

AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS DE CÁLCULO PARA APLICAÇÃO DO RCCTE E PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA ALTERNATIVA DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

João Paulo Vaz Portugal da Silva

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Orientador: Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

JUNHO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À minha família e amigos

Trabalha com gosto e terás o gosto do trabalho

Benjamin Franklin

AGRADECIMENTOS

Durante a realização deste trabalho houve várias pessoas que me foram ajudando e a quem estou verdadeiramente grato. Destas, há algumas que gostaria de realçar neste momento:

Ao professor Vasco Peixoto de Freitas, o orientador deste trabalho, pelo interesse que sempre demonstrou por este tema e pela paciência demonstrada ao longo deste tempo.

Ao meu pai, por ser um verdadeiro exemplo para mim e por sempre depositar enorme confiança nas minhas capacidades.

À minha mãe, pelos valores que me ensinou a respeitar e a defender e pelo apoio que me sempre me deu ao longo dos anos.

À minha irmã, que mesmo quando eu não o merecia sempre me ajudou com o que precisava.

Ao Miguel, que me acolheu na FEUP e me ensinou tudo o que precisava saber para conseguir chegar até ao fim. Não há espaço para descrever tudo o que fizeste.

Aos meus amigos, que proporcionaram momentos de descontração para poder depois voltar ao trabalho.

Ao André Ferreira, da Top Informática, sem o qual eu não teria conseguido realizar este trabalho.

RESUMO

Este relatório foi realizado no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, no ramo de Construções, e teve como principais objectivos a análise de programas de cálculo para a verificação do RCCTE e, posteriormente, a proposta de uma metodologia alternativa para o cálculo das necessidades de energia primária.

Para realizar a primeira parte do trabalho foram analisados três programas informáticos: Envolterm, Amorim Isol+ e CYPE. Estes programas foram utilizados para o cálculo de dois casos: uma moradia e um apartamento. Da comparação entre os resultados obtidos foi possível realizar uma análise crítica dos programas e avaliar a importância da certificação de software de cálculo térmico.

A segunda parte do trabalho refere-se à proposta de uma alternativa à certificação associada ao RCCTE. Refira-se que o actual modelo de certificação valoriza em demasia os sistemas de preparação de águas quentes sanitárias em detrimento da envolvente. Para definir este novo modelo realizou-se um estudo de sensibilidade sobre 17 fracções autónomas (13 apartamentos e 4 moradias), todos eles localizados na zona a norte do Rio Douro (Porto e Braga). Estas simulações consistiram em modificar os coeficientes que afectam os valores de N_{ic} , N_i , N_{vc} , N_v , N_{ac} e N_a nas expressões de N_{ic} e N_t , de forma a procurar um maior equilíbrio entre as parcelas intervenientes no cálculo.

Face aos resultados que foram obtidos foi apresentado um novo modelo de certificação energética.

PALAVRAS-CHAVE: RCCTE, Certificação energética, Estudo de sensibilidade, Necessidades de energia primária, Conforto.

ABSTRACT

The main purposes of this work are to compare software used in the validation of the RCCTE and to propose a different method to obtain the final value of the needs for primary energy in buildings.

On the first part of the work three computer programs were used on the study of two projects: one habitation and one flat. The programs used were: Envolterm, Amorim Isol+ and CYPE. By the comparison of the results obtained by the programs it was possible to analyze the main features of the software and to reflect on the needs for the certification of this kind of programs.

The reason to perform the second part of the work is that the actual certification gives more strength to the effects of the systems used on the hot sanitary waters preparation, and minimizes the effects of the needs of heating and the cooling needs. In order to study this subject it was made a sensitivity study based in 17 autonomous fractions (13 flats and 4 houses), all located in Porto or Braga. The simulations were based on the coefficient used on the determination of N_{ic} and N_t to affect the values of N_{ic} , N_i , N_{vc} , N_v , N_{ac} and N_a . The objective was the find a better balance between the three needs of energy.

Analyzing the results provided by this study it was purposed a new method for energetic certification.

KEYWORDS: RCCTE, Energetic Certification, Sensitivity Study, Needs for Primary Energy, Comfort.

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento do trabalho	1
1.2. Objectivos	2
1.3. Estrutura do trabalho	2
2. AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS DE CÁLCULO AUTOMÁTICO PARA APLICAÇÃO DO RCCTE	5
2.1. Considerações gerais	5
2.2. Dados necessários à aplicação do RCCTE	6
2.2.1. Dados gerais	6
2.2.2. Cálculo de n_{ic}	6
2.2.3. Cálculo de n_{vc}	8
2.2.4. Cálculo de n_{ac}	9
2.2.5. Cálculo de n_{tc}	9
2.3. Envolterm	10
2.3.1. Generalidades	10
2.3.2. Introdução de dados	11
2.4. Amorim Isol+	11
2.4.1. Generalidades	11
2.4.2. Introdução de dados	12
2.5. CYPE Projecto Térmico	13
2.5.1. Generalidades	13
2.5.2. Introdução de dados	13
2.6. Comparação entre software na perspectiva do utilizador	14
2.6.1. Comparação entre Envolterm e Amorim Isol+	14
2.6.2. Comparação com o CYPE Projecto Térmico	15
2.7. Síntese da análise efectuada	16
3. ANÁLISE COMPARATIVA DE PROGRAMAS DE CÁLCULO NO ÂMBITO DO RCCTE	19
3.1. Objectivos deste capítulo	19
3.2. Soluções construtivas	19
3.3. Apartamento	21
3.3.1. Descrição do edifício	21
3.3.2. Descrição da fracção	21
3.3.3. Aplicação das folhas de cálculo	22

3.3.4. Comparação de resultados com os programas de cálculo automático	31
3.4. Moradia	34
3.4.1. Descrição do edifício	34
3.4.2. Descrição da fracção	34
3.4.3. Aplicação da folha de cálculo	36
3.4.4. Comparação de resultados com os programas de cálculo automático	43
3.5. Conclusões do capítulo	46
4. PROPOSTA DE UM MODELO ALTERNATIVO PARA A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS NO ÂMBITO DO RCCTE	47
4.1. Enquadramento na situação actual	47
4.2. Justificação do estudo de sensibilidade	48
4.3. Base de dados	49
4.3.1. Caracterização da amostra	49
4.3.2. Necessidades energéticas	50
4.4. Influência de N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} no cálculo de N_{tc} e de $\sum N$	51
4.5. Estudo de sensibilidade dos coeficientes a aplicar em N_{tc} e N_t	54
4.5.1. Descrição do processo	54
4.5.2. Afectação da fórmula de N_t	55
4.5.3. Hipótese 1	56
4.5.4. Hipótese 2	57
4.5.7. Hipótese 3	58
4.6. Comparação das hipóteses 1 e 3 com a situação actual	60
4.7. Análise crítica dos resultados	62
4.8. Apresentação do modelo	63
4.9. Aplicação do modelo à amostra	64
5. CONCLUSÃO	65
5.1. Apreciação do estudo desenvolvido	65
5.2. Perspectivas de futuro sobre o tema	66
Bibliografia	67
ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - ENVOLTERM.....	11
FIGURA 2 – AMORIM ISOL+	12
FIGURA 3 – CYPE PROJECTO TÉRMICO.....	13
FIGURA 4 – VISTA A TRÊS DIMENSÕES DO CYPE PROJECTO TÉRMICO	16
FIGURA 5 - PLANTA DO APARTAMENTO.....	21
FIGURA 6 – CORTE ESQUEMÁTICO DO APARTAMENTO	22
FIGURA 7 - PLANTA DO PISO 0 DA MORADIA	35
FIGURA 8 – PLANTA DO PISO 1 DA MORADIA	35
FIGURA 9 – CORTE ESQUEMÁTICO DA MORADIA	36
FIGURA 10 – CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA.....	47
FIGURA 11 – INFLUÊNCIA DE N_{IC} , N_{VC} E N_{AC} NO CÁLCULO DE N_{TC}	53
FIGURA 12 – INFLUÊNCIA DE N_{IC} , N_{VC} E N_{AC} NO CÁLCULO DE $\sum N$	54
FIGURA 13 – COMPARAÇÃO DE N_{TC} / N_T ENTRE O REGULAMENTO E AS HIPÓTESES 1 E 3	61

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA ENVOLVENTE OPACA	20
QUADRO 2 – CARACTERÍSTICAS DOS ENVIDRAÇADOS.....	20
QUADRO 3 – DADOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO	21
QUADRO 4 – EQUIPAMENTOS A INSTALAR NA FRACÇÃO.....	22
QUADRO 5 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO IV.1A.....	23
QUADRO 6 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO IV.1B.....	23
QUADRO 7 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO IV.1C	24
QUADRO 8 – RESUMO DOS DADOS REFERENTES À VENTILAÇÃO NATURAL.....	24
QUADRO 9 – ÁREAS EFECTIVAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS NO INVERNO	25
QUADRO 10 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO IV.1E	25
QUADRO 11 – CÁLCULO DAS ÁREAS DA ENVOLVENTE PARA QUANTIFICAÇÃO DO FF	26
QUADRO 12 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO IV.2.....	26
QUADRO 13 – RESUMO DO CÁLCULO DE N_{IC}	27
QUADRO 14 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO V.1A.....	27
QUADRO 15 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO V.1F.....	28
QUADRO 16 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO V.1G	28
QUADRO 17 – RESUMO DO CÁLCULO DE N_{VC}	28
QUADRO 18 – RESUMO DO CÁLCULO DE N_{AC}	29
QUADRO 19 – RESUMO DO CÁLCULO DE N_{TC}	30
QUADRO 20 – RESUMO DO CÁLCULO DE N_T	30
QUADRO 21 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA MÁXIMOS.....	31
QUADRO 22 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DE PONTES TÉRMICAS PLANAS.....	31
QUADRO 23 – CLASSIFICAÇÃO DOS ERROS OBTIDOS.....	31
QUADRO 24 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS ENTRE A FOLHA DE CÁLCULO E OS DIFERENTES PROGRAMAS	32
QUADRO 25 – DADOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO	34
QUADRO 26 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO IV.1A	36
QUADRO 27 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO IV.1B	37
QUADRO 28 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO IV.1C	37
QUADRO 29 – RESUMO DOS DADOS REFERENTES À VENTILAÇÃO NATURAL.....	37
QUADRO 30 – ÁREAS EFECTIVAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS NO INVERNO	38
QUADRO 31 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO IV.1E	38
QUADRO 32 – CÁLCULO DAS ÁREAS DA ENVOLVENTE PARA QUANTIFICAÇÃO DO FF	39
QUADRO 33 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO IV.2.....	39
QUADRO 34 – RESUMO DO CÁLCULO DE N_{IC}	40
QUADRO 35 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO V.1A.....	40
QUADRO 36 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO V.1F.....	40
QUADRO 37 – RESUMO DA FOLHA DE CÁLCULO V.1G	41
QUADRO 38 – RESUMO DO CÁLCULO DE N_{VC}	41
QUADRO 39 – RESUMO DO CÁLCULO DE N_{AC}	42
QUADRO 40 – RESUMO DO CÁLCULO DE N_{TC}	42
QUADRO 41 – RESUMO DO CÁLCULO DE N_T	42
QUADRO 42 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA MÁXIMOS.....	43
QUADRO 43 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DE PONTES TÉRMICAS PLANAS.....	43

QUADRO 44 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS ENTRE A FOLHA DE CÁLCULO E OS DIFERENTES PROGRAMAS.....	44
QUADRO 45 – VALORES DE REFERÊNCIA ADOPTADOS [7].....	49
QUADRO 46 – VALORES DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DAS FRACÇÕES [7, 8]	51
QUADRO 47 – INFLUÊNCIA DE N_{IC} , N_{VC} E N_{AC} DE ACORDO COM O RCCTE.....	52
QUADRO 48 – VALORES MÉDIOS DA INFLUÊNCIA DE N_{IC} , N_{VC} E N_{AC} NO VALOR TOTAL DE N	52
QUADRO 49 – RELAÇÃO ENTRE NECESSIDADES NOMINAIS E RESPECTIVOS LIMITES.....	55
QUADRO 50 – VALORES MÉDIOS DA RELAÇÃO ENTRE NECESSIDADES NOMINAIS E RESPECTIVOS LIMITES	55
QUADRO 51 – VALORES DAS NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA A HIPÓTESE 1.....	56
QUADRO 52 – COEFICIENTES A APLICAR NA HIPÓTESE 2	57
QUADRO 53 – VALORES DAS NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA A HIPÓTESE 2.....	58
QUADRO 54 - VALORES DAS NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA A HIPÓTESE 3.....	59
QUADRO 55 – COMPARAÇÃO ENTRE A SITUAÇÃO ACTUAL E AS HIPÓTESES 1 E 3	60
QUADRO 56 – APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO	64

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

N_{ic} – Necessidades nominais de energia útil de aquecimento [kWh/m².ano]

N_{vc} – Necessidades nominais de energia útil de arrefecimento [kWh/m².ano]

N_{ac} – Necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias [kWh/m².ano]

N_{tc} – Necessidades nominais globais de energia primária [kgep/m².ano]

N_i – valor limite das necessidades nominais de energia útil de aquecimento [kWh/m².ano]

N_v – valor limite das necessidades nominais de energia útil de arrefecimento [kWh/m².ano]

N_a – valor limite das necessidades nominais de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias [kWh/m².ano]

N_t – valor limite das necessidades nominais globais de energia primária [kgep/m².ano]

A_p – Área útil de pavimento [m²]

U – Coeficiente de transmissão térmica [W/m².°C]

A – Área (m²)

A_i – Área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil [m²]

A_u – Área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior [m²]

Ψ – Coeficiente de transmissão térmica linear [W/m².°C]

R_{ph} – Número de renovações horárias do ar interior [h⁻¹]

GD – Número de graus-dias [°C.dias]

Q_s – Ganhos solares brutos [kWh]

G_{sul} – Energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento [kWh/m².mês]

X – Factor de orientação

F_h – Factor de sombreamento do horizonte

F_o – Factor de sombreamento por elementos horizontais

F_v – Factor de sombreamento por elementos verticais

F_s – Factor de obstrução

$g_{\perp}$ – Factor solar do vidro

F_g – Fracção envidraçada

F_w - Factor de correcção de selectividade angular dos envidraçados

A_e – Área efectiva [m^2]

η – Factor de utilização dos ganhos térmicos

Q_i – Ganhos internos brutos [kWh]

M – Duração média da estação convencional de aquecimento [meses]

q_i – Ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento [W/m^2]

Q_t – Perdas de calor por condução através da envolvente dos edifícios [kWh]

Q_v – Perdas de calor resultantes da renovação de ar [kWh]

Q_{gu} – Ganhos de calor úteis [kWh]

FF – Factor de forma [m^{-1}]

Q_g – Ganhos totais brutos do edifício ou fracção autónoma [kWh]

θ_{atm} – temperatura do ar exterior [$^{\circ}C$]

AQS – Águas quentes sanitárias

M_{AQS} – Consumo médio diário de referência de águas quentes sanitárias [l]

Δ_T – Aumento de temperatura [$^{\circ}C$]

n_d – Número anual de dias de consumo de águas quentes sanitárias

η_a – Eficiência de conversão do sistema de preparação de águas quentes sanitárias

E_{solar} – Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de águas quentes sanitárias [kWh/ano]

E_{ren} – Contribuição de quaisquer outras formas de energia renováveis para a preparação de águas quentes sanitárias, bem como de quaisquer formas de recuperação de calor de equipamentos ou de fluidos residenciais [kWh/ano]

Q_a – Energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de águas quentes sanitárias [kWh]

η_i – Eficiência nominal do sistema de aquecimento

η_v – Eficiência nominal do sistema de arrefecimento

F_{pui} – Factor de conversão do sistema de aquecimento

F_{puv} – Factor de conversão do sistema de arrefecimento

F_{pua} – Factor de conversão do sistema de preparação de águas quentes sanitárias

M_{si} – Massa superficial útil do elemento i [kg/m^2]

R – Resistência térmica [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$]

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

ADENE – Agência para a Energia

CERTIF – Associação para a Certificação de Produtos

INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

As condições de conforto da habitação são hoje em dia um dos temas mais debatidos e com maior importância na construção. A sensação de conforto é um bem essencial para o ser humano e cada vez mais um factor de ponderação na escolha da sua habitação. Associada a esta procura pelo conforto estão as cada vez maiores preocupações climáticas, nomeadamente no que se refere ao gasto de CO₂, que incidem sobre o excessivo gasto energético na operação de edifícios. Na busca pela melhor situação de conforto, o ser humano intensificou durante o século passado o consumo de energia, o que levou a que cerca de 40% da energia primária utilizada nos países europeus fosse destinada à operação de edifícios. No entanto estes gastos podem ser reduzidos a cerca de metade através de medidas de eficiência energética. Tornou-se deste modo necessária uma maior supervisão da qualidade dos edifícios, de forma a reduzir estes gastos. [7]

O objectivo final da construção, no que toca ao aspecto térmico dos edifícios, será o de conduzir a uma minimização dos sistemas de aquecimento e arrefecimento e intensificar a contribuição dos sistemas de energia renovável, nomeadamente a energia solar e fotovoltaica. Para tal será necessário aproveitar o melhor que o clima tem para oferecer em cada estação do ano, nomeadamente o facto de o nosso país ser um dos países da Europa com maior número de horas de sol por ano (entre 2200 a 3000) [2]. No Inverno é necessário aproveitar todas as fontes de energia exteriores, de forma a minimizar as necessidades energéticas, enquanto no Verão importa diminuir a incidência da energia solar no edifício. No entanto esta conjugação de esforços nem sempre será compatível. [9]

O primeiro texto legislativo na área da Térmica de Edifícios foi aprovado em 1990, pelo Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro, sob a designação Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE – e entrou em vigor em 1991. A versão de 1990 pretendeu, sobretudo, limitar potenciais consumos, já que eram em número diminuto os edifícios que dispunham de meios de promoção das condições ambientais (aquecimento e arrefecimento) tendo para tal recorrido à definição de dois parâmetros, as necessidades nominais de energia nas estações de aquecimento e arrefecimento. Recentemente foi necessário proceder à revisão do RCCTE, de forma a dar resposta, quer às mudanças verificadas no nosso País relativamente aos hábitos de consumo de energia no sector dos edifícios, quer à necessidade de implementação da Directiva Europeia, publicada a 4 de Janeiro de 2003, relativa ao desempenho energético dos edifícios – 2002/91/CE, de 16 de Dezembro de 2002. Esta preconiza a “melhoria do desempenho energético dos edifícios” tendo como objectivo final a contenção dos consumos energéticos do sector. A nova versão do RCCTE contabiliza a energia despendida para produção de águas quentes sanitárias e tem em conta o tipo de sistema de

aquecimento e de arrefecimento bem como as fontes de energia primária utilizadas, conduzindo a diferentes requisitos em função da eficiência dos equipamentos. [11]

A partir de 1 de Julho de 2008, passou a ser aplicável a emissão de certificados energéticos a todos os novos edifícios, com base no RCCTE. Para fazer face ao cálculo térmico dos edifícios surgiram nos últimos anos vários softwares de cálculo térmico, quer gratuitos quer comerciais, com o intuito de auxiliar os técnicos, projectistas e peritos qualificados a aplicar a metodologia de cálculo proposta pelo RCCTE. De forma a garantir a fiabilidade destes programas a ADENE e a CERTIF, entidade de certificação de produtos e serviços, desenvolveram um processo de certificação de software de cálculo térmico de edifícios, baseado na norma ISO/IEC 25051. [1]

Algumas análises ao actual regulamento e consequente certificação energética têm demonstrado que este pode não reflectir o equilíbrio entre a envolvente e os sistemas. A crítica apontada é que a classificação energética indicada pelo Despacho nº 10250/2008 promove um peso excessivo aos sistemas de preparação das águas quentes sanitárias, em detrimento das necessidades de aquecimento e arrefecimento [6]. O modelo actual do RCCTE será adequado para quantificar a emissão de CO₂, e portanto o valor calculado é com base nos reais consumos efectuados pelo utilizador, e não nas potenciais necessidades para garantir a situação de conforto. Considera o regulamento que o utilizador apenas consome na totalidade as necessidades de preparação de águas quentes sanitárias. [12]

1.2. OBJECTIVOS

Os principais objectivos deste trabalho são os seguintes:

- Analisar a situação portuguesa em termos de software de cálculo térmico de edifícios;
- Realizar uma análise comparativa entre três programas informáticos de cálculo, de modo a perceber a sua fiabilidade e enquadrar com a necessidade de uma certificação de software;
- Estudar a influência das parcelas de necessidades energéticas no resultado final das necessidades de energia primária, reflectindo sobre o peso atribuído a cada uma delas;
- Propor um novo método de classificação energética de edifícios.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho realizado encontra-se dividido em quatro capítulos (capítulos 2, 3, 4 e 5).

