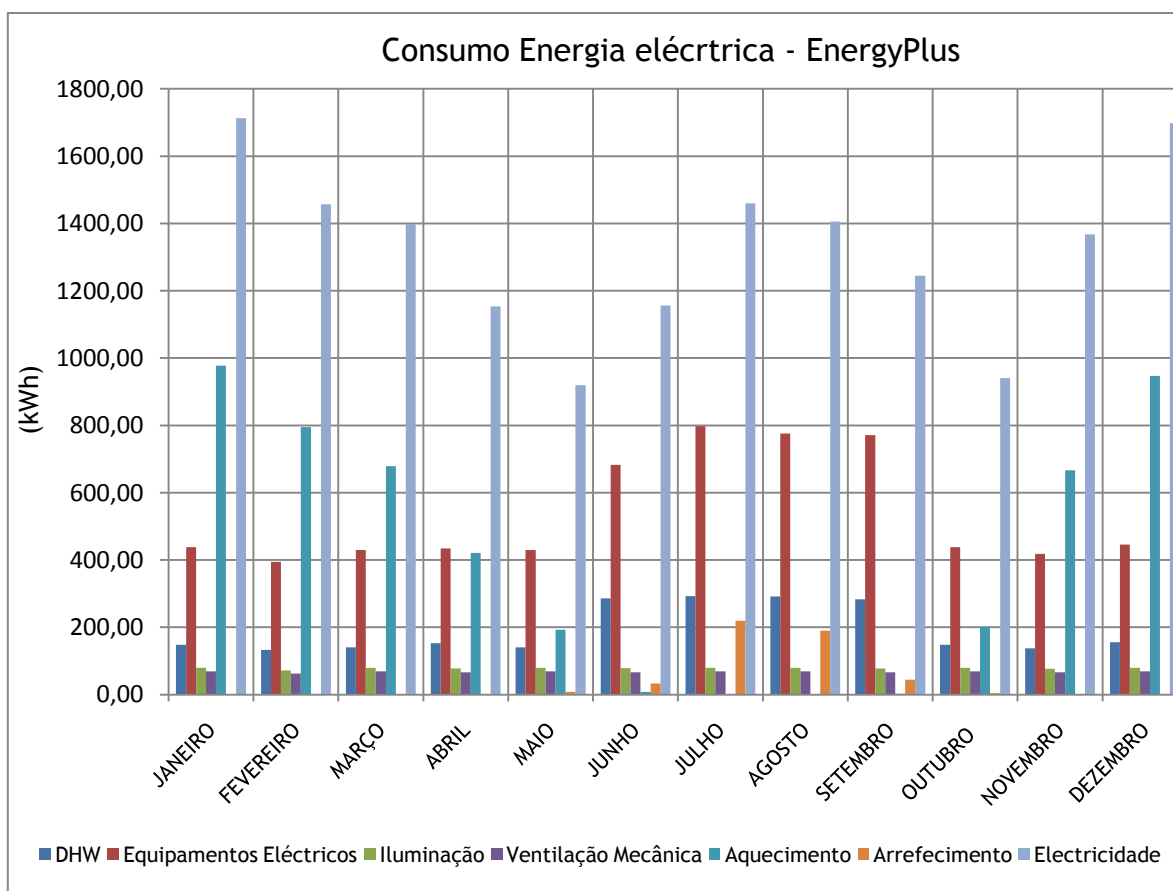


Gráfico iv: Consumo desagregado dos vários equipamentos eléctricos

No que diz respeito aos resultados dos consumos eléctricos dos diversos equipamentos verifica-se que a maior percentagem de consumo diz respeito aos equipamentos eléctricos, no entanto através da Tabela li observa-se a percentagem de utilização de equipamentos eléctricos.

Tabela li: Percentagem de consumos dos equipamentos eléctricos

DHW	15%
Equipamentos Eléctricos	41%
Iluminação	6%
Ventilação Mecânica	5%
Aquecimento	31%
Arrefecimento	3%

Após análise da Tabela li verifica-se que os consumos de água quente sanitária correspondem a 15% dos consumos da fracção o que se traduz em 2300kWh anuais e um valor médio de 150 kWh.

Tendo em consideração que não existe nenhum registo sobre o consumo real de águas quentes sanitárias torna-se necessário analisar estes dados através da Tabela lii que contem o resultado de dados do Solterm.

Tabela lii: Balanço energético mensal e anual do Solterm para consumo de 500 L de AQS

	Fornecido	Carga	Apoio
Janeiro	353	914	561
Fevereiro	368	820	453
Março	464	891	427
Abril	520	844	324
Mai	584	841	258
Junho	579	779	199
Julho	676	773	98
Agosto	695	776	81
Setembro	576	773	196
Outubro	494	842	348
Novembro	392	858	465
Dezembro	331	910	579
Anual	6032	10021	3989

De acordo com a simulação do Solterm são necessário 10021 kWh.ano anuais para satisfazer as necessidade de produção de 500 Litros a 60°C.

Tendo em consideração que na simulação dinâmica não é possível afectar o auxilio de energia solar térmica para produção de AQS o valor a analisar será o da carga. Se a este valor aplicarmos o COP da bomba de calor utilizada na simulação dinâmica obtêm-se o valor de 1961 kWh.ano, um valor mais próximo do resultado da simulação (2300 kWh.ano). Desse modo há alguma credibilidade nos valores obtidos, sendo possível usar ambas as ferramentas para determinar as necessidades de produção de AQS numa habitação.

No que diz respeito aos equipamentos eléctricos, são quem mais consomem a energia pois o seu funcionamento é permanente durante todo o ano. Se no inverno temos um maior consumo afecto a pequenos electrodomésticos e equipamentos de cozinha, no verão os consumos associados à piscina agravam ainda mais esta parcela e por esse motivo 41% do consumo diz respeito a equipamentos eléctricos.

A iluminação tem apenas 6% de consumo devido ao aproveitamento de ganhos solares durante o dia e devido ao reduzidos níveis de iluminação com que cada divisão foi dimensionada. Em média para se garantir um bom nível de homogeneidade luminotécnica os valores típicos de consumos por divisão são entre os 7 W/m² e os 10W/m². De acordo com os valores simulados que estão implementados na habitação torna-se perceptível entender um valor tão baixo de iluminação.

Os consumos afectos à ventilação mecânica dizem apenas respeito ao exaustor da cozinha com um consumo médio mensal de 68 kWh. Não foi possível reunir informação muito concreta sobre a sua utilização e desse modo optou-se por efectuar a simulação afectando 30 minutos de utilização diária

durante a confecção das refeições. O valor originado está dentro dos limites previstos, embora não se tenha conhecimento se a sua utilização real é superior ou inferior.

No que diz respeito à potencia de consumo afecta ao aquecimento os valores obtidos encontram-se até ligeiramente inferiores ao esperado, aproximadamente 4900 kWh.ano. Tendo em consideração que o sistema de climatização está sempre disponível para produzir água quente para o deposito de inércia e que por sua vez o sistema de piso radiante está a ser monitorizado continuamente durante a estação de arrefecimento para se ter uma temperatura ambiente de 18°C, apenas no mês de Janeiro e Dezembro o consumo excede os 900 kWh. Isto significa que além do elevado COP da bomba de calor, as cargas internas e os ganhos solares pelos envidraçados beneficiam bastante a necessidade de aquecimento da habitação.

A potência de arrefecimento atinge o seu máximo no mês de Julho com 220 kWh de consumo e o seu funcionamento é apenas necessário nos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro. Se pensarmos no esquema de controlo da Figura xiii, talvez faça sentido perceber que todo o sistema de gestão e monitorização esteja concentrado para o período de aquecimento, pois apenas 3% dos consumo totais dizem respeito à carga de arrefecimento.

Como não existem contadores parciais na habitação só é possível fazer uma analogia de consumo na simulação dinâmica e facturas do fornecedor de energia olhando para o valor global de consumo, conforme vamos observar no subcapítulo seguinte.

O EnergyPlus permite ainda ter como *output* a potência térmica necessária para climatizar os espaços interior. De acordo com o resultado obtido verifica-se que a potência calorífica máxima necessária para aquecer a habitação a 18°C é de 20,45 kW e para arrefecer os locais a 25°C de 10,98 kW. No entanto através do Gráfico v é possível observar a potência térmica afecta a cada divisão.

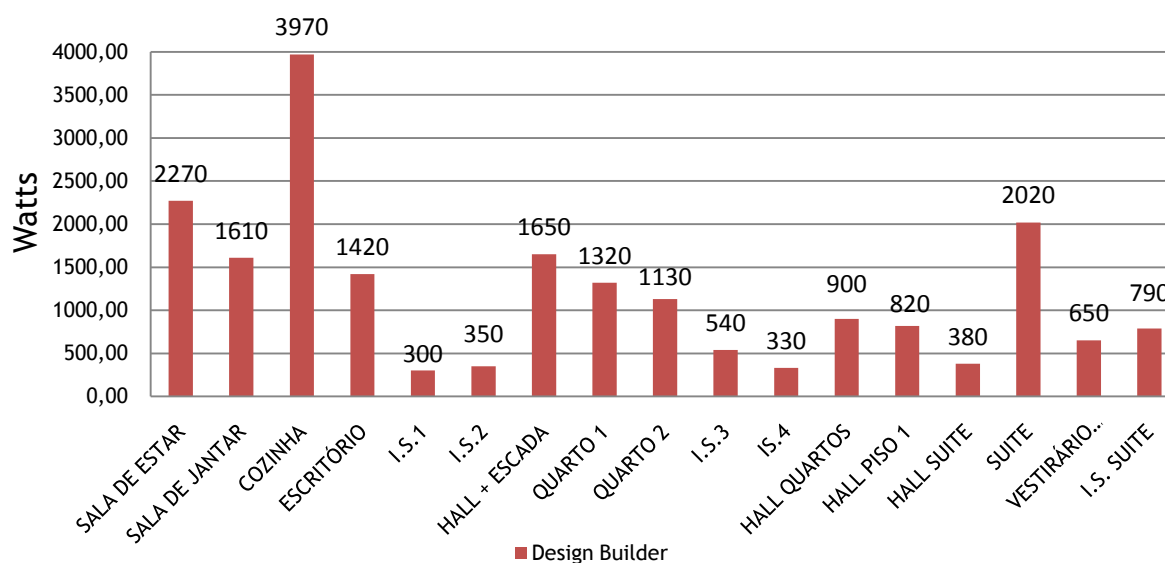


Gráfico v: Potência calorífica de aquecimento obtido pela Simulação Dinâmica

Relativamente às potências de aquecimento para cada divisão apenas dois locais merecem um comentário; a cozinha e a suite.

Pelo facto de se ter colocado uma grelha de ventilação na cozinha, conforme se pode observar pela Figura xxiv as perdas térmicas por renovação de ar foram aumentaram bastante e por esse motivo o valor da potência de aquecimento apresenta-se tão elevado.

No que diz respeito à suite a justificação do valor de potência deve-se à fraca ocupação, e como tal os ganhos devido à ocupação só existem durante o período nocturno e com uma taxa de metabolismo mais reduzida e não existem também equipamentos eléctricos capazes de beneficiar as cargas térmicas, como tal o seu valor é o mais elevado.

No Gráfico vi apresenta-se a potência calorífica necessária para arrefecimento da fracção.

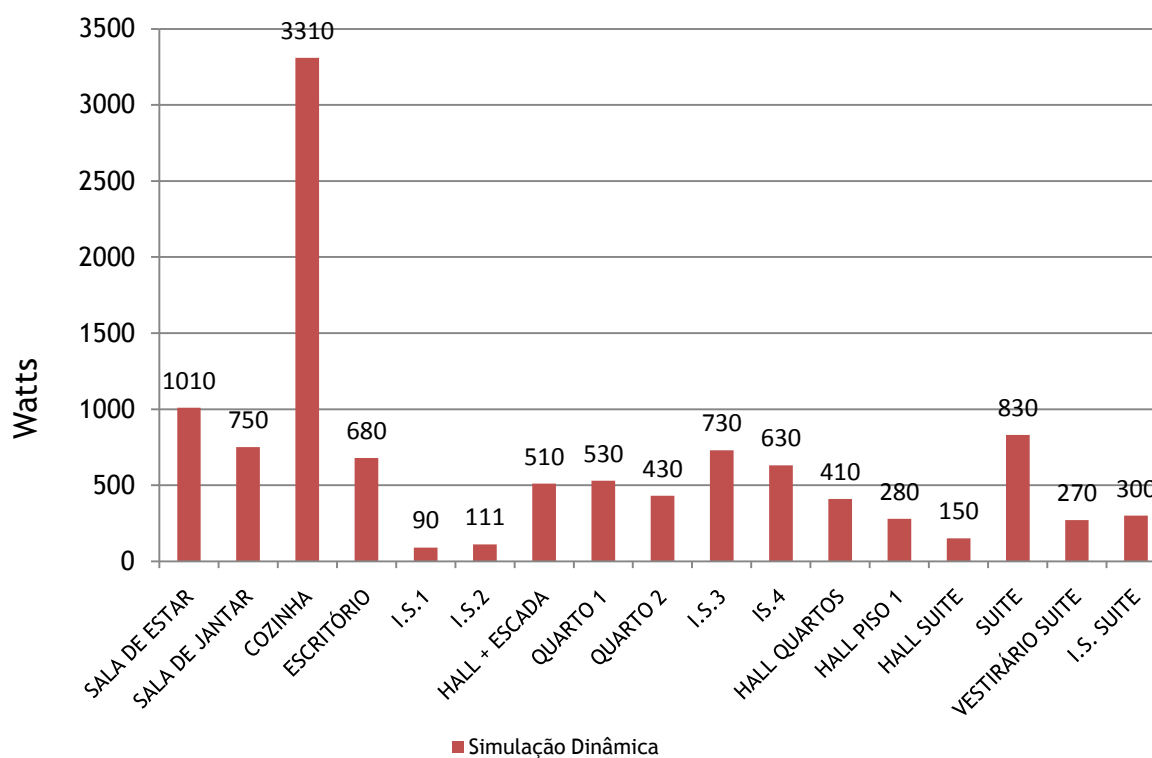


Gráfico vi: Potência calorífica de arrefecimento obtido pela Simulação Dinâmica

Uma análise semelhante é efectuada para a cozinha uma vez que na estação de arrefecimento apresenta um valor elevado na potência de climatização.

Este valor deve-se à elevada carga térmica que é radiada para o espaço da cozinha através dos equipamentos de catering. Mesmo utilizando o valor 0,5 no parâmetro Radiant Fraction e colocando uma grelha natural na cozinha, assim como ventilação mecânica com um caudal de exaustão de 400m³/h, não se conseguiu retirar toda a carga térmica da cozinha, reflectindo-se na potência necessária para arrefecer o espaço.

Os restantes valores de potência de arrefecimento encontram-se todos dentro do intervalo normal de potência térmica.

No entanto aquilo que importa referir é que se observa que devido aos ganhos de calor internos por convecção provocados por equipamentos eléctricos, catering ou metabolismo humano, as divisões necessitam de uma maior ou menor carga térmica e isso reflecte-se na simulação dinâmica.

Relativamente à potência da bomba de calor escolhida a potência calorífica é de 19,83 kW, um valor ligeiramente inferior às necessidades máxima da habitação de acordo com o resultado do EnergyPlus que indica que para a estação de aquecimento são necessário 20,45 kW para aquecer todo o espaço.

4.7 Análise dos resultados do Energyplus e Facturas da EDP

No Gráfico vii apresentam-se os resultados de consumo de energia eléctrica para o caso de estudo do *DesignBuilder* e contagem do distribuidor de energia.

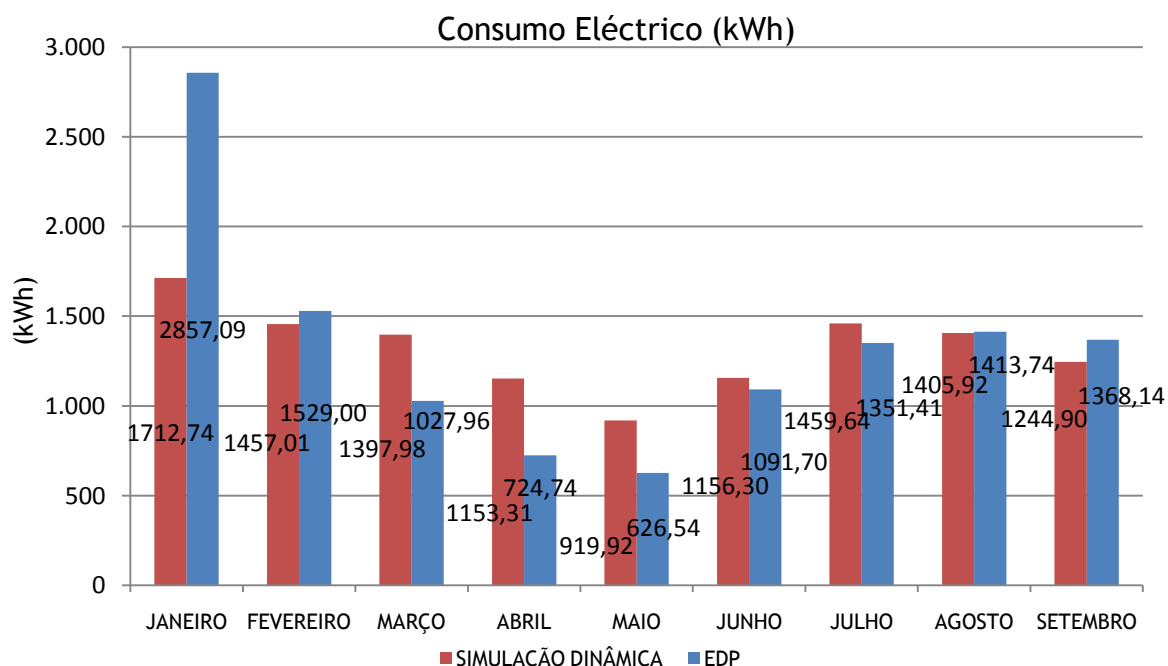


Gráfico vii: Comparação de consumos eléctricos através da simulação dinâmica e facturas da EDP

Analisando os consumos da simulação dinâmica e das facturas da EDP, conforme já foi referido o mês de Janeiro apresenta-se como sendo um caso atípico e não deve ser analisado, no entanto a partir de Fevereiro os valores obtidos para a simulação apresentam sempre pequenas diferenças de consumo, que se devem a variação de ocupação e de utilização de equipamentos. Na Tabela liii apresenta-se a diferença entre consumo eléctrico da simulação dinâmica e situação real.

Tabela liii: Diferenças entre consumo real e simulação dinâmica

Janeiro kWh	Fevereiro kWh	Março kWh	Abril kWh	Maió kWh	Junho kWh	Julho kWh	Agosto kWh	Setembro kWh
1144,35	71,99	-370,02	-428,57	-293,38	-64,60	-108,23	7,82	123,24

Os valores obtidos nos meses de Março, Abril e Maio devem-se ao facto da temperatura exterior ter subido ligeiramente e por esse motivo a bomba de calor foi menos solicitada na situação real. Para se perceber isso basta olharmos para o consumo de equipamentos eléctricos ao longo do ano.

O valor médio de consumo pela componente de equipamentos eléctricos é 440 kWh, é um valor praticamente constante durante todo o ano, conforme se pode observar a cor vermelha no Gráfico iv: Consumo desagregado dos vários equipamentos eléctricos subindo nos meses de verão devido ao consumo da piscina. No mês de Maio o consumo global de energia eléctrica foi de 626 kWh o que significa que foram essencialmente cargas de equipamentos eléctricos e iluminação que originaram este consumo.

Na simulação dinâmica e para o mês de Maio o valor de aquecimento foi apenas de 200 kWh, no entanto juntando todas as outras cargas eléctricas originou uma diferença de cerca de 300 kWh entre o consumo real e a simulação dinâmica. A mesma abordagem é utilizada para o mês anterior, pois não nos podemos esquecer que a simulação usa um ficheiro climático de com dados registados entre o ano de 1961 e 1990, no entanto já passaram 21 anos desde a última leitura o que faz com que em determinadas situações possa haver discrepância de valores na temperatura exterior, como pode ser o caso destes meses.

Nos meses de Junho a Setembro o aumento de consumo deve-se a uma utilização mais frequente da habitação e conseqüentemente em maior utilização de equipamentos eléctricos e da piscina. Nestes meses a abordagem utilizada foi em todo semelhante ao resto do ano, no entanto os dados de entrada no DesignBuilder coincidiram com mais detalhe com a ocupação real, originando diferenças de consumo reduzidas entre o caso real e o simulado.

De um modo geral os consumos obtidos pela simulação dinâmica aproximam-se bastante dos valores reais e se olharmos para os valores médios obtidos entre Janeiro e Setembro há apenas uma diferença de 46kWh, conforme se mostra na Tabela liv. Não esquecendo que o mês de Janeiro se obtiveram consumos bastante elevados.

Tabela liv: Consumo médio de potência eléctrica

	Simulação Dinâmica	Leituras da EDP
Valor médio de consumo anual	1397 kWh	1351kWh

4.8 Análise dos resultados do RCCTE e Simulação Dinâmica

No Gráfico viii apresenta-se uma comparação entre a potência calorífica necessária para climatizar os espaços através dos dois métodos de cálculo estudados.

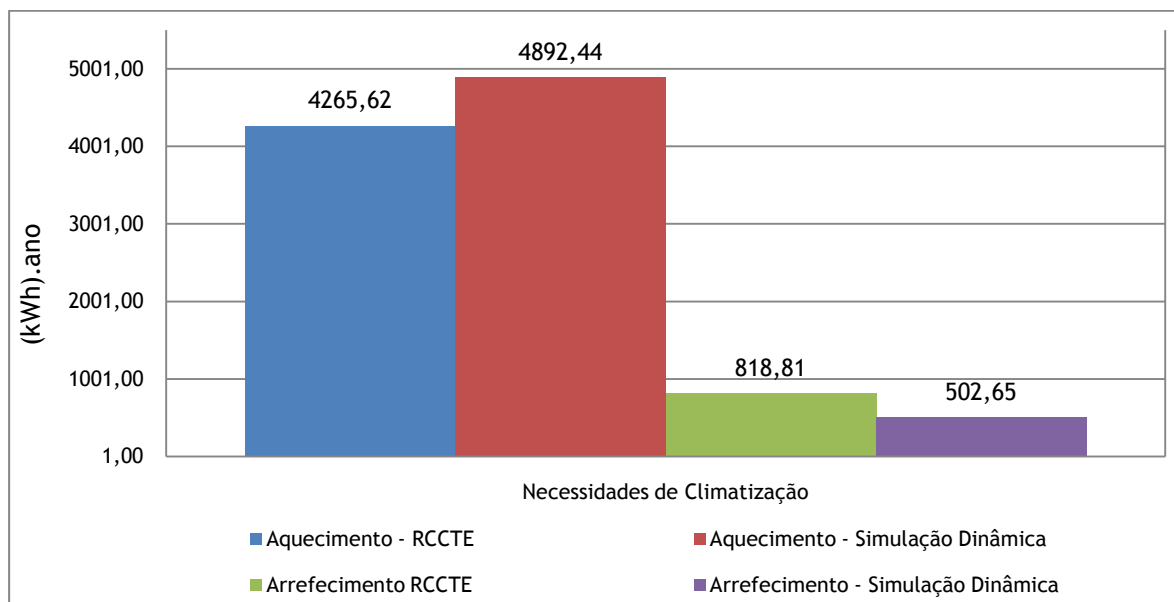


Gráfico viii: Comparação da energia anual dispendida para climatização no RCCTE e simulação dinâmica

No que diz respeito à analogia entre o método de cálculo simplificado RCCTE e a simulação dinâmica os resultados superam as expectativas relativamente às necessidades de aquecimento e arrefecimento. O balanço energético obtido pelo RCCTE apresenta resultados com bastante semelhança fase à simulação dinâmica que é um método de cálculo bastante mais complexo, moroso e onde pode existir uma percentagem de erro mais elevado, uma vez que as variáveis de entrada são superiores.

O N_{ic} obtido, indicava um valor de $85.54 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$, se for repartido pela área útil de pavimento, obtêm-se o valor de $21797,30 \text{ kWh.ano}$. No entanto este valor não vem afectado do rendimento do equipamento de climatização. Se lhe aplicarmos o COP da bomba de calor obtêm-se 4265.62 kWh.ano para aquecimento através do RCCTE com o sistema de climatização seleccionado.

Através da simulação dinâmica e pela soma do consumo mensal, durante os 12 meses, afecto ao aquecimento é possível obter a mesma variável já afectada do sistema de climatização. Desse modo de acordo com o EnergyPlus obtêm-se, $502,65 \text{ kWh.ano}$ de energia para arrefecimento.

Ainda relativamente ao RCCTE é possível retirar através das suas folhas de cálculo os ganhos internos provocados pela ocupação.

De acordo com o referido manual os ganhos internos que dizem respeito à ocupação, tem um valor fixo de 4W/m^2 no sector residencial. No entanto este valor é multiplicado pela duração da estação

de aquecimento, pela respectiva área útil de pavimento e ainda um factor fixo de 0,72 que provem do produto das 24 horas diárias pelos 30 dias do mês a dividir por mil para passar para kWh. Este produto resulta dos ganhos para a estação de aquecimento, no entanto é ainda necessário somar-lhe os ganhos da estação de arrefecimento. Os ganhos internos provocados na habitação durante a estação de arrefecimento resultam do produto de 4 W/m² pela área útil de pavimento afectado de um coeficiente fixo de 2,928 que corresponde à duração da estação de arrefecimento em dias (122 dias) pelo produto das 24 horas a dividir por 1000 por originar os kWh.

A soma desses dois valores origina o resultado que podemos observar no Gráfico ix e que de acordo com os ganhos internos de ocupação reais é bastante elevado.

O resultado do EnergyPlus contabiliza a densidade ocupação e a sua taxa de metabolismo o que significa que o valor médio de 37.9 kWh para ocupação da fracção originando um valor anual de 657 kWh.ano parece ser um valor razoável ao invés dos impróprios 8121,62 kWh.ano apresentados pelo RCCTE.

Sobre este assunto pode-se concluir que o calculo do RCCTE apresenta valores bastante elevados face à ocupação real da habitação.

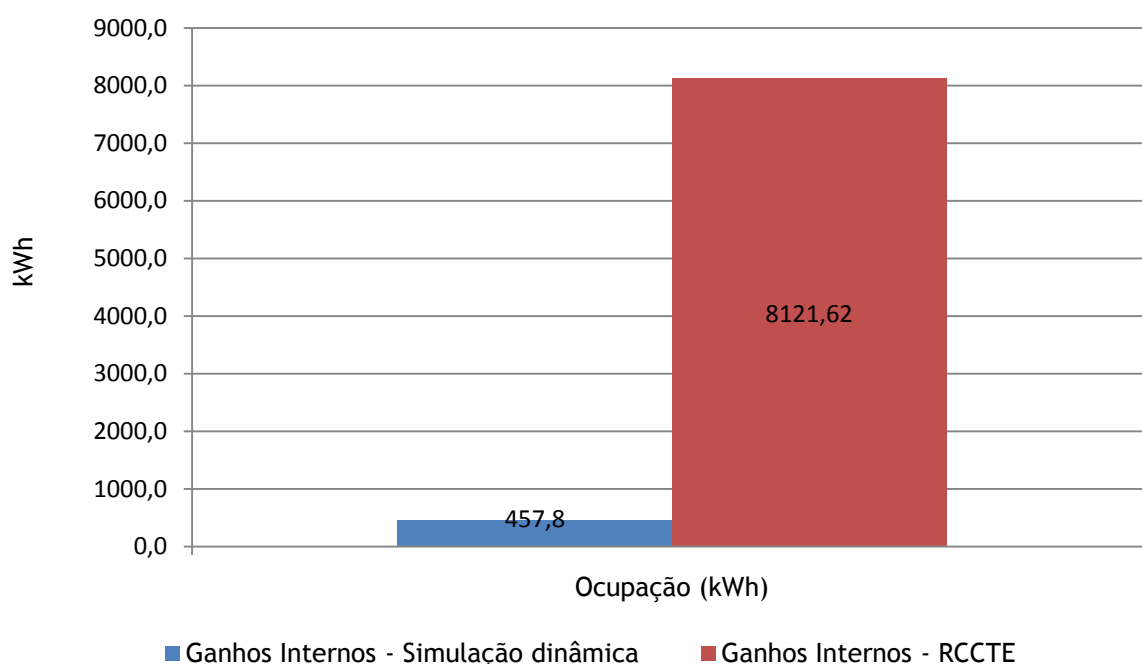


Gráfico ix: Ganhos internos de ocupação na simulação dinâmica e no RCCTE

Através do Gráfico x, é ainda possível analisar os ganhos solares nos envidraçados em ambos os métodos de cálculo. No que diz respeito ao RCCTE somaram-se os ganhos solares obtidos na estação

de aquecimento e da estação de arrefecimento para se obterem os ganhos solares totais. No EnergyPlus efectuou-se a soma do consumo mensal durante os 12 meses do ano.

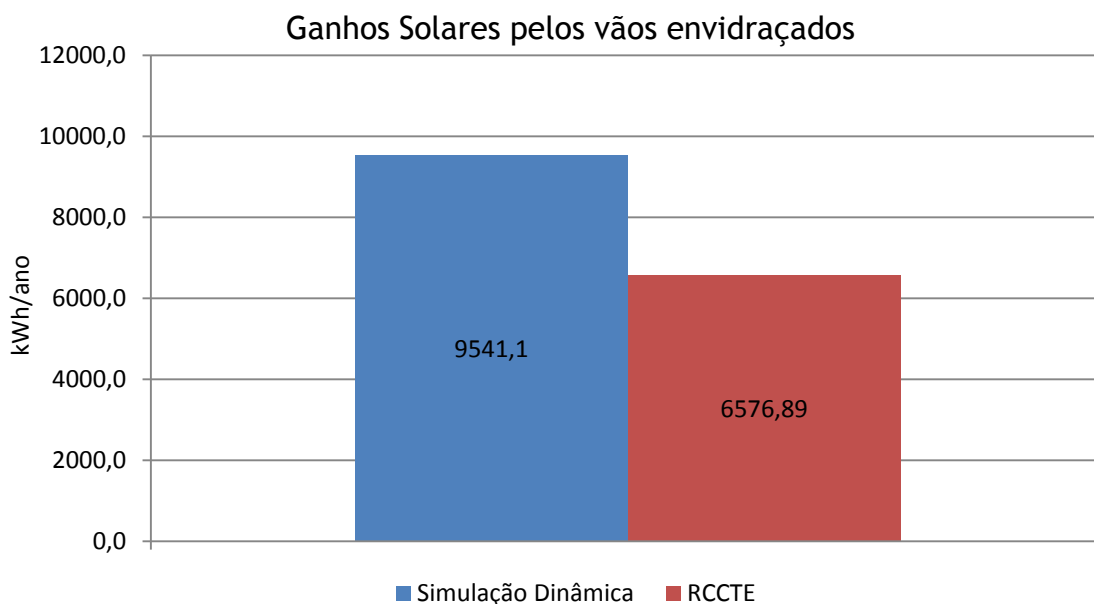


Gráfico x: Ganhos solares pelos envidraçados nos dois métodos de cálculo

Neste caso a abordagem é que durante a simulação dinâmica maximizaram-se os ganhos solares ao máximo, de modo a conseguir reduzir a carga de iluminação, conforme o funcionamento real da habitação o que poderá ter causado este valor ligeiramente superior ao RCCTE.

No que diz respeito ao RCCTE, e para a estação de arrefecimento, o factor solar do vão envidraçado utilizado vem reduzido em 30% do factor de inverno de 70% do factor solar de verão, sendo que em vez de 0,44 utiliza-se 0,195, o que irá reduzir a carga térmica por radiação.

Durante a estação de aquecimento os ganhos solares no âmbito do RCCTE originaram 4126.10 kWh.ano e na estação de arrefecimento 2450,79 kWh.ano, originando os 6576.89 kWh.ano. Mas se nas folhas de cálculo de RCCTE e durante a estação de arrefecimento for substituído o factor solar dos vãos envidraçados por 0,44, os ganhos solares apresentam o valor de 4980,64 kWh.ano, o que somado com a estação de aquecimento se traduz em 9106,74 kWh.ano, um valor bastante próximo da simulação dinâmica.

Quer-se com isto dizer que se os ganhos solares forem analisados com os mesmos dados de entrada, então temos uma diferença de 434,34 kWh.ano entre os dois métodos de cálculo. Um valor relativamente mais reduzido do que o apresentado no Gráfico x. Significando que a abordagem do RCCTE permite obter um resultado perto do real.

Capítulo 5

Conclusão

O estudo inicialmente proposto visa a elaboração do balanço energético de um edifício de habitação unifamiliar recorrendo a dois métodos de cálculo, o RCCTE e uma simulação dinâmica.

Na simulação dinâmica foram impostas todas as condições reais de utilização da habitação e pretendia-se desse modo obter o consumo eléctrico que correspondessem às facturas do fornecedor de energia. Depois de atingida essa fase far-se-ia uma analogia entre os valores de energia necessária para climatização na simulação dinâmica e o RCCTE.

5.1 Considerações Finais

No que diz respeito ao método de cálculo no âmbito do RCCTE os seu balanço energético é dividido em três componentes; Cálculo das necessidades nominais de energia para aquecimento (N_{ic}), cálculo das necessidades nominais de energia para arrefecimento (N_{vc}) e cálculo das necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias (N_{vc}).

Através da equação final que une os três indicadores de necessidade energética é possível obter as necessidades globais anuais específicas de energia primária (N_{tc}) e a partir desse resultado obter-se a classe energética da habitação.

No que diz respeito ao cálculo do N_{ic} as suas fragilidades assentam em diversos aspectos relacionados com as perdas que se dão pela envolvente, não só na ponte térmica linear de ligação de fachada com solo, que não é contabilizada nesta habitação e tem uma elevada perda energética, mas também por todas as outras pontes térmicas lineares e planas assim como pela cobertura, envidraçados e infiltrações (renovações de ar) existentes por todo o edifício.

No entanto consegue-se concluir, que o balanço energético para aquecimento, apresenta um resultado muito próximo de um caso real. Isto significa que os diversos coeficientes e variáveis envolvidas, durante as perdas e os ganhos na estação de aquecimento, fornecem ao caso de estudo indicadores que lhe permitem obter com segurança as necessidade para manter a habitação à temperatura de 20°C durante o período do Inverno.

Relativamente ao cálculo das necessidades de energia para arrefecimento, o balanço energético apresenta valores igualmente idênticos em relação à simulação dinâmica. Na realidade o método de cálculo para obtenção das perdas térmicas totais vem afectado pelo produto da diferença de temperatura média entre o interior o exterior e isto conduz a que as perdas originem um valor bastante próximo com o da simulação dinâmica.

No que diz respeito às necessidades de energia para produção de águas quentes sanitárias a análise comparativa é apenas com o programa Solterm uma vez que foi efectuada a simulação também com consumo de 200 Litros. E conforme se conclui face aos resultados obtidos os valores são praticamente idênticos, mas devido à inexistência de contadores de calor no circuito de água quente ou de energia apenas afecto à bomba de calor, torna-se difícil saber com precisão qual o valor de consumo que foi efectivamente obtido e se corresponde aos valores calculados.

Deste modo conclui-se que o método de cálculo RCCTE produz um balanço energético credível e cujo o resultado de energia necessária para climatizar a habitação se aproxima das situações reais. Pelo facto de ser um método de cálculo expedito apresenta grande vantagem, pois o tempo necessário para se produzir os resultados é consideravelmente inferior. E embora não seja possível analisar com detalhe a introdução de cargas internas, tem a particularidade de permitir contabilizar as pontes térmicas lineares e planas, o que permite melhorar o balanço energético final e fornecer um bom indicador para contabilização da energia necessária para aquecimento e arrefecimento.

No EnergyPlus embora seja possível introduzir as diversas cargas internas não há um método exequível para contabilizar as pontes térmicas lineares ou planas, uma vez que são apenas contabilizadas as infiltrações e ventilação natural mediante a atribuição quantitativa de um valor pela fracção ou divisão.

Embora o EnergyPlus não possibilite o cálculo de perdas térmicas pela ligação de dois elementos construtivos exteriores, tem a possibilidade de individualizar as características interiores aos edifícios, fornecendo dados de saída extremamente úteis para os projectistas de edifícios.

A possibilidade de conseguir personalizar uma zona (cubo) interior com 6 soluções construtivas diferentes é uma característica que faz com que seja possível simular qualquer tipo de edifícios. Sendo que no interior de cada zona/divisão é possível atribuir um perfil de ocupação, equipamentos, iluminação, e climatização diferente do que lhe é contíguo, o que se traduz numa ferramenta de cálculo extremamente detalhada e com um vasto potencial de obtenção de resultados.

No entanto para que isso seja possível é inevitável conhecerem-se todas as características do edifício, pois caso contrário nunca se conseguem obter resultados suficientemente satisfatórios. Com isto pretende-se concluir que em determinados meses houve uma diferença nos consumos de energia devido à variação e incerteza da ocupação e utilização de equipamentos no interior da moradia.

Uma vez que os perfis criados apontavam para uma ocupação periódica em 2 tipos perfis (perfil dias de semana e perfil fim de semana), qualquer alteração provocada na ocupação real da habitação

altera os resultados obtidos, o que se traduz numa maior divergência na analogia efectuada entre o caso de estudo e o caso real.

Existem ainda algumas limitações no que diz respeito à simulação de determinados equipamentos de climatização uma vez que os perfis criados pelo programa *DesignBuilder* não conseguem satisfazer todos os tipos de sistema de climatização existentes, e ainda a impossibilidade de personalizar os componentes do sistema de climatização o que torna a simulação complexa e com alguma provável imprecisão face aos resultados obtidos.

De um modo geral conclui-se que o EnergyPlus permite simular edifícios de habitação com diferentes dimensões e geometrias.

Para que isso seja possível é necessário que os dados de entrada sejam credíveis, nomeadamente os perfis de ocupação, equipamento, iluminação e climatização. As soluções construtivas opacas e transparentes são também um factor decisivo na simulação dos edifícios, no entanto estes apresentam maior certeza quanto ao seu comportamento e utilização.

Com este caso de estudo foi possível concluir que, ambos os métodos de cálculo propostos para estudar energeticamente as habitações são credíveis produzindo resultados de confiança. Isto permite ao utilizador avaliar energeticamente uma determinada habitação antes da sua aquisição, sabendo com alguma detalhe os custos associados à sua exploração para garantir as condições de conforto térmico.

Está ainda por concluir o valor global do consumo de energia necessário para climatizar a habitação. Pois embora a classe energética seja A+, os resultados das necessidades de aquecimento revelam uma habitação extremamente dependente de sistemas de climatização, onde dificilmente se consegue atingir o requisito de edifício de energia quase zero. Se se olhar para a energia necessária para aquecimento de 85,54 kWh/m².ano e for comparada com os valores indicativos das casas passivas que são 15 kWh/m².ano para aquecimento percebe-se que estamos bastantes distantes de atingir um edifício com um bom consumo.

No entanto o actual regulamento é um bom principio que terá que permitir a todos os projectistas de edifícios conseguir alcançar valores tão reduzidos como os das casas passivas a fim de se conseguir dar resposta à directiva europeia 2010/31/EU de 19 de Maio.

5.2 Pospostas de trabalho futuro

A simulação dinâmica de edifícios é uma área onde já há algum trabalho elaborado, no entanto a sua importância começa a ser compreendida por todos os profissionais dos edifícios.

O trabalho que agora se conclui dá uma contribuição para o desenvolvimento do seu conhecimento e para a implementação de metodologias e estratégias de análise nos edifícios, com o objectivo de promover as decisões adequadas ao encontro da sustentabilidade.

No entanto, muito trabalho de investigação e de aplicação fica em aberto para este caso de estudo, podendo destacar-se:

- Estudo das perdas do sistema de climatização no circuito de aquecimento central;
- Discutir e implementar medidas de melhoria no sistema de controlo e aproveitamento da energia solar térmica;
- Quantificação da energia solar térmica enviada para a piscina e sua relevância para o sistema de climatização;
- Análise do rendimento do sistema de climatização utilizado e construção de uma curva de rendimento capaz de o caracterizar;
- Simulação e verificação da viabilidade de colocação de um sistema de produção de energia eléctrica através de painéis fotovoltaicos.

Bibliografia

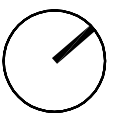
1. **Isolani, Pieraldo.** *Eficiência energética nos edifícios residenciais.* [ed.] EnerBuilding.eu. Lisboa : Adene, 2008.
2. **Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.** *Tarifas e preços para a energia eléctrica e outros serviços em 2011.* Lisboa : ERSE, 2010.
3. **Regulamento de características de comportamento térmico em edifícios (RCCTE).** Lisboa : Diário da Republica, 2006.
4. **Carlos A. Pina dos Santos, Luis Matias.** *Edifícios - ITE 50.* Lisboa : LNEC, 2006.
5. **British Standard Institution.** *Thermal performance of windows, doors and shutters, calculation of thermal transmittance - Part 1: Simplified Method - ISO 10077-1:2000.* Brussels : European Committee for Standardization, 2001.
6. **Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.** *Getting Started with EnergyPlus, Basic Concepts Manual - Essential Information You Need about Running EnergyPlus.* Illinois : US Department of Energy, 2010.
7. **DesignBuilder 2.1 User's Manual.** London : DesignBuilder Software, 2009.
8. **ASHRAE.** *ASHRAE Handbook - Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning.* Atlanta : ASHRAE, 2009.
9. **J. Niu, J. Burnett.** *Integrating Radiant/Operative Temperature Controls into Building Energy Simulations - ASHRAE Transactions Vol. 104.* Atlanta : ASHRAE, 1998.
10. **Perguntas & Respostas sobre o RSECE - Energia.** Lisboa : Adene, 2008.
11. **Lighting Handbook: Reference & Application.** New York : Illuminating Engineering Society of North America, 1993.
12. **Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios.** Estrasburgo : Jornal Oficial da União Europeia, 2010.
13. **Susana Camelo, Carlos Pina dos Santos, Álvaro Ramalho, Cristina Horta, Helder Gonçalves, Eduardo Maldonado.** *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios Manual de apoio à aplicação do RCCTE.* Lisboa : INETI, 2006.
14. **Ricardo Aguiar, Ricardo Encarnação Coelho e Maria João Carvalho.** *Manual SolTerm versão 5.1.* Lisboa : Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., 2009.
15. **Roriz, Luis.** *Climatização - Conceção, instalação e condução de sistemas.* Amadora : Edições Orion, 2007.
16. **Morais, Luis Filipe Vaz.** *Consumos Energéticos no Sector Residencial.* Vila Real : Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009.
17. **Ferreira, Ricardo Miguel Antunes da Silva.** *Desempenho térmico de edifício residencial unifamiliar segundo a metodologia de cálculo presente no RCCTE.* Lisboa : Instituto Superior Técnico, 2010.

18. **Cartas, Joana Filipa Das Neves.** Simulação dinâmica de um edifício de escritórios com os programas EnergyPlus e Trace 700. Lisboa : Instituto Superior Técnico, 2011.

19. **Ferreira, Helder Filipe Duarte.** Estudo Exploratório sobre a Utilização do RCCTE na Avaliação do Desempenho Passivo de Edifícios Residenciais. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.

Anexo A.1

Desenhos Técnicos do edifício Unifamiliar



Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

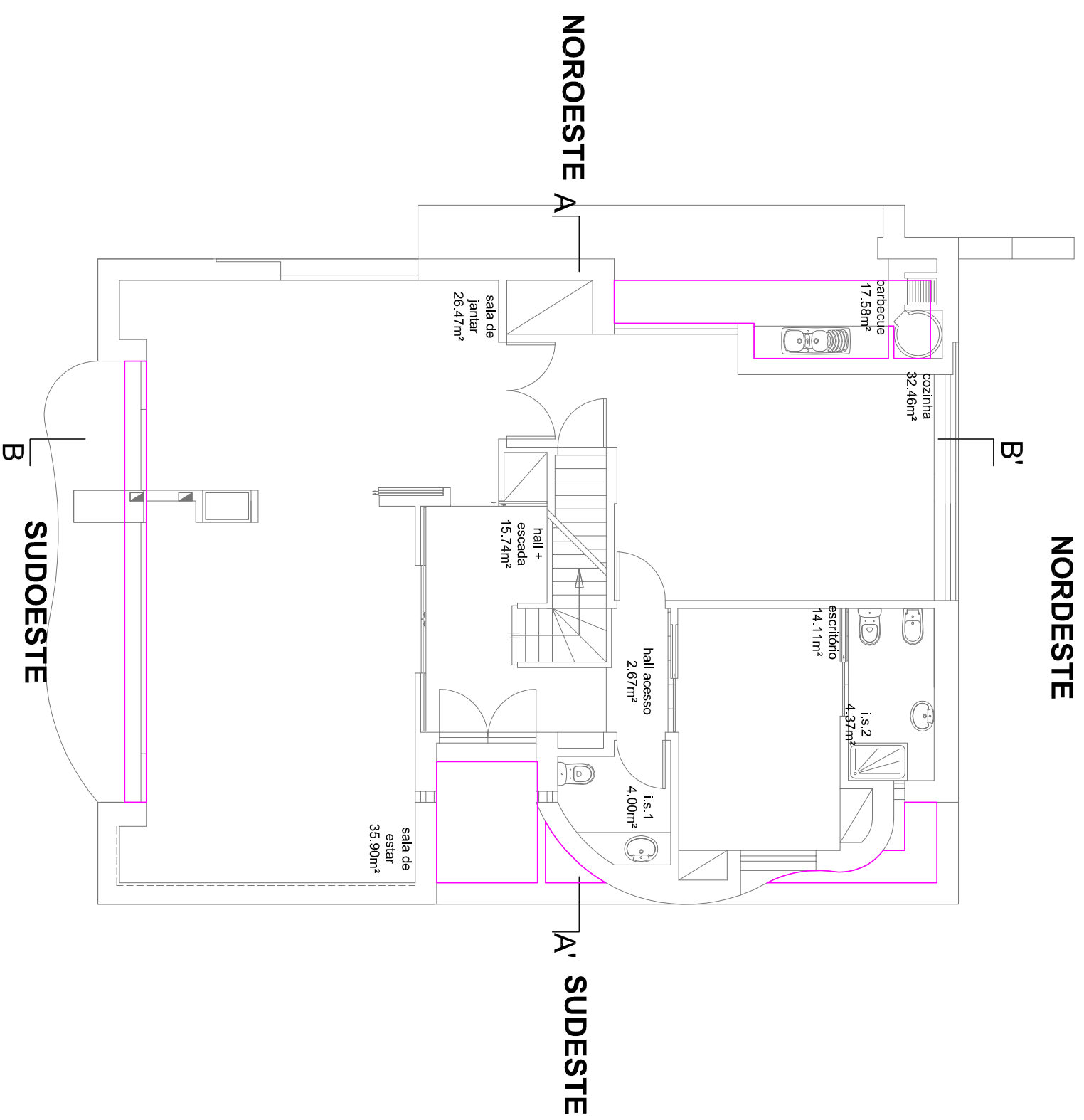
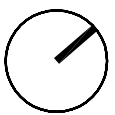
Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: DELIMITAÇÃO DAS ZONAS NÃO ÚTEIS
PISO - 1

Outubro 2011
Escala: 1/100

Anexo n.º:
1.1



Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

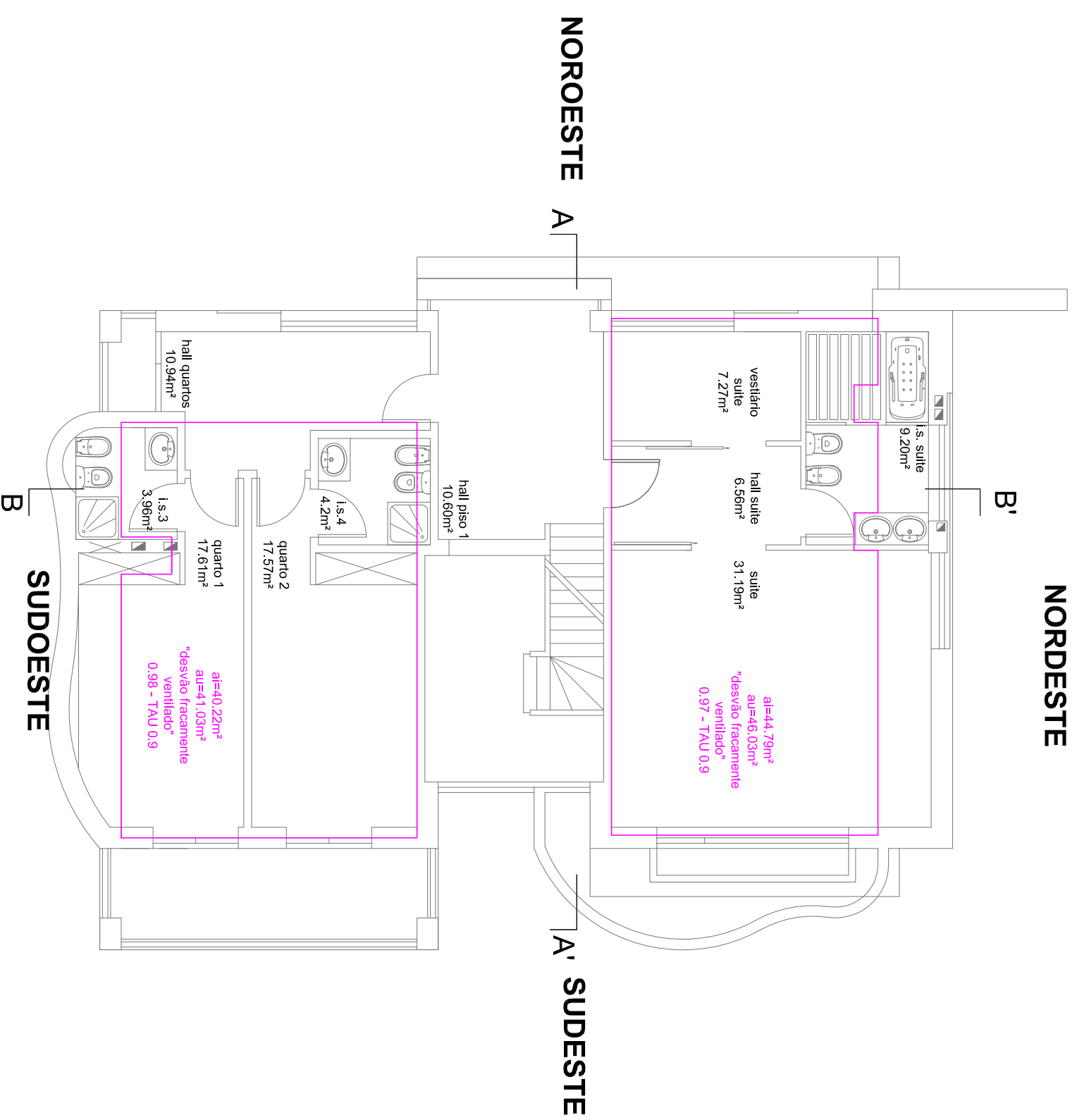
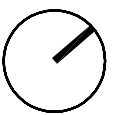
Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Outubro 2011
Escala: 1/100

Título: **DELIMITAÇÃO DAS ZONAS NÃO ÚTEIS**
PISO 0

Anexo n.º: **1.2**



Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

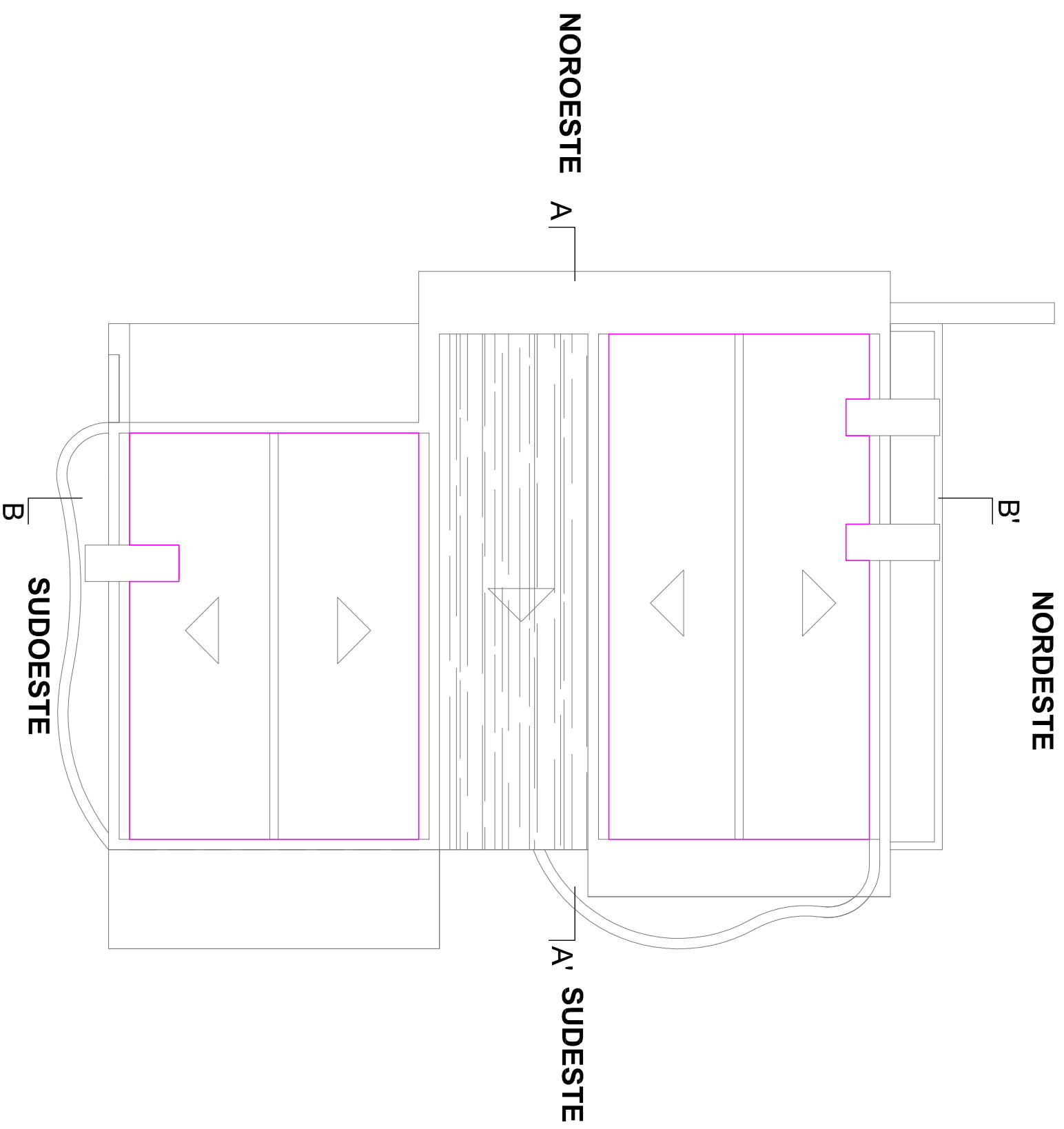
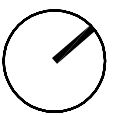
Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Outubro 2011
Escala: 1/100

Título: **DELIMITAÇÃO DAS ZONAS NÃO ÚTEIS**
PISO 1

Anexo n.º: **1.3**



Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

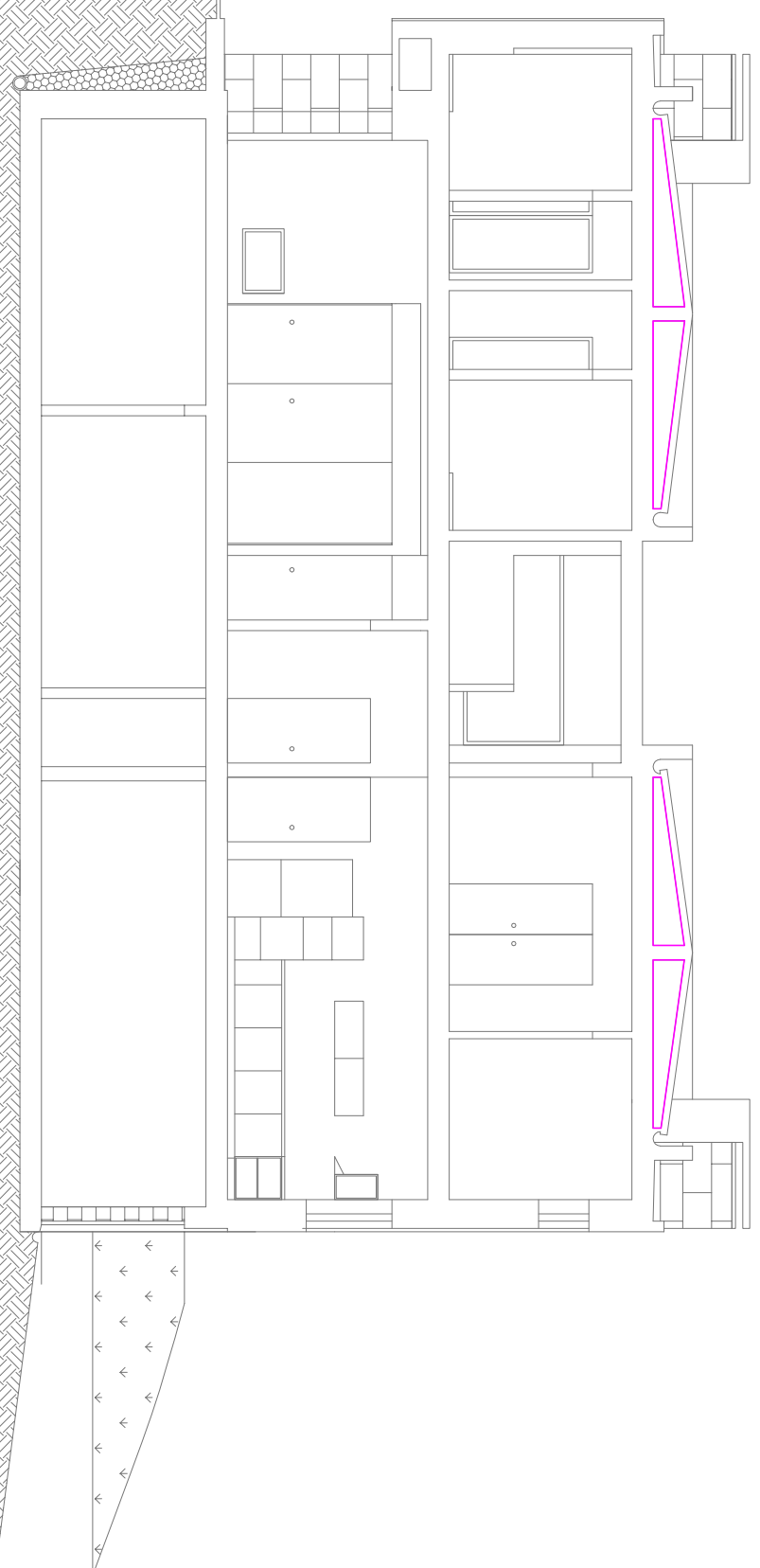
Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Outubro 2011
Escala: 1/100

Título: DELIMITAÇÃO DAS ZONAS NÃO ÚTEIS
COBERTURA

Anexo n.º: **1.4**



Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

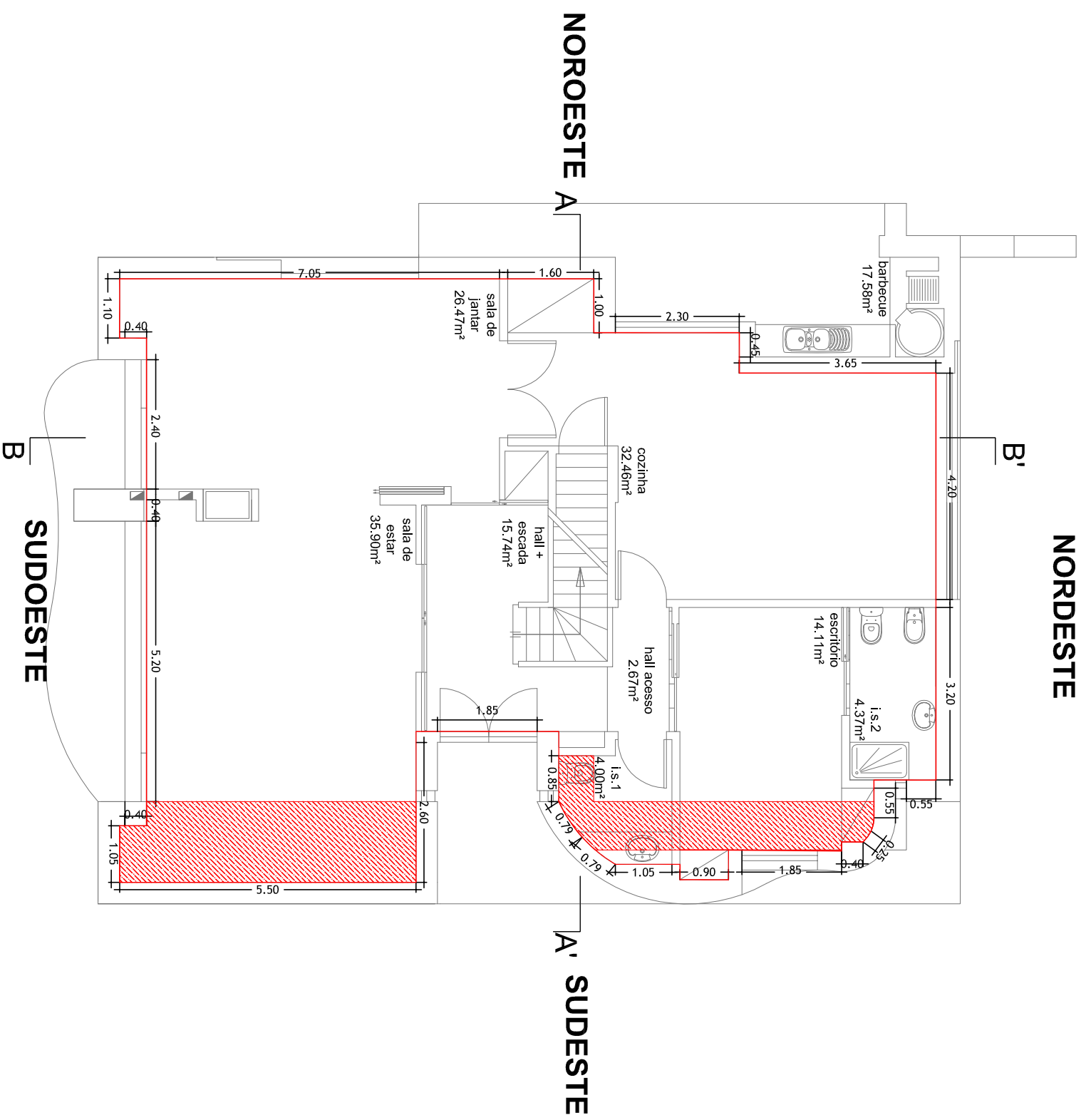
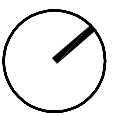
Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **DELIMITAÇÃO DAS ZONAS NÃO ÚTEIS**
CORTE B-B'