No capítulo 2 é analisada a situação portuguesa no que respeita a software de cálculo térmico de edifícios segundo o RCCTE. São expostos os parâmetros necessários para o cálculo, divididos em necessidades de aquecimento, de arrefecimento, de preparação de águas quentes sanitárias e de energia primária. Após esta listagem são apresentados os programas que serão comparados no capítulo seguinte, e é realizada uma comparação entre os três com o objectivo de explicar as suas vantagens e desvantagens.

No capítulo 3 será efectuado o estudo de dois casos: uma moradia unifamiliar e um apartamento. Será efectuado todo o cálculo térmico com vista à validação das fracções pelo RCCTE numa folha de cálculo e posteriormente os resultados obtidos serão comparados com os resultados dos programas de cálculo. Com base na diferença de resultados serão apontados os erros existentes nos programas e será realizada uma nova comparação entre estes.

O quarto capítulo trata da proposta de um novo modelo de cálculo. Inicialmente será estudado o método indicado pelo Decreto-Lei nº 78/2006 e será realizada uma crítica fundamentada aos

coeficientes utilizados para o cálculo da necessidade de energia primária. Após esta primeira análise será realizada uma simulação numérica, com as novas hipóteses de cálculo formuladas, sobre uma amostra de 13 apartamentos e 4 moradias, com vista a determinar qual a hipótese a ser proposta. Esta nova hipótese será então aplicada à amostra e comparada com o método actual, sobre o ponto de vista da classificação energética. Para terminar será realizada a apresentação deste novo método de certificação energética.

O último capítulo diz respeito às conclusões retiradas durante a realização do trabalho. É realizada uma síntese dos resultados obtidos ao longo dos capítulos anteriores.

2

AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS DE CÁLCULO AUTOMÁTICO PARA APLICAÇÃO DO RCCTE

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O cálculo da aplicação do regulamento térmico é tradicionalmente realizado de forma manual pelo utilizador, efectuando as medições necessárias sobre as plantas e alçados do edifício, calculando as características dos elementos utilizados e preenchendo as folhas de cálculo do RCCTE de acordo com os anexos aí encontrados.

Com o aumento da emissão de certificados energéticos, e de forma a facilitar o cálculo da verificação do regulamento, foram surgindo em Portugal vários programas informáticos de cálculo automático, alguns disponibilizados gratuitamente e outros comercializados [1]. Grande parte desses programas gratuitos foram criados por empresas de fabrico de materiais de construção: Envolterm, Preceram RCCTE, ACEPE-RCCTE, Amorim Isol+, ICBTERM 2009, entre outros. Em termos de programas comerciais podem-se destacar o RCCTE_STE, criado pelo INETI, e o CYPE Projecto Térmico.

A maior parte dos programas requerem que o utilizador efectue as medições e o cálculo das características dos elementos. O utilizador introduz os dados no programa a exemplo do que seria necessário realizar com a folha de cálculo. A diferença entre estes programas está ao nível dos automatismos e do interface que são gerados pelos programas e na linha de introdução dos dados.

Existem no entanto alguns programas que efectuem as medições sobre a planta do edifício e calculam as características dos elementos, sendo apenas necessário ao utilizador indicar ao software a localização sobre a planta desses elementos e as suas características.

Devido ao acréscimo na oferta de software de validação do RCCTE registado, a ADENE e a CERTIF lançaram recentemente um processo de certificação deste tipo de aplicações. As empresas que desejam certificar os seus programas, terão que se submeter a uma série de testes de forma a apresentar os requisitos pré-estabelecidos pela norma ISO/IEC 25051 e pela ADENE. Caso superem os testes as empresas irão obter o selo SCE / CERTIF. [1]

No sentido de efectuar uma comparação entre o software disponível serão testados neste trabalho três programas de cálculo automático de forma a ser possível analisar os resultados obtidos e verificar a sua conformidade com o regulamento. Os programas utilizados serão: *Envolterm*, *Amorim Isol+* e o *CYPE*. Foram estes os programas seleccionados por uma questão de facilidade para o autor deste trabalho em os obter.

No próximo ponto serão apresentados os dados da fracção necessários aos programas para estes poderem aplicar o RCCTE. Estes dados são comuns a todos os programas, podendo no entanto em alguns casos ser calculados automaticamente pelo programa.

2.2. DADOS NECESSÁRIOS À APLICAÇÃO DO RCCTE

2.2.1. DADOS GERAIS

Para aplicar o RCCTE é necessário primeiro definir alguns dados gerais da fracção, que serão utilizados em várias parcelas do cálculo.

Alguns desses dados servem para caracterizar a localização do edifício, nomeadamente:

- Região;
- Zonamento climático;
- Concelho;
- Altitude;
- Distância do edifício à costa.

Para além destes dados são necessários outros que ajudam na caracterização geométrica da fracção:

- Tipo de fracção;
- Tipo de utilização;
- Área útil de pavimento;
- Pé direito médio;
- Volume.

2.2.2. CÁLCULO DE N_{ic}

O cálculo das necessidades de aquecimento começa pela caracterização das perdas de calor por condução através da envolvente.

Os primeiros elementos da envolvente a caracterizar serão os elementos exteriores, que se encontram divididos em: paredes, pavimentos, coberturas, pontes térmicas planas e envidraçados. Relativamente a estes elementos, os parâmetros que intervêm no cálculo são:

- Coeficiente de transmissão térmica;
- Área medida pelo interior.

Segue-se a caracterização da envolvente interior, a qual está separada nos seguintes elementos em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes: paredes, pavimentos, coberturas, pontes térmicas planas e vãos envidraçados. Para estes elementos é necessário calcular:

- U ;
- A ;
- τ .

O valor de τ depende da utilização dada ao espaço não-útil e é obtido da Tabela IV.1 do Anexo IV, sendo necessário determinar o valor de A_i e A_u .

O ponto seguinte é relativo às perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo. Para cada elemento é necessário introduzir:

- Perímetro ou desenvolvimento;

- Coeficiente de transmissão térmica linear, obtido da Tabela IV.2.

Por último resta caracterizar as pontes térmicas lineares, para as quais é necessário indicar o valor de:

- Desenvolvimento linear da ponte térmica;
- Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica, obtido da Tabela IV.3.

A secção seguinte na análise da estação de aquecimento é referente às perdas associadas à renovação do ar. O cálculo é diferente consoante a ventilação seja assegurada por meios mecânicos ou naturais.

Caso seja natural, e caso se demonstre que a ventilação cumpre a NP 1037-1, é utilizado o valor de referência $0,6 R_{ph}$. Caso não se demonstre que cumpre a norma, então é necessário saber os seguintes dados, para poder calcular o valor da taxa de renovação nominal:

- Classe da caixilharia;
- Altura acima do solo;
- Tipo de rugosidade;
- Classe de exposição ao vento das fachadas, através do Quadro IV.2;
- Existência de caixa de estore, dispositivos de admissão de ar na fachada, aberturas auto-reguladas e portas exteriores bem vedadas.

Com estes dados retira-se o valor de R_{ph} do Quadro IV.1.

Caso a ventilação seja assegurada por meios mecânicos, para se poder calcular o valor de R_{ph} , é necessário saber os seguintes valores:

- Caudas de insuflação;
- Caudal extraído;
- Tipo de caudal;
- Altura acima do solo;
- Tipo de rugosidade.

Com o valor de R_{ph} é possível calcular as perdas por ventilação. Caso o edifício disponha de sistemas mecânicos de ventilação é necessário adicionar ao valor calculado a energia eléctrica necessária ao seu funcionamento.

Para realizar os cálculos das perdas térmicas até agora enunciados, é necessário saber o valor do número de graus-dias que se obtém pelo Quadro III.1 em função dos dados de localização referidos nos dados gerais.

O último ponto a calcular será os ganhos úteis na estação de aquecimento, estando este cálculo dividido em ganhos solares e ganhos internos. Nos ganhos solares são analisados os vãos envidraçados exteriores. É para isso necessário saber:

- Tipo de envidraçado;
- G_{sul} , do Quadro III.8;
- Factor de orientação, do Quadro IV.4;
- Factor de sombreamento do horizonte, da Tabela IV.5;
- Factor de sombreamento por elementos horizontais, da Tabela IV.6;
- Factor de sombreamento por elementos verticais, da Tabela IV.7;
- Factor de obstrução;

- Factor solar do vidro, da Tabela IV.4;
- Fração envidraçada, do Quadro IV.5;
- Factor de selectividade angular.

Para o cálculo dos ganhos internos é necessário saber o valor de A_p e dos ganhos térmicos médios, este último através do Quadro IV.3. Para calcular os ganhos úteis totais é necessário saber o tipo de inércia do edifício para se obter o factor de utilização dos ganhos térmicos.

O cálculo das necessidades anuais de aquecimento, indicado no ponto 1 do Anexo IV do RCCTE, é igual a:

$$N_{ic} = (Q_t + Q_v - Q_{gu})/A_p \quad (2.1)$$

Em que:

- N_{ic} - Necessidades nominais de energia útil de aquecimento [kWh/m².ano];
- Q_t - Perdas de calor por condução através da envolvente dos edifícios [kWh];
- Q_v - Perdas de calor resultantes da renovação de ar [kWh];
- Q_{gu} - Ganhos de calor úteis [kWh];
- A_p - Área útil de pavimento [m²]

2.2.3. CÁLCULO DE N_{vc}

No cálculo das necessidades de arrefecimento é necessário determinar as perdas térmicas totais, utilizando os dados já indicados para as perdas térmicas no cálculo de N_{ic} .

Para o cálculo dos ganhos solares através da envolvente opaca é necessário saber, para além do valor da área e do U já indicados no cálculo de N_{ic} , para cada um dos elementos da envolvente exterior:

- Coeficiente de absorção, pelo Quadro V.5;
- Intensidade de radiação solar, do Quadro III.9;
- Condutância térmica superficial exterior do elemento da envolvente.

No cálculo dos ganhos solares através dos envidraçados exteriores, é necessário saber os seguintes valores para os diferentes vãos, que se alteram da estação de aquecimento para a estação de arrefecimento:

- Factor solar com protecção a 100%, do Quadro V.4;
- F_h , que normalmente se considera igual a 1;
- F_o , do Quadro V.1;
- F_f , do Quadro V.2;
- F_w , do Quadro V.3;
- Intensidade de radiação solar, do Quadro III.9.

Para o cálculo dos ganhos internos é necessário saber o valor de A_p e q_i . Tal como para as necessidades de aquecimento é também necessário calcular o valor de η .

O valor das necessidades anuais de arrefecimento, obtido do ponto 2.1 do Anexo V do RCCTE, é igual a:

$$N_{vc} = Q_g \times (1 - \eta) / A_p \quad (2.2)$$

Em que:

- N_{vc} - Necessidades nominais de energia útil de arrefecimento [kWh/m².ano];
- Q_g - Ganhos totais brutos do edifício ou fracção autónoma [kWh];
- η - Factor de utilização dos ganhos térmicos

2.2.4. CÁLCULO DE N_{ac}

Neste cálculo é necessário conhecer os seguintes dados:

- Tipologia da fracção;
- Tipo de edifício;
- Tipo de utilização da fracção;
- M_{AQS} ;
- ΔT ;
- n_d ;
- Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS;
- E_{solar} , obtido pelo programa Solterm;
- E_{ren} .

O valor das necessidades de energia para preparação de AQS é retirada do ponto 1 do Anexo VI do RCCTE e é igual a:

$$N_{ac} = (Q_a / \eta_a - E_{solar} - E_{ren}) / A_p \quad (2.3)$$

Em que:

- N_{ac} - Necessidades nominais de energia útil para produção de águas quentes sanitárias [kWh/m².ano];
- Q_a - Energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de águas quentes sanitárias [kWh];
- η_a - Eficiência de conversão do sistema de preparação de águas quentes sanitárias;
- E_{solar} - Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de águas quentes sanitárias [kWh/ano];
- E_{ren} - Contribuição de quaisquer outras formas de energia renováveis para a preparação de águas quentes sanitárias, bem como de quaisquer formas de recuperação de calor de equipamentos ou de fluidos residenciais [kWh/ano];

2.2.5. CÁLCULO DE N_{tc}

Para calcular N_{tc} e N_t é apenas necessário saber os valores de:

- Eficiência nominal do sistema de aquecimento;
- Eficiência nominal do sistema de arrefecimento;
- Factor de conversão do sistema de aquecimento;

- Factor de conversão do sistema de arrefecimento;
- Factor de conversão do sistema de AQS.

O valor das necessidades anuais de energia primária, obtida do Art.15º do Capítulo V do RCCTE, será igual a:

$$N_{tc} = 0,1 \times (N_{ic}/\eta_i) \times F_{pui} + 0,1 \times (N_{vc}/\eta_v)F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (2.4)$$

Em que:

- N_{tc} - Necessidades nominais globais de energia primária [kgep/m².ano];
- η_i - Eficiência nominal do sistema de aquecimento;
- F_{pui} - Factor de conversão do sistema de aquecimento
- η_v - Eficiência nominal do sistema de arrefecimento;
- F_{puv} - Factor de conversão do sistema de arrefecimento
- F_{pua} - Factor de conversão do sistema de preparação de águas quentes sanitárias

Com estes dados fica terminada a caracterização do edifício. São estes os valores que os programas necessitam para proceder à aplicação do regulamento. A ordem pela qual são introduzidos é que pode diferir, tal como será visto nos próximos pontos.

2.3. ENVOLTERM

2.3.1. GENERALIDADES

O *Envolterm* é um programa informático criado pelas empresas de fabrico de materiais de construção: IberFibran (isolamento térmico), Extrusal (caixilharia em alumínio) e Guardian Glass (caixilharia em vidro); com o intuito de realizar o Projecto de Licenciamento da Especialidade de Térmica, respeitando o novo RCCTE. Este programa foi desenvolvido pelo Prof. Engº. Vasco Peixoto de Freitas, consultor na área de Higrotérmica, Patologia e Reabilitação de Edifícios. [3]

O *Envolterm* segue uma linha de introdução manual dos dados e é disponibilizado gratuitamente aos utilizadores. Na Figura 1 pode-se ver o menu inicial do programa.



Figura 1 - Envolterm

2.3.2. INTRODUÇÃO DE DADOS

A ordem de introdução dos dados no programa segue a linha de pensamento do regulamento, isto é, está separada em *Necessidades de aquecimento*, *Necessidades de arrefecimento*, *Necessidades de AQS* e *Necessidades de energia primária*. É deste modo semelhante à descrita no ponto 2.2, sendo necessário introduzir todos os elementos que foram referenciados e efectuar, para os casos em que o valor não é obtido de forma directa, os cálculos necessários para se obter esses valores.

2.4. AMORIM ISOL+

2.4.1. GENERALIDADES

O *Amorim Isol+* é um software de cálculo de comportamento e determinação do desempenho energético dos edifícios, no âmbito do novo RCCTE. É desenvolvido pela Amorim Isolamentos, da Corticeira Amorim, em parceria com o ITeCons, e o seu objectivo é o cálculo térmico com aglomerados de cortiça, sendo no entanto possível utilizar qualquer tipo de soluções. [4]

O menu inicial do programa está apresentado na Figura 2.



Figura 2 – Amorim Isol+

2.4.2. INTRODUÇÃO DE DADOS

A ordem de introdução de dados neste programa difere da utilizada no software Envolterm. Neste caso procede-se a uma caracterização pormenorizada de toda a informação do caso em estudo, e apenas depois o programa realiza os cálculos previstos no regulamento. A introdução dos dados está separada nas seguintes secções:

- Dados do edifício;
- Espaços não úteis;
- Dados gerais da fracção;
- Ventilação;
- AQS;
- Sistemas de climatização;
- Envolvente exterior;
- Envolvente interior;
- Vãos exteriores;
- Elementos de compartimentação.

Em cada uma destas secções são pedidos os dados listados no ponto 2.2 sendo necessário efectuar os cálculos que forem necessários para obter esses valores.

2.5. CYPE PROJECTO TÉRMICO

2.5.1. GENERALIDADES

O *Projecto Térmico* é um programa desenvolvido em parceria entre a Top Informática e a CYPE Ingenieros, sendo comercializado em Portugal pela primeira. Tem como objectivo a execução do projecto de comportamento térmico nos edifícios, baseado no novo RCCTE. Difere dos outros dois softwares aqui referenciados por ser um programa comercial, logo não gratuito. A grande diferença a nível de introdução dos dados é que neste caso a introdução é gráfica, sendo efectuada sobre as plantas do edifício. O utilizador define a arquitectura, localização, orientação, elementos e equipamentos e o programa procede às medições e cálculos, apresentando depois a listagem justificativa do cálculo segundo o regulamento. [5]

Na Figura 3 é possível ver o menu inicial do programa.



Figura 3 – CYPE Projecto Térmico

2.5.2. INTRODUÇÃO DE DADOS

A linha de introdução de dados seguida por este programa é completamente distinta da utilizada pelos outros dois analisados. Neste caso a introdução é gráfica, isto é, efectuada sobre as plantas do edifício. O utilizador começa por definir a arquitectura, a localização e a orientação do edifício.

Posteriormente inicia-se então a introdução dos elementos que constituem a envolvente da fracção, nomeadamente as paredes, lajes, coberturas e aberturas. Para cada elemento define-se as camadas que o constituem, ou seja os materiais e a respectiva espessura. É com base nesta caracterização que o programa irá calcular os parâmetros necessários aos cálculos, tais como o coeficiente de transmissão térmica ou o valor de M_{si} . Para os envidraçados é necessário definir o tipo de vidro, caixilharia, protecções, sombreamento e as pontes térmicas planas.

Após a introdução dos elementos que constituem a envolvente é necessário caracterizar os compartimentos, nomeadamente os que constituem a fracção e os que se encontram em contacto com a envolvente do edifício. É com base nesta caracterização que o programa define os valores de τ para os espaços não úteis. No entanto é possível impor valores de τ para os elementos em contacto com esses espaços.

Para finalizar a introdução dos dados, é necessário criar a fracção autónoma, seleccionando os compartimentos que a constituem, e indicando os equipamentos que serão utilizados e o valor da contribuição dos sistemas solares na preparação de AQS, que como para qualquer projecto térmico tem que ser calculado pelo programa *Solterm*.

2.6. COMPARAÇÃO ENTRE SOFTWARE NA PERSPECTIVA DO UTILIZADOR

2.6.1. COMPARAÇÃO ENTRE ENVOLTERM E AMORIM ISOL+

2.6.1.1. Introdução de dados

Estes dois programas seguem uma introdução manual dos dados referentes aos elementos e equipamentos da fracção. Mas a organização dessa introdução de dados é realizada de forma diferente. O *Envolterm* separa a introdução de dados em três grupos:

- Cálculo de N_{ic} ;
- Cálculo de N_{vc} ;
- Cálculo de N_{ac} ;

Para terminar, faz o cálculo das necessidades globais de energia primária, tendo em conta os valores calculados antes.

Já o programa *Amorim Isol+* opta por fazer uma descrição global da fracção, fazendo a organização da introdução de dados por tipo de elementos, e só depois realiza os cálculos necessários à validação térmica.

Analisando a ordem de introdução dos dados será justo dizer que aquela que revela maior simplicidade é a seguida pelo *Envolterm*, pois segue o raciocínio do regulamento. Para além disso, os cálculos são realizados à medida que se introduzem novos dados, enquanto no *Amorim Isol+* apenas é possível ver os resultados quando se finaliza a introdução de dados. Desta forma é possível, no *Envolterm*, ter uma ideia dos resultados que serão obtidos e detectar possíveis erros de introdução de dados.

2.6.1.2. Vãos envidraçados exteriores

Existem algumas diferenças entre os dois programas no que refere aos vãos envidraçados:

- Para o cálculo dos factores de sombreamento o programa *Amorim Isol+* pede o ângulo das palas e calcula automaticamente o valor dos factores, mas no *Envolterm* é apenas

pedido o valor final de cada um dos factores, sendo necessário calculá-los através das tabelas do RCCTE;

- No programa *Envolterm* não é possível introduzir manualmente um valor para o factor solar do vão envidraçado durante a estação de arrefecimento, importante para o caso de situações em que o vidro é diferente dos correntes. Pelo contrário no *Amorim Isol+* isso é possível;

2.6.1.3. Pontes Térmicas Lineares

Ambos os programas possuem na sua base de dados as tabelas do RCCTE que permitem o cálculo do coeficiente de transmissão térmica linear para os diferentes tipos de pontes térmicas lineares. No entanto, no programa *Amorim Isol+* existe uma falha no que se refere às pontes térmicas lineares interiores. O programa indica que estas apenas são válidas para paredes de $\tau > 0,7$ mas, caso se introduza pontes térmicas lineares em paredes com τ inferior, o programa contabiliza-as.

2.6.1.4. Inércia Térmica

Esta é uma das principais diferenças entre os dois programas. O *Envolterm* não permite o cálculo automático da inércia, sendo necessário efectuar esse cálculo previamente e depois indicar ao programa se esta é fraca, média ou forte. No *Amorim Isol+* é necessário referir, para cada elemento introduzido, qual o correspondente valor de M_{si} e do factor de correcção. Desta forma o programa calcula a inércia térmica do edifício automaticamente.

2.6.1.5. Verificação de requisitos mínimos de qualidade térmica

O programa *Amorim Isol+* é o que está melhor preparado neste ponto. Para além de efectuar todas as verificações impostas pelo regulamento, também produz a ficha nº3 do RCCTE, intitulada “Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos para a Envolvente de Edifícios”. O *Envolterm*, para além de não produzir a ficha nº3, também não analisa o requisito mínimo associado às pontes térmicas planas.

2.6.2. COMPARAÇÃO COM O CYPE PROJECTO TÉRMICO

A principal vantagem do programa CYPE, relativamente aos outros dois softwares analisados, está na rapidez com que se realiza o projecto térmico. Esta rapidez de cálculo é devida fundamentalmente aos seguintes aspectos:

- Não é necessário efectuar medições, pois sendo a introdução de dados gráfica, e efectuada sobre as plantas do edifício, estas são realizadas pelo software;
- O programa calcula os parâmetros da envolvente necessários ao cálculo, sendo apenas necessário o utilizador indicar a descrição dos elementos da envolvente;
- O cálculo das pontes térmicas lineares é mais simples, pois estas são identificadas pelo programa, não sendo necessário indicar quais são, onde se localizam, o seu comprimento e o valor de ψ ;
- O cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados torna-se mais natural, pois é possível definir os tipos de envidraçados, que normalmente não são muito variados, e depois apenas definir o comprimento das palas para sombreamento, consoante a localização. O

programa identifica a orientação dos vãos e calcula os factores tendo em conta esses dados. É possível inclusivamente definir edifícios adjacentes como blocos, calculando o programa de forma automática o sombreamento de horizonte em cada envidraçado, tal como está representado na Figura 4.

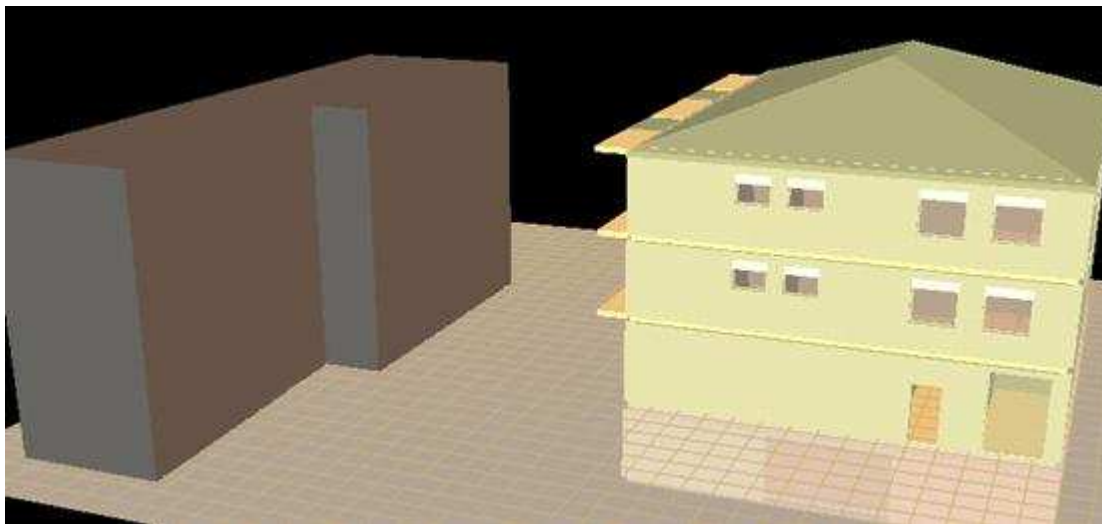


Figura 4 – Vista a três dimensões do CYPE Projecto Térmico

No entanto, há um aspecto que pode desde já ser apontado como menos positivo neste tipo de software que é o facto de, ao ser um programa de cálculo automático, perder-se sempre alguma da sensibilidade inerente ao utilizador, sendo portanto necessário uma verificação atenta dos resultados para atentar em possíveis erros na utilização.

As principais vantagens dos programas de introdução manual de dados relativamente ao *CYPE* são:

- Maior controlo sobre os resultados obtidos, controlando mais facilmente possíveis erros;
- Maior liberdade para modificação de parâmetros de cálculo.

2.7. SÍNTESE DA ANÁLISE EFECTUADA

Face ao aumento da actividade de certificação energética, e consequentemente do número de programas informáticos de cálculo automático, torna-se necessário um maior controlo sobre a qualidade destes programas. Para isso a ADENE irá proceder à certificação do software existente no mercado.

A principal distinção que se pode fazer entre os programas refere-se ao método utilizado para a introdução de dados. Alguns programas requerem que o utilizador obtenha manualmente a maior parte da informação referente à obra, através de medições realizadas sobre o projecto de arquitectura. É o caso dos programas *Envolterm* e *Amorim Isol+*. As diferenças existentes entre estes programas encontram-se relacionadas com os automatismos existentes e com a ordem de introdução dos dados. O programa *CYPE* distingue-se destes ao realizar automaticamente as medições, dispensando o utilizador desta tarefa.

Após esta análise dos três programas é possível fazer uma síntese das vantagens e inconvenientes de cada um deles:

- O *Envolterm* tem como maior vantagem a sua simplicidade e semelhança com as folhas de cálculo do RCCTE, no entanto não introduz grandes automatismos ao cálculo quando comparado com os outros programas e também não produz a folha referente à verificação dos requisitos mínimos nem verifica as pontes térmicas planas;
- O *Amorim Isol+* produz a folha referente à verificação dos requisitos mínimos e introduz já alguns automatismos, nomeadamente no cálculo da inércia térmica e dos factores de sombreamento mas apresenta algumas falhas no que se refere ao cálculo das pontes térmicas lineares interiores;
- O *CYPE* tem a grande vantagem de realizar automaticamente todas as medições, economizando o tempo dispendido pelo utilizador com esta tarefa. No entanto, caso surjam falhas durante a introdução de dados, e devido ao elevado automatismo do programa, estas podem conduzir a resultados despropositados, estando portanto o utilizador obrigado a ter bons conhecimentos de utilização e funcionamento do programa, sob pena de cometer erros durante a introdução de dados.

3

ANÁLISE COMPARATIVA DE PROGRAMAS DE CÁLCULO NO ÂMBITO DO RCCTE

3.1. OBJECTIVOS DESTE CAPÍTULO

Neste capítulo será efectuado o cálculo térmico de dois casos: um apartamento e uma moradia unifamiliar. Este estudo será realizado com o auxílio dos três programas descritos no capítulo anterior e os resultados obtidos serão comparados entre si e com os valores obtidos por uma folha de cálculo fornecida pelo professor Vasco Peixoto de Freitas no âmbito da disciplina de Térmica de Edifícios.

O objectivo deste estudo é identificar, através da comparação dos resultados obtidos, a fiabilidade do programa, sendo de esperar que estes obtenham resultados similares.

As soluções construtivas a utilizar nos dois casos serão as mesmas, de forma a simplificar o processo de cálculo, e serão apresentadas no ponto seguinte. No início do estudo de cada caso será feita uma descrição geral do projecto. No entanto, dados mais pormenorizados como medições e pormenores construtivos serão apresentados em anexo.

3.2. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Neste ponto pretende-se apresentar as soluções construtivas que serão utilizadas nos dois casos a estudar. Relativamente às características dos elementos opacos da envolvente, os parâmetros que intervêm no cálculo são o coeficiente de transmissão térmica e a massa superficial útil. O cálculo do valor de U é indicado no ponto 1 do Anexo VII do RCCTE como sendo igual a:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (3.1)$$

Em que:

- U - Coeficiente de transmissão térmica [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$];
- R - Resistência térmica [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$];

O valor da resistência térmica de cada camada é obtido pelas tabelas do ITE50. O valor da massa superficial útil é também retirado dessas tabelas e intervém no cálculo da inércia térmica do edifício.

Em anexo serão apresentados detalhadamente os cálculos necessários para a obtenção dos valores apresentados no Quadro 1, referentes à envolvente opaca.

Quadro 1 – Coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca

Elemento	Coeficiente de transmissão térmica ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	Massa superficial útil (kg/m^2)
Paredes exteriores	0,46	135
Parede interior com local não aquecido	0,54	126
Parede interior divisória	1,59	136
Pilar	0,69	12
Laje entre pisos	0,40	150
Cobertura em terraço	0,33	150
Cobertura em desvão	0,35	150
Talão da viga	0,60	-
Caixa de estore	0,86	-
Muro da cave	3,98	150
Laje em contacto com o solo	-	150
Porta de entrada	2,34	-

Para além destes elementos é também necessário caracterizar a envolvente envidraçada. O coeficiente de transmissão térmica aplicado foi obtido do Quadro III.2 do ITE 50 referente a envidraçados com caixilharia metálica. Optou-se por aplicar o mesmo coeficiente de transmissão térmica à caixilharia. No Quadro 2 estão definidos os valores de referência utilizados para cada projecto:

Quadro 2 – Características dos envidraçados

Característica	Valor de referência	
	Apartamento	Moradia
U ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	2,5	2,5
Tipo de vidro	Duplo incolor (4 a 8) mm + 5 mm	Duplo incolor (4 a 8) mm + 5 mm
Factor solar	0,63	0,63
Tipo de protecção	Persiana de réguas plásticas de cor média	Persiana de réguas plásticas de cor média
Factor solar de Verão	0,274	0,274
Fracção envidraçada	0,7	0,6
Pontes térmicas planas:		
L _{Caixa de estore} (m)	0,4	0,4
U _{Caixa de estore} ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	0,82	0,82

A única característica que varia entre as duas obras é o valor de F_g , visto que na moradia utiliza-se um caixilho com quadrículas. Os valores dos factores de sombreamento variam consoante a orientação e as palas de cada vão envidraçado e por isso têm que ser determinados para cada projecto. Para factor de sombreamento de horizonte no Inverno considerou-se um ângulo de 20° para a moradia e 45° para o

apartamento, tal como é sugerido no ponto 4.3.3 do Anexo IV do RCCTE. No Verão considerou-se este factor igual a 1, tal como indicado no ponto 2.3 do Anexo V.

Desta forma estão definidos os parâmetros referentes aos elementos construtivos utilizados.

Ainda em relação às soluções construtivas, é necessário, para cada projecto, desenhar os pormenores construtivos a realizar. Estes pormenores serão anexados a este trabalho.

3.3. APARTAMENTO

3.3.1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O apartamento analisado faz parte de um edifício de habitação colectiva localizado em Braga, junto à Universidade do Minho em Gualtar, (Rugosidade I). O edifício tem 5 pisos (1 estacionamento + 4 habitação) e 12 fracções autónomas.

Como o edifício se situa em Braga, e a altitude não excede os 400 metros, então os dados climáticos podem ser retirados directamente dos quadros III.1, III.8 e III.9 do Anexo III do RCCTE.

Quadro 3 – Dados climáticos da região

Concelho	Zona climática de Inverno	GD (°C.dias)	Duração da estação de aquecimento (meses)	Zona climática de Verão	Temperatura externa do projecto (°C)	Amplitude térmica (°C)	G_{sujl} (kWh/m ² .mês)	θ_{atm} (°C)
Braga	I ₂	1800	7	V ₂	32	13	93	19

3.3.2. DESCRIÇÃO DA FRACÇÃO

A fracção autónoma em estudo situa-se no último piso do edifício, estando portanto em contacto com a cobertura e com um piso de habitação. Na Figura 5 está representada a planta do edifício e é possível distinguir a fracção que será analisada, a envolvente a considerar no cálculo e a orientação do edifício.

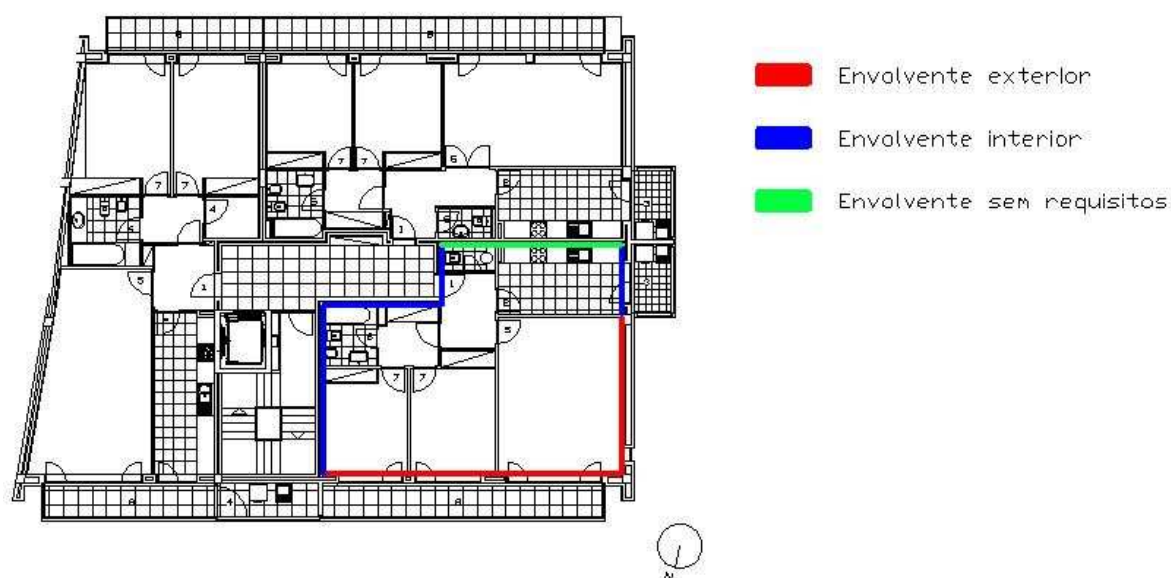


Figura 5 - Planta do apartamento

Através das plantas apresentadas em anexo obteve-se o valor da área útil de pavimento, que é igual a 70,60 m².