Outubro 2011
Escala: 1/100

Anexo n.º: **1.5**



TIPO DE ENVOLVENTE	ZONA	S. CONSTRUTIVA	ÁREA
	Envolvente Exterior	Cobertura Exterior Varanda	13.45m²
	Envolvente Exterior	Laje pavimento em contacto com o ext.	14.10m²
	Envolvente Exterior	Laje de cobertura em contacto com o ext.	15.91m²

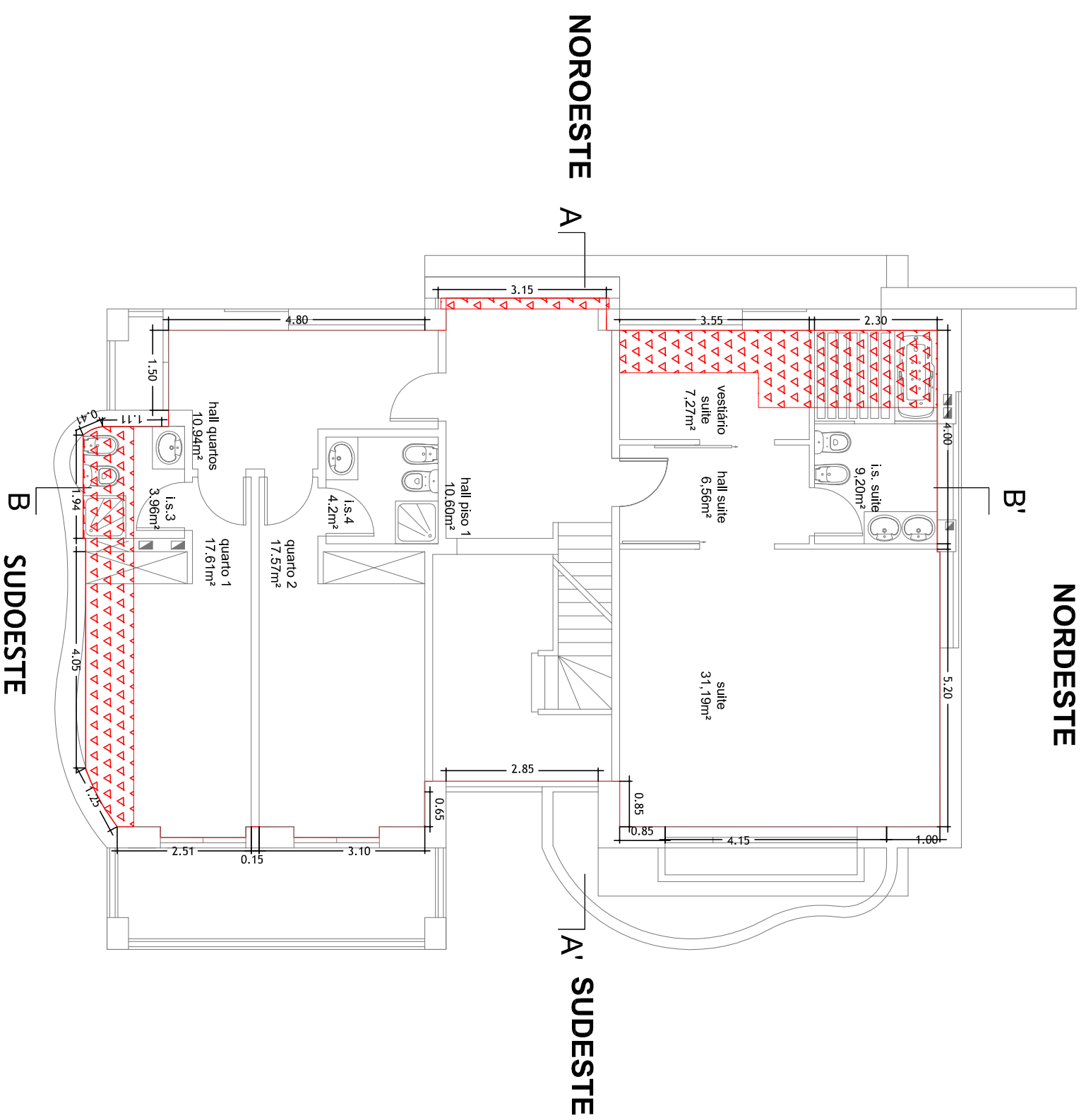
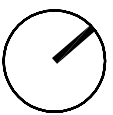
LEGENDA	
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 1
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 2
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 3
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 4
	Elemento envolvente interior - Requisitos de exterior - Pormenor 5
	Elemento envolvente interior - Requisitos de exterior - Pormenor 6
	Elemento envolvente interior - Requisitos de interior - Pormenor 7
	Elemento envolvente interior - Sem requisitos - Pormenor 8
	Elemento envolvente interior - Em contacto com o terreno - Pormenor 9

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Covilhã | Portugal

Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica	
Título: Análise energética de um edifício unifamiliar	Outubro 2011
Localização: Fundação Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar	Escala: 1/100

Título: MARCAÇÃO DA ENVOLVENTE EXTERIOR PISO 0	Anexo n.º: 1.6
--	-----------------------



TIPO DE ENVOLVENTE	ZONA	S. CONSTRUTIVA	ÁREA
	Envolvente Exterior	Cobertura Exterior Varanda	13.45m²
	Envolvente Exterior	Laje pavimento em contacto com o ext.	14.10m²
	Envolvente Exterior	Laje de cobertura em contacto com o ext.	15.91m²

LEGENDA	
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 1
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 2
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 3
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 4
	Elemento envolvente interior - Requisitos de exterior - Pormenor 5
	Elemento envolvente interior - Requisitos de exterior - Pormenor 6
	Elemento envolvente interior - Requisitos de interior - Pormenor 7
	Elemento envolvente interior - Sem requisitos - Pormenor 8
	Elemento envolvente interior - Em contacto com o terreno - Pormenor 9



Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar

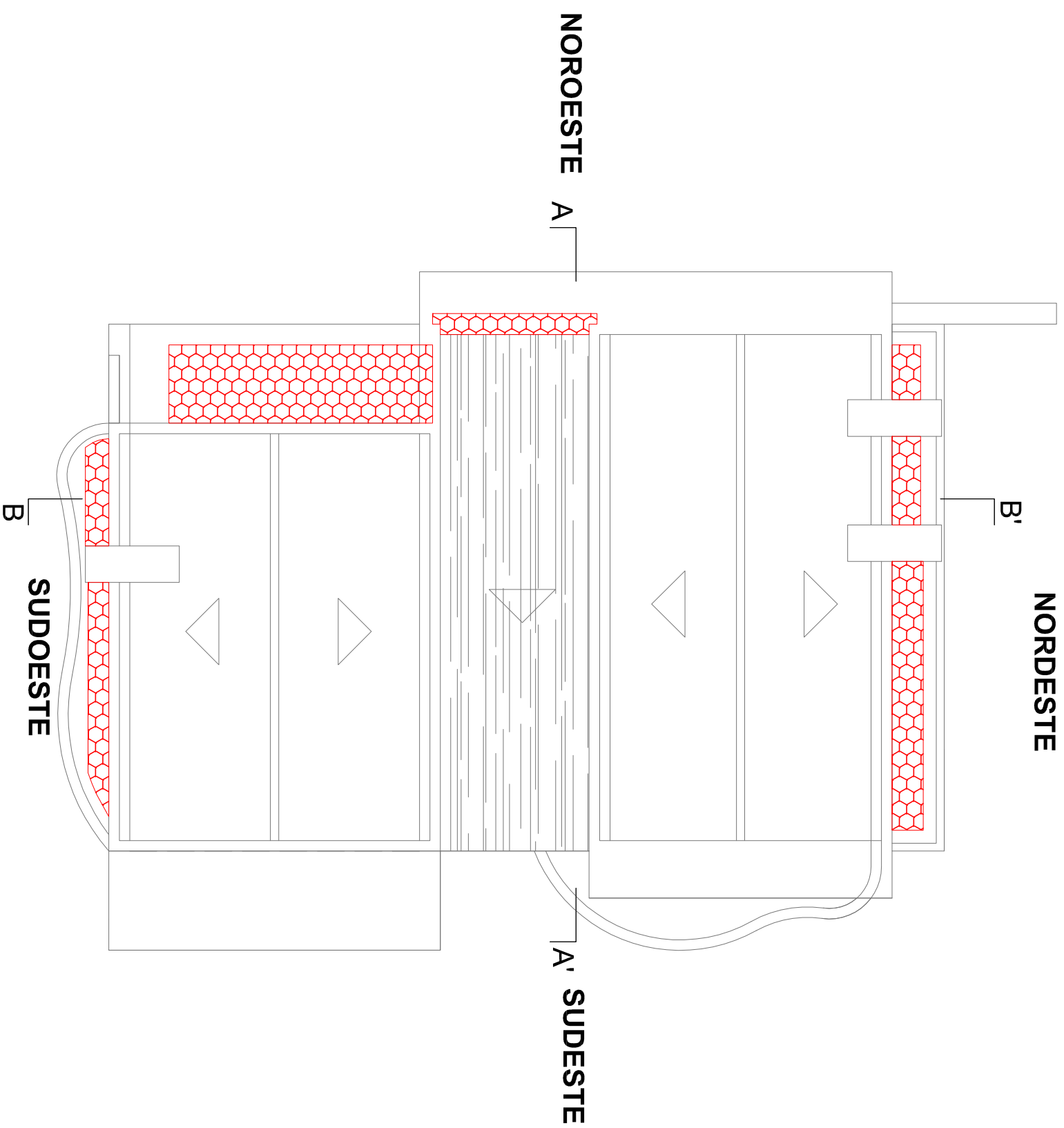
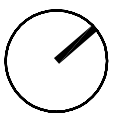
Localização: Fundação | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar



Título: MARCAÇÃO DA ENVOLVENTE EXTERIOR PISO 1










Outubro 2011

Escala: 1/100

Anexo nº: 1.7



TIPO DE ENVOLVENTE	ZONA	S. CONSTRUTIVA	ÁREA
	Zona útil	Cobertura Exterior Varanda - Pormenor Construtivo 7	13,48m ²
	Zona útil	Laje pavimento em contacto com o ext.	14,10m ²
	Zona útil	Laje de cobertura em contacto com o ext. Pormenor 8	15,91m ²

LEGENDA	
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 1
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 2
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 3
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 4
	Elemento envolvente interior - Requisitos de exterior - Pormenor 5
	Elemento envolvente interior - Requisitos de exterior - Pormenor 6
	Elemento envolvente interior - Requisitos de interior - Pormenor 7
	Elemento envolvente interior - Sem requisitos - Pormenor 8
	Elemento envolvente interior - Em contacto com o terreno - Pormenor 9



Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

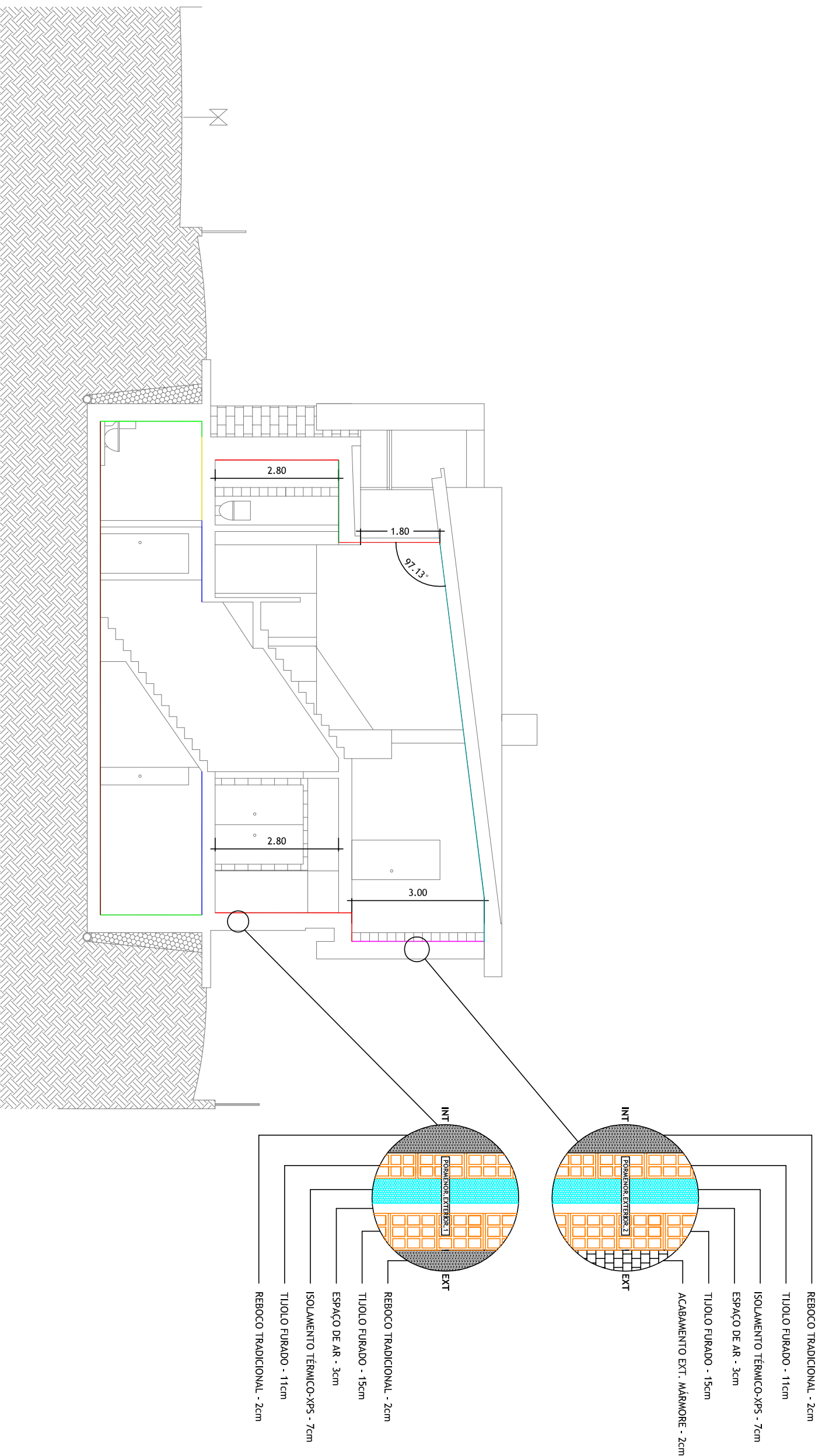
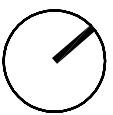
Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundação | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **DELIMITAÇÃO DAS ZONAS NÃO ÚTEIS COBERTURA**










Outubro 2011

Escala: 1/100

Anexo n.º: **1.8**



TIPO DE ENVOLVENTE	ZONA	S. CONSTRUTIVA	ÁREA	
	Envolvente Exterior	Zona útil	Cobertura Exterior Varanda	13.45m ²
	Envolvente Exterior	Zona útil	Laje pavimento em contacto com o ext.	14.10m ²
	Envolvente Exterior	Zona útil	Laje de cobertura em contacto com o ext.	15.91m ²

LEGENDA	
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 1
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 2
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 3
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 4
	Elemento envolvente interior - Requisitos de exterior - Pormenor 5
	Elemento envolvente interior - Requisitos de exterior - Pormenor 6
	Elemento envolvente interior - Requisitos de interior - Pormenor 7
	Elemento envolvente interior - Sem requisitos - Pormenor 8
	Elemento envolvente interior - Em contacto com o terreno - Pormenor 9



Francisco Álvaro Fernandes Carriço

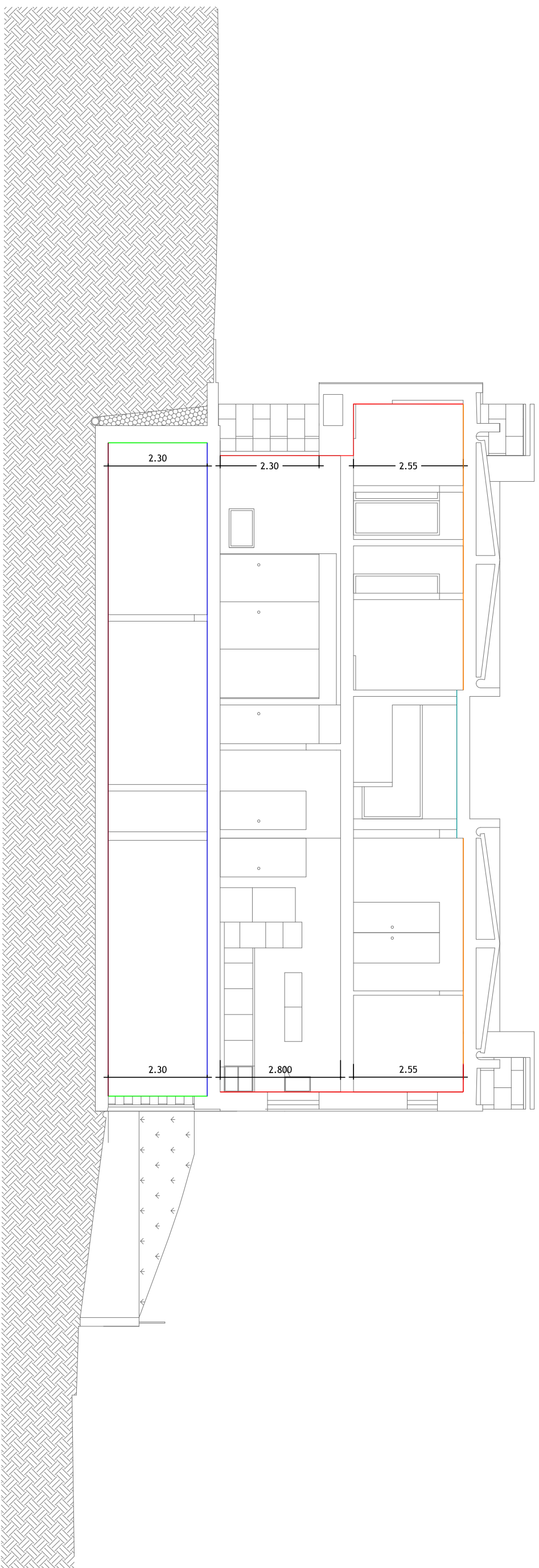
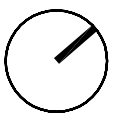
Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica


Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundação | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar










Título: **MARCAÇÃO DA ENVOLVENTE EXTERIOR CORTE A A'**


Outubro 2011
Escala: 1/100

Anexo n.º: **1.9**



TIPO DE ENVOLVENTE	ZONA	S. CONSTRUTIVA	ÁREA
	Envolvente Exterior	Cobertura Exterior Varanda	13.45m ²
	Envolvente Exterior	Laje pavimento em contacto com o ext.	14.10m ²
	Envolvente Exterior	Laje de cobertura em contacto com o ext.	15.91m ²

LEGENDA	
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 1
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 2
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 3
	Elemento da envolvente exterior - Requisitos de exterior - Pormenor 4
	Elemento envolvente interior - Requisitos de exterior - Pormenor 5
	Elemento envolvente interior - Requisitos de exterior - Pormenor 6
	Elemento envolvente interior - Requisitos de interior - Pormenor 7
	Elemento envolvente interior - Sem requisitos - Pormenor 8
	Elemento envolvente interior - Em contacto com o terreno - Pormenor 9


UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Covilhã | Portugal

Francisco Álvaro Fernandes Carrico

Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar

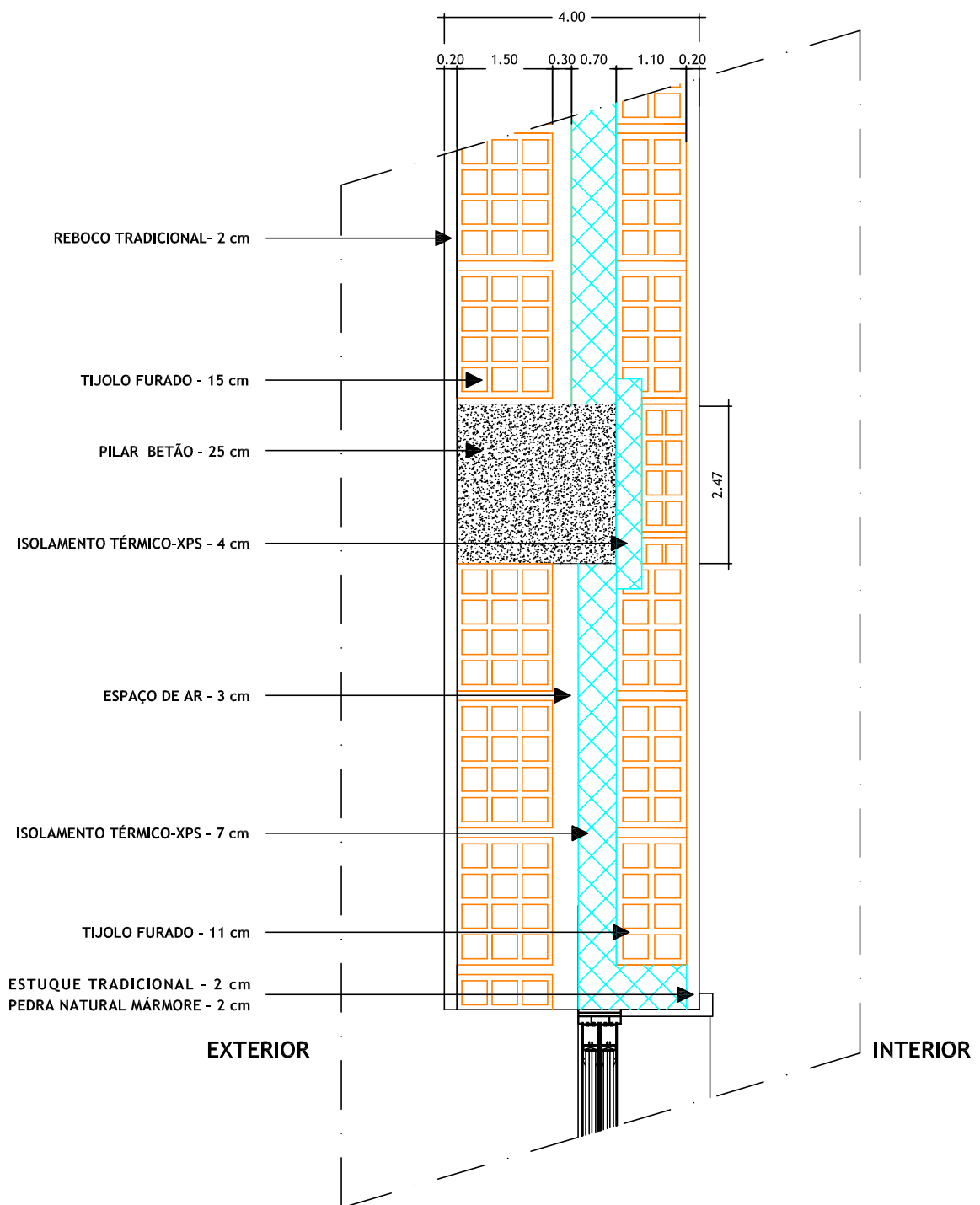
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **MARCAÇÃO DA ENVOLVENTE EXTERIOR CORTE B B'**

Anexo n.º: **2.0**

Outubro 2011

Escala: 1/100



Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar

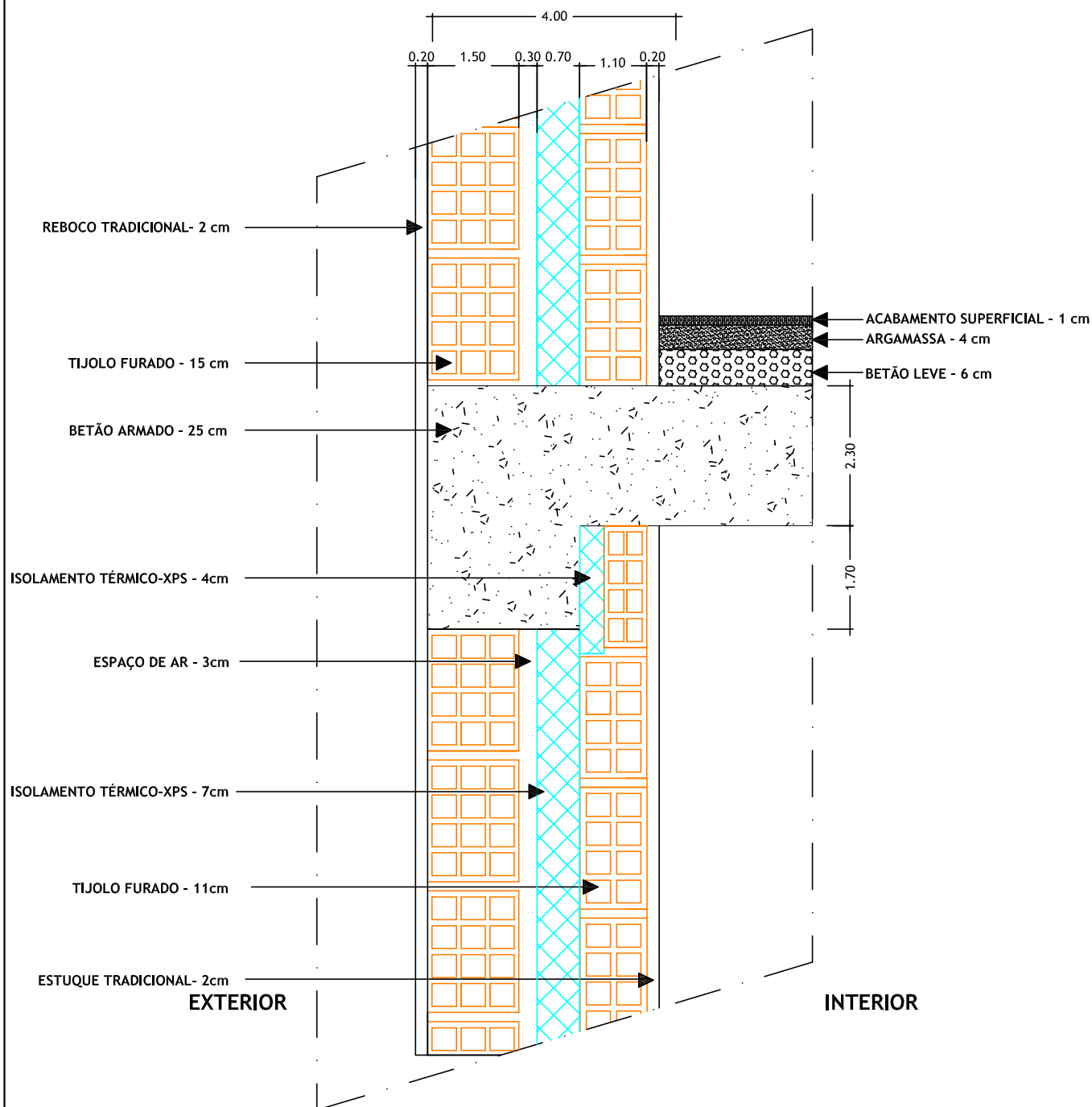
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **PONTE TÉRMICA PLANA PILAR - [PTPpilar1]**
PORMENOR EXTERIOR 3 e 4

Outubro 2011

Escala: 1 / 10

Anexo nº:
2.1



Francisco Álvaro Fernandes Carriço

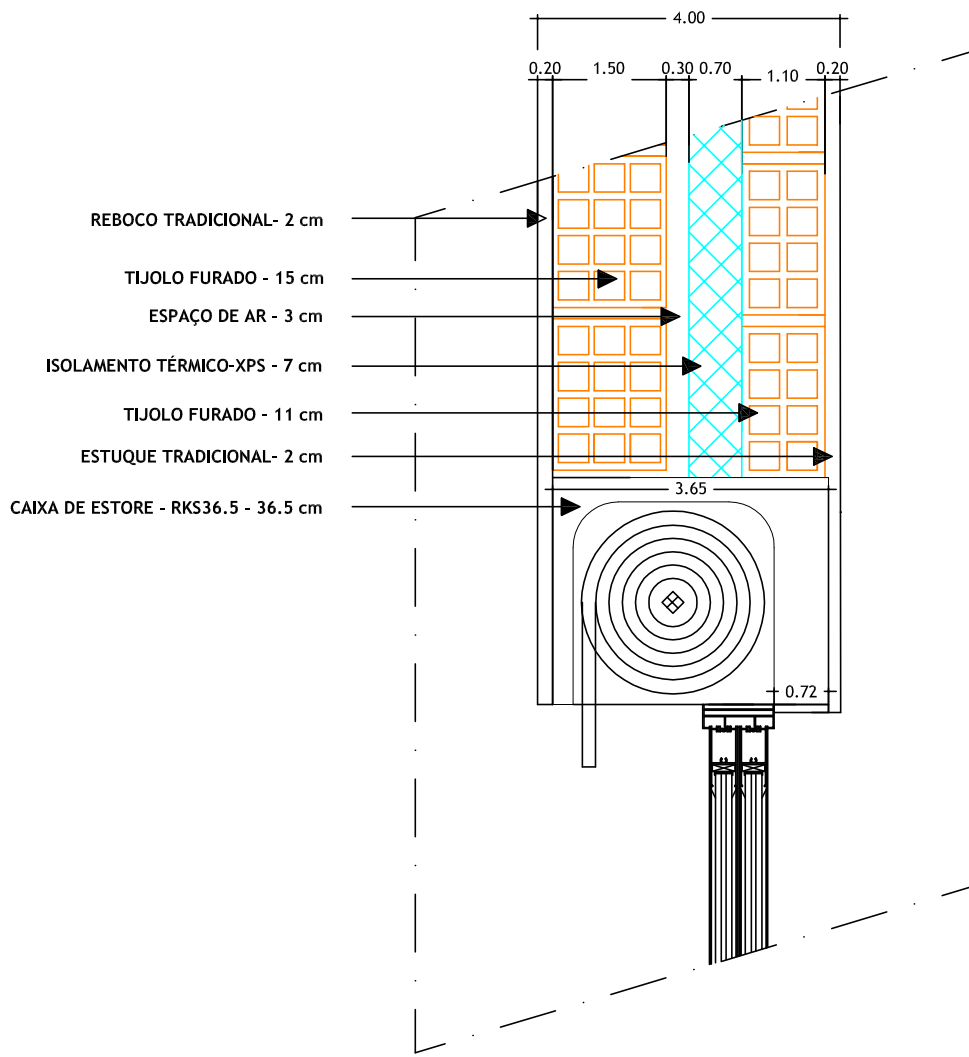
Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **PONTE TÉRMICA PLANA VIGA - [PTPviga1]**
PORMENOR EXTERIOR 5

Outubro 2011
Escala: 1 / 10

Anexo nº:
2.2



Francisco Álvaro Fernandes Carriço

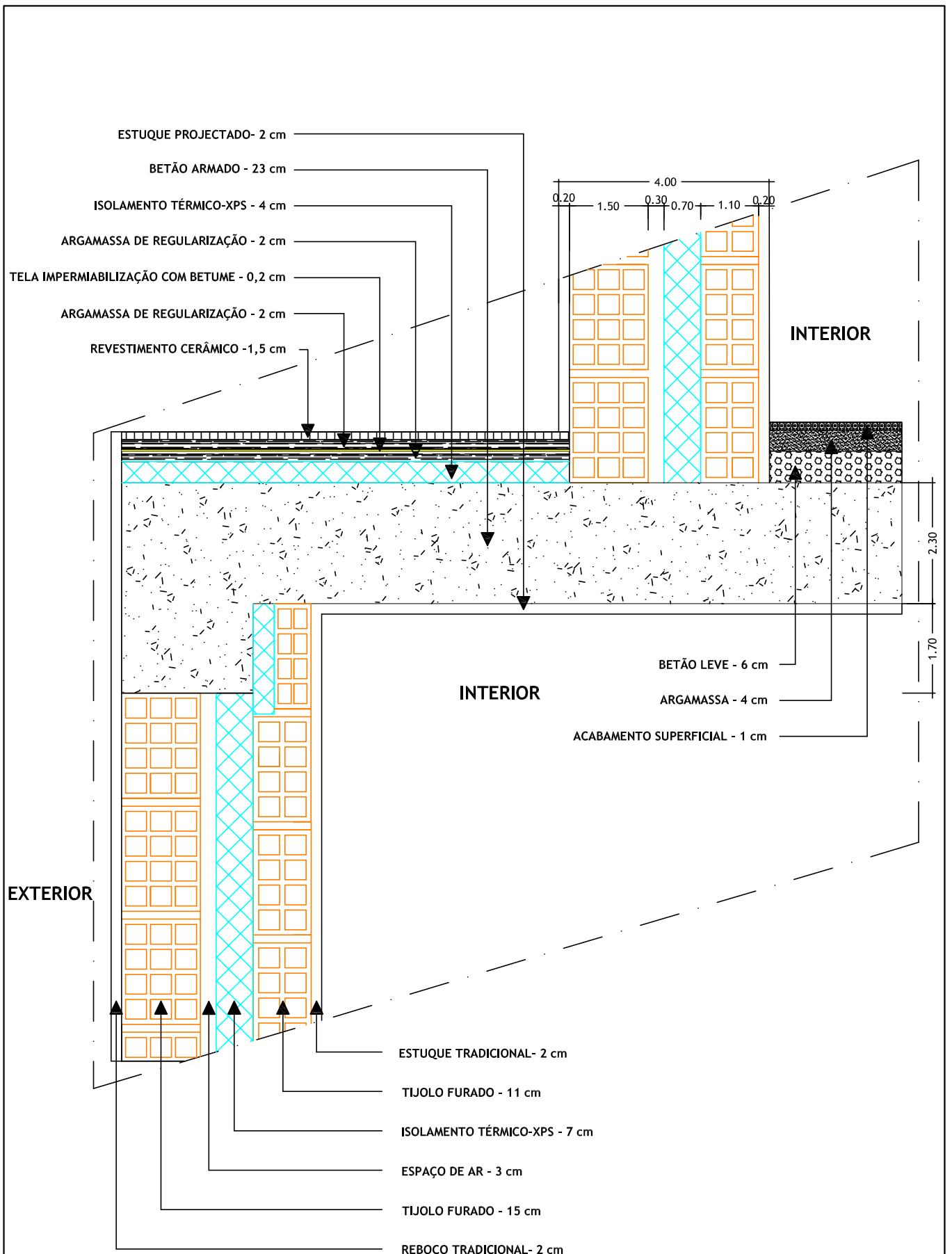
Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
 Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **PONTE TÉRMICA PLANA CX. ESTORE [PTPestore1] - PORMENOR EXTERIOR 6**

Outubro 2011
 Escala: 1 / 10

Anexo nº:
2.3



Francisco Álvaro Fernandes Carriço

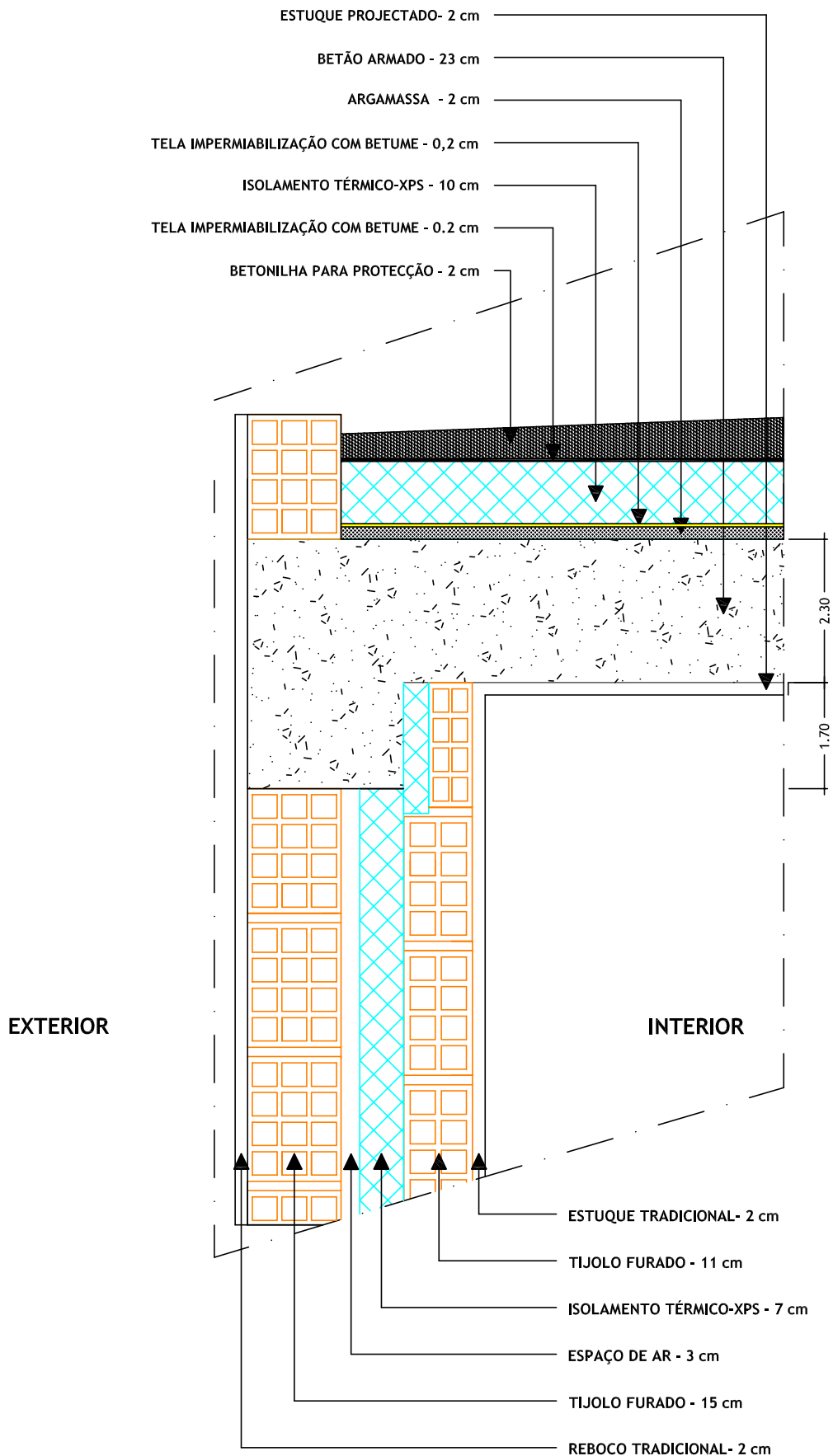
Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **COBERTURA EXTERIOR VARANDA
PORMENOR EXTERIOR 7**

Outubro 2011
Escala: 1 / 10

Anexo nº:
2.4



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Covilhã | Portugal

Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar

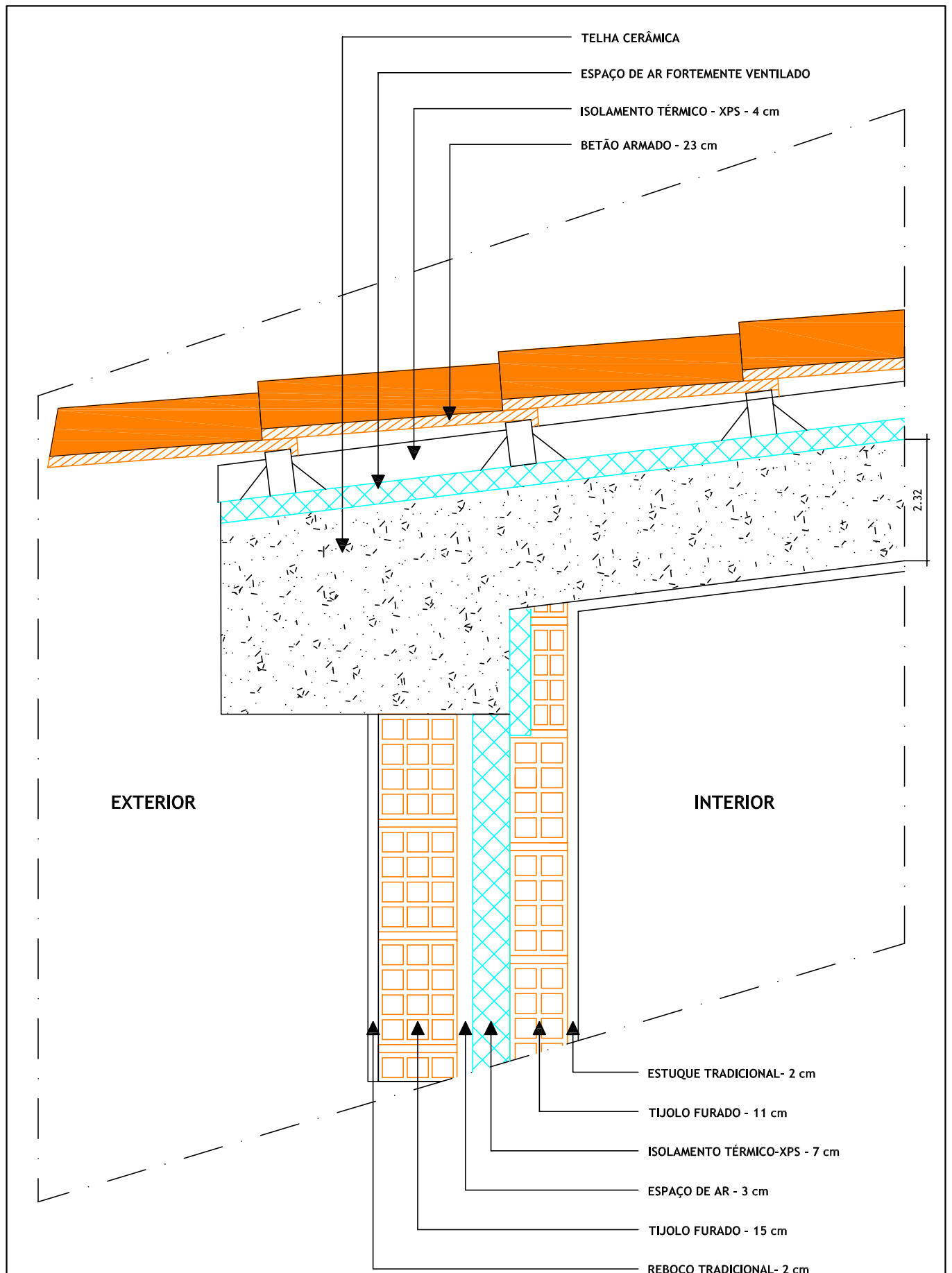
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **COBERTURA EXTERIOR PLANA INVERTIDA
PORMENOR EXTERIOR 8**

Outubro 2011

Escala: 1 / 10

Anexo nº:
2.5




UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Covilhã | Portugal

Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

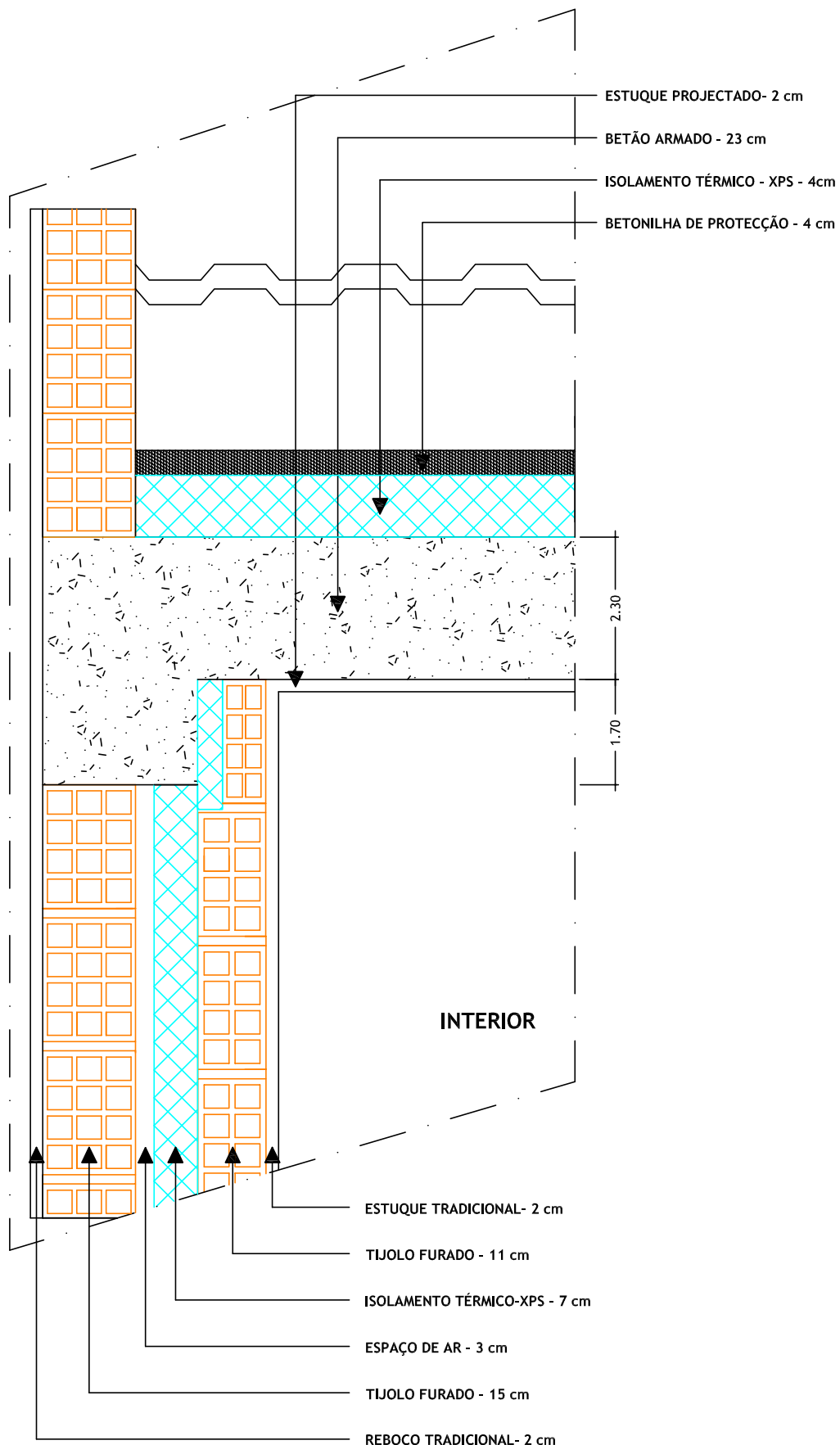
Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **COBERTURA EXTERIOR INCLINADA
PORMENOR EXTERIOR 9**

Outubro 2011
Escala: 1 / 10

Anexo nº:
2.6

EXTERIOR



INTERIOR



Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

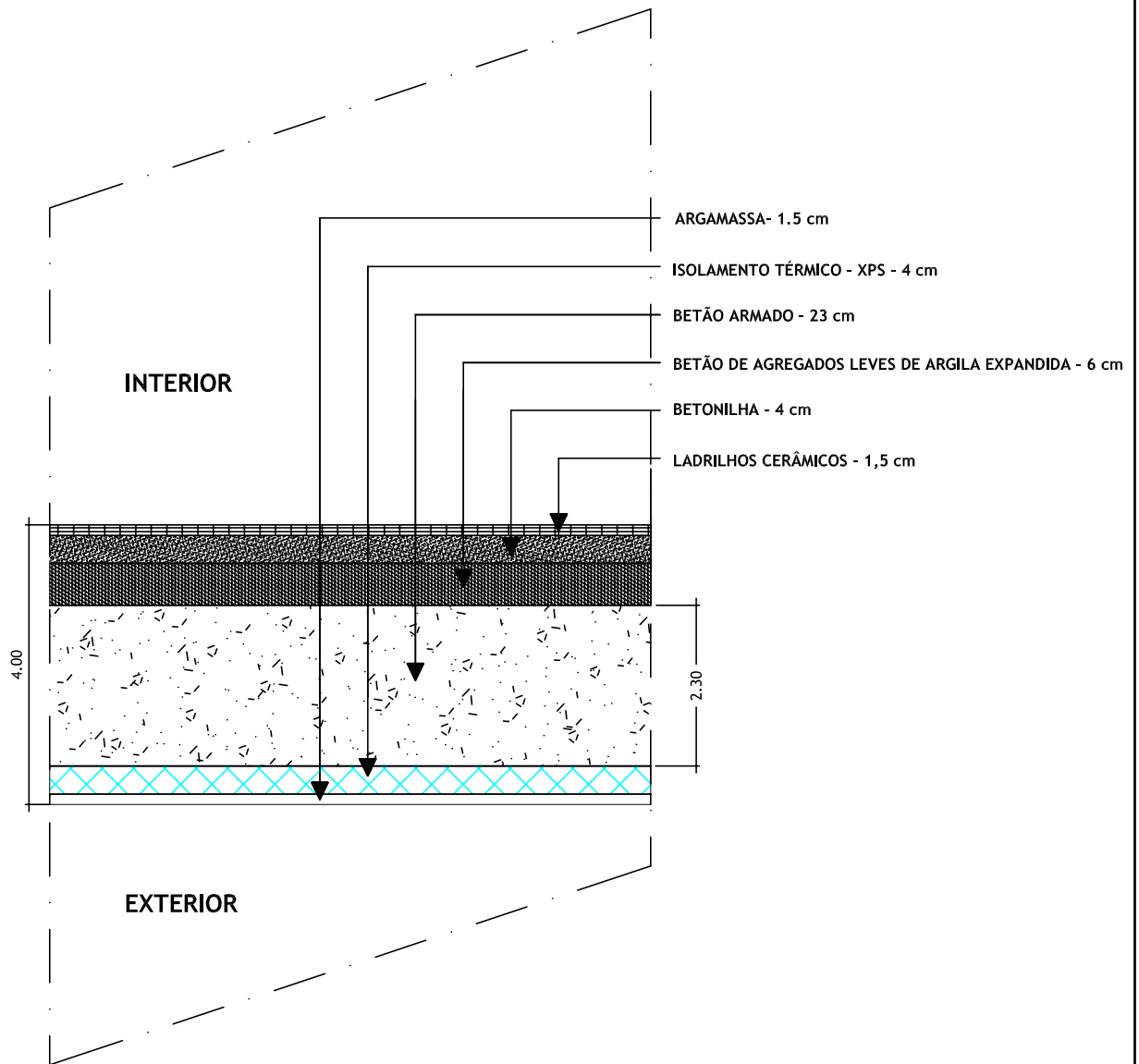
Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Outubro 2011
Escala: 1 / 10

Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Título: **COBERTURA EXTERIOR SOB DESVÃO NÃO ÚTIL
PORMENOR EXTERIOR 10**

Anexo nº:
2.7



Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar

Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

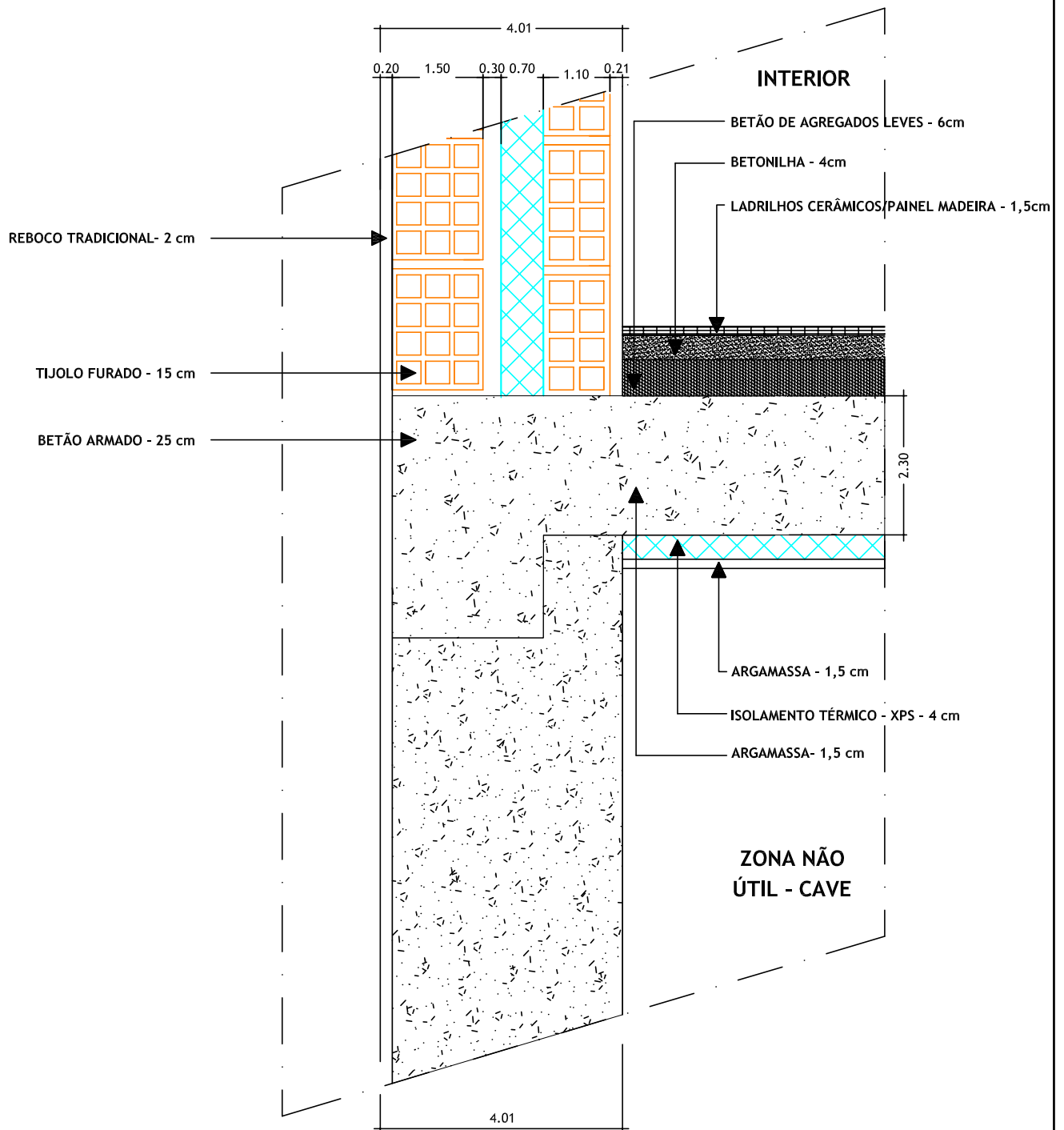
Outubro 2011

Escala: 1 / 10

Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Título: **PAVIMENTO EXTERIOR**
PORMENOR EXTERIOR 11

Anexo nº: **2.8**



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Covilhã | Portugal

Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar

Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título:

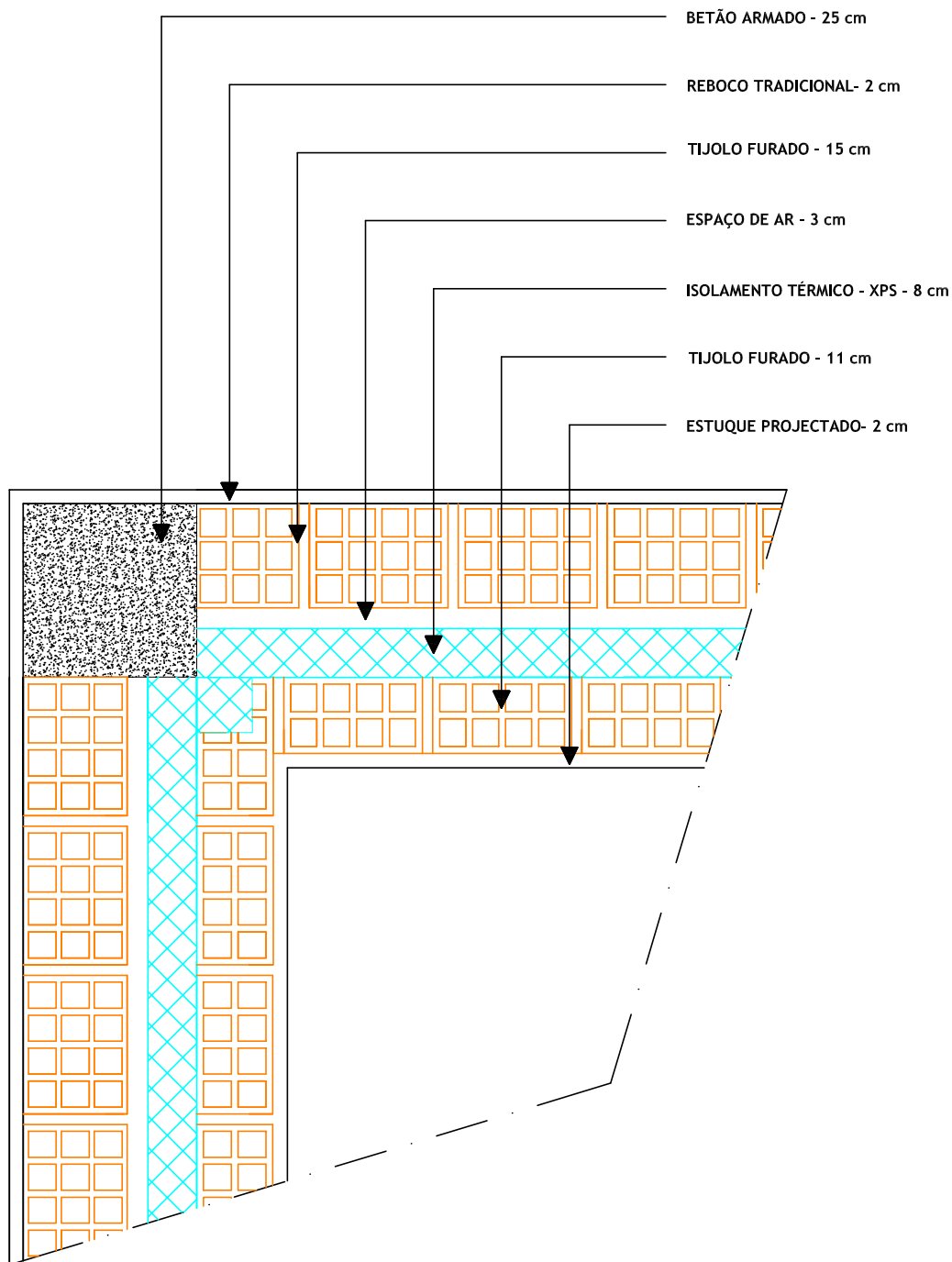
**PAVIMENTO EXTERIOR
PORMENOR EXTERIOR 12 e 13**

Outubro 2011

Escala: 1 / 10

Anexo nº:

2.9



Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar

Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

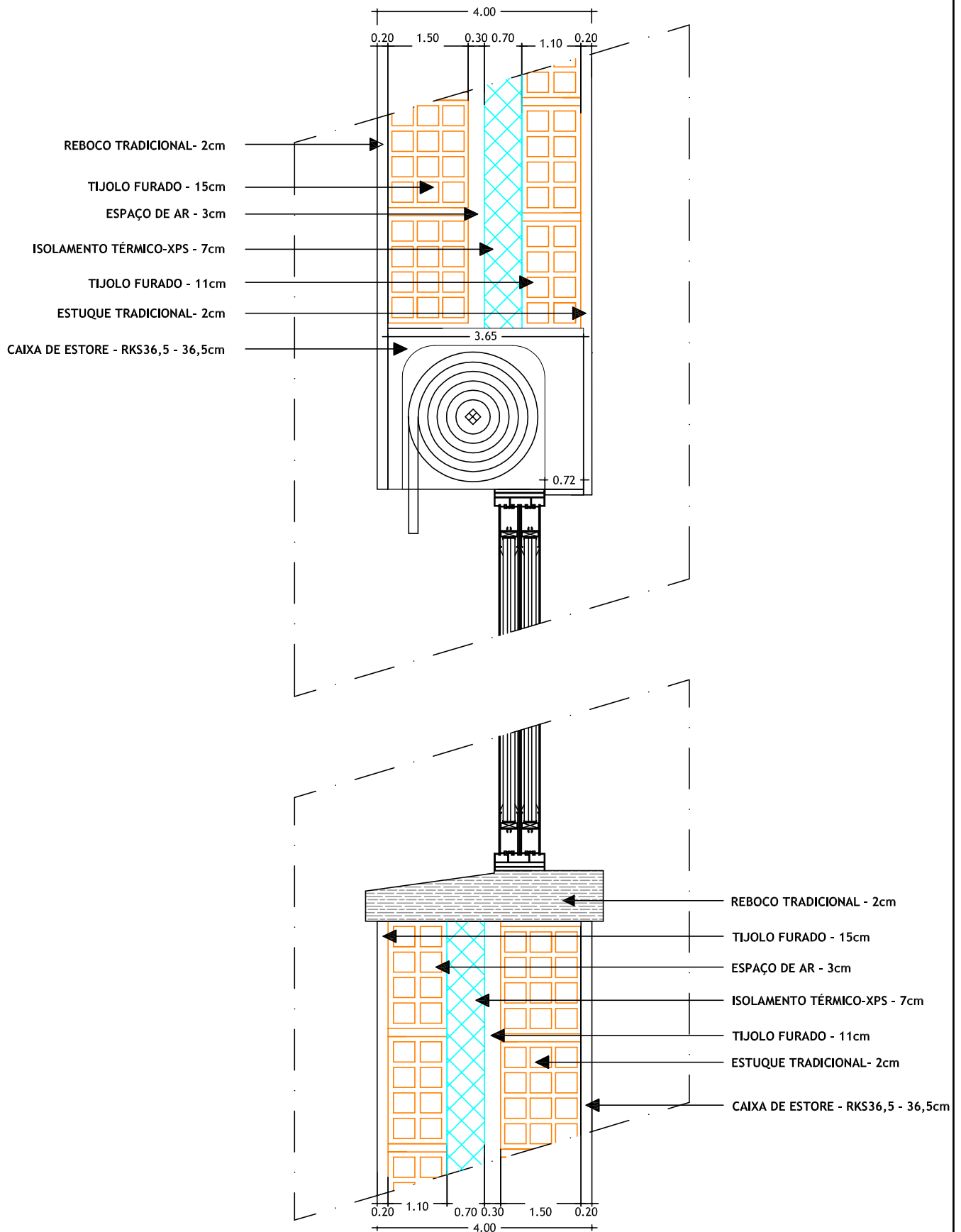
Outubro 2011

Escala: 1 / 10

Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Título: **LIGAÇÃO DE 2 PAREDES VERTICAIS
PORMENOR EXTERIOR 14**