Observando a Figura 6, que é um corte esquemático do edifício, conclui-se que o pé-direito médio da fracção é igual a 2,62 m e a altura média das fachadas acima do solo está entre 10 e 18 m. É também possível ver a envolvente a considerar no cálculo.

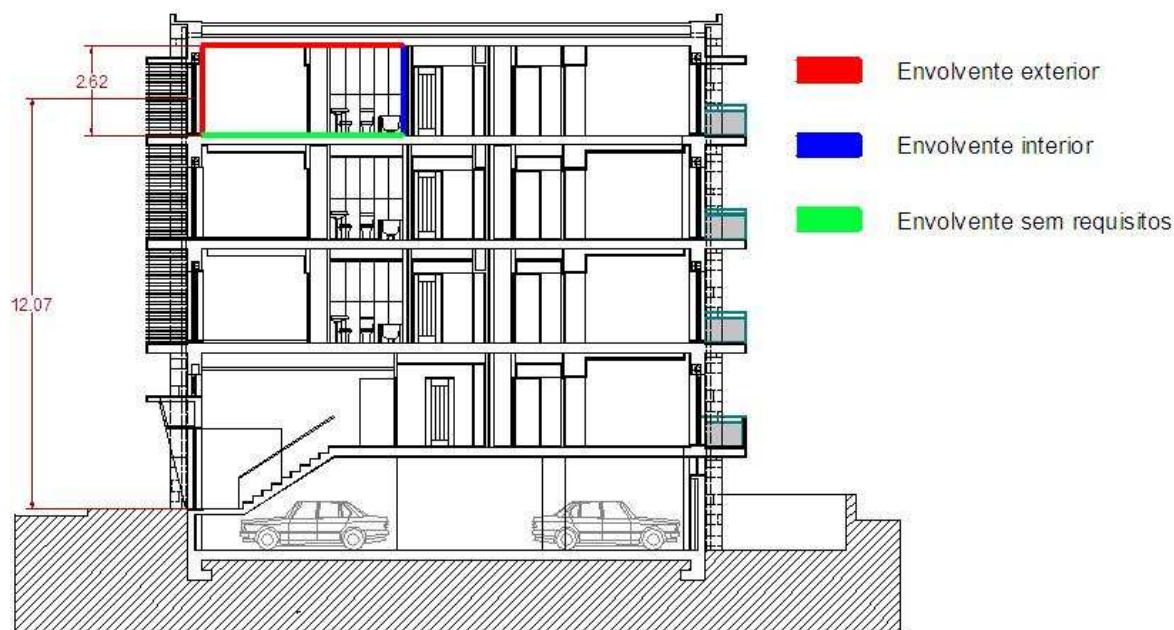


Figura 6 – Corte esquemático do apartamento

O apartamento é do tipo T2 e os equipamentos utilizados, e respectivos parâmetros, são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Equipamentos a instalar na fracção

Função	Equipamento referência	Energia primária	η	F_{pu}
Aquecimento	Caldeira mural da casa comercial Vulcano, gama Lifestar, modelo ZW24 ou equivalente	Combustível gasoso	0,87	0,086
Arrefecimento	Máquina frigorífica	Electricidade	3	0,29
AQS	Caldeira mural da casa comercial Vulcano, gama Lifestar, modelo ZW24 ou equivalente	Combustível gasoso	0,87	0,086

3.3.3. APLICAÇÃO DAS FOLHAS DE CÁLCULO

3.3.3.1. Cálculo de N_{ic}

Para o cálculo das necessidades de aquecimento é necessário preencher as 7 folhas de cálculo que fazem parte do RCCTE, a primeira das quais referente às perdas associadas à envolvente exterior. As medições necessárias para os cálculos foram realizadas sobre as plantas e cortes em Autocad, os quais se encontram nos anexos. No Quadro 5 pode-se ver os valores obtidos para as perdas térmicas nesta situação.

Quadro 5 – Resumo da folha de cálculo IV.1a

Parcela	Perdas térmicas (W/°C)
Paredes exteriores	13,46
Pavimentos exteriores	0,00
Coberturas exteriores	23,30
Paredes e pavimentos em contacto com o solo	0,00
Pontes térmicas lineares	24,88
Total	61,64

As pontes térmicas lineares consideradas foram:

- Fachada com pavimentos intermédios;
- Fachada com terraço;
- Fachada com varanda;
- Ligação entre duas paredes verticais;
- Fachada com caixa de estore;
- Fachada com padieira, ombreira e peitoril.

A ligação da fachada com a caixa de estore não resulta em perdas térmicas pois a resistência térmica do isolante é maior que $0,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e assim sendo o valor de ψ é igual a 0. Os restantes valores de ψ calculados serão demonstrados em anexo.

A folha de cálculo IV.1b é referente às perdas associadas à envolvente interior. Os espaços não úteis considerados neste caso foram a marquise existente junto à cozinha ($\tau = 0,8$) e a caixa de escadas ($\tau = 0,3$). O outro espaço não útil existente, o corredor de circulação comum, não tem influência no cálculo já que $\tau = 0$. O resumo dos resultados referentes a esta parcela é visível no Quadro 6.

Quadro 6 – Resumo da folha de cálculo IV.1b

Parcela	Perdas térmicas (W/°C)
Paredes com espaços não-úteis	3,81
Pavimentos sobre espaços não úteis	0,00
Coberturas interiores	0,00
Vãos envidraçados com espaços não-úteis	5,74
Pontes térmicas (para $\tau > 0,7$)	3,08
Total	12,63

As pontes térmicas lineares existentes neste caso são:

- Parede com pavimentos intermédios;
- Parede com terraço;
- Parede com caixa de estore;
- Parede com padieira, ombreira e peitoril.

A próxima folha de cálculo diz respeito às perdas térmicas pelos vãos envidraçados, e o resultado obtido está patente no Quadro 7.

Quadro 7 – Resumo da folha de cálculo IV.1c

Parcela	Perdas térmicas (W/°C)
Envidraçados a Norte	40,28
Envidraçados a Oeste	2,45
Total	42,73

A parcela de cálculo que se segue são as perdas de calor devido à renovação do ar. A ventilação na fracção é assegurada por meios naturais e os dados necessários para preencher a folha de cálculo IV.1d são os que estão representados no Quadro 8.

Quadro 8 – Resumo dos dados referentes à ventilação natural

Dados	Valor
Área útil de pavimento	70,60
Pé direito médio	2,62
Classe da caixilharia	s / c
Caixas de estore?	S
Classe de exposição	1
Aberturas auto-reguladas?	N
Área de envidraçado > 15% A_p ?	S
Portas exteriores bem vedadas?	S

Com estes dados o valor obtido pelo Quadro IV.1 do RCCTE é de 1,05 renovações por hora e, sabendo que o volume interior é igual a 184,97 m³, as perdas térmicas são iguais a 66,04 W/°C.

Neste momento já estão calculadas as perdas de calor durante a estação de aquecimento, faltando contabilizar os ganhos térmicos úteis. Estes encontram-se divididos em ganhos térmicos internos e ganhos solares pelos envidraçados.

Sabendo que este apartamento é do tipo residencial tira-se o valor dos ganhos internos médios pelo Quadro IV.3 do RCCTE, sendo estes iguais a 4 W/m². Observando o Quadro 3 verifica-se que a duração da estação de aquecimento são 7 meses. Assim sendo é possível calcular os ganhos internos brutos pela seguinte expressão:

$$Q_i = q_i \times M \times A_p \times 0,720 = 4 \times 7 \times 70,60 \times 0,720 = 1423,30 \text{ kWh} \quad (3.2)$$

Em que:

- Q_i - Ganhos internos brutos [kWh];
- q_i - Ganhos térmicos internos médios por unidade de área útil de pavimento [W/m²];
- M - Duração média da estação convencional de aquecimento [meses];
- A_p - Área útil de pavimento [m²]

Para o cálculo dos ganhos solares através dos vãos envidraçados é necessário determinar os diferentes factores que interferem nesse cálculo. O cálculo dos factores de sombreamento está apresentado em anexo, sendo possível ver no Quadro 9 o cálculo da área efectiva para cada vão envidraçado exterior, realizado através da folha de cálculo IV.1e do RCCTE.

Quadro 9 – Áreas efectivas dos vãos envidraçados no Inverno

Parcela	Área	X	g _⊥	F _s	F _g	F _w	A _e
Env 1 - N	4,56	0,27	0,63	1,00	0,7	0,9	0,49
Env 2 - N	4,74	0,27	0,63	1,00	0,7	0,9	0,51
Env 3 - N	6,80	0,27	0,63	1,00	0,7	0,9	0,73
Env 1 - W	0,98	0,56	0,63	0,51	0,7	0,9	0,11

Somando as áreas efectivas de cada vão envidraçado obtém-se o valor de 1,84 m². Com este valor, e sabendo pelo Quadro 3 que G_{sul} é igual a 93, é possível calcular os ganhos solares brutos pela seguinte expressão:

$$Q_s = G_{sul} \times A_e \times M = 93 \times 1,84 \times 7 = 1195,50 \text{ kWh} \quad (3.3)$$

Em que:

- Q_s - Ganhos solares brutos [kWh];
- G_{sul} - Energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento [kWh/m².mês];
- A_e - Área efectiva [m²];

Para terminar a determinação dos ganhos térmicos úteis é necessário transformar os valores brutos calculados em valores úteis. No Quadro 10 é apresentado esse cálculo.

Quadro 10 – Resumo da folha de cálculo IV.1e

Dados	Valor
Ganhos solares brutos + Ganhos internos brutos	2618,8
Necessidades brutas de aquecimento	7907,15
Inércia do edifício	Forte
Relação ganhos-perdas	0,33
Factor de utilização dos ganhos térmicos	0,99
Ganhos úteis totais	2601,85

Para determinar o valor de η, através do ponto 4.4 do Anexo IV do RCCTE, foi necessário calcular a inércia do edifício, estando os detalhes desse cálculo indicados nos anexos. O valor obtido para a inércia foi 563,29 kg/m² que, consultando o Quadro VII.6 do RCCTE, corresponde a uma classe de inércia forte.

Para determinar as necessidades nominais de aquecimento máximas (N_i) é necessário calcular o factor de forma, para depois retirar o seu valor do Art. 15.º. Para esse cálculo é necessário quantificar as áreas da envolvente interior e exterior com exigências térmicas, que se encontra no Quadro 11.

Quadro 11 – Cálculo das áreas da envolvente para quantificação do FF

Parcela	Área (m ²)
Paredes exteriores	24,18
Coberturas exteriores	70,60
Envidraçados exteriores	17,08
Paredes interiores (A.τ)	7,10
Envidraçados interiores (A.τ)	2,29
Total	121,25

Sabendo que o volume interior é igual a 184,97 m³ então conclui-se que o factor de forma é igual a 0,66. Deste modo, pelo Art. 15.º, e sabendo pelo Quadro 3 que o número de graus-dias é igual a 1800, tem-se que:

$$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \times FF) \times GD = 4,5 + (0,021 + 0,037 \times 0,66) \times 1800 = 85,96 \quad (3.4)$$

Em que:

- N_i - valor limite das necessidades nominais de energia útil de aquecimento [kWh/m².ano];
- FF - Factor de forma [m⁻¹];
- GD - Número de graus-dias [°C.dias]

Para calcular as necessidades nominais de aquecimento é preciso preencher a folha de cálculo IV.2 do RCCTE, tal como está resumido no Quadro 12.

Quadro 12 – Resumo da folha de cálculo IV.2

Dados	Valor
Coeficiente global de perdas (W/°C)	183,04
Graus dias no local	1800,00
Necessidades brutas de aquecimento	7907,15
Ganhos totais úteis (kWh)	2601,85
Necessidades de aquecimento (kWh)	5305,29
Área útil de pavimento	70,60
Necessidades nominais de aquecimento (kWh/m ² .ano)	75,15

É agora possível verificar que a fracção cumpre o exigido no RCCTE no que respeita às necessidades de aquecimento no Inverno, visto que $N_{ic} = 75,15 < N_i = 85,96$.

Para concluir este ponto é apresentado no Quadro 13 um resumo dos dados necessários para o cálculo de N_{ic} , que será usado na comparação com os valores obtidos nos programas de cálculo automático.

Quadro 13 – Resumo do cálculo de N_{ic}

Dados	Valor
Perdas associadas à envolvente exterior (W/°C)	61,64
Perdas associadas à envolvente interior (W/°C)	12,6 3
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores (W/°C)	42,73
Perdas associadas à renovação de ar (W/°C)	66,04
Ganhos solares brutos (kWh)	1195,50
Ganhos internos brutos (kWh)	1423,30
Ganhos úteis totais (kWh)	2601,85
N_{ic} (kWh/m ² .ano)	75,15
N_i (kWh/m ² .ano)	85,96

3.3.3.2. Cálculo de N_{vc}

A primeira folha de cálculo utilizada na determinação das necessidades de arrefecimento refere-se às perdas térmicas no Verão. No Quadro 14 estão resumidas as parcelas intervenientes neste cálculo.

Quadro 14 – Resumo da folha de cálculo V.1a

Dados	Valor
Perdas associadas às paredes exteriores (W/°C)	13,46
Perdas associadas às coberturas exteriores (W/°C)	2 3,30
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (W/°C)	42,73
Perdas associadas à renovação de ar (W/°C)	66,04
Perdas específicas totais (W/°C)	145,53
Diferenças de temperatura interior-exterior	6
Perdas térmicas totais (kWh)	2556,45

Para determinar a diferença de temperatura interior-exterior foi necessário retirar do Quadro 3 o valor da temperatura do ar exterior, que é igual a 19°C. Neste cálculo considerou-se que a condutibilidade térmica das coberturas é igual para a situação de Inverno e Verão, por isso o valor das perdas não se altera, tal como é recomendado nas perguntas e respostas publicadas pela ADENE. [1]

A parte seguinte a determinar serão os ganhos térmicos na estação de arrefecimento, separados nas parcelas: ganhos pela envolvente opaca, ganhos pelos vãos envidraçados e ganhos internos.

Para o cálculo dos ganhos pela envolvente opaca é necessário determinar, em função da orientação de cada elemento, o respectivo valor do coeficiente de absorção (Quadro V.5) e da intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento (Quadro III.9). Este cálculo pode ser revisto em anexo, na folha de cálculo V.1c e o valor obtido foram 454,36 kWh.

Para realizar o cálculo dos ganhos solares pelos vãos envidraçados segue-se um procedimento semelhante ao efectuado para os ganhos solares na estação de aquecimento. A folha de cálculo V.1d presente nos anexos realiza esse cálculo, cujo resultado foi 539,74 kWh, e apresenta o valor dos novos parâmetros determinados.

O cálculo dos ganhos internos é realizado pela folha de cálculo V.1e e o resultado obtido foi 826,87 kWh. Assim sendo, está representada a folha de cálculo V.1f no Quadro 15 que resume o cálculo dos ganhos térmicos totais.

Quadro 15 – Resumo da folha de cálculo V.1f

Dados	Valor
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)	454,36
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)	539,74
Ganhos internos (kWh)	826,87
Ganhos térmicos totais (kWh)	1820,97

Para calcular as necessidades nominais de arrefecimento é necessário preencher a folha de cálculo V.1g, tal como está resumido no Quadro 16.

Quadro 16 – Resumo da folha de cálculo V.1g

Dados	Valor
Ganhos térmicos totais (kWh)	1820,97
Perdas térmicas totais (kWh)	2556,45
Relação ganhos-perdas, γ	0,71
Inércia do edifício	Forte
Factor de utilização dos ganhos	0,92
Necessidades brutas de arrefecimento (kWh/ano)	145,68
Área útil de pavimento	70,60
Necessidades nominais de arrefecimento (kWh/m ² .ano)	2,06

Ficam deste modo calculadas as necessidades de arrefecimento. Sabendo pelo Art. 15.º que, para a zona do edifício (V_2) as necessidades nominais de energia útil máximas são 18 kWh/m².ano então a fracção cumpre o exigido pelo RCCTE pois $N_{vc} = 2,06 < N_v = 18$.

Tal como no ponto anterior, também é apresentado o Quadro 17 para resumir os dados calculados e usar como comparação com os programas de cálculo automático.

Quadro 17 – Resumo do cálculo de N_{vc}

Dados	Valor
Perdas térmicas totais (kWh)	2556,45
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)	454,36
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)	539,74
Ganhos internos (kWh)	826,87
N_{vc} (kWh/m ² .ano)	2,06
N_v (kWh/m ² .ano)	18,00

3.3.3.4. Cálculo de N_{ac}

Para realizar o cálculo das necessidades de energia para preparação da água quente sanitária é necessário primeiro calcular a energia útil despendida com os sistemas convencionais. Sabendo que a

tipologia do apartamento é T2, e observando o Quadro VI.1, conclui-se que são 3 o número convencional de ocupantes da fracção autónoma, sendo portanto o valor do consumo médio diário de referência (M_{AQS}) igual a 120 l. O valor de Δ_T e n_d são dados pelo RCCTE, sendo respectivamente 45°C e 365. Desta forma é possível calcular o valor da energia pela seguinte fórmula:

$$Q_a = (M_{AQS} \times 4187 \times \Delta_T \times n_d) / 3600000 = (120 \times 4187 \times 45 \times 365) / 3600000 = 2292,38 \text{ kWh/ano}$$

(3.5)

Em que:

- Q_a - Energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de águas quentes sanitárias [kWh];
- M_{AQS} - Consumo médio diário de referência de águas quentes sanitárias [l];
- Δ_T - Aumento de temperatura [°C];
- n_d - Número anual de dias de consumo de águas quentes sanitárias

A energia com que os sistemas solares contribuem para o aquecimento de AQS (E_{solar}) é obtido através do programa SOLTERM, e o seu cálculo está demonstrado nos anexos. Neste caso o valor obtido foi 1604 kWh/ano. No Quadro 18 estão representados os valores necessários para o cálculo de N_{ac} , assim como os valores de N_{ac} e N_a .