Anexo nº:
2.10



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Covilhã | Portugal

Francisco Álvaro Fernandes Carriço

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar

Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

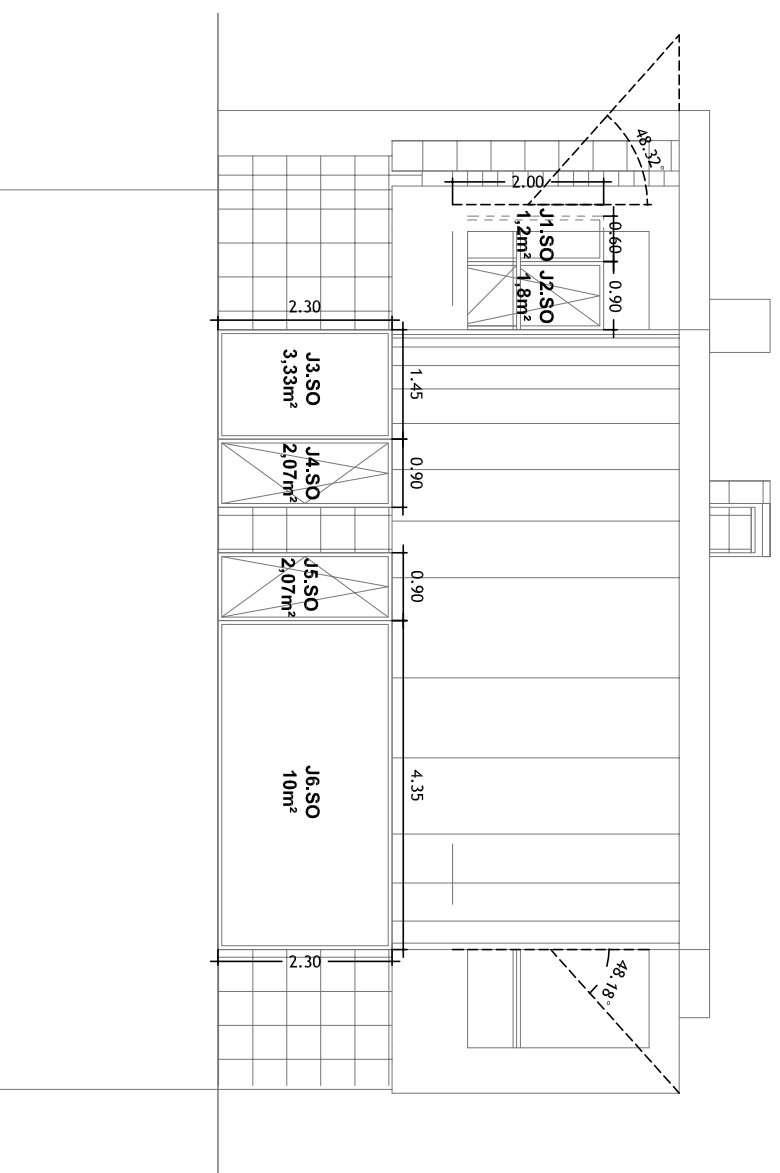
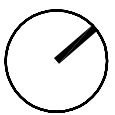
Título: LIGAÇÃO DE FACHADA COM PADIEIRA, OMBREIRA,
PEITORIL . PORMENOR EXTERIOR 15

Outubro 2011

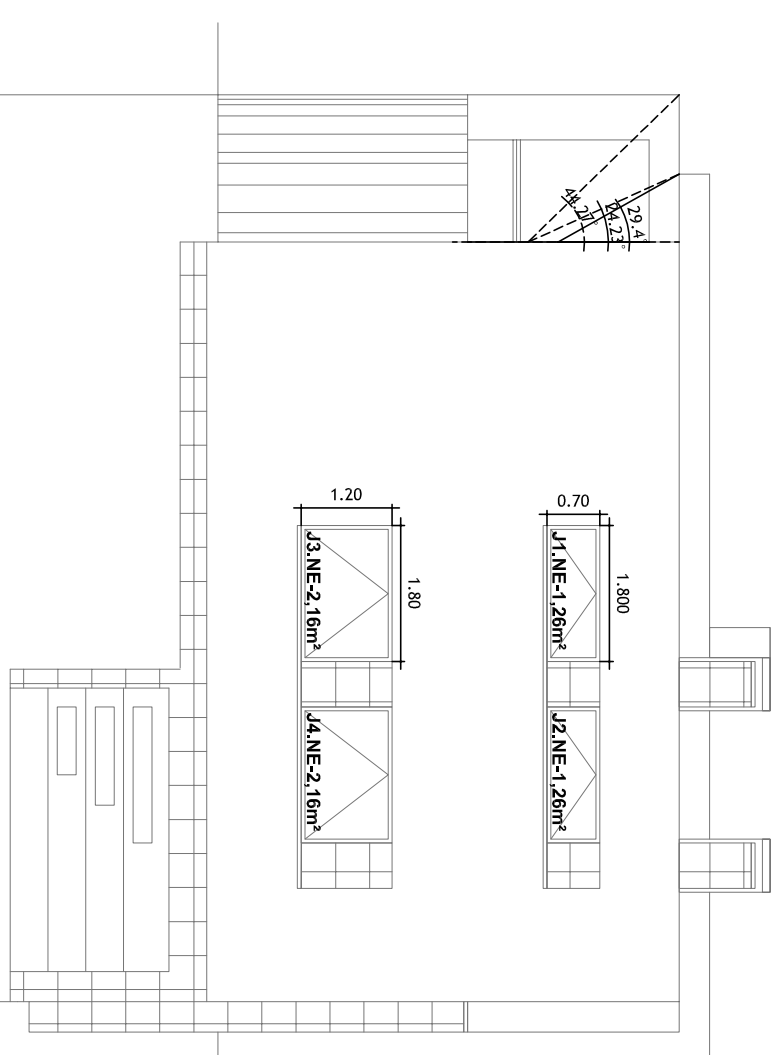
Escala: 1 / 10

Anexo nº:

2.11



ALÇADO LATERAL ESQUERDO - SO



ALÇADO LATERAL DIREITO - NE



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Covilhã | Portugal

Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar

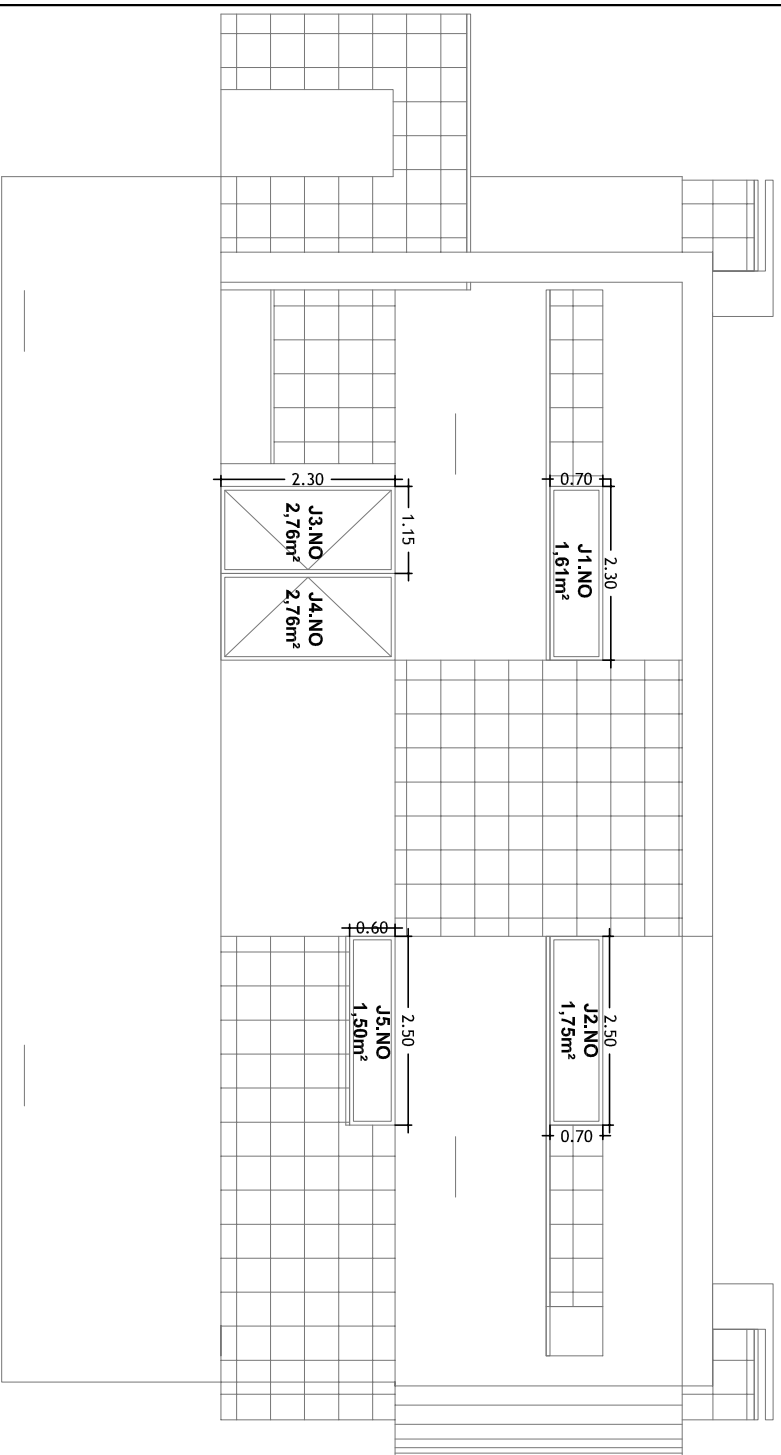
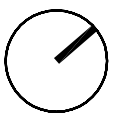
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Outubro 2011

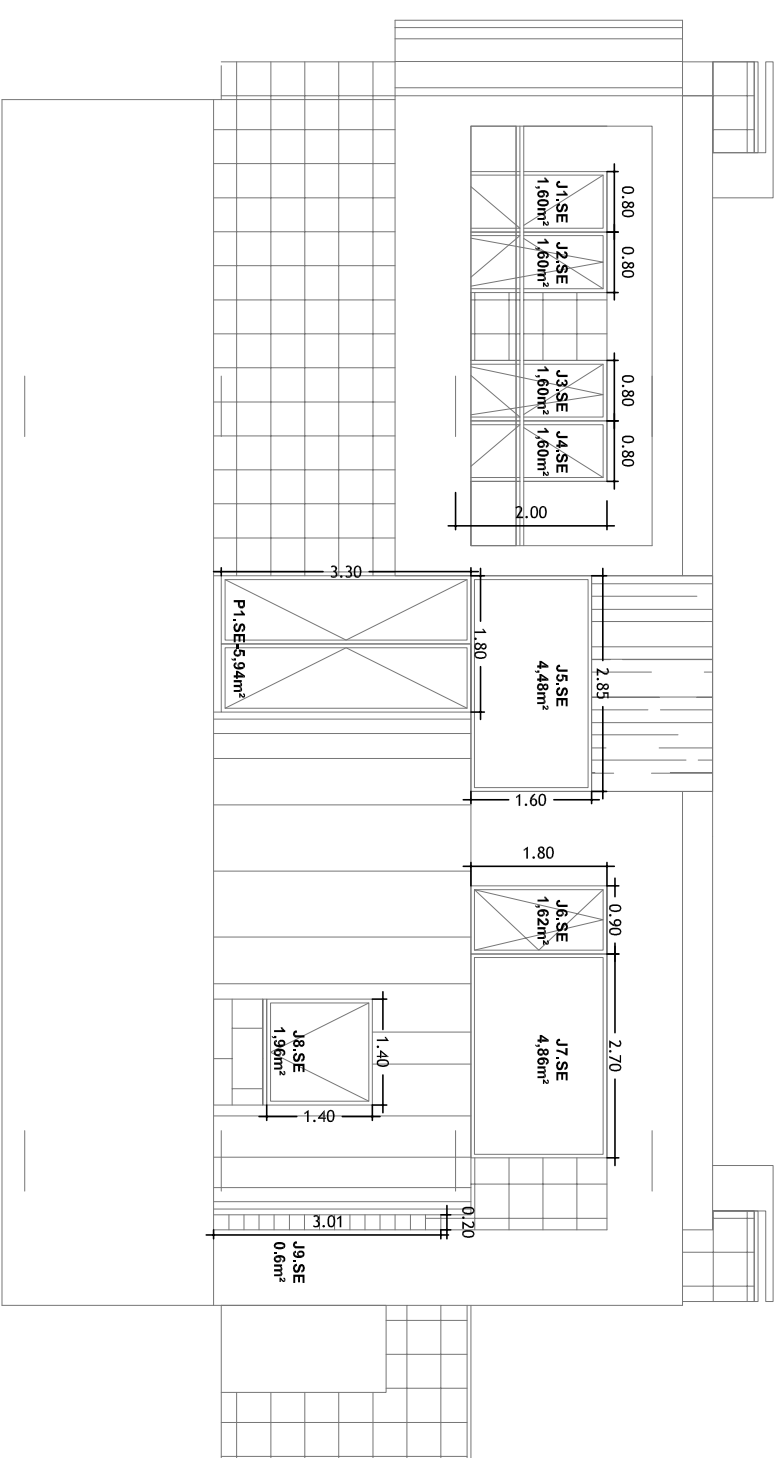
Escala: 1/100

Título:
**VÃOS ENVIDRAÇADOS E INCLINAÇÃO DOS
FACTORES DE OBSRTUÇÃO - ALÇADO SO e NE**

Anexo n.º:
2.12



ALÇADO POSTERIOR - NO



ALÇADO PRINCIPAL - SE



Francisco Álvaro Fernandes Carrico

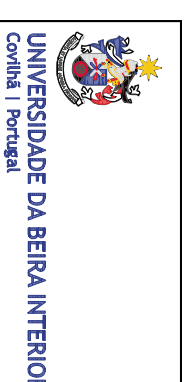
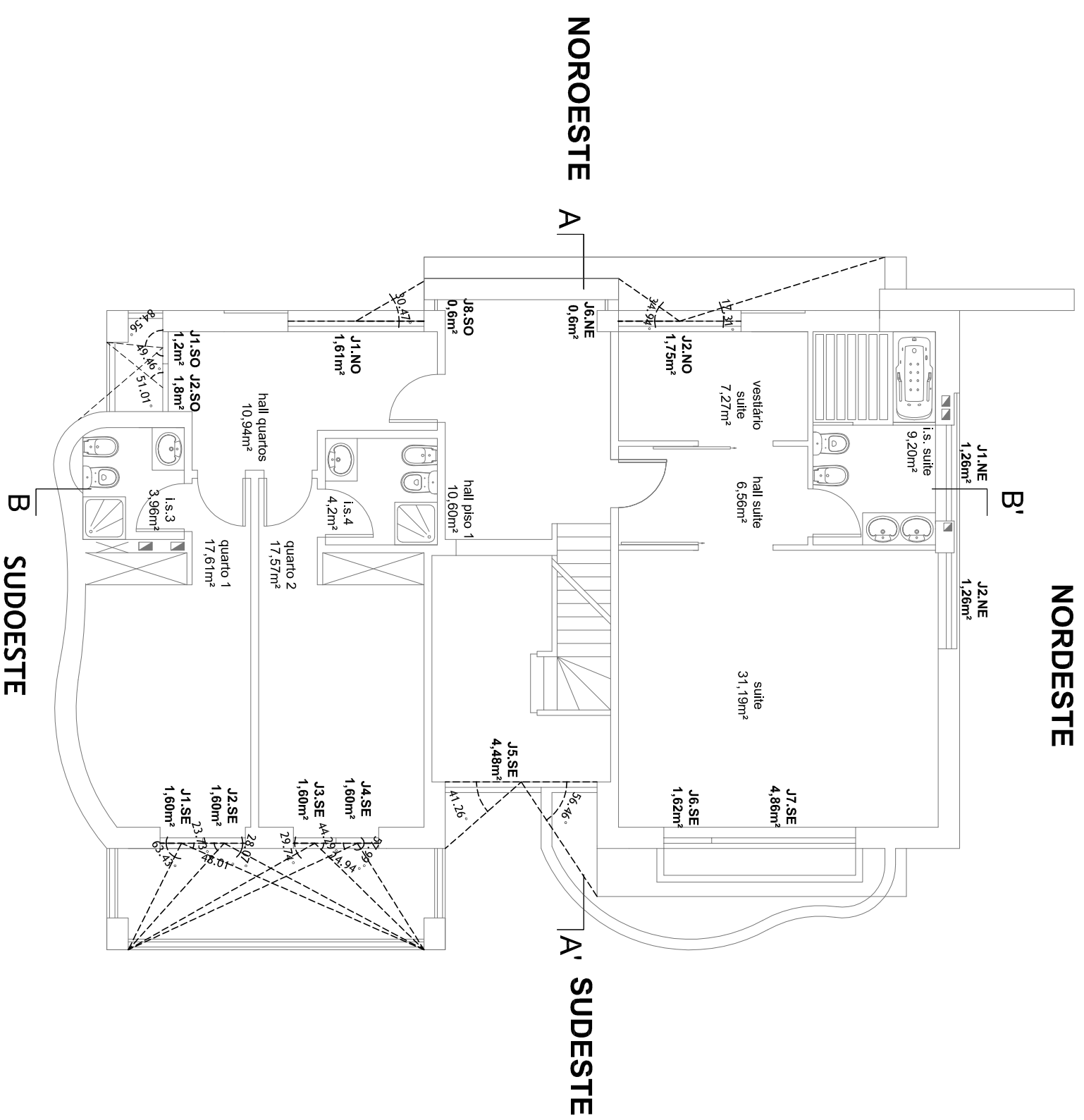
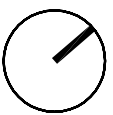
Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Outubro 2011
Escala: 1/100

Título: **VÃOS ENVIDRAÇADOS E INCLINAÇÃO DOS FACTORES DE OBRSTUÇÃO - ALÇADO NO e SE**

Anexo n.º: **2.13**



Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

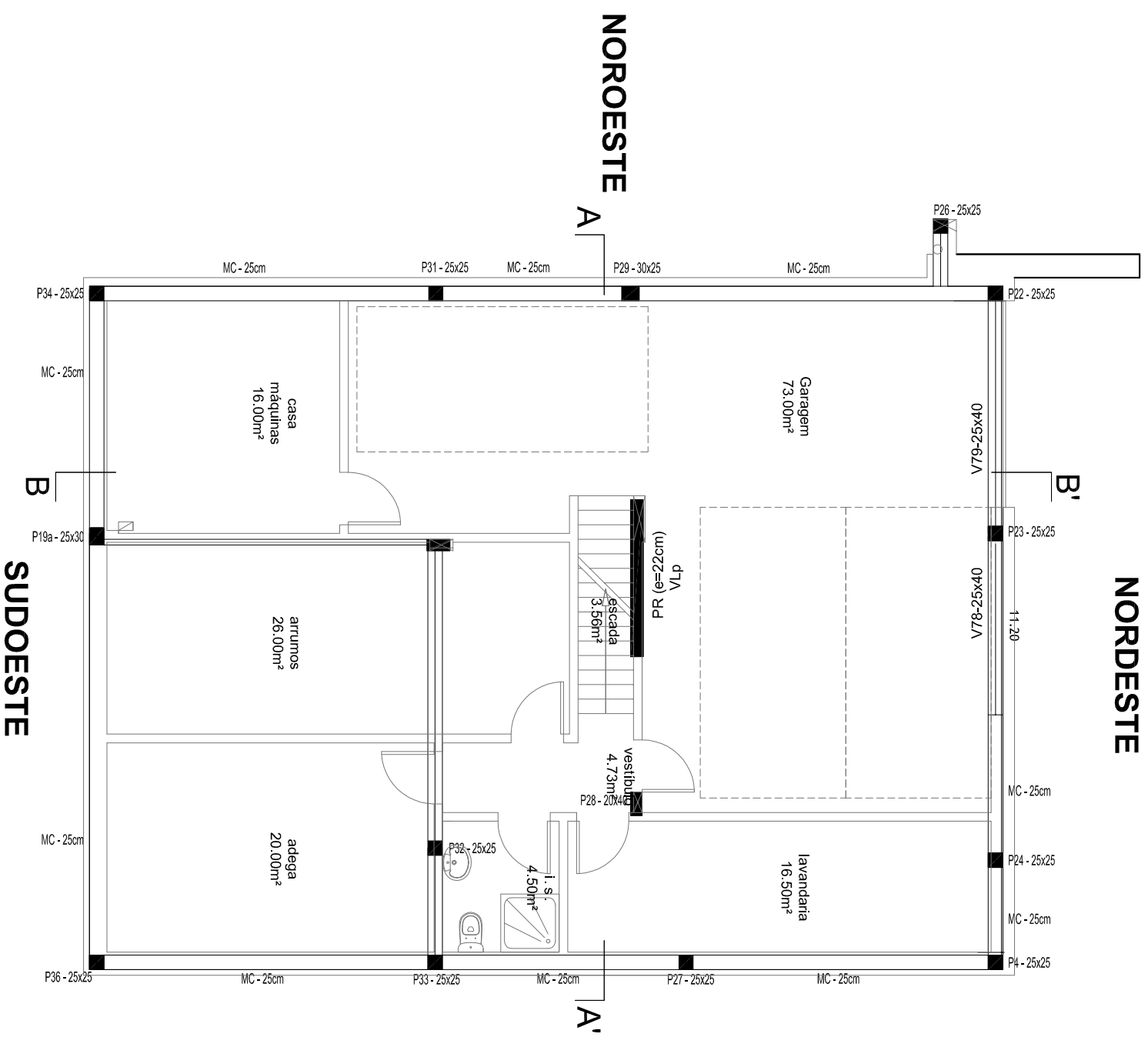
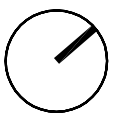
Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **VÃOS ENVIDRAÇADOS E INCLINAÇÃO DOS FACTORES DE OBSRTUÇÃO - ALÇADO SO e NE**

Outubro 2011
Escala: 1/100

Anexo n.º: **2.15**



Universidade da Beira Interior
Covilhã | Portugal

Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

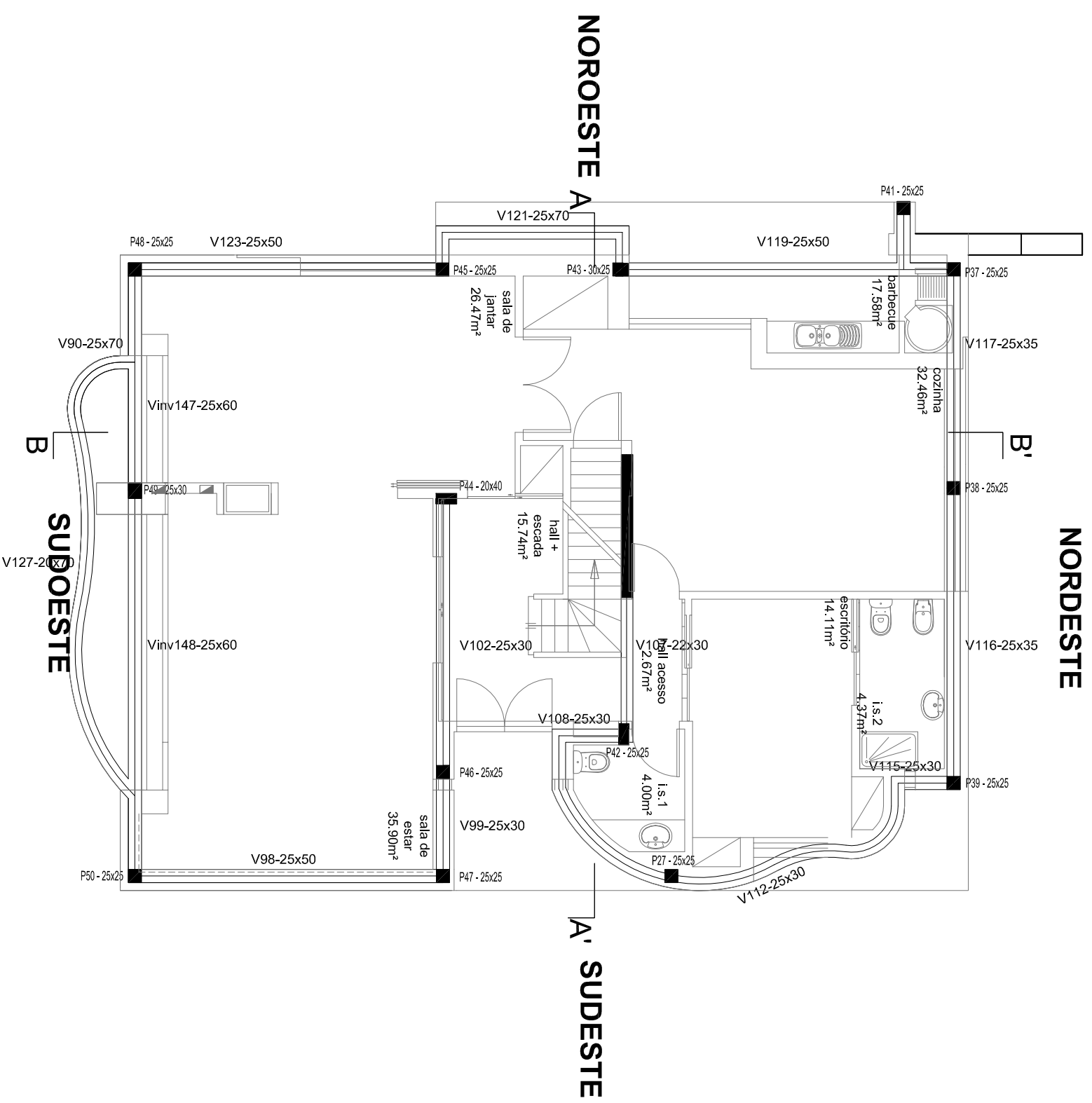
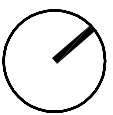
Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundação | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **PROJECTO DE ESTABILIDADE**
PISO - 1

Outubro 2011
Escala: 1/100

Anexo n.º:
2.16



Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

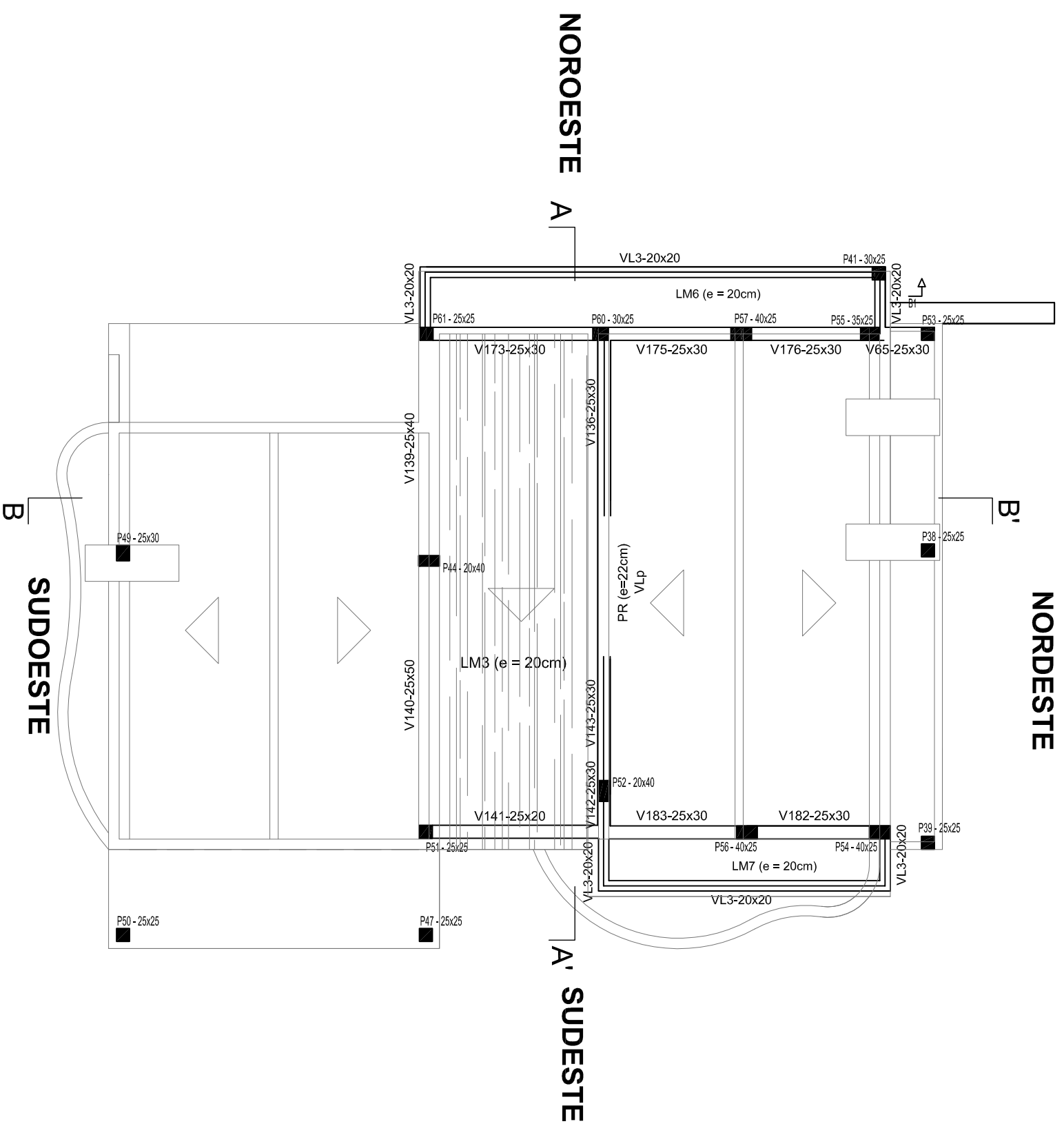
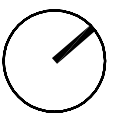
Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundação | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **PROJECTO DE ESTABILIDADE PISO 0**

Outubro 2011
Escala: 1/100

Anexo n.º: **2.17**



Francisco Álvaro Fernandes Carrigo

Disertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundação | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

Título: **PROJECTO DE ESTABILIDADE COBERTURA**

Outubro 2011
Escala: 1/100

Anexo n.º: **2.19**

Anexo A.2

Fichas RCCTE

3. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

3.1. PAREDE EXTERIOR (Pext1) (PORMENOR EXTERIOR 1)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			102,66 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,04	0,337	1,60	1
REBOCO DE ARGAMASSA DE CIMENTO	1800	1,3	0,02	36,0	150,0	0,02				
TIJOLO 15	1200		0,15	180,0		0,39				
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,037	0,07	2,8		1,89				
ESPAÇO DE AR			0,03			0,18				
TIJOLO 11	1200		0,11	132,0		0,27				
ESTUQUE TRADICIONAL	900	0,43	0,02	18,0		0,05				
ESPESSURA TOTAL			0,4							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ----							2,964			

3.2. PAREDE EXTERIOR (Pext2) (PORMENOR EXTERIOR 2)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			58,27 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,04	0,339	1,60	1
ACABAMENTO EXTERIOR - MÁRMORE	2700	3,5	0,02	54,0	150,0	0,01				
TIJOLO 15	1200		0,15	180,0		0,39				
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,037	0,07	2,8		1,89				
ESPAÇO DE AR			0,03			0,18				
TIJOLO 11	1200		0,11	132,0		0,27				
ESTUQUE TRADICIONAL	900	0,43	0,02	18,0		0,05				
ESPESSURA TOTAL			0,4							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ----							2,954			

3.3. PONTE TÉRMICA PLANA - PILAR [PTPpilar1] (PORMENOR EXTERIOR 3)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			3,66 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,04	0,60	0,68	1
REBOCO DE ARGAMASSA DE CIMENTO	1800	1,3	0,02	36,0	102,0	0,02				
BETÃO ARMADO	2500	2	0,25	625,0		0,13				
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,036	0,04	1,6		1,11				
TIJOLO 7	1200		0,07	84,0		0,19				
ESTUQUE TRADICIONAL	900	0,43	0,02	18,0		0,05				
ESPESSURA TOTAL			0,4							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ----							1,658			

3.4. PONTE TÉRMICA PLANA - PILAR [PTPpilar2] (PORMENOR EXTERIOR 4)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			1,47 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,04	0,61	0,68	1
ACABAMENTO EXTERIOR - MÁRMORE	2700	3,5	0,02	54,0	102,0	0,01				
BETÃO ARMADO	2500	2	0,25	625,0		0,13				
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,036	0,04	1,6		1,11				
TIJOLO 7	1200		0,07	84,0		0,19				
ESTUQUE TRADICIONAL	900	0,43	0,02	18,0		0,05				
ESPESSURA TOTAL			0,4							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ----							1,648			