Quadro 18 – Resumo do cálculo de N_{ac}

Dados	Valor
Energia dispendida com sistemas convencionais	2292,38
Eficiência de conversão do sistema de preparação das AQS	0,87
Contribuição de sistemas solares de preparação de AQS	1604,00
Necessidades de energia para preparação de AQS	14,60
Necessidades de energia máximas para preparação de AQS	50,25

Desta forma está terminado o cálculo das necessidades energéticas para preparação de AQS, ficando demonstrado que a fracção respeita a norma pois $N_{ac} = 14,60 < N_a = 50,25$.

3.3.3.5. Cálculo de N_{tc}

A aplicação do RCCTE fica terminada com o cálculo das necessidades globais anuais específicas de energia primária. A expressão utilizada para calcular o valor de N_{tc} é dada pelo Art. 15.º, estando o resumo desse cálculo representado no Quadro 19.

Quadro 19 – Resumo do cálculo de N_{tc}

Dados	Valor
N_{ic}	75,15
η_i	0,87
F_{pui}	0,086
N_{vc}	2,06
η_v	3,00
F_{puv}	0,290
N_{ac}	14,60
F_{pua}	0,086
N_{tc}	2,02

O valor limite das necessidades de energia primária também é obtido do Art. 15.º do RCCTE e está resumido no Quadro 20.

Quadro 20 – Resumo do cálculo de N_t

Dados	Valor
N_i (kWh/m ² .ano)	85,96
N_v (kWh/m ² .ano)	18,00
N_a (kWh/m ² .ano)	50,25
N_t (kgep/m ² .ano)	7,72

Desta forma verifica-se que $N_{tc} = 2,02 < N_t = 7,72$. A relação obtida entre estes valores é igual a 26,17% o que corresponde a uma fracção do tipo A.

Assim sendo fica terminada a aplicação do novo RCCTE à fracção em estudo, sendo que ficou demonstrado que verifica todos os requerimentos impostos. Falta no entanto verificar se o projecto satisfaz os requisitos mínimos para a envolvente, impostos pelo Anexo IX.

3.3.3.6. Requisitos mínimos

Para terminar a validação do projecto falta verificar se os elementos utilizados na envolvente verificam os requisitos mínimos impostos pelo RCCTE.

A primeira destas imposições refere-se ao valor máximo do coeficiente de transmissão térmica. No Quadro 21 estão registados os valores utilizados em projecto e os respectivos máximos. Como se pode verificar os valores máximos nunca são ultrapassados.

Quadro 21 – Coeficientes de transmissão térmica máximos

Elemento	$U_{projecto}$	$U_{máximo}$
Fachadas exteriores	0,46	1,60
Coberturas exteriores	0,33	1,00
Paredes interiores ($\tau < 0,7$)	0,54	2,00
Paredes interiores ($\tau > 0,7$)	0,46	1,60
Pontes térmicas planas	0,86	1,60

A segunda restrição é relativa às pontes térmicas planas existentes na envolvente, nomeadamente pilares, vigas e caixas de estore. Diz esta regra que o valor de U destas zonas nunca pode ser superior ao dobro do dos elementos homólogos em zona corrente. No Quadro 22 está demonstrada esta verificação.

Quadro 22 – Coeficientes de transmissão térmica de pontes térmicas planas

Elemento	$U_{projecto}$	$U_{máximo}$
Pilares	0,69	0,92
Vigas	0,60	0,92
Caixas de estore	0,86	0,92

Para terminar é necessário verificar o valor do factor solar máximo admissível para vãos envidraçados com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem. O tipo de protecção utilizada neste projecto foram persianas de réguas plásticas, cujo factor solar é 0,07 e portanto inferior ao máximo admissível que é 0,56 para esta zona de Verão.

3.3.4. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS COM OS PROGRAMAS DE CÁLCULO AUTOMÁTICO

O apartamento analisado no ponto anterior foi introduzido nos três programas descritos no 2º capítulo deste trabalho, de forma a verificar a fiabilidade dos mesmos. No Quadro 24 estão representados os valores obtidos para cada um dos programas e é efectuada a comparação com os quadros obtidos da aplicação da folha de cálculo. Em anexo serão adicionadas as folhas de cálculo obtidas com cada um dos programas que demonstram em detalhe o cálculo que foi realizado.

Na comparação realizada, foi determinada a percentagem de erro obtida para cada um dos parâmetros calculados, sendo que os erros obtidos estão classificados por cores, de acordo com o Quadro 23.

Quadro 23 – Classificação dos erros obtidos.

Cor	Intervalo de erro (%)
Verde	0 - 0,15
Amarelo	0,15 - 1,5
Laranja	1,5 - 5
Vermelho	> 5

Quadro 24 – Comparação dos resultados obtidos entre a folha de cálculo e os diferentes programas

Parcela	Valores obtidos				Percentagem de erro		
	Folha de cálculo	Envolterm	Amorim Isol+	CYPE	Envolterm	Amorim Isol+	CYPE
N_{ic} :							
i) Perdas associadas à envolvente exterior (W/°C)	61,64	61,65	61,50	60,83	0,02%	-0,23%	-1,31%
ii) Perdas associadas à envolvente interior (W/°C)	12,63	12,64	12,63	11,22	0,08%	0,00%	-11,16%
iii) Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores (W/°C)	42,73	42,70	42,70	42,68	-0,07%	-0,07%	-0,12%
iv) Perdas associadas à renovação de ar (W/°C)	66,04	66,04	66,04	66,22	0,00%	0,00%	0,27%
v) Ganhos solares brutos (kWh/ano)	1195,50	1197,84	1195,50	1197,84	0,20%	0,00%	0,20%
vi) Ganhos internos brutos (kWh/ano)	1423,30	1423,30	1423,30	1427,33	0,00%	0,00%	0,28%
vii) Ganhos úteis totais (kWh/ano)	2601,85	2604,11	2601,79	2598,92	0,09%	0,00%	-0,11%
viii) N _{ic} (kWh/m ² .ano)	75,15	75,11	75,04	74,00	-0,05%	-0,15%	-1,53%
ix) N _i (kWh/m ² .ano)	85,96	85,96	85,96	86,00	0,00%	0,00%	0,05%
N_{vc} :							
i) Perdas térmicas totais (kWh)	2556,45	2556,32	2556,01	2556,85	-0,01%	-0,02%	0,02%
ii) Ganhos solares pela envolvente opaca (kWh)	454,36	454,35	454,36	454,79	0,00%	0,00%	0,09%
iii) Ganhos solares pelos vãos envidraçados (kWh)	539,74	531,86	501,94	531,00	-1,46%	-7,00%	-1,62%
iv) Ganhos internos (kWh)	826,87	827,43	826,87	829,21	0,07%	0,00%	0,28%
iii) N _{vc} (kWh/m ² .ano)	2,06	2,06	1,99	2,05	0,00%	-3,40%	-0,49%
iv) N _v (kWh/m ² .ano)	18,00	18,00	18,00	18,00	0,00%	0,00%	0,00%
N_{ac} :							
i) Energia dispendida com sistemas convencionais (kWh/ano)	2292,38	2292,38	2292,38	2292,38	0,00%	0,00%	0,00%
ii) N _{ac} (kWh/m ² .ano)	14,60	14,60	14,60	14,56	0,00%	0,00%	-0,27%
iii) N _a (kWh/m ² .ano)	50,25	50,25	50,25	50,11	0,00%	0,00%	-0,28%
N_{tc}	2,02	2,02	2,02	2,00	0,00%	0,00%	-0,99%
N_t	7,72	7,72	7,72	7,70	0,00%	0,00%	-0,26%
N_{tc} / N_t	26,17%	26,17%	26,17%	25,97%	0,00%	0,00%	-0,73%

Da observação do quadro pode-se constatar que os programas *Envolverm* e *Amorim Isol+* apresentam valores semelhantes, enquanto o *CYPE* tem resultados um pouco diferentes relativamente aos obtidos com a folha de cálculo. A principal razão que conduz a este resultado é o facto das medições inseridas nos programas *Envolverm* e *Amorim Isol+* serem as mesmas que foram introduzidas na folha de cálculo. O *CYPE* realiza as medições automaticamente, de acordo com os elementos introduzidos sobre a planta, e portanto podem existir pequenas diferenças com as realizadas manualmente.

Analisando os resultados obtidos podem-se tirar as seguintes conclusões:

- As diferenças no cálculo de N_{ic} no *Envolverm* são ínfimas, e devem-se a arredondamentos. A maior diferença surge nos ganhos solares brutos e acontece porque o programa arredonda o valor da área efectiva para duas casas decimais;
- As diferenças obtidas durante o cálculo de N_{vc} no *Envolverm* acontecem no cálculo dos ganhos solares pelos vãos envidraçados e surgem porque o programa toma o valor do factor solar como 0,27, enquanto o valor real é 0,274. No entanto esta diferença não tem resultados significativos, ainda para mais tratando-se dos ganhos de arrefecimento que não têm grande influência no resultado final de N_{ic} ;
- No cálculo de N_{ac} com o *Envolverm* não existe qualquer diferença comparativamente com o resultado obtido com a folha de cálculo;
- O valor obtido para N_{ic} com o *Envolverm* é igual ao obtido com a folha de cálculo, o que demonstra que as diferenças obtidas ao longo do cálculo não são relevantes;
- Em termos da relação N_{ic} / N_t a percentagem obtida não varia, e portanto a classe energética do edifício mantém-se;
- As diferenças no cálculo de N_{ic} no *Amorim Isol+* são pequenas, e devem-se a arredondamentos no cálculo das pontes térmicas lineares pela envolvente. Como o programa calcula o Ψ automaticamente, mediante a introdução do valor de e_p e e_m , pequenas diferenças acabam por surgir. No entanto estes valores não têm relevância e podem ser considerados correctos;
- As diferenças no cálculo de N_{vc} no *Amorim Isol+* atingem valores elevados, nomeadamente nos ganhos solares pelos envidraçados exteriores. Isto deve-se ao facto de o programa utilizar o valor mínimo de 0,9 para o produto de F_o com F_f ;
- No cálculo de N_{ac} com o *Amorim Isol+* não existe qualquer diferença comparativamente com o resultado obtido com a folha de cálculo;
- O valor obtido para N_{ic} com o *Amorim Isol+* é igual ao da folha de cálculo, o que demonstra que as diferenças obtidas ao longo do cálculo acabam por não ser relevantes, pois o valor de N_{vc} não tem grande influência no cálculo de N_{ic} ;
- A relação N_{ic} / N_t não muda, e a classe energética do edifício mantém-se;
- As diferenças no cálculo de N_{ic} no *CYPE* são bastante elevadas, nomeadamente no cálculo das perdas associadas à envolvente interior. Isto deve-se ao facto de existirem dois problemas no programa relativamente ao cálculo envolvendo a parede interior em contacto com a lavandaria ($\tau > 0,7$). O programa não calcula as pontes térmicas lineares entre esta parede e a caixa de estore e a padieira, a ombreira e o peitoril, e não calcula as perdas térmicas pela caixa de estore, isto de forma automática, pois as mesmas podem ser definidas manualmente pelo utilizador. A diferença obtida no cálculo dos ganhos solares é igual à que se verifica com o *Envolverm*, ou seja, o programa arredonda a área efectiva para duas casas decimais. As restantes diferenças estão relacionadas com os diferentes valores obtidos nas medições, como foi explicado antes;
- As diferenças no cálculo de N_{vc} no *CYPE* atingem valores reduzidos. A maior diferença surge no cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados e existem duas razões para a

diferença verificada: o programa considera o factor solar arredondado a 0,27, em vez de 0,274; e os valores obtidos para os factores de obstrução são relativamente diferentes devido às diferenças nas medições. As restantes diferenças devem-se a arredondamentos ou também a diferenças nas medições;

- No cálculo de N_{ac} com o *CYPE* existe uma pequena diferença, que se deve às diferenças de medições, nomeadamente ao valor da área útil de pavimento;
- O valor obtido para N_{tc} com o *CYPE* difere do valor obtido com a folha de cálculo, mas essa diferença não é gravosa, estando os valores dentro da mesma grandeza;
- A relação N_{tc} / N_t varia também muito pouco, e a classe energética do edifício mantém-se;

3.4. MORADIA

3.4.1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

A moradia analisada situa-se na cidade de Braga, na periferia da zona urbana (Rugosidade II), a uma altitude inferior a 400 metros. Os dados climáticos que afectam a moradia são os representados no Quadro 25.

Quadro 25 – Dados climáticos da região

Concelho	Zona climática de Inverno	GD (°C.dias)	Duração da estação de aquecimento (meses)	Zona climática de Verão	Temperatura externa do projecto (°C)	Amplitude térmica (°C)	G_{suj} (kWh/m ² .mês)	θ_{atm} (°C)
Braga	I ₂	1800	7	V ₂	32	13	93	19

3.4.2. DESCRIÇÃO DA FRACÇÃO

A fracção autónoma em estudo é uma moradia de dois pisos. O piso 0 possui dois espaços não-úteis: cave e armazém. A cobertura é inclinada, com um desvão não ventilado, existindo aí outro espaço não-útil, o qual se encontra em contacto com o piso 1.

Nas figuras 7 e 8 estão representadas as plantas do edifício e é possível distinguir a envolvente a considerar no cálculo e a orientação do edifício.

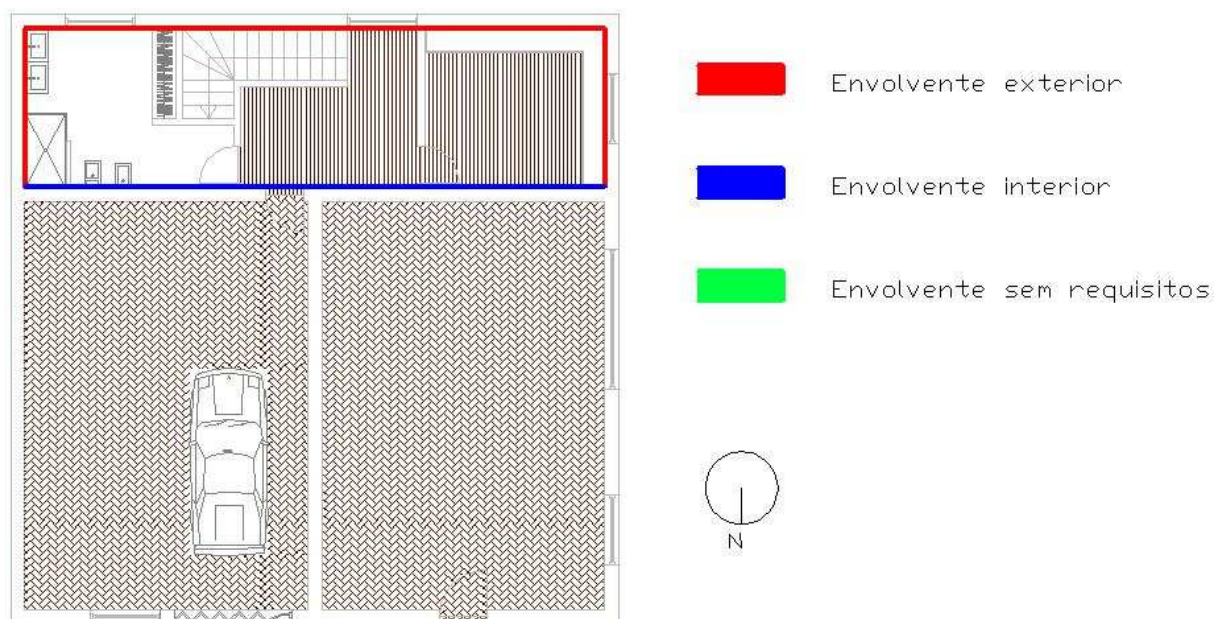


Figura 7 - Planta do piso 0 da moradia

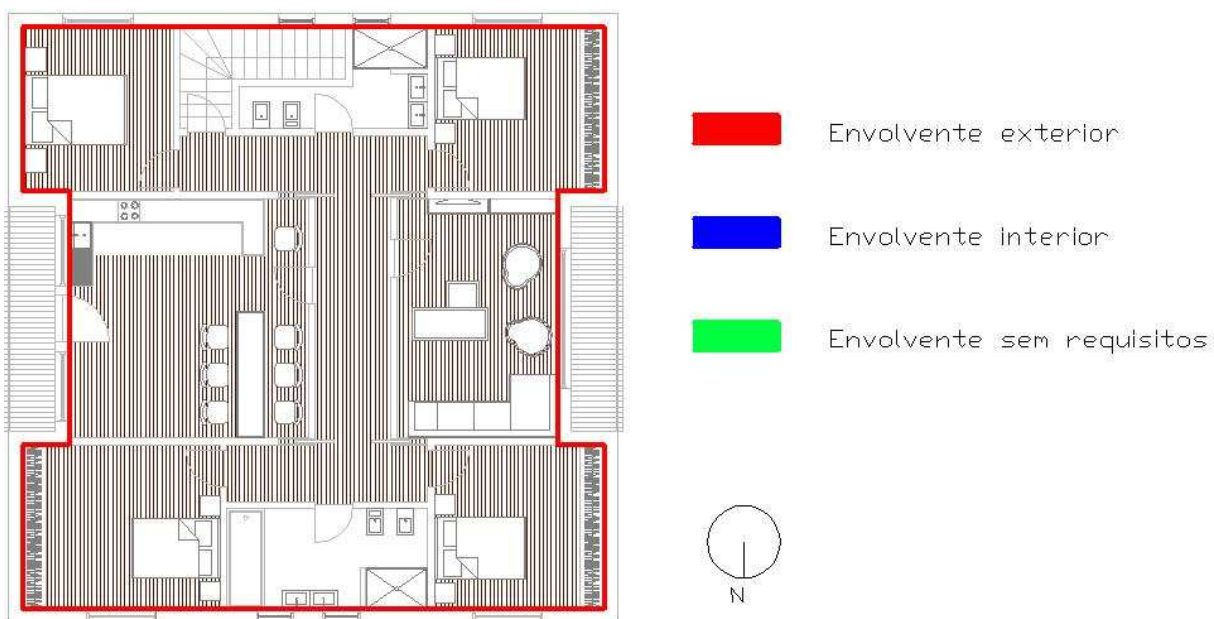


Figura 8 – Planta do piso 1 da moradia

A área útil de pavimento é igual a 175,02 m², estando as plantas utilizadas apresentadas em anexo.