3.5. PONTE TÉRMICA PLANA - VIGA [PTPviga1] (PORMENOR EXTERIOR 5)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			32,54 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,04	0,58	0,68	1
REBOCO DE ARGAMASSA DE CIMENTO	1800	1,3	0,02	36,0	102,0	0,02				
BETÃO ARMADO	2500	2	0,25	625,0		0,19				
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,036	0,04	1,6		1,11				
TIJOLO 7	1200		0,07	84,0		0,19				
ESTUQUE TRADICIONAL	900	0,43	0,02	18,0		0,05				
ESPESSURA TOTAL			0,4							
fluxo interior							0,13			

R (total) [(m².°C)/W] ---- 1,723

3.6. PONTE TÉRMICA PLANA - CAIXA DE ESTORE [PTPestore1] (PORMENOR EXTERIOR 6)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			10,23 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,04	0,49	0,68	1
REBOCO DE ARGAMASSA DE CIMENTO	1800	1,3	0,015	27,0	18,0	0,01				
CAIXA DE ESTORE TECNISOL - RKS 36,5	1100	0,23	0,365	401,5		1,81				
ESTUQUE TRADICIONAL	900	0,43	0,02	18,0		0,05				
ESPESSURA TOTAL			0,4							
fluxo interior							0,13			

R (total) [(m².°C)/W] ---- 2,038

3.7. COBERTURA EXTERIOR VARANDA (PORMENOR EXTERIOR 7)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			13,48 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,04	U asc.	1,00	1
REVESTIMENTO CERÂMICO - COR CLARA	2300	1,3	0,015	34,5	597,0	0,01	0,69			
ARGAMASSA DE REGULARIZAÇÃO	1700	1	0,02	34,0		0,02				
TELA IMPERMIABILIZAÇÃO COM BETUME	1000	0,23	0,002	2,0		0,01				
ARGAMASSA DE REGULARIZAÇÃO	1700	1	0,02	34,0		0,02				
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,037	0,04	1,6		1,08	U desc.			
BETÃO ARMADO	2500	2	0,23	575,0		0,12	0,66			
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,02	22,0		0,05				
ESPESSURA TOTAL			0,347							
fluxo interior ascendente							0,10			
fluxo interior descendente							0,17			

R (total) [(m².°C)/W] ---- Asc 1,443 Desc 1,51

3.8. COBERTURA EXTERIOR PLANA INVERTIDA (PORMENOR EXTERIOR 8)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			15,91 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,04	U asc.	1,00	1
BETONILHA PARA PROTECÇÃO	2000	1,8	0,04	80,0	629,7	0,02	0,328			
FILME PLÁSTICO	1700	0,25	0,002	3,4		0,01				
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	1000	0,037	0,1	100,0		2,70				
TELA FLEXÍVEL IMPREGNADA COM BETUME	1100	0,23	0,002	2,2		0,01	0,320			
ARGAMASSA PARA CRIAR PENDENTE	1800	1	0,02	36,0		0,02				
BETÃO	2500	2	0,23	575,0		0,12				
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,015	16,5		0,03				
ESPESSURA TOTAL			0,409							
fluxo interior ascendente							0,10			
fluxo interior descendente							0,17			

R (total) [(m².°C)/W] ---- Asc 3,052 Desc 3,12

3.9. COBERTURA EXTERIOR INCLINADA - (PORMENOR EXTERIOR 9)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			25,00 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior ascendente						0,10				
fluxo exterior descendente						0,17	U asc.			
TELHA CERÂMICA TIPO ABA E CANUDO										
ESPAÇO DE AR FORTEMENTE VENTILADO										
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,037	0,04	1,6	590,0	1,08	0,699	1,00	1	
BETÃO	2500	2	0,23	575,0		0,12				
ESTUQUE PROJECTADO	1000	0,43	0,015	15,0		0,03	U desc.			
										0,64
ESPESSURA TOTAL			0,285							
fluxo interior ascendente						0,10				
fluxo interior descendente						0,17				
R (total) [(m ² .°C)/W] ---- Asc 1,431 Desc 1,57										

3.10. COBERTURA EXTERIOR SOB DESVÃO NÃO ÚTIL (PORMENOR EXTERIOR 10)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			84,30 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior ascendente						0,10				
fluxo exterior descendente						0,17	U asc.			
BETONILHA PARA PROTECÇÃO	2000	1,8	0,04	80,0	591,5	0,02	0,325	1,00	1	
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	1000	0,037	0,1	100,0		2,70				
BETÃO	2500	2	0,23	575,0		0,12				
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,015	16,5		0,03	U desc.			
ESPESSURA TOTAL			0,385							0,31
fluxo interior ascendente						0,10				
fluxo interior descendente						0,17				
R (total) [(m ² .°C)/W] ---- Asc 3,075 Desc 3,21										

3.11. PAVIMENTO EXTERIOR - PISO 1 - (PORMENOR EXTERIOR 11)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			14,10 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior						0,04	U desc.			
ARGAMASSA	1800	1,3	0,015	27,0	80,0	0,01	0,627	1,00	1	
BETÃO	2500	2	0,23	575,0		0,12				
BETÃO DE AGREGADOS LEVE DE ARGILA EXP.	1600	0,85	0,06	96,0		0,07				
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,037	0,04	1,6		1,08				
BETONILHA	2000	1,8	0,04	80,0		0,02				
ACABAMENTO DE PISO (MADEIRA OU CERÂMICA)		0,18	0,015			0,08				
ESPESSURA TOTAL			0,4							
fluxo interior descendente						0,17				
R (total) [(m ² .°C)/W] ---- Asc 1,424 Desc 1,59										

3.12. PAVIMENTO INTERIOR EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL - CERÂMICA (PORMENOR EXTERIOR 12)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			40,83 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior descendente						0,17	U desc.			
ARGAMASSA	40	1,3	0,015	0,6	757,0	0,01	0,600	1,30	1	
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,037	0,04	1,6		1,08				
BETÃO	2500	2	0,23	575,0		0,12				
BETÃO DE AGREGADOS LEVES E ARG. EXPANDIDA	1200	0,7	0,06	72,0		0,09				
BETONILHA	2000	1,8	0,04	80,0		0,02				
LADRILHOS CERÂMICOS	2000	1,3	0,015	30,0		0,01				
ESPESSURA TOTAL			0,4							
fluxo interior descendente						0,17				
R (total) [(m ² .°C)/W] ---- Desc 1,67										

3.13. PAVIMENTO INTERIOR EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL - MADEIRA (PORMENOR EXTERIOR 13)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			90,71 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior descendente							0,17	U desc.	1,3 EM ZONAS COM τ > 0.7 ENTÃO U=1W/m ² °C	1
ARGAMASSA	40	1,3	0,015	0,6	734,8	0,01	0,57			
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,037	0,04	1,6		1,08				
BETÃO	2500	2	0,23	575,0		0,12				
BETÃO DE AGREGADOS LEVES E ARG. EXPANDIDA	1200	0,7	0,06	72,0		0,09				
BETONILHA	2000	1,8	0,04	80,0		0,02				
PAINEL DE MADEIRA LISO	520	0,15	0,015	7,8		0,10				
ESPESSURA TOTAL			0,4							
fluxo interior descendente							0,17			
R (total) [(m ² .°C)/W] ----			Desc	1,76						

3.14. PAREDE EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL (CAVE) (Pznu1)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			6,90 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,13	1,24	2,00	1
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,015	16,5	257,1	0,03				
TIJOLO 20	1200		0,2	240,0		0,50				
ARGAMASSA	40	1,3	0,015	0,6		0,01				
ESPESSURA TOTAL			0,23							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ----				0,806						

3.15. PAREDE EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL (CAVE) (Pznu2)

DESCRIÇÃO:							ÁREA			5,58 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,13	1,04	2,00	1
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,015	16,5	550,6	0,03				
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO - XPS	40	0,037	0,02	0,8		0,54				
BETÃO	2500	2	0,22	550,0		0,11				
ARGAMASSA	40	1,3	0,015	0,6		0,01				
ESPESSURA TOTAL			0,27							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ----				0,957						

3.16. PAREDE COMPARTIMENTAÇÃO 20 Cm

DESCRIÇÃO:							ÁREA			15,82 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,13	1,31	---	1
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,02	22,0	235,0	0,05				
TIJOLO 15	1200		0,15	180,0		0,39				
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,03	33,0		0,07				
ESPESSURA TOTAL			0,2							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ----				0,766						

3.17. PAREDE COMPARTIMENTAÇÃO 15 Cm

DESCRIÇÃO:							ÁREA			105,39 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,13	1,61	---	1
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,02	22,0	176,0	0,05				
TIJOLO 11	1200		0,11	132,0		0,27				
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,02	22,0		0,05				
ESPESSURA TOTAL			0,15							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ---- 0,623										

3.18. PAREDE COMPARTIMENTAÇÃO 10 Cm

DESCRIÇÃO:							ÁREA			43,32 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,13	1,92	---	1
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,02	22,0	117,0	0,05				
TIJOLO 7	1200		0,07	84,0		0,19				
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,01	11,0		0,02				
ESPESSURA TOTAL			0,1							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ---- 0,520										

3.19. PAVIMENTO INTERMÉDIO - PISO 1

DESCRIÇÃO:							ÁREA			119,10 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,10	2,15	---	1
LADRILHOS CERÂMICOS SOALHO DE MADEIRA		1,3	0,01		709,0	0,01				
BETONILHA	2000	1,8	0,02	40,0		0,01				
BETÃO AGREGADOS LEVES ARGILA EXP.	1200	0,7	0,06	72,0		0,09				
BETÃO	2500	2	0,23	575,0		0,12				
ESTUQUE PROJECTADO	1100	0,43	0,02	22,0		0,05				
ESPESSURA TOTAL			0,34							
fluxo interior							0,10			
R (total) [(m ² .°C)/W] ---- 0,466										

3.20. PORTA ENVOLVENTE EXTERIOR - PISO 0

DESCRIÇÃO:							ÁREA			5,94 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,04	0,80	---	1
ALUMINIO - (COR CASTANHA)	2700	230	0,005	13,5	13,5	0,00				
ISOLANTE PUR	40	0,037	0,04	1,6		1,08				
ALUMINIO - (COR CASTANHA)	2700	230	0,005	13,5		0,00				
ESPESSURA TOTAL			0,05							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ---- 1,251										

3.21. PORTA DA ENVOLVENTE INTERIOR - EM CONTACTO COM ENU

DESCRIÇÃO:							ÁREA			1,70 m ²
CAMADA	ρ (kg/m ³)	λ (W/m°C)	e (m)	m (kg/m ²)	m _t (kg/m ²)	R (m ² °C/W)	U (W/m ² °C)	U _{max} (W/m ² °C)	Factor de Correção (r)	
fluxo exterior							0,13	1,74	---	1
MADEIRAS LEVES	565	0,15	0,01	5,7	11,3	0,07				
ESPAÇO DE AR			0,03			0,18				
MADEIRA DE CARVALHO	565	0,15	0,01	5,7		0,07				
ESPESSURA TOTAL			0,05							
fluxo interior							0,13			
R (total) [(m ² .°C)/W] ---- 0,573										

3.21 ENVOLVENTE OPACA (REQUISITOS MÍNIMOS)

I_2	$U_{PTP} \leq 2 \times U_{ZC}$	U (W/m ² °C)	$U_{m\acute{a}x}$ (W/m ² °C)
Elementos Exteriores Verticais			
3.1. PAREDE EXTERIOR (Pext1) (PORMENOR EXTERIOR 1)		0,34	1,6
3.2. PAREDE EXTERIOR (Pext2) (PORMENOR EXTERIOR 2)		0,34	1,6
Elementos Exteriores Horizontais			
3.7. COBERTURA EXTERIOR VARANDA (PORMENOR EXTERIOR 7)		0,69	1
3.8. COBERTURA EXTERIOR PLANA INVERTIDA (PORMENOR EXTERIOR 8)		0,33	1
3.9. COBERTURA EXTERIOR INCLINADA - (PORMENOR EXTERIOR 9)		0,70	1
3.10. COBERTURA EXTERIOR SOB DESVÃO NÃO ÚTIL (PORMENOR EXTERIOR 10)		0,33	1
3.11. PAVIMENTO EXTERIOR - PISO 1 - (PORMENOR EXTERIOR 11)		0,63	1
Pontes Térmicas Planas			
3.3. PONTE TÉRMICA PLANA - PILAR [PTPpilar1] (PORMENOR EXTERIOR 3)		0,60	0,67
3.4. PONTE TÉRMICA PLANA - PILAR [PTPpilar2] (PORMENOR EXTERIOR 4)		0,61	0,68
3.5. PONTE TÉRMICA PLANA - VIGA [PTPviga1] (PORMENOR EXTERIOR 5)		0,58	0,67
3.6. PONTE TÉRMICA PLANA - CAIXA DE ESTORE [PTPestore1] (PORMENOR EXTERIOR 6)		0,49	0,67
Elementos Interiores Verticais			
3.14. PAREDE EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL (CAVE) (Pznu1)		1,24	2
3.15. PAREDE EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL (CAVE) (Pznu2)		1,04	2
Elementos Interiores Horizontais			
3.12. PAVIMENTO INTERIOR EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL - CERÂMICA (PORMENOR EXTERIOR 12)		0,60	1,3
3.13. PAVIMENTO INTERIOR EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL - MADEIRA (PORMENOR EXTERIOR 13)		0,57	1,3

4. VÃOS ENVIDRAÇADOS

4.1 Vãos Envidraçados Fixos - Com protecção exterior

Envidraçado reflectante incolor (vidro duplo 6 mm incolor + incolor de 6 mm | Com lâmina de ar de 16 mm)

Caixilharia em alumino | fixo | sem classificação | sem quadricula

Protecção exterior, persiana régua plástica de cor escura

Protecção interior, cortina interior muito transparente (cor clara)

Factor solar do vidro	0,44	Vidro duplo incolor + incolor 6 mm + 6 mm com lâmina de ar de 16 mm
U_{wdn} (Coeficiente de transmissão térmica) (W/(m ² .°C))	1,18	Verificar a ficha técnica e cálculo no capítulo 3.6.1
Factor solar do vão envidraçado (INVERNO)	0,44	Considera-se o factor solar do vidro
Factor solar do vão envidraçado (VERÃO)	0,20	Persiana régua plástica de cor escura, (0,3x0,44) + (0,7x0,09)
Factor solar do vão envidraçado com a protecção 100% activa	0,09	Factor solar correspondente ao vão envidraçado com os respectivos dispositivos de protecção solar 100% activos (Persiana régua plástica cor escura)

4.2 Vãos Envidraçados Fixos - Sem protecção exterior

Envidraçado reflectante incolor (vidro duplo 6 mm incolor + incolor de 6 mm | Com lâmina de ar de 16 mm)

Caixilharia em alumino | fixo | sem classificação | sem quadricula

Sem protecção exterior

Sem protecção interior

Factor solar do vidro	0,44	Vidro duplo incolor + incolor 6 mm + 6 mm com lâmina de ar de 16 mm
U_w (Coeficiente de transmissão térmica) (W/(m ² .°C))	1,3	Verificar a ficha técnica no capítulo 3.6.1
Factor solar do vão envidraçado (INVERNO)	0,44	Considera-se o factor solar do vidro
Factor solar do vão envidraçado (VERÃO)	0,44	Não tem protecção exterior
Factor solar do vão envidraçado com a protecção 100% activa	0,44	Factor solar correspondente ao vão envidraçado com os respectivos dispositivos de protecção solar 100% activos. Não tem protecção exterior

4.3 Vãos Envidraçados Oscilo-Batente - Com protecção exterior		
Envidraçado reflectante incolor (vidro duplo 6 mm incolor + incolor de 6 mm Com lâmina de ar de 16 mm) Caixilharia em alumino fixo sem classificação sem quadricula Protecção exterior, persiana régua plástica de cor escura Protecção interior, cortina interior muito transparente (cor clara)		
Factor solar do vidro	0,44	Vidro duplo incolor + incolor 6 mm + 6 mm com lâmina de ar de 16 mm
U_{wdn} (Coeficiente de transmissão térmica) (W/(m ² .°C))	1,57	Verificar a ficha técnica e cálculo no capítulo 3.6.1
Factor solar do vão envidraçado (INVERNO)	0,44	Considera-se o factor solar do vidro
Factor solar do vão envidraçado (VERÃO)	0,20	Persiana régua plástica de cor escura, (0,3x0,44) + (0,7x0,09)
Factor solar do vão envidraçado com a protecção 100% activa	0,09	Factor solar correspondente ao vão envidraçado com os respectivos dispositivos de protecção solar 100% activos (Persiana régua plástica cor escura)

4.4. PORTAS DE ACESSO PARA O EDIFÍCIO - P1.SE

Porta de painel fenólico de 10 mm + 10 mm, com isolamento de 8 cm pelo meio em Espuma Poliuretano. Considera-se R_{si} , R_{se} e R da manta e das respectivas laminas de fenólico para a correspondente espessura, o valor de U é 0,80 W/m².°C

4.5. ENVIDRAÇADOS (REQUISITOS MÍNIMOS)

A Classe de Inércia Térmica é **FORTE**

Zona Climática	V ₁ N	logo o nosso factor solar máximo admissível é:	0,56
----------------	------------------	--	------

4.1 Vãos Envidraçados Fixos - Com protecção exterior	Factor solar do vão envidraçado com os dispositivos de protecção 100% activos	0,09
4.2 Vãos Envidraçados Fixos - Sem protecção exterior	Factor solar do vão envidraçado com os dispositivos de protecção 100% activos	0,44
4.3 Vãos Envidraçados Oscilo-Batente - Com protecção exterior	Factor solar do vão envidraçado com os dispositivos de protecção 100% activos	0,44

5. OBSTRUÇÕES

5.1. ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

Envidraçado	Área (m ²)	Factor de Orientação	ângulo de horizonte	F _h	Elementos Horizontais	F _o	Elementos verticais esquerda	Elementos verticais direita	F _{f-esq}	F _{f-drt}	F _f	F _g	F _w	*F _o ×F _f	F _s =F _h ×F _o ×F _f	F _s X _j >= 0,27	Valores a Usar
J1.NO	1,61	0,33	20	0,960	0	1,000	0	30	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	0,900	0,96	0,32	0,96
J2.NO	1,75	0,33	20	0,960	0	1,000	35	17	0,87	1,000	0,873	0,70	0,90	0,900	0,84	0,28	0,84
J3.NO	2,76	0,33	20	0,960	0	1,000	37	35	0,87	1,000	0,867	0,70	0,90	0,900	0,83	0,27	0,83
J4.NO	2,76	1,33	20	0,960	0	1,000	66	27	0,80	1,000	0,800	0,70	0,90	0,900	0,77	1,02	0,77
J5.NO	1,50	0,33	20	0,960	0	1,000	0	7	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	0,900	0,96	0,32	0,96
J1.NE	1,26	0,33	20	0,960	0	1,000	0	0	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	0,900	0,96	0,32	0,96
J2.NE	1,26	0,33	20	0,960	0	1,000	0	0	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	1,000	0,96	0,32	0,96
J3.NE	2,16	0,33	20	0,960	0	1,000	0	0	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	1,000	0,96	0,32	0,96
J4.NE	2,16	0,33	20	0,960	0	1,000	0	0	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	1,000	0,96	0,32	0,96
J5.NE	0,56	0,33	45	0,800	0	1,000	0	63	1,00	0,800	0,800	0,70	0,90	0,800	0,64	0,21	0,64
J6.NE	0,60	0,33	45	0,800	0	1,000	0	0	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	1,000	0,80	0,26	0,80
J1.SE	1,60	0,84	20	0,880	48	0,602	24	63	0,98	0,790	0,771	0,70	0,90	0,464	0,41	0,34	0,41
J2.SE	1,60	0,84	20	0,880	48	0,602	28	48	0,97	0,846	0,822	0,70	0,90	0,495	0,44	0,37	0,44
J3.SE	1,60	0,84	20	0,880	48	0,602	44	30	0,95	0,910	0,865	0,70	0,90	0,521	0,46	0,39	0,46
J4.SE	1,60	0,84	20	0,880	48	0,602	58	25	0,92	0,925	0,846	0,70	0,90	0,510	0,45	0,38	0,45
J5.SE	1,96	0,84	20	0,880	24	0,808	56	41	0,92	0,873	0,804	0,70	0,90	0,650	0,57	0,48	0,57
J6.SE	1,62	0,84	20	0,880	44	0,639	0	0	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	0,639	0,56	0,47	0,56
J7.SE	4,86	0,84	20	0,880	44	0,639	0	0	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	0,639	0,56	0,47	0,56
J8.SE	1,96	0,84	20	0,880	0	1,000	0	33	1,00	0,900	0,900	0,70	0,90	0,900	0,79	0,67	0,79
J9.SE	0,60	0,84	45	0,480	0	1,000	0	0	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	1,000	0,48	0,40	0,48
J1.SO	1,20	0,84	20	0,880	48	0,602	49	85	0,84	0,910	0,765	0,70	0,90	0,461	0,41	0,34	0,41
J2.SO	1,80	0,84	45	0,480	48	0,602	0	51	1,00	0,934	0,934	0,70	0,90	0,562	0,27	0,23	0,27
J3.SO	3,33	0,84	20	0,880	54	0,546	37	47	0,89	0,945	0,838	0,70	0,90	0,458	0,40	0,34	0,40
J4.SO	2,07	0,84	20	0,880	54	0,546	70	22	0,79	0,978	0,773	0,70	0,90	0,422	0,37	0,31	0,37
J5.SO	2,07	0,84	20	0,880	54	0,546	10	72	0,97	0,910	0,883	0,70	0,90	0,482	0,42	0,36	0,42
J6.SO	10,00	0,84	20	0,880	54	0,546	20	22	0,94	0,978	0,919	0,70	0,90	0,502	0,44	0,37	0,44
J7.SO	0,56	0,84	45	0,480	0	1,000	44	0	0,86	1,000	0,863	0,70	0,90	0,863	0,41	0,35	0,41
J8.SO	0,60	0,84	45	0,480	0	1,000	0	0	1,00	1,000	1,000	0,70	0,90	1,000	0,48	0,40	0,48

57,41

*** QUANDO IGUAL A 1 (SEM PALAS), PARA CONTABILIZAR O EFEITO DE SOMBREAMENTO DEVIDO AO CONTORNO DOS VÃOS CONSIDERAR ESTE PRODUTO IGUAL A 0,90**

5.2. ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

Envidraçado	Área (m ²)	ângulo de horizonte	F _h	Elementos Horizontais	F _o	Elementos verticais esquerda	Elementos verticais direita	F _{f_esq}	F _{f_drt}	F _f	F _g	F _w	F _o ×F _f
J1.NO	1,61	20	1,00	0	1,000	0	30	1,00	0,86	0,860	0,70	0,85	0,860
J2.NO	1,75	20	1,00	0	1,000	35	17	1,00	0,92	0,921	0,70	0,85	0,921
J3.NO	2,76	20	1,00	0	1,000	37	35	1,00	0,83	0,833	0,70	0,85	0,833
J4.NO	2,76	20	1,00	0	1,000	66	27	1,00	0,87	0,874	0,70	0,85	0,874
J5.NO	1,50	20	1,00	0	1,000	0	7	1,00	0,97	0,967	0,70	0,85	0,967
J1.NE	1,26	20	1,00	0	1,000	0	0	1,00	1,00	1,000	0,70	0,85	1,000
J2.NE	1,26	20	1,00	0	1,000	0	0	1,00	1,00	1,000	0,70	0,85	1,000
J3.NE	2,16	20	1,00	0	1,000	0	0	1,00	1,00	1,000	0,70	0,85	1,000
J4.NE	2,16	20	1,00	0	1,000	0	0	1,00	1,00	1,000	0,00	0,85	1,000
J5.NE	0,56	45	1,00	0	1,000	0	63	1,00	1,00	1,000	0,70	0,85	1,000
J6.NE	0,60	45	1,00	0	1,000	0	0	1,00	1,00	1,000	0,70	0,85	1,000
J1.SE	1,60	20	1,00	48	0,556	24	63	0,97	0,77	0,880	0,70	0,85	0,489
J2.SE	1,60	20	1,00	48	0,556	28	48	0,96	0,83	0,880	0,70	0,85	0,489
J3.SE	1,60	20	1,00	48	0,556	44	30	0,95	0,91	0,860	0,70	0,85	0,478
J4.SE	1,60	20	1,00	48	0,556	58	25	0,93	0,93	0,863	0,70	0,85	0,480
J5.SE	1,96	20	1,00	24	0,744	56	41	0,94	0,87	0,810	0,70	0,85	0,602
J6.SE	1,62	20	1,00	44	0,577	0	0	1,00	1,00	1,000	0,70	0,85	0,577
J7.SE	4,86	20	1,00	44	0,577	0	0	1,00	1,00	1,000	0,70	0,85	0,577
J8.SE	1,96	20	1,00	0	1,000	0	33	1,00	0,90	0,898	0,70	0,85	0,898
J9.SE	0,60	45	1,00	0	1,000	0	33	1,00	0,90	0,898	0,70	0,85	0,898
J1.SO	1,20	20	1,00	48	0,556	49	85	0,83	0,93	0,771	0,70	0,85	0,771
J2.SO	1,80	45	1,00	48	0,556	0	51	1,00	0,94	0,942	0,70	0,85	0,942
J3.SO	3,33	20	1,00	54	0,528	37	47	0,88	0,95	0,835	0,70	0,85	0,835
J4.SO	2,07	20	1,00	54	0,528	70	22	0,77	0,97	0,748	0,70	0,85	0,748
J5.SO	2,07	20	1,00	54	0,528	10	72	0,97	0,93	0,902	0,70	0,85	0,902
J6.SO	10,00	20	1,00	54	0,528	20	22	0,94	0,97	0,913	0,70	0,85	0,913
J7.SO	0,56	45	1,00	0	1,000	44	0	1,00	1,00	1,000	0,70	0,85	1,000
J8.SO	0,60	45	1,00	0	1,000	0	0	1,00	1,00	1,000	0,70	0,85	1,000

LEVANTAMENTO DIMENSIONAL

Area Útil de Pavimento 254,82 m²

Pé Direiro 2,85 m

EXTERIOR

DESCRIÇÃO		Norte	NE	Este	SE	Sul	SW	Oeste	NW	TOTAL	
ÁREAS (m ²)	3.1. PAREDE EXTERIOR (Pext1) (PORMENOR EXTERIOR 1)		30,70		26,78		15,70		29,48	102,66	
	3.2. PAREDE EXTERIOR (Pext2) (PORMENOR EXTERIOR 2)		7,30		16,78		4,94		29,25	58,27	
	3.3. PONTE TÉRMICA PLANA - PILAR [PTPpilar1] (PORMENOR EXTERIOR 3)		1,08		0,70		0,51		1,38	3,665	
	3.4. PONTE TÉRMICA PLANA - PILAR [PTPpilar2] (PORMENOR EXTERIOR 4)		0,96						0,52	1,475	
	3.5. PONTE TÉRMICA PLANA - VIGA [PTPviga1] (PORMENOR EXTERIOR 5)		7,83		6,53		9,73		8,45	32,54	
	3.6. PONTE TÉRMICA PLANA - CAIXA DE ESTORE [PTPestore1] (PORMENOR EXTERIOR 6)		2,16		2,46		2,73		2,88	10,23	
	3.20. PORTA ENVOLVENTE EXTERIOR - PISO 0				5,94					5,94	
	INTERIOR										
	PAREDES COMPARTIMENTAÇÃO										
		3.16. PAREDE COMPARTIMENTAÇÃO 20 Cm									15,82
		3.17. PAREDE COMPARTIMENTAÇÃO 15 Cm									105,39
		3.18. PAREDE COMPARTIMENTAÇÃO 10 Cm									43,32
	PAVIMENTO INTERMEDIO										
		3.19. PAVIMENTO INTERMÉDIO - PISO 1									119,10
	COBERTURAS										
	3.7. COBERTURA EXTERIOR VARANDA (PORMENOR EXTERIOR 7)									13,48	
	3.8. COBERTURA EXTERIOR PLANA INVERTIDA (PORMENOR EXTERIOR 8)									15,91	
	3.9. COBERTURA EXTERIOR INCLINADA - (PORMENOR EXTERIOR 9)									25,00	
	3.10. COBERTURA EXTERIOR SOB DESVÃO NÃO ÚTIL (PORMENOR EXTERIOR 10)									84,30	
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS OU EXTERIOR											
	3.11. PAVIMENTO EXTERIOR - PISO 1 - (PORMENOR EXTERIOR 11)									14,10	
	3.12. PAVIMENTO INTERIOR EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL - CERÂMICA (PORMENOR EXTERIOR 12)									40,83	
	3.13. PAVIMENTO INTERIOR EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL - MADEIRA (PORMENOR EXTERIOR 13)									90,71	
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS OU EXTERIOR											
	3.14. PAREDE EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO UTIL (CAVE) (Pznu1)									6,90	
	3.15. PAREDE EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO UTIL (CAVE) (Pznu2)									5,58	

TIPO		Norte	NE	Este	SE	Sul	SO	Oeste	NO	Horizontal	
ÁREAS DE VÃOS ENVIDRAÇADOS - (m ²)	J1.NO								1,61		
	J2.NO								1,75		
	J3.NO								2,76		
	J4.NO								2,76		
	J5.NO								1,50		

	J1.NE			1,26							
	J2.NE			1,26							
	J3.NE			2,16							
	J4.NE			2,16							
	J5.NE			0,56							
	J6.NE			0,60							

	J1.SE					1,60					
	J2.SE					1,60					
	J3.SE					1,60					
	J4.SE					1,60					
	J5.SE					1,96					
	J6.SE					1,62					
	J7.SE					4,86					
	J8.SE					1,96					
	J9.SE					0,60					

	J1.SO							1,20			
J2.SO							1,80				
J3.SO							3,33				
J4.SO							2,07				
J5.SO							2,07				
J6.SO							10,00				
J7.SO							0,56				
J8.SO							0,60				
TOTAL		0	8	0	17,4	0	21,63	0	10,38	57,41	

DESCRIÇÃO		B	Y
PONTES TÉRMICAS LINEARES	Pavimento em contacto com o terreno		
	A_Ligação da fachada com pavimento térreo		
	B_Lig. da fach. com pav. sobre locais não aquecidos ou ext.	54,16	0,69
	C_Ligação da fachada com o pavimento Intermedio	37	0,58
	D_Ligação da fachada com cobertura inclinada ou terraço	56	0,62
	E_Ligação de fachada com varanda	19,06	0,88
	F_Ligação entre duas paredes verticais	32,4	0,2
	G_Ligação de fachada com caixa de estore	34,2	0
H_Ligação de fachada com peitoril/ombreira/padieira	156	0,2	
PONTES TÉRMICAS LINEARES (Espaços com t>0,7)			
OUTRAS PTL	Ligação de fachada com pavimento (Janela de Sacada)	20	0,5

Folha de Cálculo

Cálculo da inércia térmica interior - It

Elemento de construção	M _{si} kg/m ²	S _i m ²	Fact. Cor r	M _{si} .r.S _i kg
3.1. PAREDE EXTERIOR (Pext1) (PORMENOR EXTERIOR 1)	150	102,66	1	15.399,0
3.2. PAREDE EXTERIOR (Pext2) (PORMENOR EXTERIOR 2)	150	58,27	1	8.740,5
3.3. PONTE TÉRMICA PLANA - PILAR [PTPpilar1] (PORMENOR EXTERIOR 3)	102	3,66	1	373,3
3.4. PONTE TÉRMICA PLANA - PILAR [PTPpilar2] (PORMENOR EXTERIOR 4)	102	1,47	1	149,9
3.5. PONTE TÉRMICA PLANA - VIGA [PTPviga1] (PORMENOR EXTERIOR 5)	102	32,54	1	3.319,1
3.6. PONTE TÉRMICA PLANA - CAIXA DE ESTORE [PTPestore1] (PORMENOR EXTERIOR 6)	18	10,23	1	184,1
3.7. COBERTURA EXTERIOR VARANDA (PORMENOR EXTERIOR 7)	150	13,48	1	2.022,0
3.8. COBERTURA EXTERIOR PLANA INVERTIDA (PORMENOR EXTERIOR 8)	150	15,91	1	2.386,5
3.9. COBERTURA EXTERIOR INCLINADA - (PORMENOR EXTERIOR 9)	150	25,00	1	3.750,0
3.10. COBERTURA EXTERIOR SOB DESVÃO NÃO ÚTIL (PORMENOR EXTERIOR 10)	150	84,30	1	12.645,0
3.11. PAVIMENTO EXTERIOR - PISO 1 - (PORMENOR EXTERIOR 11)	150	14,10	1	2.115,0
3.12. PAVIMENTO INTERIOR EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL - CERÂMICA (PORMENOR EXTERIOR 12)	150	40,83	1	6.124,5
3.13. PAVIMENTO INTERIOR EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO ÚTIL - MADEIRA (PORMENOR EXTERIOR 13)	150	90,71	1	13.606,5
3.14. PAREDE EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO UTIL (CAVE) (Pznu1)	150	6,90	1	1.035,0
3.15. PAREDE EM CONTACTO COM ESPAÇO NÃO UTIL (CAVE) (Pznu2)	150	5,58	1	837,0
3.16. PAREDE COMPARTIMENTAÇÃO 20 Cm	235	15,82	1	3.717,7
3.17. PAREDE COMPARTIMENTAÇÃO 15 Cm	176	105,39	1	18.548,6
3.18. PAREDE COMPARTIMENTAÇÃO 10 Cm	117	43,32	1	5.068,4
3.19. PAVIMENTO INTERMÉDIO - PISO 1	300	119,10	1	35.730,0
3.20. PORTA ENVOLVENTE EXTERIOR - PISO 0	13,5	5,94	1	80,2
3.21. PORTA DA ENVOLVENTE INTERIOR - EM CONTACTO COM ENU	11,3	1,70	1	19,2
				135.851,66
				/
Área útil de pavimento (m ²)				254,82
				=
Massa superficial útil por m ² de área de pavimento, It (kg/m ²)				533,13
Inércia Térmica Interior				FORTE
			a =	4,2

Folha de Cálculo FC IV. 1c
Perdas associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

Vãos Envidraçados Exteriores	U W/m ² °C	Área m ²	U.A W/°C
verticais:			
J1.NO	1,18	1,61	1,90
J2.NO	1,18	1,75	2,07
J3.NO	1,57	2,76	4,33
J4.NO	1,57	2,76	4,33
J5.NO	1,18	1,50	1,77
J1.NE	1,57	1,26	1,98
J2.NE	1,57	1,26	1,98
J3.NE	1,57	2,16	3,39
J4.NE	1,57	2,16	3,39
J5.NE	1,30	0,56	0,73
J6.NE	1,30	0,60	0,78
J1.SE	1,57	1,60	2,51
J2.SE	1,57	1,60	2,51
J3.SE	1,57	1,60	2,51
J4.SE	1,57	1,60	2,51
J5.SE	1,30	1,96	2,55
J6.SE	1,57	1,62	2,54
J7.SE	1,18	4,86	5,73
J8.SE	1,57	1,96	3,08
J9.SE	1,30	0,60	0,78
J1.SO	1,57	1,20	1,88
J2.SO	1,57	1,80	2,83
J3.SO	1,18	3,33	3,93
J4.SO	1,57	2,07	3,25
J5.SO	1,57	2,07	3,25
J6.SO	1,18	10,00	11,80
J7.SO	1,30	0,56	0,73
J8.SO	1,30	0,60	0,78
	Total =	57,41	79,83

Folha de Cálculo FC IV. 1d
Perdas associadas à Renovação do Ar

Área útil de pavimento (Ap)	<input type="text" value="254,82"/>	m ²
	×	
Pé-direito médio	<input type="text" value="2,85"/>	m
	=	
Volume interior (V)	<input type="text" value="726,22"/>	m ³

VENTILAÇÃO NATURAL

Cumprir NP 1037-17 (S ou N)?

Se Sim: RPH =

Se Não:

Classe da caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)?

Caixas de estore (S ou N)?

Classe de exposição (1, 2, 3 ou 4)?

Aberturas auto-reguladas? (S ou N)?

Área de Envidraçados > 15% Ap? (S ou N)?

Portas exteriores bem vedadas? (S ou N)?

Taxa de Renovação Nominal RHP =

Ver Quadro IV 1

VENTILAÇÃO MECÂNICA (exclui exaustor de cozinha)

Caudal de insuflação Vins m³/h

Caudal extraído Vev m³/h

Diferença entre Vins e Vev m³/h /

Infiltrações Vx/V

Recuperação de calor (S ou N)?

Se Sim: η =

Se Não: η =

Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6) (Vf/V+Vx/V)

Consumo de electricidade para os ventiladores (Ev=Pv.24.0,03 M (kWh))

Volume interior (V)	<input type="text" value="726,22"/>	m ³
	×	
Taxa de Renovação Nominal	<input type="text" value="0,94"/>	RPH
	×	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	×	
	<input type="text"/>	(1-η)
	=	
Total =	<input type="text" value="232,10"/>	W/°C

Folha de Cálculo FC IV. 1e
Ganhos Úteis na estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (duplo)	Área m ²	Factor de Orientação X	Factor Solar do vidro - g	Factor de Obstrução Fs Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada - Fg	Factor de Selecção - Fw	Área Efectiva Ae m ²
J1.NO	Duplo	1,61	0,33	0,44	0,96	0,70	0,90	0,14
J2.NO	Duplo	1,75	0,33	0,44	0,84	0,70	0,90	0,13
J3.NO	Duplo	2,76	0,33	0,44	0,83	0,70	0,90	0,21
J4.NO	Duplo	2,76	1,33	0,44	0,77	0,70	0,90	0,78
J5.NO	Duplo	1,50	0,33	0,44	0,96	0,70	0,90	0,13
							0,00	
J1.NE	Duplo	1,26	0,33	0,44	0,96	0,70	0,90	0,11
J2.NE	Duplo	1,26	0,33	0,44	0,96	0,70	0,90	0,11
J3.NE	Duplo	2,16	0,33	0,44	0,96	0,70	0,90	0,19
J4.NE	Duplo	2,16	0,33	0,44	0,96	0,70	0,90	0,19
J5.NE	Duplo	0,56	0,33	0,44	0,64	0,70	0,90	0,03
J6.NE	Duplo	0,60	0,33	0,44	0,80	0,70	0,90	0,04
							0,00	
J1.SE	Duplo	1,60	0,84	0,44	0,41	0,70	0,90	0,15
J2.SE	Duplo	1,60	0,84	0,44	0,44	0,70	0,90	0,16
J3.SE	Duplo	1,60	0,84	0,44	0,46	0,70	0,90	0,17
J4.SE	Duplo	1,60	0,84	0,44	0,45	0,70	0,90	0,17
J5.SE	Duplo	1,96	0,84	0,44	0,57	0,70	0,90	0,26
J6.SE	Duplo	1,62	0,84	0,44	0,56	0,70	0,90	0,21
J7.SE	Duplo	4,86	0,84	0,44	0,56	0,70	0,90	0,64
J8.SE	Duplo	1,96	0,84	0,44	0,79	0,70	0,90	0,36
J9.SE	Duplo	0,60	0,84	0,44	0,48	0,70	0,90	0,07
J1.SO	Duplo	1,20	0,84	0,44	0,41	0,70	0,90	0,11
J2.SO	Duplo	1,80	0,84	0,44	0,27	0,70	0,90	0,11
J3.SO	Duplo	3,33	0,84	0,44	0,40	0,70	0,90	0,31
J4.SO	Duplo	2,07	0,84	0,44	0,37	0,70	0,90	0,18
J5.SO	Duplo	2,07	0,84	0,44	0,42	0,70	0,90	0,20
J6.SO	Duplo	10,00	0,84	0,44	0,44	0,70	0,90	1,03
J7.SO	Duplo	0,56	0,84	0,44	0,41	0,70	0,90	0,05
J8.SO	Duplo	0,60	0,84	0,44	0,48	0,70	0,90	0,07
							Total =	6,34

Area efectiva total equivalente na orientação Sul

6,34

'''

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})
na Zona I
do Quadro 8 (Anexo III)

×

93

kWh/m².mes

Duração da estação de aquecimento

×

7,0

meses

Ganhos solares brutos

=

4126,100

kWh/ano

Ganhos Internos:

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)

4

W/m²

Duração da estação de aquecimento

×

7,0

meses

Area útil de pavimento

×

254,82

m²

×

0,72

Ganhos Internos Brutos

=

5137,17

kWh/ano

Ganhos Totais Úteis:

$$Y = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (FC IV 2)}}$$

Y =

Inércia do edifício

Factor de utilização dos ganhos solares (aquec.)

η =

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

×

9263,27

=

Ganhos Totais Úteis

Folha de Cálculo FC IV. 1f

Valor máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Factor de Forma

Áreas:

Paredes Exteriores	214,78	m ²
Coberturas Exteriores	54,39	m ²
Pavimentos Exteriores	14,10	m ²
Envidraçados Exteriores	57,41	m ²

Áreas equivalentes (A.τ):

Paredes Interiores	0,00	m ²
Coberturas Interiores	75,87	m ²
Pavimentos Interiores	65,77	m ²
Envidraçados Interiores	0,00	m ²

Área Total: 482,32 m²

/

Volume: 726,22 m³

=

x 0,66

Graus-dia no local (°C dia)

1990,00

FF ≤ 0,5	Ni =	83,11	kWh/m ² .ano
0,5 < FF ≤ 1	Ni =	95,19	kWh/m ² .ano
1 < FF ≤ 1,5	Ni =	101,59	kWh/m ² .ano
FF > 1,5	Ni =	141,06	kWh/m ² .ano

Necessidades Nominais de Aquecimento máximas

Ni =

95,19

kWh/m².ano

Folha de Cálculo FC IV. 2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	W/°C
Envolvente Exterior (da FC IV. 1a)	274,83
Envolvente Interior (da FC IV. 1b)	62,76
Vãos Envidraçados (da FC IV. 1c)	79,83
Renovação de Ar (da FC IV. 1d)	232,10

Coefficiente Global de Perdas	649,51	W/°C
	×	
Graus-dia no local	1990,00	
	×	
	0,024	
	+	
Consumo dos ventiladores	0,0	
	=	
Necessidades Brutas de Aquecimento	31020,57	kWh/ano
	-	
Ganhos Totais Úteis (da FC IV. 1e)	9222,63	kWh/ano
	/	
Área Útil de pavimento	254,82	m ²
	=	
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic	85,54	kWh/m ² .ano
	≤	
Nec. Nominais de Aquecimento máx. - Ni	95,19	kWh/m ² .ano

VERIFICA

Folha de Cálculo FC V. 1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FC IV. 1a)	85,95	W/°C
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FC IV. 1a)	8,85	W/°C
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FC V. 1b)	32,03	W/°C
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FC V. 1b)	79,83	W/°C
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FC IV. 1d)	232,10	W/°C
		=	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	438,75	W/°C

Temperatura interior de referência		25	°C
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		23	°C
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	°C
		×	
Perdas específicas totais	(Q _{1a})	438,75	W/°C
		×	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q _{1b})	2569,32	kWh

Folha de Cálculo FC V. 1d
 Ganhos solares pelos envidraçados exteriores
 POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

	J1.NO	J2.NO	J3.NO	J4.NO	J5.NO	J1.NE	J2.NE	J3.NE	J4.NE	J5.NE	J6.NE	J1.SE	J2.SE	J3.SE	J4.SE	J5.SE	J6.SE	J7.SE	J8.SE	J9.SE	J1.SO	J2.SO	J3.SO	J4.SO	J5.SO	J6.SO	J7.SO	J8.SO	
Área A (m ²)	1,61	1,75	2,76	2,76	1,50	1,26	1,26	2,16	2,16	0,56	0,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,96	1,62	4,86	1,96	0,60	1,20	1,80	3,33	2,07	2,07	10,00	0,56	0,60	57,41
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x															
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾	0,440	0,195	0,195	0,195	0,195	0,195	0,195	0,195	0,195	0,430	0,430	0,195	0,195	0,195	0,195	0,440	0,195	0,195	0,195	0,440	0,195	0,195	0,195	0,195	0,195	0,195	0,195	0,430	0,440
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x															
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x															
Factor de obstrução F _s ⁽²⁾	0,860	0,921	0,833	0,874	0,967	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,489	0,489	0,478	0,480	0,602	0,577	0,577	0,898	0,898	0,771	0,942	0,835	0,748	0,902	0,913	1,000	1,000	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
Factor de selectividade do vidro, F _w (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=															
Área efectiva, A _e	0,36	0,19	0,27	0,28	0,17	0,15	0,15	0,25	0,25	0,14	0,15	0,09	0,09	0,09	0,09	0,31	0,11	0,33	0,20	0,14	0,11	0,20	0,32	0,18	0,22	1,06	0,14	0,16	m ²
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x															
Inst. de rad. solar a estação de arrefe. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=															
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	116,00	59,84	85,36	89,56	53,85	46,78	46,78	80,20	80,20	45,85	49,12	41,78	41,78	40,83	40,98	142,20	49,89	149,67	93,94	64,89	49,38	90,50	148,45	82,60	99,66	487,14	65,91	72,26	2515,38 kWh
	Total																												

(1) Para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do factor solar do vidro (Tabela IV. 4) e 70% do factor solar do envidraçado com protecção solar móvel (Quadro V.4)

(2) Para a estação de arrefecimento o factor de obstrução, F_s, é obtido pelo produto F₀.F_f, dos quadros V.1 e V.2

Folha de Cálculo FC V. 1e
Ganhos Internos

Ganhos internos medios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4,00	
	×	
Area útil de pavimento (m ²)	254,82	
	×	
	2,928	
	=	
Ganhos Internos totais	2984,45	kWh

Folha de Cálculo FC V. 1f
Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	(FCV. 1d)	2515,38	kWh
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	(FCV. 1c)	1289,20	kWh
		+	
Ganhos internos	(FCV. 1e)	2984,452	kWh
		=	
Ganhos térmicos totais		6789,03	kWh

Folha de Cálculo FC V. 1g
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais (FCV. 1f)	<input type="text" value="6789,03"/>	kWh
	/	
Perdas térmicas totais (FCV. 1a)	<input type="text" value="2569,32"/>	kWh
	=	
γ	<input type="text" value="2,64"/>	
Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>	
	<input type="text" value="1,00"/>	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η (arrefecimento)	<input type="text" value="0,374"/>	
	=	
	<input type="text" value="0,626"/>	
	×	
Ganhos térmicos totais (FCV. 1f)	<input type="text" value="6789,03"/>	kWh
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	<input type="text" value="4246,86"/>	kWh/ano
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	<input type="text" value=""/>	(Ev=Pv.24.0,03.4 kWh)
	=	
TOTAL	<input type="text" value="4246,86"/>	kWh/ano
	/	
Area util de pavimento (m ²)	<input type="text" value="254,82"/>	
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	<input type="text" value="16,67"/>	kWh/m ² .ano
	≤	
Necessidades nominais de arref. Máximas - Nv	<input type="text" value="26"/>	kWh/m ² .ano

VERIFICA

Folha de Cálculo FC VI.1

Necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Número de ocupantes	5	
	x	
	40	litros
	=	
Consumo médio diário de referência M_{AQS}	200	litros
Número de dias de consumo de AQS n_d	365	dias
Energia despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS Q_a	3820,64	kWh/ano
Eficiência de conversão desses sistemas de preparação de AQS η_a	5,110	
Contribuição de sistemas de colectores solares para aquecimento de AQS E_{solar}	3350,00	
Contribuição de energias renováveis E_{ren}	0,00	
Área útil de pavimento (m^2)	254,82	
Nec. de energia para preparação de AQS - Nac	0,36	kWh/ m^2 .ano
	\leq	
Nec. Máximas de energia para preparação de AQS - Na	23,20	kWh/ m^2 .ano

VERIFICA

Folha de Cálculo FC VI,2

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária

Nec. nominais de aquecimento - Nic	85,54	kWh/m ² .ano
Eficiência nominal dos equipamentos para aquec. ηi	5,11	
Nec. nominais de arrefecimento - Nvc	16,67	kWh/m ² .ano
Eficiência nominal dos equipamentos para arref. ηv	5,11	
Nec. de energia para preparação de AQS - Nac	0,36	kWh/m ² .ano
Factor de conversão Fpu (aquecimento)	0,290	kgep/kWh
Factor de conversão Fpu (arrefecimento)	0,290	kgep/kWh
Factor de conversão Fpu (AQS)	0,290	kgep/kWh

Nec. nominais de Aquecimento máx. - Ni	95,19	kWh/m ² .ano
Nec. nominais de arref. máx. - Nv	26	kWh/m ² .ano
Nec. máximas de energia para preparação de AQS - Na	23,20	kWh/m ² .ano

Nec. globais anuais nominais específicas de energia primária Ntc	0,68	Kgep/m ² .ano
	≤	
Nec. globais máximas nominais anuais específicas de energia primária Nt	4,22	Kgep/m ² .ano

VERIFICA

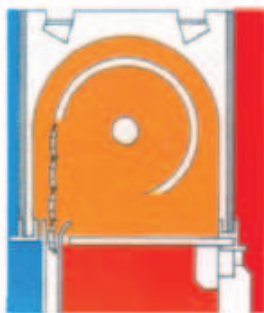
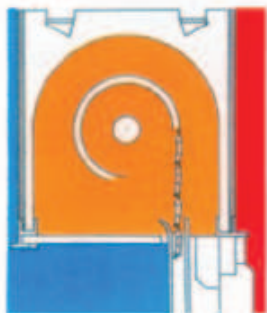
Anexo A.3

Ficha técnica da Caixa de Estore

Ficha técnica dos vidros



SOTECNISOL
MATERIAIS



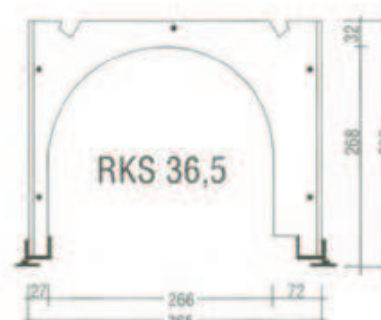
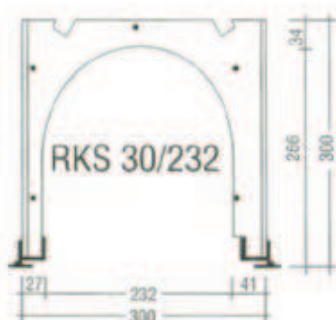
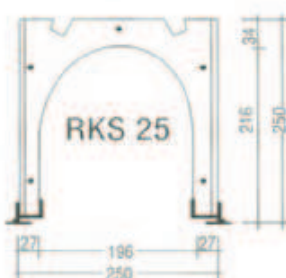
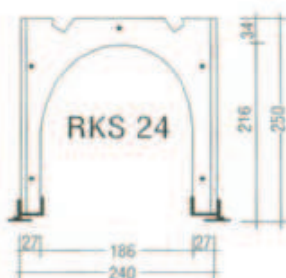
ISOLAMENTO TÉRMICO

TIPO DA CAIXA	COEF. K (W/m ² .°C)	COEF. K (W/m.°C)
RKS 24/25/28/30-24.6	1,3	0,4
RKS 30-23.2	0,90	0,3
RKS 36,5	0,55	0,2

ISOLAMENTO ACÚSTICO

Dn 10 CARRETERA = 46 hasta 55 dB (A)
Dn 10 ROSA = 49 hasta 59 dB (A)
Informe de ensaios CSTB n.º 37.964 ok 22.09.1994

TIPOS E DIMENSÕES



Sede – Lisboa:
Rua do Ferro
Fetais
2681 - 502 Camarate
Tel. +351 219 488 400
Fax +351 219 470 490

Delegação Porto:
Zona Industrial da Maia 1
Sector 1
4475 - 132 Gemunde
Tel. +351 229 478 580
Fax +351 229 489 966

Delegação Coimbra:
Lugar do Brejo
Estrada da Ponte – Armazém A
3040 – 575 Antanhol
Tel. +351 239 445 594
Fax +351 239 443 356

Delegação Algarve:
Zona Industrial de Olhão
Lote 237
8700 – 281 Olhão
Tel. +351 289 705 429
Fax +351 289 707 114

Delegação Ilhas:
Apartado 2711
9001 - 401 Funchal
Tel. +351 916 616 968
Fax +351 219 476 901



Vitro Chaves Indústria de Vidro, S.A.

EN-2 Zona Industrial de Bobêda · 5400-757 São Pedro de Agostém, Chaves – Portugal

2010

EN 1279-5

Unidade de vidro isolante para uso em edificação e trabalhos de construção

SOLARLUX® SUPERNATURAL 70/40 6 mm / câmara 16 mm AR / FLOAT 6 mm

Características

Resistência ao fogo		NPD
Reacção ao fogo		NPD
Prestações de comportamento face a um fogo exterior		NPD
Resistência às balas		NPD
Resistência às explosões		NPD
Resistência às agressões		NPD/NPD
Resistência ao impacto de um pêndulo		NPD/NPD
Resistência às variações bruscas de temperatura e diferenciais de temperatura	K	40/40
Resistência às cargas devidas ao vento e à neve, às cargas permanentes e impostas	mm	6/16/6
Isolamento ao ruído aéreo directo	dB	34(-2;-6)

Propriedades térmicas

Emissividade		NPD
Coefficiente U	W/(m ² ·K)	1,3

Propriedades de radiação

Transmissão luminosa (τ_v)	0,73
Reflexão luminosa (ρ_v)	0,12
Transmissão da energia solar (τ_e)	0,4
Reflexão da energia solar (ρ_e)	0,3
Coefficiente g	0,44

NPD: Performance não declarada

Os dados declarados de acordo com a EN 410 apresentam +/- 3 pontos de tolerância; visto que os dados declarados de acordo com a EN 673 apresentam uma tolerância de +/- 0.1



Vitro Chaves Indústria de Vidro, S.A.

EN-2 Zona Industrial de Bobêda · 5400-757 São Pedro de Agostém, Chaves – Portugal

2010

	ENGLISH	FRANÇAIS	PORTUGUÊS
	Characteristics	Caractéristiques	Características
	Resistance to fire	Résistance au feu	Resistência ao fogo
	Reaction to fire	Réaction au feu	Reacção ao fogo
	External fire performance	Performances de comportement vis-à-vis d'un feu extérieur	Prestações de comportamento face a um fogo exterior
	Bullet resistance	Résistance aux balles	Resistência às balas
	Explosion resistance	Résistances aux explosions	Resistência às explosões
	Burglar resistance	Résistance aux effractions	Resistência às agressões
	Pendulum body impact resistance	Résistance à l'impact d'un pendule	Resistência ao impacto de um pêndulo
K	Resistance against sudden temperature changes and temperature differentials	Résistance aux variations brutales de température et aux températures différentielles	Resistência às cargas devidas ao vento e à neve, às cargas permanentes e impostas
mm	Wind, snow, permanent and imposed load resistance	Résistance aux charges dues au vent et à la neige, aux charges permanentes et imposées	Resistência às cargas devidas ao vento e à neve, às cargas permanentes e impostas
dB	Direct airborne sound insulation	Isolation au bruit aérien direct	Isolamento ao ruído aéreo directo
	Thermal properties	Propriétés thermiques	Propriedades térmicas
ε	Emissivity	Emissivité	Emissividade
U	U-value	Coefficient U	Coeficiente U
	Radiation properties	Propriétés de rayonnement	Propriedades de radiação
ζ_v	Light transmission	Transmission lumineuse	Transmissão luminosa
ρ_v	Light reflection	Reflexion lumineuse	Reflexão luminosa
ζ_e	Solar energy transmission	Transmission du rayonnement solaire	Transmissão da energia solar
ρ_e	Solar energy reflection	Reflexion du rayonnement solaire	Reflexão da energia solar
g	g-value	Coefficient g	Coeficiente g

NDP: No performance declared

NDP: Performance non déclarée

NDP: Performance não declarada

Anexo A.4

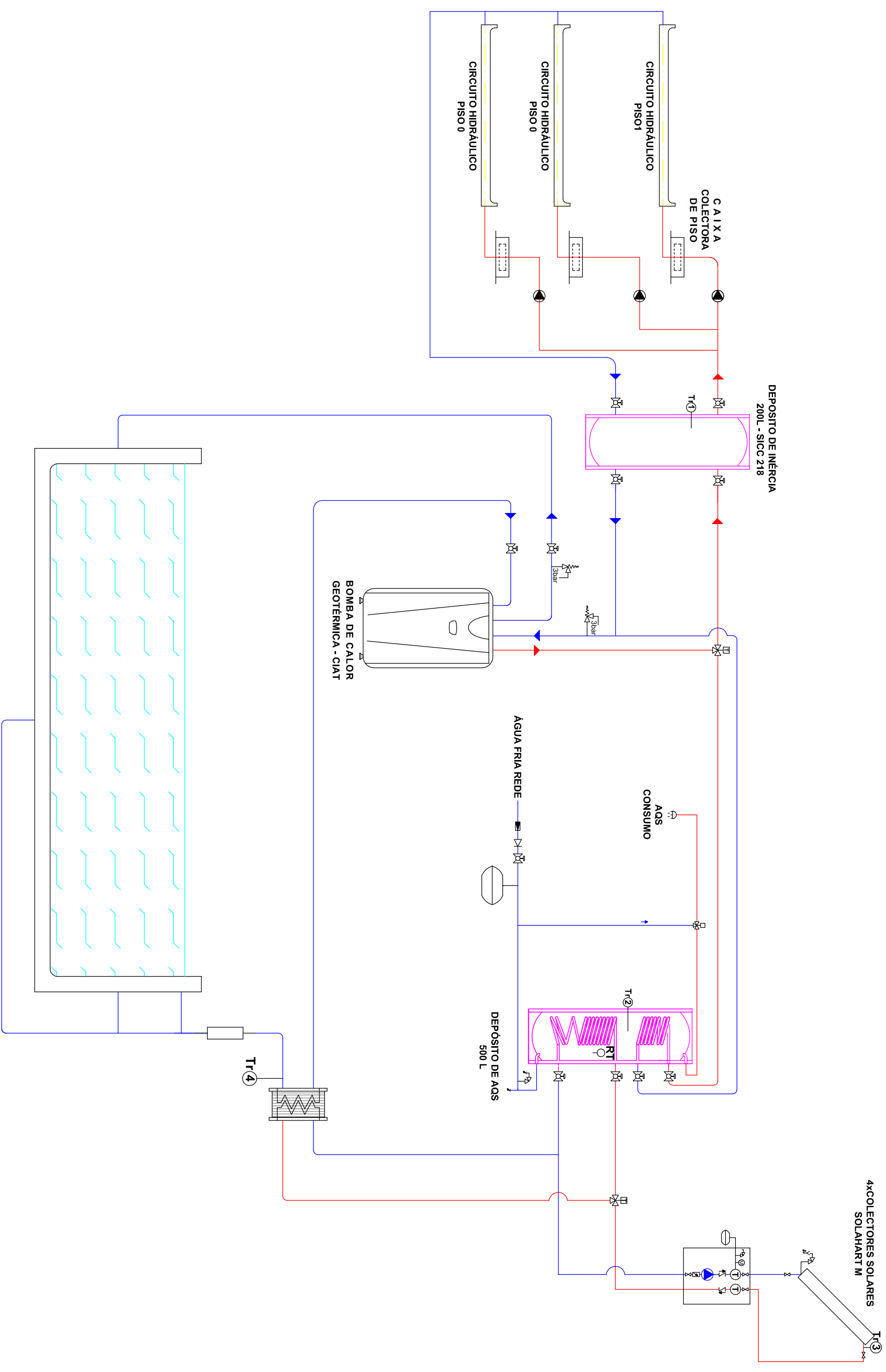
Esquema de Climatização

Ficha Técnica da Bomba de calor

Ficha técnica dos colectores solares

Relatório energético do Solterm 200 Litros

Relatório energético do Solterm 500 Litros



	Permutador de Calor		Válvula anti-retorno		Bomba de Circulação
	Relé Térmico		Válvula de Segurança		Filtro de Impurezas
	Termo Resistência		Válvula de corte		Termostato
	Sonda de Temperatura		Válvula de segurança com esgoto sifonado		Manómetro
	Colector de distribuição de piso		Válvula de Retenção		Tubagem de água quente
	Vaso de Expansão		Válvula de três Vias Motorizada		Tubagem de água fria

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Covilhã | Portugal

Francisco Álvaro Fernandes Carricho

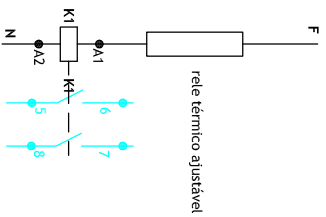
Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica

Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar

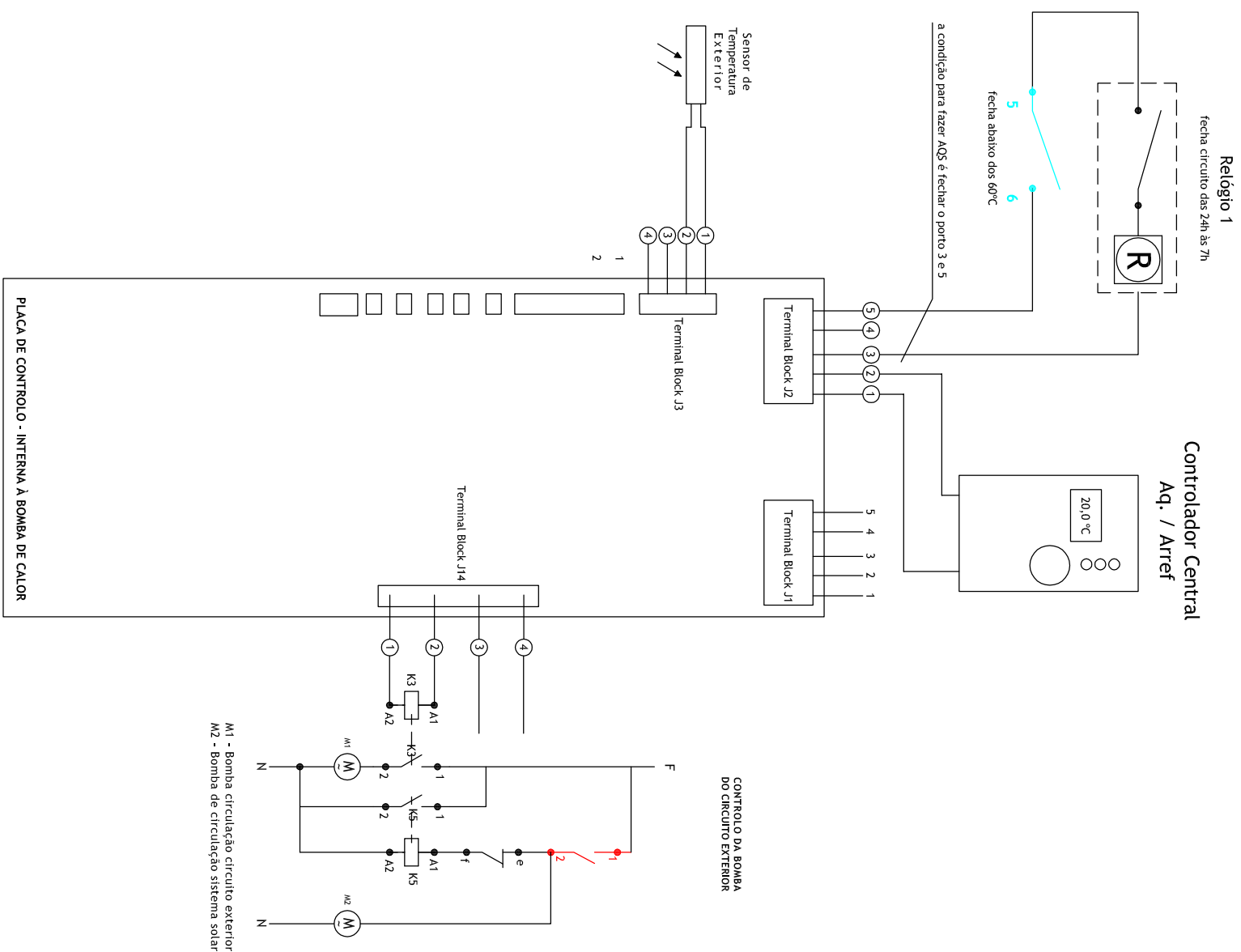
ESQUEMA UNIFILAR DO CIRCUITO HIDRÁULICO DA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA AGEO - CIAT