Observando a Figura 9, que é um corte esquemático do edifício, conclui-se que o pé-direito médio da fracção são 2,6 m e a altura das fachadas acima do solo é menor que 10 metros.

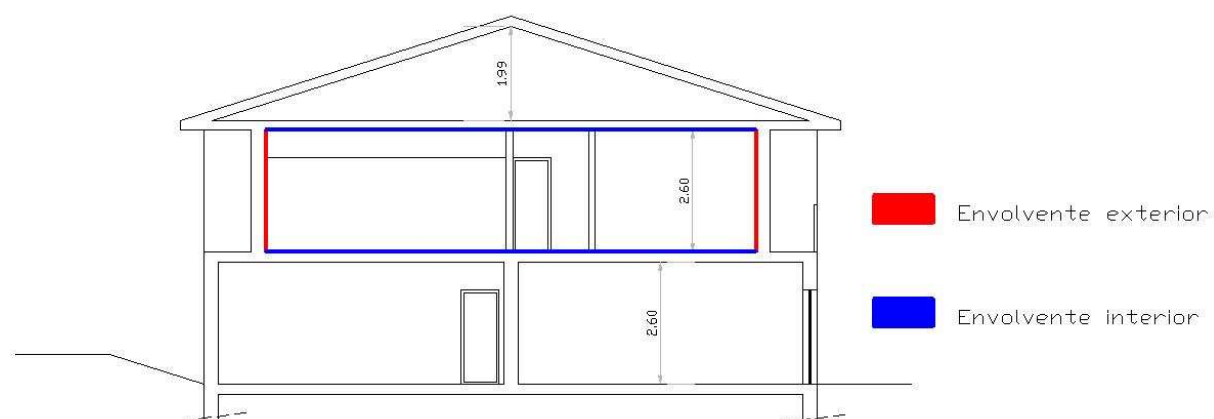


Figura 9 – Corte esquemático da moradia

A moradia é do tipo T4 e os equipamentos utilizados, e respectivos parâmetros, são os mesmos que foram utilizados para o apartamento, indicados no Quadro 4.

3.4.3. APLICAÇÃO DA FOLHA DE CÁLCULO

3.4.3.1. Cálculo de N_{ic}

O cálculo térmico segue o mesmo raciocínio que foi aplicado para a verificação do apartamento. Também neste caso os desenhos para realizar as medições apenas serão demonstrados em anexo.

No Quadro 26 pode-se ver os valores das perdas térmicas pela envolvente exterior.

Quadro 26 – Resumo da folha de cálculo IV.1a

Parcela	Perdas térmicas (W/°C)
Paredes exteriores	78,01
Pavimentos exteriores	0,00
Coberturas exteriores	0,00
Paredes e pavimentos em contacto com o solo	33,45
Pontes térmicas lineares	91,13
Total	202,59

As pontes térmicas lineares consideradas neste cálculo foram:

- Fachada com pavimentos térreos;
- Fachada com pavimentos não aquecidos;
- Fachada com pavimentos intermédios;
- Ligação entre duas paredes verticais;
- Fachada com caixa de estore;
- Fachada com padieira, ombreira e peitoril.

Os espaços não úteis considerados para as perdas térmicas com a envolvente foram a garagem no piso 0 ($\tau = 0,5$), a sala de arrumos no piso 0 ($\tau = 0,7$) e o desvão ($\tau = 0,8$). O resumo dos cálculos relativos à envolvente em contacto com os espaços não úteis é visível no Quadro 27.

Quadro 27 – Resumo da folha de cálculo IV.1b

Parcela	Perdas térmicas (W/°C)
Paredes com espaços não-úteis	11,38
Pavimentos sobre espaços não úteis	21,86
Coberturas interiores	37,69
Pontes térmicas (para $\tau > 0,7$)	0,00
Total	70,93

Não se contabilizaram as pontes térmicas lineares para a parede em contacto com o armazém ($\tau = 0,7$) pois segundo a ADENE estas perdas térmicas só se contabilizam para valores de τ superiores a 0,7. [1]

A parcela de cálculo seguinte são as perdas térmicas pelos vãos envidraçados, e o resultado obtido está patente no Quadro 28.

Quadro 28 – Resumo da folha de cálculo IV.1c

Parcela	Perdas térmicas (W/°C)
Envidraçados a Norte	11,50
Envidraçados a Este	7,50
Envidraçados a Sul	19,00
Envidraçados a Oeste	18,75
Total	56,75

A próxima folha de cálculo diz respeito às perdas de calor devido à renovação do ar. Neste caso a ventilação também é assegurada por meios naturais, e os dados necessários ao cálculo da ventilação são os seguintes:

Quadro 29 – Resumo dos dados referentes à ventilação natural

Dados	Valor
Área útil de pavimento	175,02
Pé direito médio	2,60
Classe da caixilharia	s / c
Caixas de estore?	S
Classe de exposição	2
Aberturas auto-reguladas?	N
Área de envidraçado > 15% A_p ?	N
Portas exteriores bem vedadas?	S

Com estes dados o valor obtido pelo Quadro IV.1 do RCCTE é 1 renovação por hora. Sabendo que o volume é igual a 455,05 m³ então as perdas térmicas são iguais a 154,72 W/°C. Ficam assim calculadas as perdas térmicas, faltando apenas o cálculo dos ganhos térmicos.

Sendo esta uma fracção residencial, com ganhos internos médios iguais a 4 W/m² (Quadro IV.3 do RCCTE), e observando o Quadro 25, verifica-se que a duração da estação de aquecimento são 7 meses. Assim sendo é possível calcular os ganhos internos brutos pela seguinte expressão:

$$Q_i = q_i \times M \times A_p \times 0,720 = 4 \times 7 \times 175,02 \times 0,720 = 3528,40 \text{ kWh/ano} \quad (3.6)$$

Para o cálculo dos ganhos solares através dos vãos envidraçados é necessário determinar os factores que interferem no cálculo. O cálculo destes factores está apresentado em anexo, sendo possível ver no Quadro 30 o cálculo da área efectiva para cada vão envidraçado exterior, realizado pela folha de cálculo IV.1e do RCCTE.

Quadro 30 – Áreas efectivas dos vãos envidraçados no Inverno

Parcela	Área	X	$g_{\perp}$	F_s	F_g	F_w	A_e
Envidraçado 1 a Norte	3,00	0,27	0,63	1,00	0,60	0,90	0,28
Envidraçado 2 a Norte	1,60	0,27	0,63	1,00	0,60	0,90	0,15
Envidraçado 1 a Este	1,50	0,56	0,63	0,54	0,60	0,90	0,15
Envidraçado 2 a Este	1,50	0,56	0,63	0,49	0,60	0,90	0,14
Envidraçado 1 a Sul	3,00	1,00	0,63	0,81	0,60	0,90	0,83
Envidraçado 2 a Sul	3,00	1,00	0,63	0,70	0,60	0,90	0,71
Envidraçado 3 a Sul	1,60	1,00	0,63	0,70	0,60	0,90	0,38
Envidraçado 1 a Oeste	1,50	0,56	0,63	0,76	0,60	0,90	0,22
Envidraçado 2 a Oeste	6,00	0,56	0,63	0,56	0,60	0,90	0,64

O valor total da área efectiva é assim igual a 3,50 m² e, sabendo que G_{sul} é igual a 93, os ganhos solares brutos totais são iguais a 2276,09 kWh/ano.

Para determinar os ganhos térmicos úteis é necessário transformar os valores brutos úteis. No Quadro 31 é apresentado esse cálculo.

Quadro 31 – Resumo da folha de cálculo IV.1e

Dados	Valor
Ganhos solares brutos + Ganhos internos brutos	5804,50
Necessidades brutas de aquecimento	20951,30
Inércia do edifício	Forte
Relação ganhos-perdas, γ	0,28
Factor de utilização dos ganhos térmicos	1,00
Ganhos úteis totais	5785,35

O cálculo da inércia térmica está detalhado nos anexos e o valor obtido foi 566,78 kg/m². Desta forma a inércia é considerada forte através do Quadro VII.6 do Anexo VIII do RCCTE.

O cálculo do factor de forma encontra-se no Quadro 32.

Quadro 32 – Cálculo das áreas da envolvente para quantificação do FF

Parcela	Área (m ²)
Paredes exteriores	148,88
Envidraçados exteriores	22,70
Paredes interiores (A.τ)	18,41
Coberturas interiores (A.τ)	107,68
Pavimentos interiores (A.τ)	54,64
Total	352,31

Sabendo que o volume interior é igual a 455,05 m³ então conclui-se que o factor de forma é igual a 0,77. Deste modo, pelo Art. 15.º, e sabendo pelo Quadro 25 que o número de graus-dias é igual a 1800, tem-se que:

$$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \times FF) \times GD = 4,5 + (0,021 + 0,037 \times 0,77) \times 1800 = 93,86$$

(3.7)

O cálculo das necessidades nominais de aquecimento está resumido no Quadro 33.

Quadro 33 – Resumo da folha de cálculo IV.2

Dados	Valor
Coefficiente global de perdas (W/°C)	484,98
Graus dias no local	1800,00
Necessidades brutas de aquecimento	20951,30
Ganhos totais úteis (kWh)	5785,35
Necessidades de aquecimento (kWh/ano)	15165,95
Área útil de pavimento	175,02
Necessidades nominais de aquecimento (kWh/m ² .ano)	86,65

É agora possível verificar que a fracção cumpre o exigido no RCCTE no que respeita às necessidades de aquecimento no Inverno, visto que $N_{ic} = 86,65 < N_i = 93,86$.

Para concluir este ponto é apresentado no Quadro 34 o resumo dos dados necessários para o cálculo de N_{ic} , que será usado na comparação com os valores obtidos nos programas de cálculo automático.

Quadro 34 – Resumo do cálculo de N_{ic}

Dados	Valor
Perdas associadas à envolvente exterior (W/°C)	202,59
Perdas associadas à envolvente interior (W/°C)	70,9 2
Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores (W/°C)	56,75
Perdas associadas à renovação de ar (W/°C)	154,72
Ganhos solares brutos (kWh)	2276,09
Ganhos internos brutos (kWh)	3528,40
Ganhos úteis totais (kWh)	5785,35
N_{ic} (kWh/m ² .ano)	86,65
N_i (kWh/m ² .ano)	93,86

3.4.3.2. Cálculo de N_{vc}

O cálculo das perdas térmicas no Verão está resumido no Quadro 35.

Quadro 35 – Resumo da folha de cálculo V.1a

Dados	Valor
Perdas associadas às paredes exteriores (W/°C)	78,01
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (W/°C)	56,75
Perdas associadas à renovação de ar (W/°C)	154,72
Perdas específicas totais (W/°C)	289,48
Diferença de temperatura interior-exterior	6
Perdas térmicas totais (kWh)	5085,59

O valor de θ_{atm} utilizado para calcular a diferença de temperatura interior-exterior é indicado no Quadro 25.

A parcela seguinte a calcular são os ganhos térmicos na estação de arrefecimento, separados em: ganhos pela envolvente, ganhos pelos vãos envidraçados e ganhos internos.

O valor do coeficiente de absorção e da intensidade de radiação solar para cada elemento da envolvente opaca está determinado nos anexos. O valor obtido para os ganhos pela envolvente foi 611,56 kWh.

O procedimento para calcular os ganhos solares pelos envidraçados é idêntico ao seguido para a estação de aquecimento e o valor obtido foi 840,18 kWh. Este cálculo está descrito nos anexos.

O cálculo dos ganhos internos é realizado pela folha de cálculo V.1e e o resultado obtido foi 2049,83 kWh. A folha de cálculo V.1f está resumida no Quadro 36.

Quadro 36 – Resumo da folha de cálculo V.1f

Dados	Valor
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)	611,56
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)	840,18
Ganhos internos (kWh)	2049,83
Ganhos térmicos totais (kWh)	3501,57

O cálculo das necessidades nominais de arrefecimento está resumido no Quadro 37.

Quadro 37 – Resumo da folha de cálculo V.1g

Dados	Valor
Ganhos térmicos totais (kWh)	3501,57
Perdas térmicas totais (kWh)	5085,60
Relação ganhos-perdas, γ	0,69
Inércia do edifício	Forte
Factor de utilização dos ganhos	0,92
Necessidades brutas de arrefecimento (kWh/ano)	265,63
Área útil de pavimento	175,02
Necessidades nominais de arrefecimento (kWh/m ² .ano)	1,52

Ficam deste modo calculadas as necessidades de arrefecimento. Sabendo pelo Art. 15.º que, para a zona do edifício (V_2), as necessidades nominais de energia útil máximas são 18 kWh/m².ano então a fracção cumpre o exigido pelo RCCTE pois $N_{vc} = 1,52 < N_v = 18$.

Tal como no ponto anterior, também é apresentado o Quadro 38 para resumir os dados calculados e usar como comparação com os programas de cálculo automático.

Quadro 38 – Resumo do cálculo de N_{vc}

Dados	Valor
Perdas térmicas totais (kWh)	5085,59
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (kWh)	611,56
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (kWh)	840,18
Ganhos internos (kWh)	2049,83
N_{vc} (kWh/m ² .ano)	1,52
N_v (kWh/m ² .ano)	18,00

3.4.3.4. Cálculo de N_{ac}

Como a tipologia da moradia é T4, então consideram-se 5 ocupantes convencionais da fracção autónoma e o valor de M_{AQS} é igual a 200 l. Aplicando a fórmula para o cálculo da energia dispendida com sistemas convencionais obtém-se o seguinte valor:

$$Q_a = (M_{AQS} \times 4187 \times \Delta_T \times n_d) / 3600000 = (200 \times 4187 \times 45 \times 365) / 3600000 = 3820,64 \text{ kWh/ano}$$

(3.8)

Através do programa SOLTERM obteve-se um valor de E_{solar} igual a 2294 kWh/ano, estando o quadro que demonstra a obtenção desse valor apresentado em anexo. No Quadro 39 estão representados os valores necessários para o cálculo de N_{ac} , assim como os valores de N_{ac} e N_a .

Quadro 39 – Resumo do cálculo de N_{ac}

Dados	Valor
Energia dispendida com sistemas convencionais	3820,64
Eficiência de conversão do sistema de preparação das AQS	0,87
Contribuição de sistemas solares de preparação de AQS	2294,00
Necessidades de energia para preparação de AQS	11,98
Necessidades de energia máximas para preparação de AQS	33,78

Desta forma está terminado o cálculo das necessidades energéticas para preparação de AQS, ficando demonstrado que a fracção respeita a norma pois $N_{ac} = 11,98 < N_a = 33,78$.

3.4.3.5. Cálculo de N_{tc}

O cálculo das necessidades anuais de energia primária está resumido no Quadro 40.

Quadro 40 – Resumo do cálculo de N_{tc}

Dados	Valor
N_{ic}	86,65
η_i	0,87
F_{pui}	0,086
N_{vc}	1,52
η_v	3,00
F_{puv}	0,290
N_{ac}	11,98
F_{pua}	0,086
N_{tc}	1,90

O cálculo do valor limite das necessidades de energia primária está resumido no Quadro 41.

Quadro 41 – Resumo do cálculo de N_t

Dados	Valor
N_i (kWh/m ² .ano)	93,86
N_v (kWh/m ² .ano)	18,00
N_a (kWh/m ² .ano)	33,78
N_t (kgép/m ² .ano)	5,57

Desta forma verifica-se que $N_{tc} = 1,90 < N_t = 5,57$. A relação entre estes dois parâmetros é igual a 34,11% e portanto esta fracção é do tipo A.

Assim sendo fica terminada a aplicação do RCCTE à moradia. A exemplo do que se fez para o apartamento, é ainda necessário verificar os requisitos mínimos impostos pelo regulamento.

3.3.3.6. Requisitos mínimos

A verificação do limite máximo do coeficiente de transmissão térmica está demonstrada no Quadro 42.

Quadro 42 – Coeficientes de transmissão térmica máximos

Elemento	U_{projecto}	$U_{\text{máximo}}$
Fachadas exteriores	0,46	1,60
Paredes interiores ($\tau < 0,7$)	0,54	2,00
Pavimentos interiores ($\tau < 0,7$)	0,40	1,30
Coberturas interiores ($\tau > 0,7$)	0,35	1,00
Pontes térmicas planas	0,86	1,60

A restrição relativa às pontes térmicas planas existentes na envolvente está demonstrada no Quadro 43.

Quadro 43 – Coeficientes de transmissão térmica de pontes térmicas planas

Elemento	U_{projecto}	$U_{\text{máximo}}$
Pilares	0,69	0,92
Vigas	0,60	0,92
Caixas de estore	0,86	0,92

Para terminar é necessário verificar o valor do factor solar para vãos envidraçados com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que servem. O valor do factor solar dos vãos é sempre 0,07 e portanto inferior ao máximo de 0,56.

3.4.4. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS COM OS PROGRAMAS DE CÁLCULO AUTOMÁTICO

A exemplo do que foi feito para o apartamento, também se fez o cálculo térmico da moradia com os três programas de cálculo. No Quadro 44 estão representados os valores obtidos para cada um dos programas e é efectuada a comparação com os quadros obtidos da aplicação da folha de cálculo. Em anexo serão adicionadas as folhas de cálculo obtidas com cada um dos programas que demonstram o cálculo detalhado que foi realizado.

Quadro 44 – Comparação dos resultados obtidos entre a folha de cálculo e os diferentes programas

Parcela	Valores obtidos				Percentagem de erro		
	Folha de cálculo	Envolverm	Amorim Isol+	CYPE	Envolverm	Amorim Isol+	CYPE
N_{ic} :							
i) Perdas associadas à envolvente exterior (W/°C)	202,59	202,59	211,11	202,10	0,00%	4,21%	-0,24%
ii) Perdas associadas à envolvente interior (W/°C)	70,92	70,93	70,92	70,51	0,01%	0,00%	-0,58%
iii) Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores (W/°C)	56,75	56,75	56,75	56,75	0,00%	0,00%	0,00%
iv) Perdas associadas à renovação de ar (W/°C)	154,72	154,72	154,72	152,62	0,00%	0,00%	-1,36%
v) Ganhos solares brutos (kWh/ano)	2276,09	2285,01	2274,63	2278,50	0,39%	-0,06%	0,11%
vi) Ganhos internos brutos (kWh/ano)	3528,40	3528,40	3528,40	3480,62	0,00%	0,00%	-1,35%
vii) Ganhos úteis totais (kWh/ano)	5785,35	5794,12	5785,14	5759,12	0,15%	0,00%	-0,45%
viii) N _{ic} (kWh/m ² .ano)	86,65	86,60	88,76	87,00	-0,06%	2,44%	0,40%
ix) N _i (kWh/m ² .ano)	93,86	93,86	93,86	95,00	0,00%	0,00%	1,21%
N_{vc} :							
i) Perdas térmicas totais (kWh)	5085,59	5085,58	5085,59	5072,58	0,00%	0,00%	-0,26%
ii) Ganhos solares pela envolvente opaca (kWh)	611,56	611,58	611,56	616,77	0,00%	0,00%	0,85%
iii) Ganhos solares pelos vãos envidraçados (kWh)	840,18	826,36	817,45	827,90	-1,64%	-2,71%	-1,46%
iv) Ganhos internos (kWh)	2049,83	2051,23	2049,83	2022,08	0,07%	0,00%	-1,35%
v) N _{vc} (kWh/m ² .ano)	1,52	1,59	1,48	1,41	4,61%	-2,63%	-7,24%
vi) N _v (kWh/m ² .ano)	18,00	18,00	18,00	18,00	0,00%	0,00%	0,00%
N_{ac} :							
i) Energia dispendida com sistemas convencionais (kWh/ano)	3820,64	3820,64	3820,64	3820,64	0,00%	0,00%	0,00%
ii) N _{ac} (kWh/m ² .ano)	11,98	11,98	11,98	12,15	0,00%	0,00%	1,42%
iii) N _a (kWh/m ² .ano)	33,78	33,78	33,78	34,25	0,00%	0,00%	1,39%
N_{tc}	1,90	1,90	1,92	1,92	0,00%	1,05%	1,05%
N_t	5,57	5,57	5,57	5,64	0,00%	0,00%	1,26%
N_{tc} / N_t	34,11%	34,11%	34,47%	34,04%	0,00%	1,05%	-0,20%

Observando o quadro constata-se que o programa *Envolterm* apresenta os valores mais semelhantes aos obtidos com a aplicação da folha de cálculo. O programa *Amorim Isol+* revela poucos erros, mas estes atingem valores significativos. No que respeita ao *CYPE* os resultados revelam variações na grande parte das parcelas relativamente à folha de cálculo, mas sem atingir valores muito elevados, exceptuando para a parcela referente aos ganhos solares brutos na estação de arrefecimento.

Analisando os resultados apresentados podem-se tirar as seguintes conclusões:

- As diferenças de valores no cálculo de N_{ic} entre o *Envolterm* e a folha de cálculo são idênticas às que se registaram para o apartamento e devem-se às mesmas razões já apontadas;
- As diferenças de valores no cálculo de N_{vc} com o *Envolterm* aparecem nos ganhos solares pelos envidraçados pelas mesmas razões apontadas no apartamento. Para além desta diferença também surge um desvio no cálculo do valor de N_{vc} pois o programa arredonda o valor de η para duas casas decimais;
- No cálculo de N_{ac} e N_{tc} não surgem diferenças entre o programa e a folha de cálculo;
- As diferenças no cálculo de N_{ic} no *Amorim Isol+* são elevadas e devem-se à parcela referente às perdas térmicas através da envolvente exterior. Isto acontece devido a um erro no programa no que se refere às pontes térmicas lineares do tipo B, em que as tabelas Br.1 e Br.2 estão trocadas;
- As diferenças no cálculo de N_{vc} no *Amorim Isol+* atingem também valores elevados, nomeadamente nos ganhos solares pelos envidraçados exteriores. Tal como foi referido no exemplo do apartamento, isto deve-se ao facto de o programa utilizar o valor mínimo de 0,9 para o produto de F_o com F_g ;
- No cálculo de N_{ac} com o *Amorim Isol+* não existe qualquer diferença comparativamente com o resultado obtido com a folha de cálculo;
- O valor obtido para N_{tc} com o *Amorim Isol+* é diferente ao da folha de cálculo, devido aos erros que foram indicados;
- A relação N_{tc} / N_t no *Amorim Isol+* tem uma ligeira variação mas sem afectar a classificação da fracção;
- As diferenças no cálculo de N_{ic} no *CYPE* verificam-se em várias parcelas, mas sem atingir valores elevados sendo portanto atribuídas às diferenças nas medições;
- No cálculo de N_{vc} no *CYPE* surgem diferenças em todas as parcelas. No cálculo das perdas térmicas, dos ganhos solares pela envolvente opaca e dos ganhos internos as diferenças devem-se às medições. No cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados surgem os mesmos problemas verificados para o apartamento. O acumular destas diferenças traduz-se numa percentagem de erro elevado no cálculo de N_{vc} (7,24%), devido ao reduzido valor desta parcela. Outra diferença registada no cálculo deve-se ao facto de o programa aproximar o valor de η a duas casas decimais;
- No cálculo de N_{ac} com o *CYPE* a diferença observada deve-se às diferenças nas medições, visto que a área útil de pavimento considerada é diferente;
- O valor obtido para N_{tc} com o *CYPE* difere do valor obtido com a folha de cálculo, mas essa diferença não é gravosa, estando os valores dentro da mesma grandeza;
- A diferença registada em N_{tc} / N_t é baixa e não altera a classificação do edifício.

3.5. CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

A aplicação dos três programas aos dois casos de estudo permite retirar as seguintes conclusões:

1. O programa *Envolterm* é o que se aproxima mais do modelo da folha de cálculo, sendo os resultados da mesma ordem de grandeza. No entanto, não promove grandes automatismos, sendo necessário introduzir os mesmos dados que são necessários para a folha de cálculo. O programa realiza a verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente, com excepção da verificação das pontes térmicas planas, mas no entanto não produz a folha nº3 referente a esta verificação.
2. O programa *Amorim Isol+* tem algumas vantagens relativamente ao *Envolterm*, nomeadamente o cálculo automático da inércia térmica e os cálculos dos factores de sombreamento mediante a introdução dos ângulos das palas. Neste aspecto pode-se considerar que revela alguns automatismos que facilitam o cálculo ao utilizador. No entanto, possui algumas falhas que produzem resultados distorcidos do regulamento, nomeadamente:
 - Erro na biblioteca das pontes térmicas lineares, mais concretamente nos quadros Br.1 e Br.2;
 - Aceitar pontes térmicas lineares com locais não úteis em que $\tau < 0,7$;
 - Não existe uma opção para a introdução de portas na envolvente exterior como elemento sem requisitos, sendo necessário introduzi-las como parede exterior e podendo não verificar assim os requisitos mínimos, devido ao elevado valor do U da porta.
3. O programa *CYPE* é aquele que possibilita maior rapidez de aplicação e maior número de automatismos ao utilizador, com resultados igualmente de acordo com os obtidos na folha de cálculo. De qualquer forma, é necessária uma utilização cuidada do software, de modo a que as medições realizadas pelo programa estejam de acordo com as efectuadas sobre a planta. No entanto, podem ser apontadas algumas falhas durante a aplicação do programa:
 - Para calcular o coeficiente de transmissão térmica de um muro de cave o programa segue a norma espanhola, por este cálculo não estar especificado na norma portuguesa. No entanto é possível indicar manualmente o valor de U pretendido;
 - Não detecta as pontes térmicas lineares do tipo G e H com locais não úteis de $\tau > 0,7$. No entanto poderão sempre ser detectadas manualmente pelo utilizador.

Face a estas situações detectadas, e ao grau de automatismo que este programa induz, é sempre recomendável verificar os resultados produzidos para assegurar a correcta utilização do programa.

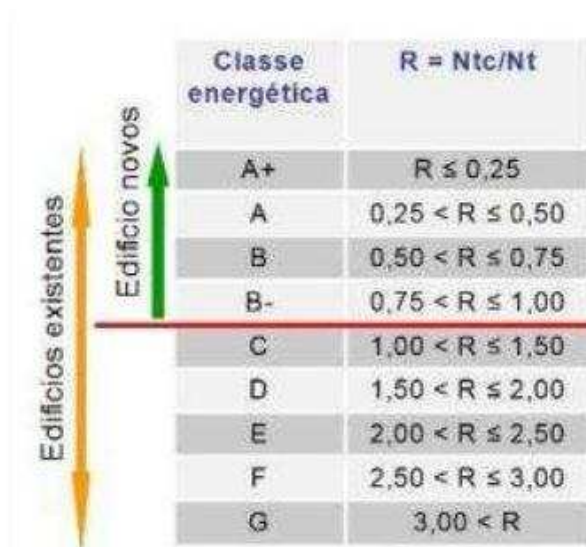
Tendo em conta estes resultados, podemos concluir que o utilizador deve sempre adoptar uma postura crítica em relação aos resultados obtidos pelo software, mesmo no caso futuro em que exista a certificação produzida pela ADENE. Mesmo eliminando limitações dos programas, podem sempre acontecer falhas durante a introdução de dados e é tarefa do utilizador saber distinguir um erro de arredondamento de um resultado irreal.

4

PROPOSTA DE UM MODELO ALTERNATIVO PARA A CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS NO ÂMBITO DO RCCTE

4.1. ENQUADRAMENTO NA SITUAÇÃO ACTUAL

O objectivo da segunda parte da dissertação é propor uma metodologia de cálculo diferente da actualmente sugerida pelo Decreto-Lei nº 78/2006 para a classificação energética de uma fracção autónoma. Segundo o despacho nº 10250/2008, a classificação é obtida mediante o cálculo da relação entre N_{tc}/N_t sendo depois essa classificação obtida pela Figura 10.



Classe energética	$R = N_{tc}/N_t$
A+	$R \leq 0,25$
A	$0,25 < R \leq 0,50$
B	$0,50 < R \leq 0,75$
B-	$0,75 < R \leq 1,00$
C	$1,00 < R \leq 1,50$
D	$1,50 < R \leq 2,00$
E	$2,00 < R \leq 2,50$
F	$2,50 < R \leq 3,00$
G	$3,00 < R$

Figura 10 – Classificação Energética

Para calcular o valor das necessidades de energia primária e respectivo limite é preciso primeiro calcular as necessidades energéticas de aquecimento, arrefecimento e de preparação de águas quentes sanitárias. No capítulo 3 foram realizados dois exemplos desse cálculo, no âmbito da comparação de software de cálculo automático das características térmicas do edifício. Tendo esses valores, obtém-se do Art. 15.º do RCCTE as seguintes equações, que conduzem ao cálculo de N_{tc} e N_t :

$$N_{tc} = 0,1 \times (N_{ic}/\eta_i) \times F_{pui} + 0,1 \times (N_{vc}/\eta_v)F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (4.1)$$

$$N_t = 0,9 \times (0,01 \times N_i + 0,01 \times N_v + 0,15 \times N_a) \quad (4.2)$$

Em que:

- N_{tc} - Necessidades nominais globais de energia primária [kgep/m².ano];
- η_i - Eficiência nominal do sistema de aquecimento;
- F_{pui} - Factor de conversão do sistema de aquecimento;
- η_v - Eficiência nominal do sistema de arrefecimento;
- F_{puv} - Factor de conversão do sistema de arrefecimento;
- F_{pua} - Factor de conversão do sistema de preparação de águas quentes sanitárias;
- N_t - valor limite das necessidades nominais globais de energia primária [kgep/m².ano];
- N_i - valor limite das necessidades nominais de energia útil de aquecimento [kWh/m².ano];
- N_v - valor limite das necessidades nominais de energia útil de arrefecimento [kWh/m².ano];
- N_a - valor limite das necessidades nominais de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias [kWh/m².ano]

Fica assim classificada a fracção autónoma em estudo, de acordo com o valor de N_{tc}/N_t e correspondente classificação na Figura 10.

4.2. JUSTIFICAÇÃO DO ESTUDO DE SENSIBILIDADE

No contexto actual as necessidades de energia primária são obtidas pela expressão 4.1. Observando esta expressão verifica-se que as necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento são afectadas pelo coeficiente 0,1 enquanto as necessidades para AQS são totalmente contabilizadas. Esta utilização dos coeficientes é justificada pela ADENE como sendo devido ao hábito nacional de “os edifícios não serem aquecidos ou arrefecidos, em contínuo e durante 24 horas por dia, durante toda a estação correspondente”. A fórmula considera que os edifícios apenas são climatizados 10% do tempo e daí essa redução nas necessidades para aquecimento e arrefecimento [1]. Enquanto em termos de emissão de CO₂ esta redução é pertinente, pois traduz a real utilização dos edifícios por parte dos utilizadores, no contexto da qualidade térmica do edifício tal não se sucede, visto os valores das necessidades de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS serem calculados com base nas características do edifício e reflectirem as reais necessidades deste. Assim sendo, podemos concluir que a afectação no cálculo de N_{tc} das parcelas referentes às necessidades de aquecimento e arrefecimento pelo coeficiente 0,1 conduz a uma distorção da realidade no valor apresentado para as necessidades de energia, visto que o peso atribuído à preparação de AQS é dez vezes superior aos restantes.

No intuito de atingir o objectivo deste trabalho realizou-se um estudo de sensibilidade a uma amostra de fracções, baseado em diferentes simulações numéricas. Com estas simulações pretende-se averiguar a influência de N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} nas necessidades de energia primária através da alteração dos factores de ponderação que afectam o seu cálculo, analisando assim o seu efeito na classe energética das fracções.

O objectivo deste estudo é demonstrar que o peso atribuído às AQS, para efeitos de energia necessária para conforto térmico, é exagerado, e propor outra afectação às parcelas de forma a proceder à caracterização térmica dos edifícios.

4.3. BASE DE DADOS

4.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Para a realização do estudo de sensibilidade utilizou-se uma amostra de 17 fracções: 13 apartamentos e 4 moradias. Convém desde já referir que esta análise se limitou a fracções situadas na zona a norte do Rio Douro, nomeadamente Porto e Braga. Uma análise a nível de outras localidades também será necessária para comparar os valores obtidos, visto os dados climáticos se alterarem.

O apartamento e a moradia analisados no capítulo 3 deste trabalho fazem parte da amostra, e as restantes fracções foram retiradas da Tese de Mestrado do aluno Nuno Miguel Rodrigues Fernandes, realizada no ano 2008, e intitulada: “Estudo de sensibilidade sobre certificação térmica” [7]. Os desenhos esquemáticos de cada uma das fracções estão publicados nos anexos e os valores de referência utilizados no cálculo são os indicados no

Quadro 45.

Quadro 45 – Valores de referência adoptados [7]

Dados	Referência
Localização	Porto (junto à Foz do Douro)
Altitude	$z < 600$ m
Zona climática de Inverno	I2
Zona climática de Verão	V1
Orientação	Maior área envidraçada para Norte
Coeficiente de transmissão térmica	
i) Zonas opacas verticais exteriores	0,6
ii) Zonas opacas horizontais exteriores	0,45
iii) Zonas opacas verticais interiores	1,2
iv) Zonas opacas horizontais interiores	0,9
v) Envidraçados	1,65
vi) Pontes térmicas planas	1,2
vii) Portas	3,5
Coeficiente de transmissão térmica linear	0,5
Parâmetro τ	0,7
Ventilação natural	
i) Classe da caixilharia	2
ii) Caixa de estore	Sim
iii) Classe de exposição	2
iv) Aberturas auto-reguláveis	Sim
v) Portas exteriores bem vedadas	Sim
Ventilação mecânica	Não
Envidraçados	
i) Tipo de vidro	Duplo incolor
ii) Factor solar do vidro	0,75
iii) Factores de sombreamento	1
iv) Fracção envidraçada	0,7
v) Tipo de protecção	Persiana (régua plástica) clara
Inércia térmica	Forte
Coeficiente de absorção	0,4

Águas Quente Sanitárias	
i) Área de colector solar térmico	1 m ² /hab
ii) Eficiência de conversão do sistema	0,87
iii) Tipo de sistema	Individualizado
iv) Inclinação dos colectores	35°
v) Orientação dos colectores	Sul
Energia primária	
i) Factor de conversão F_{pui}	0,086
ii) Factor de conversão F_{puv}	0,290
iii) Factor de conversão F_{pua}	0,086
iv) Eficiência nominal equipamentos Inverno	0,870
v) Eficiência nominal equipamentos Verão	3,0

Para a fracção denominada “FE1” alguns dos valores utilizados foram diferentes dos de referência, nomeadamente:

- $g_{\perp} = 0,05$;
- $F_g = 0,9$;
- $R_{ph} = 0,6$.

Visto que no trabalho realizado pelo Nuno Fernandes, as necessidades energéticas para preparação de AQS eram calculadas utilizando apenas um sistema convencional de preparação de AQS, então utilizou-se para esta parcela os valores calculados pelo aluno José Adélio Amorim Pereira, na sua Tese de Mestrado intitulada “Verificação da influência da ventilação natural e do sistema de preparação de águas quentes sanitárias no cumprimento regulamentar”, realizada sobre as mesmas fracções autónomas, e na qual considera a existência de um colector Saunier Duval mais esquentador com $\eta_a = 0,87$ [8].

4.3.2. NECESSIDADES ENERGÉTICAS

Utilizando os valores indicados no ponto anterior, e consultando os trabalhos realizados pelo Nuno Fernandes e pelo José Pereira, foi possível obter os valores finais das necessidades energéticas a utilizar nas simulação numéricas ao longo do trabalho. No Quadro 46 estão representados esses valores. Note-se que está representado a cor vermelha as fracções com a relação N_{tc} / N_t mais elevada e a cor verde as fracções com o valor desta relação mais reduzido.