Outubro 2011
Escala: 1/100
Anexo nº: **4.1**

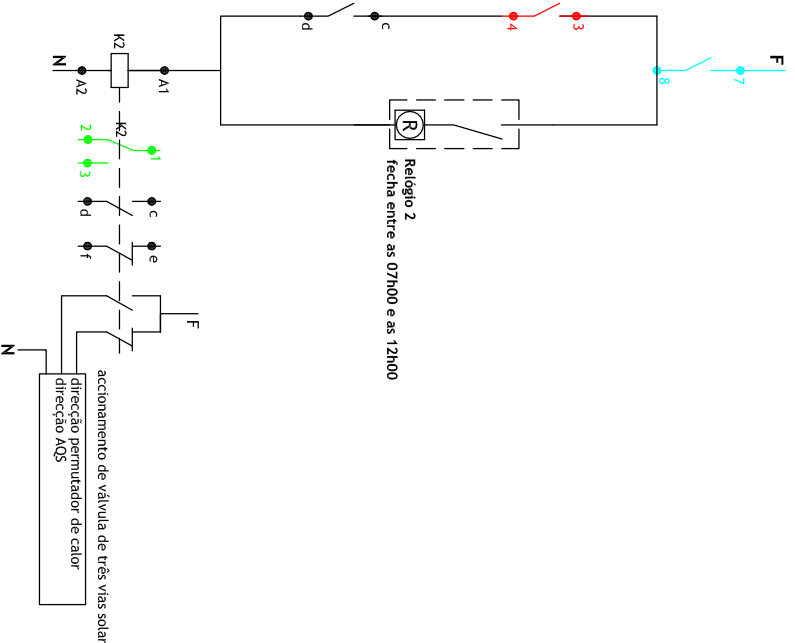
Accionamento do sistema de AQS pela Bomba de Calor e Modulo Anasol



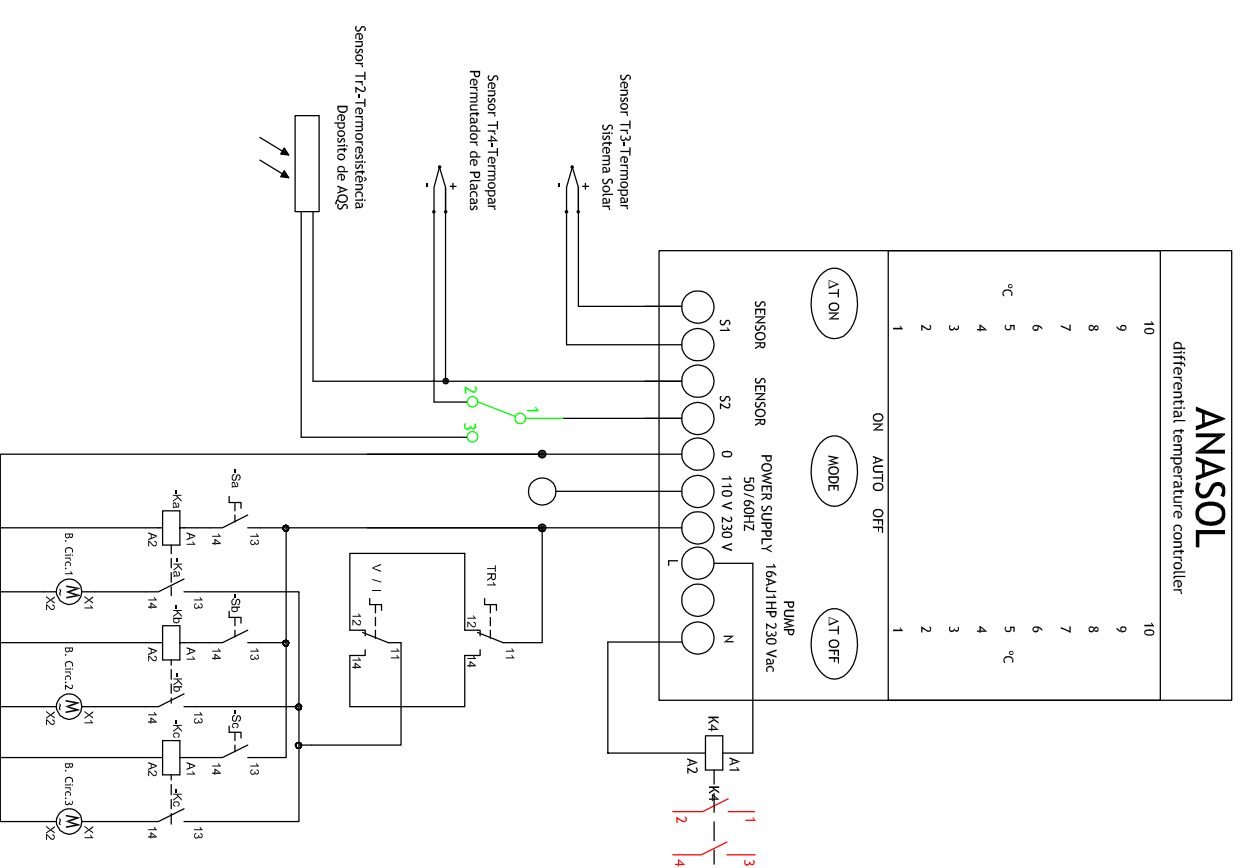
PLACA DE CONTROLO - INTERNA À BOMBA DE CALOR



Esquema de controlo do modulo Anasol e bomba de circulação exterior



Modulo adicional para controlo da bomba de circulação exterior da bomba de calor e bomba de circulação do sistema solar,



	Bomba de circulação do piso radiante		Interruptor horário semanal		Bomba de circulação
	Termopar		Termoresistência		Contactor

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
 Covilhã | Portugal
 Francisco Álvaro Fernandes Carricho

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electromecânica
 Título: Análise energética de um edifício unifamiliar
 Localização: Fundão | Tipologia do Edifício: Moradia Unifamiliar
ESQUEMA UNIFILAR DO CIRCUITO DE CONTROLO DA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA AGE0 - CIAT
 Outubro 2011
 Escala: 1/100
 Anexo nº: **4.2**



Organisme de certification
mandaté pour la marque NF
par AFNOR Certification

CERTIFICAT



Pompes à chaleur
Heat Pumps

Délivré à / granted to

CIAT

ZA de Chautagne - Le Chetraz
73310 SERRIERES en CHAUTAGNE
FRANCE

Pour les produits suivants / For the following products:

CIAT

AGEO

Numéro de la gamme : 187E / 006

(Références et caractéristiques données en annexe / references and characteristics given in attached appendix)

Fabriqués dans la ou les usine(s) suivante(s) / Manufactured in the production plant(s):

14550 MONTILLA
ESPAGNE

**Ce certificat est délivré par CERTITA dans les conditions fixées par le référentiel de certification
NF 414 - Pompe à chaleur.**

**En vertu de la présente décision notifiée par CERTITA, AFNOR Certification accorde le droit d'usage de la marque NF
à la société qui en est bénéficiaire pour les produits visés ci-dessus, dans les conditions définies par les règles
générales de la marque NF et par le référentiel de certification NF mentionné ci-dessus.**

This certificat is issued by CERTITA according to the certification rules NF 414 Heat pump.

*On the strength of the present decision notified by CERTITA, AFNOR Certification grants the right to use the NF Mark to the
grantee for the aforementioned products, within the frame of the general conditions applying to the NF Mark and to the
aforementioned NF certification.*

Date de début de validité 18 juin 2010
Effective date June 18th, 2010

Date de fin de validité 30 juin 2013
Expiry date June 30th, 2013

Etabli à Courbevoie
le 16 août 2010

Pour CERTITA

Certificat n° 414 - 187

François-Xavier BALL
Président

Caractéristiques techniques de la gamme

1/1

Les caractéristiques certifiées essentielles de la gamme sont :

- Coefficient de performance (COP)
- Puissance calorifique
- Niveau de puissance acoustique annoncé

Numéro : 187E / 006 Numéro de certificat : NF 414 - 187 Date d'admission : 18 juin 2010

Marque Commerciale : CIAT Gamme Commerciale : AGEO

Famille de PAC : Géothermale Type de pompe à chaleur (mode d'échange) : Eau (sur nappe) / Eau

Réversible : Oui Type de PAC : Monobloc Localisation de la PAC : Intérieure

Compresseur : Monocompresseur Fluide frigorigène : R 410A

Unité de fabrication : 14550 MONTILLA
ESPAGNE

Référence/Modèle	Alimentation			Puissance acoustique (dB(A))			Type de compresseur
	Tension (en V)	Phase	Fréquence (en Hz)	Coté extérieur		Coté intérieur	
				Enveloppe	Bouche		
AGEO 20H	230	Monophasée	50	-	-	51,0	Scroll
AGEO 20HT	400	Triphasée	50	-	-	51,0	Scroll
AGEO 30H	230	Monophasée	50	-	-	52,0	Scroll
AGEO 30HT	400	Triphasée	50	-	-	52,0	Scroll
AGEO 40H	230	Monophasée	50	-	-	54,0	Scroll
AGEO 40HT	400	Triphasée	50	-	-	54,0	Scroll
AGEO 50H	230	Monophasée	50	-	-	57,0	Scroll
AGEO 50HT	400	Triphasée	50	-	-	57,0	Scroll
AGEO 65HT	400	Triphasée	50	-	-	58,0	Scroll
AGEO 80HT	400	Triphasée	50	-	-	59,0	Scroll
AGEO 100HT	400	Triphasée	50	-	-	61,0	Scroll
AGEO 120HT	400	Triphasée	50	-	-	63,0	Scroll

Application N°1

Référence/Modèle	Condition de température (°C)		
	10/7 _ 30/35		
	Puissance calorifique (en kW)	Puissance absorbée (en kW)	COP
AGEO 20H	7,25	1,69	4,29
AGEO 20HT	7,26	1,61	4,51
AGEO 30H	9,38	2,18	4,31
AGEO 30HT	9,64	2,08	4,63
AGEO 40H	12,13	2,64	4,59
AGEO 40HT	11,93	2,51	4,76
AGEO 50H	15,31	3,04	5,04
AGEO 50HT	16,06	3,25	4,94
AGEO 65HT	19,83	3,88	5,11
AGEO 80HT	24,46	4,71	5,19
AGEO 100HT	30,90	5,73	5,39
AGEO 120HT	36,34	7,06	5,15

LE CAPTEUR SOLAIRE PLAN INISOL NEO



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

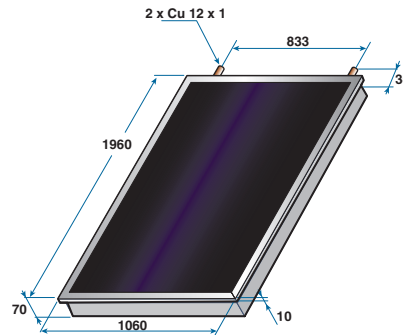
Généralités

Ce capteur plan à hautes performances est le résultat d'un nouveau développement pour lequel toutes les connaissances récentes importantes en matière de technique solaire, ont été prises en compte.

Les principaux points forts du capteur INISOL NEO sont :

- Capteur plan à rendement élevé grâce à l'absorbeur plan à revêtement sélectif SUNSELECT avec échangeur monotube cuivre en forme de serpent.
- Capteur pour toutes les applications.
- Coffre en profilés d'aluminium avec un bac arrière en tôle d'aluminium structurée pour une longévité accrue et une bonne caractéristique optique.
- Implantation aussi bien en position verticale juxtaposé, horizontale superposé, sur toiture (ST), sur terrasse ou en intégration de toiture (IT ou IT SUD).
- Sa faible épaisseur (70 mm) lui permet d'être particulièrement adapté pour une intégration en toiture (IT ou IT SUD). Des clips en aluminium laqués noir se montant sur le cadre du capteur servent à fixer les tôles de

Dimensions (mm)



8980385A

- recouvrement et permettent d'obtenir un ensemble uniforme en couleur. Branchement hydraulique complètement invisible.
- Jusqu'à 5 capteurs peuvent être montés en série.
 - Déperditions thermiques réduites.
 - Couverture en verre solaire de sécurité légèrement structuré à haute transparence.
 - Léger (35 kg) et maniable.

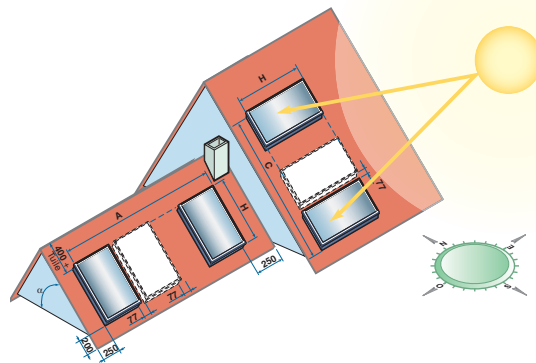
Tableau de caractéristiques (selon norme EN 12975-2)

		INISOL NEO 2.1
Colis n°		ER 45
Superficie hors tout (AG)	m ²	2,1
Superficie d'entrée (Aa)	m ²	1,9
Poids net	kg	35
Facteur d'absorption (α)		95 +/- 2 %
Emissivité (ξ)		5 +/- 2 %
Débit préconisé avec 4 capteurs en série	l/h.m ²	30
Perte de charge d'un capteur avec un débit de 2,5 l/min.	mbar	93
Contenance en fluide (serpentin)	l	1,1
Rendement optique (η _o)		0,773
Coefficient de pertes par transmission a ₁	W/m ² .K	3,676
Coefficient de pertes par transmission a ₂	W/m ² .K ²	0,0143
Raccordements hydrauliques	Cu.. mm	12
Pression de service	bar	3
Pression maxi de service	bar	6
Fluide caloporteur préconisé	bar	Tyfofor L ou LS
Température de stagnation tstg	°C	180
Température maximale de service	°C	120 (max. retour)

EMPLACEMENT ET DIMENSIONS DU CHAMP DE CAPTEURS

- Orientation Sud-Est/Sud/Sud-Ouest, non ombragé en hiver avec le soleil déclinant.
- Une pente de toit (angle α) comprise entre 20° et 65° (soit entre 36 et 120 %), une pente de 45° (100 %) étant optimale pour une installation CESI.
- En cas de conditions particulières de neige abondante ou de vent (en altitude ou pour des bâtiments de grande hauteur), nous consulter.

Nota : la mise en place des capteurs en façade est possible ; dans ce cas nous conseillons dans la mesure du possible d'assurer une légère inclinaison (environ 10 cm de décalage du mur en bas du capteur).



898034.4B

Nombre de capteurs INISOL NEO par rangée		1	2	3	4	5
A (m)		1,14	2,3	3,4	4,6	5,7
C (m)		1,14	2,3	3,4	4,6	5,7
1 rangée de capteurs	H (m)/Superficie hors tout (m ²)	1,96/2,08	1,96/4,2	1,96/6,2	1,96/8,3	1,96/10,4
2 rangées de capteurs	H (m)/Superficie hors tout (m ²)	1,96/4,2	4,0/8,3	4,0/12,5	4,0/16,6	4,0/20,8
3 rangées de capteurs	H (m)/Superficie hors tout (m ²)	1,96/6,2	6,0/12,5	6,0/18,7	6,0/25,0	6,0/31,2

09
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 diário 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200 200

 Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Fundão
 Coordenadas nominais: 40,1°N, 7,5°W
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: Moradia Dissertação

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°

Balanco energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kWh/m ²	Rad.Inclin. kWh/m ²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	58	96	,	221	324	103
Fevereiro	76	108	,	228	293	65
Março	115	141	,	278	324	47
Abril	151	163	,	289	314	25
Maiο	189	184	,	316	324	9
Junho	203	189	9,	308	314	6
Julho	231	221	31,	324	324	0
Agosto	207	217	36,	324	324	0
Setembro	141	167	12,	305	314	9
Outubro	103	141	,	293	324	31
Novembro	67	109	,	251	314	63
Dezembro	53	91	,	213	324	111
Anual	1592	1826	88,	3350	3820	470

Fracção solar: 87,7%

Rendimento global anual do sistema: 24% Produtividade: 441 kWh/[m² colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

500 LITROS DE CONSUMO

SolTerm 5.1

Licenciado a Francisco Álvaro Fernandes Carriço
Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: INISOL NEO 2.1

4 módulos (7,6 m²)

Inclinação 35° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 3,676 W/m²/K a2= 0,014 W/m²/K²

Rendimento óptico: 77,3%

Modificador de ângulo transversal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45°
50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,98 0,96
0,94 0,91 0,87 0,83 0,76 0,68 0,51 0,34 0,17 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° 45°
50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,98 0,96
0,94 0,91 0,87 0,83 0,76 0,68 0,51 0,34 0,17 0,00;

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 75%
Caudal no grupo painel/permutador: 79,4 l/m² por hora (=0,17 l/s)

Depósito

Modelo: Deposito 500 Litros

Volume: 500 l

Área externa: 3,86 m²

Material: mau condutor de calor

Posição vertical

Deflectores interiores

Coefficiente de perdas térmicas: 3,90 W/K

Um conjunto depósito/permutador

Tubagens

Comprimento total: 10,0 m

Percurso no exterior: 8,0 m com protecção mecânica

Diâmetro interno: 19,0 mm

Espessura do tubo metálico: 1,5 mm

Espessura do isolamento: 30,0 mm

Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K

Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

Carga térmica: segunda a sexta

11												
12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16												
17												
18												
19	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
20	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
21	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
22	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
23	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
24												
diário	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Fundão

Coordenadas nominais: 40,1°N, 7,5°W

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: Moradia Dissertação

Orientação do painel: inclinação 35° - azimute 0°

Balanco energético mensal e anual

	Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh
Janeiro	58	96	,	353	914	561
Fevereiro	76	108	,	368	820	453
Março	115	141	,	464	891	427
Abril	151	163	,	520	844	324
Mai	189	184	,	584	841	258
Junho	203	189	,	579	779	199
Julho	231	221	,	676	773	98
Agosto	207	217	,	695	776	81
Setembro	141	167	,	576	773	196
Outubro	103	141	,	494	842	348
Novembro	67	109	,	392	858	465
Dezembro	53	91	,	331	910	579

Anual	1592	1826	,	6032	10021	3989

Fracção solar: 60,2%

Rendimento global anual do sistema: 43%

Produtividade: 794 kWh/[m² colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

Anexo A.5

Ficha técnica Luminárias

Ficha técnica grelha de ventilação



Foto Ilustrativa

Lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas Genie

Miniaturização e economia de energia.

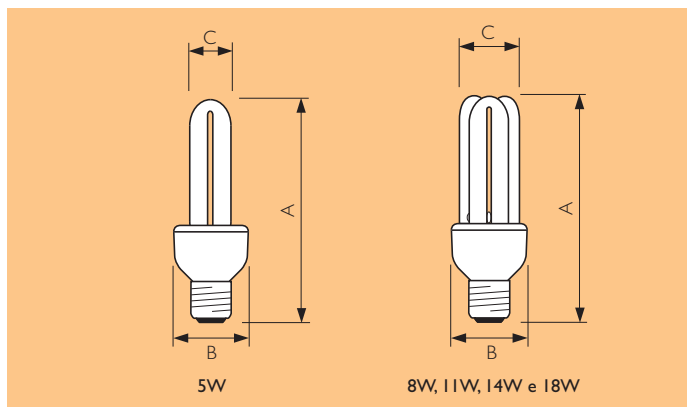
Descrição

São lâmpadas fluorescentes compactas integradas extremamente miniaturizadas, que possuem reator e base E27 já acoplados aos tubos fluorescentes, tornando sua instalação extremamente prática. Proporcionam economia de energia, durabilidade e qualidade de luz quando comparadas com lâmpadas incandescentes tradicionais (consomem até 80% menos energia e duram até oito vezes mais considerando um uso diário de até 3 horas). Possuem opção de luz clara (branca) ou suave (amarela).

Aplicações

Devido a sua grande praticidade de instalação e seu formato extremamente compacto tornam-se ideais para iluminação geral e decorativa de residências, hotéis e similares, considerando que a opção de luz clara (branca) é indicada para iluminação de áreas onde ocorra o desenvolvimento freqüente de atividades, como cozinhas e áreas de serviço. Já a opção de luz suave (amarela) é indicada para iluminação de áreas de descanso, como salas e quartos.

Quando utilizadas em substituição de lâmpadas incandescentes tradicionais, recomenda-se que seja verificada a equivalência ideal de potências, visando manter a mesma quantidade de luz para o ambiente iluminado.



Dados de dimensões em mm

Tipo	A	B	C
5W	107	37	23
8W	110	44	35
11W	120	44	35
14W	130	44	35
18W	135	48	41

PHILIPS

Código Comercial	Cor	Potência (W)	Base	Tensão (V)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência Luminosa (lm/W)	Temperatura de cor (K)	IRC	Vida mediana (horas)	Código de barras individual	Código de barra coletivo
PLEW5W127GENBLI	luz amarela	5	E27	110-127V	235	47	2700	82	8000	8711500268204	08711500268266
PLEW5W220GENBLI	luz amarela	5	E27	220-240V	235	47	2700	82	8000	8711500268174	08711500268235
PLEW8W127GENBLI	luz amarela	8	E27	110-127V	420	52	2700	82	8000	8711500268211	08711500268273
PLEW8W220GENBLI	luz amarela	8	E27	220-240V	420	53	2700	82	8000	8711500268181	08711500268242
PLEW11W127GENBLI	luz amarela	11	E27	110-127V	600	54	2700	82	8000	8711500268228	08711500268280
PLEW11W220GENBLI	luz amarela	11	E27	220-240V	600	54	2700	82	8000	8711500268198	08711500268259
PLEW14W127GENBLI	luz amarela	14	E27	110-127V	800	57	2700	82	8000	8711500269300	08711500268495
PLEW14W220GENBLI	luz amarela	14	E27	220-240V	800	57	2700	82	8000	8711500269297	08711500268471
PLEW18W127GENBLI	luz amarela	18	E27	110-127V	1100	61	2700	82	8000	8711500797384	08711500797360
PLEW18W220GENBLI	luz amarela	18	E27	220-240V	1100	61	2700	82	8000	8711500318213	08711500318251
PLED5W127GENBLI	luz branca	5	E27	110-127V	220	44	6500	78	8000	8711500267559	08711500267603
PLED5W220GENBLI	luz branca	5	E27	220-240V	220	44	6500	78	8000	8710163000817	08711500267238
PLED8W127GENBLI	luz branca	8	E27	110-127V	400	50	6500	78	8000	8711500267573	08711500267627
PLED8W220GENBLI	luz branca	8	E27	220-240V	400	50	6500	78	8000	8710163000855	08711500267276
PLED11W127GENBLI	luz branca	11	E27	110-127V	570	52	6500	78	8000	8711500267580	08711500267634
PLED11W220GENBLI	luz branca	11	E27	220-240V	570	52	6500	78	8000	8711500267382	08711500267399
PLED14W127GENBLI	luz branca	14	E27	110-127V	760	54	6500	80	8000	8711500269317	08711500268501
PLED14W220GENBLI	luz branca	14	E27	220-240V	760	54	6500	80	8000	8711500269294	08711500268488
PLED18W127GENBLI	luz branca	18	E27	110-127V	1080	60	6500	82	8000	8711500797377	08711500797391
PLED18W220GENBLI	luz branca	18	E27	220-240V	1080	60	6500	82	8000	8711500318220	08711500318268

■ Luz Clara ■ Luz Suave

Tabela de equivalência aproximada com lâmpadas incandescentes

Genie (Clara ou Suave)	Incandescentes
5W	25W
8W	30W
11W	50W
14W	60W
18W	80W

Tendo em vista a constante atualização tecnológica dos produtos PHILIPS eventuais modificações poderão ser efetuadas sem prévio aviso. As fotos são meramente ilustrativas. Em caso de dúvida, consulte o SPOT (Serviço Philips de Orientação Técnica). Revisado em Outubro 2009.



SPOT - Serviço Philips de Orientação Técnica
 Fone: 0800 979 19 25 - (11) 2125 0635
 Fax: (11) 2125 0735 - e-mail: luz.spot@philips.com
 Site: www.luz.philips.com



MASTER TL5 H O

MASTER TL5 HO 54W/850 UNP

Lâmpadas fluorescentes com diâmetro de 16 mm.

Dados do produto

• General Characteristics

Descrição do Sistema	Alto Fluxo Luminoso
Base	G5
Informação da Base	Disco Verde
Formato do Bulbo	T5 [16 mm]
Vida 50% Falhas pre-aquec.	24000 hr
Life to 10% fail	19000 hr
Preheat EL,3h	
LSF HF Preheat	85 %
20000h Rated,3h	
LSF HF Preheat	94 %
16000h Rated,3h	
LSF HF Preheat	95 %
12000h Rated,3h	
LSF HF Preheat	97 %
8000h Rated,3h	
LSF HF Preheat	98 %
6000h Rated,3h	
LSF HF Preheat	98 %
4000h Rated,3h	
LSF HF Preheat	99 %
2000h Rated,3h	

• Electrical Characteristics

Potência Média da Lâmpada	54 W
Tensão da Lâmpada EL 25°C	112 V
Intens.Corrente Lâmp. EL 25°C	0.485 A
Dimerizável	Sim
Lamp Wattage EL 35°C	53.8 W
Lamp Current EL 35°C	0.460 A

Tensão da Lâmpada EL 35°	118 V
Lamp Wattage EL 25°C, Rated	54.3 W
Lamp Wattage EL 25°C, Nominal	54 W

• Environmental Characteristics

Etiqueta Eficiência Energética	A
Mercury (Hg) Content	1.4 mg

• Light Technical Characteristics

Código de Cor	850 [CCT of 5000K]
Índice de Reprodução de Cor	85 Ra8
Designação da Cor	Luz dia
Temperatura de Cor	5000 K
Coordenada de Cor X	347 -
Coordenada de Cor Y	363 -
Fluxo Luminoso Lâmp. EL 35°C	4850 Lm
Luminância Média EL 25°C	2.5 cd/cm2
Lum Efficacy Rated HF 25°C	80 Lm/W
Lum Efficacy Rated HF 35°C	90 Lm/W
LLMF HF 20000h Rated	88 %
LLMF HF 16000h Rated	90 %



asimpleswitch.com

PHILIPS

sense and simplicity

MASTER TL5 HO

LLMF HF 12000h Rated	91 %
LLMF HF 8000h Rated	93 %
LLMF HF 6000h Rated	94 %
LLMF HF 4000h Rated	95 %
LLMF HF 2000h Rated	96 %
Luminous Flux EL 25°C, Rated	4350 Lm
Luminous Flux EL 25°C, Nominal	4350 Lm
Design Temperature	35 C

• Product Dimensions

Comprimento de Base à Base A	1149.0 (max) mm
Comprimento de Inserção B	1153.7 (min), 1156.1 (max) mm
Comprimento Total C	1163.2 (max) mm
Diâmetro do Bulbo D	17 (max) mm

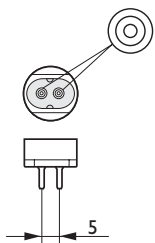
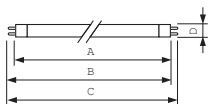
• Measuring Conditions

Calibration Current	0.460 A
HF Generator Rated Voltage	235 V
Resistor	255 ohm

• Product Data

Nome do Produto	MASTER TL5 HO 54W/850 UNP
Nome do pedido do produto	MASTER TL5 HO 54W/850 UNP/40
Peças por embalagem	1
Configuração da embalagem	40
Embalagens por caixa coletiva	40
Código de barras do produto N	8711500637437
Código de barras da caixa coletiva N	8711500637444
eop_12nc código ILCOS	927929085018 FDH-54/50/1B-L/P-G5-16/1150
Peso líquido por peça N	104.500 gr

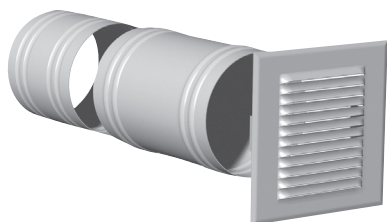
Desenho dimensional



Product	A (Max)	B (Min)	B (Max)	C (Max)	D (Max)
TL5 HO 54W/850	1149.0	1153.7	1156.1	1163.2	17

PA

tomada de ar novo ou rejeição de ar viciado na fachada



vantagens

- › Grelha anti-chuva.
- › Atravessamento da parede de espessura 250 a 400 mm.

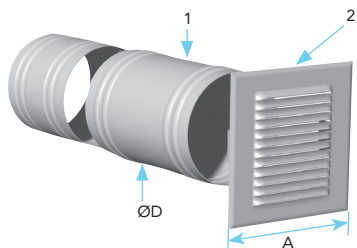
gama

- › Diâmetros de ligação: 125, 150, 160, 200, 250, 315, 355 e 400 mm.

aplicação/utilização

- › Ventilação mecânica controlada.

construção/atravancamentos



- 1) Adaptação fixa de 250 mm em aço galvanizado.
- 2) Grelha em alumínio rectangular, cor natural, simples fiada, pára vento para diâmetros 125 a 200 e dupla fiada, pára-vento para diâmetros superiores.

Modelos	Atravancamentos (mm)		Caudal a 20 Pa (m³/h)	
	A	Ø D	extração de ar	em tomada de ar
PA 125 + adaptações	165	127	170	120
PA 160 + adaptações	190	162	235	195
PA 200 + adaptações	240	202	350	290
PA 250 + adaptações	290	252	485	400
PA 315 + adaptações	340	320	830	680
PA 355 + adaptações	390	360	1060	870
PA 400 + adaptações	440	408	1610	1320
PA 400 + adaptações	440	440	403	408

condicionamento

- › À unidade.

textos de prescrição

- › A grelha de tomada de ar (ou de rejeição) de fachada será composta por uma grelha em alumínio de alhetas embutidas anti-chuva e por 2 adaptações de atravessamento de parede (comprimento total 450 mm).
- › Será fixa na adaptação e aplicada na parede.
- › Tipo PA, marca France Air.

montagem e ligação

- › Selar as adaptações no betão com uma ligeira inclinação descendente para o exterior (adaptação fixa do lado exterior da parede e adaptação regulável do lado interior).
- › Prever um revestimento de, pelo menos, 20 mm entre as 2 adaptações e um rebordo da adaptação no lado interior de 30 mm, no mínimo, para ligação à conduta.
- › Fixar a grelha na adaptação do lado exterior da parede.

GA BRANCO

grelha de ventilação natural



vantagens

- › Grelha de ventilação discreta.
- › Montagem embutida.

gama

- › Grelha de ventilação anti-chuva em alumínio pré-lacado branco: modelo GA.

aplicação/utilização

- › Habitação ou sector terciário.
- › Montagem em parede vertical.

atravancamentos

Modelos	S (cm²)	L x H (mm)
GA 140 x 140	70	140 x 140
GA 190 x 190	135	190 x 190
GA 240 x 240	240	240 x 240

Espessura da grelha: 9mm

condicionamentos

- › À unidade.

montagem

- › Grelha embutida na parede, parafusos à vista.