Quadro 46 – Valores das necessidades energéticas das fracções [7, 8]

	Apartamentos												
	FE1	FE2	FE3	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	NF1	PP3	PP4	PT1	Apart.
N_{ic}	65,91	54,70	54,71	36,84	67,29	60,37	75,35	51,53	61,25	63,50	43,15	66,87	75,15
N_i	73,69	69,01	69,09	68,10	77,15	74,06	76,84	68,10	76,05	80,15	68,10	76,17	85,96
N_{vc}	3,20	1,51	1,55	1,60	1,36	1,35	1,05	1,12	1,15	1,71	1,99	1,49	2,06
N_v	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	18,00
N_{ac}	19,29	19,29	19,72	15,16	17,30	14,00	16,22	16,50	12,01	16,08	14,00	17,07	14,60
N_a	53,08	53,08	71,37	57,33	47,59	52,95	44,63	59,73	38,30	44,23	52,95	61,79	50,25
N_{ic}	2,34	2,21	2,25	1,68	2,17	1,81	2,15	1,94	1,65	2,03	1,65	2,14	2,02
N_t	7,97	7,93	10,40	8,50	7,26	7,96	6,86	8,82	6,00	6,84	7,91	9,17	7,72
N_{ic}/N_t	29,37%	27,92%	21,65%	19,81%	29,82%	22,79%	31,34%	21,99%	27,50%	29,65%	20,87%	23,37%	26,15%
Class.	A	A	A+	A+	A	A+	A	A+	A	A	A+	A+	A

	Moradias			
	NF2	PP2	PT2	Morad.
N_{ic}	69,64	79,91	70,67	86,92
N_i	85,31	90,18	83,69	93,86
N_{vc}	4,54	4,60	1,67	1,52
N_v	16,00	16,00	16,00	18,00
N_{ac}	7,57	8,33	7,09	11,98
N_a	24,14	30,13	25,66	33,78
N_{ic}	1,38	1,55	1,32	1,90
N_t	4,17	5,02	4,36	5,57
N_{ic}/N_t	33,17%	30,87%	30,37%	34,20%
Class.	A	A	A	A

Da análise dos quadros retira-se que o máximo valor da relação N_{ic}/N_t é 31,34% para os apartamentos e 34,20% para as moradias. O valor mínimo é 19,81% para os apartamentos e 30,37% para as moradias. Verifica-se também que todos os apartamentos da amostra têm classificação A ou A+, enquanto as moradias apenas têm classificação A.

4.4. INFLUÊNCIA DE N_{ic} , N_{vc} E N_{ac} NO CÁLCULO DE N_{tc} E DE $\sum N$

De acordo com o RCCTE, as necessidades energéticas primárias são obtidas pelo Art. 15.º, tal como já foi explicado anteriormente. Ficou então patente que apenas é contabilizado 10% do valor das necessidades de aquecimento e de arrefecimento, e que isto conduz a um peso desproporcionado das três parcelas.

Pretende-se agora demonstrar a desproporção causada pela aplicação do coeficiente 0,1 a N_{ic} e N_{vc} . No Quadro 47 está registada a influência que cada uma das três necessidades energéticas tem no valor final das necessidades primárias de energia através da actual fórmula de cálculo. Esta influência está apresentada sobre a forma da percentagem que cada parcela representa do valor final de N_{tc} . No mesmo quadro está também calculada a parcela $\sum N$, que é igual à soma de N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} ; e as

respectivas percentagens de cada uma das parcelas, que simboliza a influência real de cada uma das necessidades de energia no valor total de necessidades energéticas.

Quadro 47 – Influência de N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} de acordo com o RCCTE

	Apartamentos												
	FE1	FE2	FE3	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	NF1	PP3	PP4	PT1	Apart.
N_{ic}	65,91	54,70	54,71	36,84	67,29	60,37	75,35	51,53	61,25	63,50	43,15	66,87	75,15
N_{vc}	3,20	1,51	1,55	1,60	1,36	1,35	1,05	1,12	1,15	1,71	1,99	1,49	2,06
N_{ac}	19,29	19,29	19,72	15,16	17,30	14,00	16,22	16,50	12,01	16,08	14,00	17,07	14,60
N_{tc}	2,34	2,21	2,25	1,68	2,17	1,81	2,15	1,94	1,65	2,03	1,65	2,14	2,02
% N_{ic}	27,83%	24,42%	24,02%	21,63%	30,71%	32,90%	34,65%	26,27%	36,71%	30,97%	25,85%	30,84%	36,80%
% N_{vc}	1,32%	0,66%	0,67%	0,92%	0,61%	0,72%	0,47%	0,56%	0,67%	0,82%	1,17%	0,67%	0,99%
% N_{ac}	70,85%	74,92%	75,32%	77,45%	68,69%	66,38%	64,88%	73,17%	62,62%	68,22%	72,98%	68,49%	62,21%
ΣN	88,40	75,50	75,98	53,60	85,95	75,72	92,62	69,15	74,41	81,29	59,14	85,43	91,81
% N_{ic}	74,56%	72,45%	72,01%	68,73%	78,29%	79,73%	81,35%	74,52%	82,31%	78,12%	72,96%	78,27%	81,85%
% N_{vc}	3,62%	2,00%	2,04%	2,99%	1,58%	1,78%	1,13%	1,62%	1,55%	2,10%	3,36%	1,74%	2,24%
% N_{ac}	21,82%	25,55%	25,95%	28,28%	20,13%	18,49%	17,51%	23,86%	16,14%	19,78%	23,67%	19,98%	15,90%

	Apartamentos			
	NF2	PP2	PT2	Morad.
N_{ic}	69,64	79,91	70,67	86,92
N_{vc}	4,54	4,60	1,67	1,52
N_{ac}	7,57	8,33	7,09	11,98
N_{tc}	1,38	1,55	1,32	1,90
% N_{ic}	49,76%	50,94%	52,74%	45,12%
% N_{vc}	3,17%	2,87%	1,22%	0,77%
% N_{ac}	47,06%	46,20%	46,04%	54,11%
ΣN	81,75	92,84	79,43	100,42
% N_{ic}	85,19%	86,07%	88,97%	86,56%
% N_{vc}	5,55%	4,95%	2,10%	1,51%
% N_{ac}	9,26%	8,97%	8,93%	11,93%

Calculando a média para cada uma destas percentagens, chega-se ao seguinte quadro:

Quadro 48 – Valores médios da influência de N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} no valor total de N

	Apartamentos			Moradias		
	% N_{tc}	% ΣN	Δ	% N_{tc}	% ΣN	Δ
N_{ic}	29,51%	76,55%	47,04%	49,64%	86,70%	37,05%
N_{vc}	0,79%	2,14%	1,35%	2,01%	3,53%	1,52%
N_{ac}	69,71%	21,31%	- 48,39%	48,35%	9,77%	-38,58%

Através da análise deste quadro fica bem demonstrada a influência que os coeficientes que afectam a expressão de N_{ic} têm no valor obtido. Para as necessidades de arrefecimento não existe grande

diferença no peso que têm no valor final, pois não atingem valores elevados. No entanto, a situação muda ao analisar as necessidades de aquecimento e de preparação de AQS. Verifica-se que a diferença entre o peso que cada uma tem nas necessidades primárias para o seu peso na totalidade de N é cerca de 45% para os apartamentos e 40% para as moradias. Isto demonstra que estas duas parcelas trocam de posição em termos de preponderância no valor final.

No contexto actual, a envolvente tem um peso de aproximadamente 30% no valor final de N_{ic} para os apartamentos e cerca de 50% para as moradias, quando na realidade são a situação que corresponde a uma maior necessidade de energia para garantir o conforto, cerca de 75% e 85% respectivamente.

As necessidades energéticas para preparação de AQS atingem um peso de 70% nos apartamentos e 50% nas moradias no valor de N_{ic} o que significa que a mudança de classificação energética está muito dependente desta parcela; no entanto o seu “peso real” é cerca de 20% e 10% respectivamente.

A diferença de valores entre os apartamentos e as moradias reflecte a maior dependência das moradias em relação à envolvente, pois possuem uma maior percentagem de trocas com o exterior.

Nas figuras 11 e 12 são apresentados os quadros circulares que representam estes valores determinados e é possível verificar a diferença do peso de N_{ic} e N_{ac} no cálculo dos dois valores analisados. Os valores apresentados são a média obtida para as moradias e apartamentos.

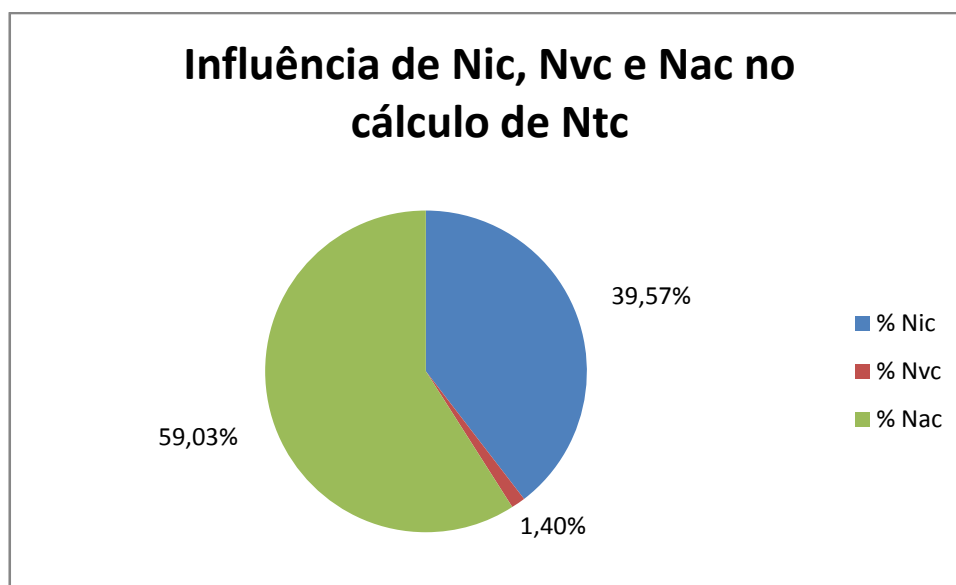


Figura 11 – Influência de N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} no cálculo de N_{tc}

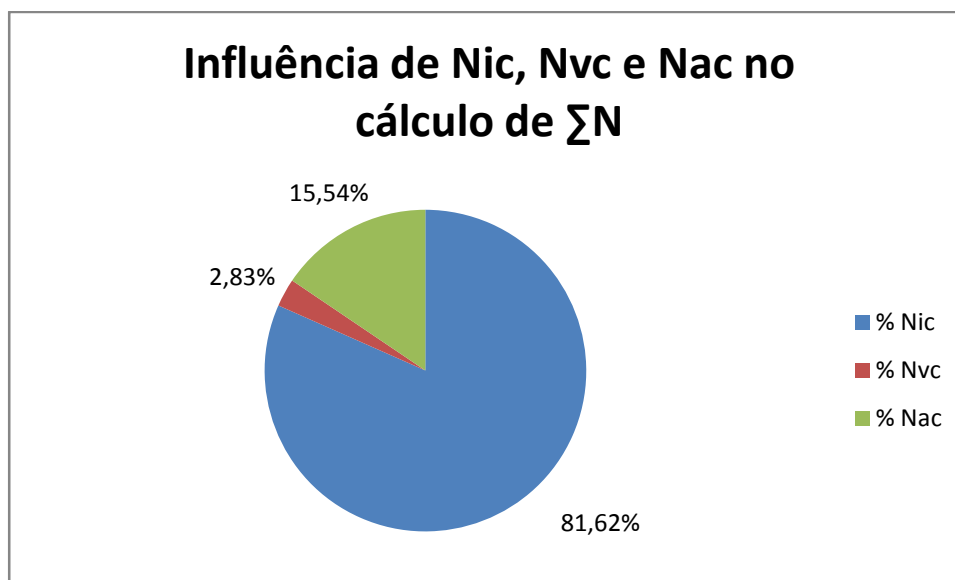


Figura 12 – Influência de N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} no cálculo de ΣN

4.5. ESTUDO DE SENSIBILIDADE DOS COEFICIENTES A APLICAR EM N_{TC} E N_T

4.5.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Após a descrição da situação actual é necessário proceder ao estudo das possíveis alternativas ao procedimento indicado no Decreto-Lei nº 78/2006. A fórmula utilizada para o cálculo de N_{TC} terá sempre de ser a indicada no Art. 15.º do RCCTE, a única mudança que será provocada é no coeficiente que atinge cada parcela. Deste modo decidiu-se proceder de três formas distintas:

- As parcelas não são afectadas por nenhum coeficiente;
- Os coeficientes a aplicar a cada parcela têm o valor do seu peso nas necessidades totais;
- Os coeficientes a aplicar a cada parcela têm o valor da relação entre as necessidades nominais e o respectivo valor limite.

Desta forma, a primeira hipótese a analisar irá atribuir o mesmo peso às três parcelas de necessidades energéticas.

A hipótese seguinte irá atribuir como coeficientes o valor do peso que cada parcela tem no valor total das necessidades, tal como foi representado no Quadro 48. Serão utilizados como coeficientes as médias obtidas para o peso de cada parcela no valor total de N .

A última hipótese a estudar deverá reflectir a relação entre as necessidades nominais e os respectivos limites nos coeficientes a utilizar. Com isto pretende-se majorar o efeito das necessidades que se encontram mais perto de não cumprir as exigências. No Quadro 49 está representada esta relação para a amostra em estudo.

Quadro 49 – Relação entre necessidades nominais e respectivos limites

	Apartamentos												
	FE1	FE2	FE3	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	NF1	PP3	PP4	PT1	Apart.
N _{ic} / N _i	89,44%	79,26%	79,19%	54,10%	87,22%	81,51%	98,06%	75,67%	80,54%	79,23%	63,36%	87,79%	87,42%
N _{vc} / N _v	20,00%	9,44%	9,69%	10,00%	8,50%	8,44%	6,56%	7,00%	7,19%	10,69%	12,44%	9,31%	11,44%
N _{ac} / N _a	36,34%	36,34%	27,63%	26,44%	36,35%	26,44%	36,34%	27,62%	31,36%	36,36%	26,44%	27,63%	29,05%

	Moradias			
	NF2	PP2	PT2	Morad.
N_{ic} / N_i	81,63%	88,61%	84,44%	92,61%
N_{vc} / N_v	28,38%	28,75%	10,44%	8,44%
N_{ac} / N_a	31,36%	27,65%	27,63%	35,46%

Para decidir quais os coeficientes a utilizar é necessário calcular a média destes valores. Os valores médios obtidos estão no Quadro 50.

Quadro 50 – Valores médios da relação entre necessidades nominais e respectivos limites

	Apartamentos	Moradias	Média
N_{ic} / N_i	80,22%	86,82%	84%
N_{vc} / N_v	10,05%	19,00%	15%
N_{ac} / N_a	31,10%	30,53%	31%

Chega-se por fim a três hipóteses para os coeficientes de afectação das parcelas de necessidades de energia:

- Hipótese 1 – O coeficiente a afectar a cada parcela é igual a 1;
- Hipótese 2 – O coeficiente a afectar a cada parcela é a média dos valores obtidos para os apartamentos e moradias no Quadro 48;
- Hipótese 3 – O coeficiente a afectar a cada parcela é o apresentado no Quadro 50.

4.5.2. AFECTAÇÃO DA FÓRMULA DE N_t

Para além de alterar a fórmula de cálculo de N_{ic} é também necessário adaptar o cálculo de N_t aos novos coeficientes, de modo a ser possível comparar a sua relação, e consequentemente a classificação energética.

No Art. 15.º do RCCTE o valor de N_t está definido como:

$$N_t = 0,9 \times (0,01 \times N_i + 0,01 \times N_v + 0,15 \times N_a) \quad (4.3)$$

Neste estudo não se pretende propor uma nova fórmula para o cálculo de N_t portanto esta expressão será mantida, apenas se irá alterar os coeficientes que estão aplicados às parcelas de necessidades energéticas de forma a manter a mesma proporção relativamente à fórmula de N_{ic} . Comparando os

coeficientes que são aqui aplicados no cálculo de N_t com os aplicados à fórmula de N_{tc} conclui-se que estes têm uma relação de:

- $0,01/0,1 = 0,1$ para N_i e N_v ;
- $0,15/1 = 0,15$ para N_a .

Para possibilitar a comparação entre as diferentes hipóteses é então necessário conservar esta relação entre os coeficientes para as diferentes hipóteses de cálculo.

Seguidamente serão calculadas as hipóteses formuladas.

4.5.3. HIPÓTESE 1

A primeira hipótese a considerar pressupõe que o peso deve ser igualmente distribuído pelas três parcelas e portanto não é necessário aplicar nenhum coeficiente na expressão. Esta hipótese baseia-se na teoria de que, sendo os valores N_{ic} , N_{vc} e N_{ac} a representação das necessidades da fracção em função das suas características, então o valor de N_{tc} de modo a representar as reais necessidades de energia primária da fracção deve assumir os valores totais desses parâmetros.

Assim sendo, a fórmula utilizada para calcular as necessidades de energia primária passa a ser:

$$N_{tc} = (N_{ic}/\eta_i) \times F_{pui} + (N_{vc}/\eta_v) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (4.4)$$

Para calcular o valor limite das necessidades de energia primária é necessário, tal como foi indicado no ponto anterior, conservar a relação entre os coeficientes. Desta forma, a expressão é a seguinte:

$$N_t = 0,9 \times (0,1 \times N_i + 0,1 \times N_v + 0,15 \times N_a) \quad (4.5)$$

Aplicando as novas fórmulas aos dados dos quadros 2 e 3, obtêm-se os novos valores de N_{tc} e N_t . Os valores obtidos estão representados no Quadro 51.

Quadro 51 – Valores das necessidades de energia primária para a Hipótese 1

	Apartamentos												
	FE1	FE2	FE3	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	NF1	PP3	PP4	PT1	Apart.
N_{ic}	65,91	54,70	54,71	36,84	67,29	60,37	75,35	51,53	61,25	63,50	43,15	66,87	75,15
N_i	73,69	69,01	69,09	68,10	77,15	74,06	76,84	68,10	76,05	80,15	68,10	76,17	85,96
N_{vc}	3,20	1,51	1,55	1,60	1,36	1,35	1,05	1,12	1,15	1,71	1,99	1,49	2,06
N_v	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	18,00
N_{ac}	19,29	19,29	19,72	15,16	17,30	14,00	16,22	16,50	12,01	16,08	14,00	17,07	14,60
N_a	53,08	53,08	71,37	57,33	47,59	52,95	44,63	59,73	38,30	44,23	52,95	61,79	50,25
N_{tc}	8,48	7,21	7,25	5,10	8,27	7,30	8,94	6,62	7,20	7,83	5,66	8,22	8,88
N_t	15,24	14,82	17,29	15,31	14,81	15,25	14,38	15,63	13,46	14,62	14,72	16,64	16,14
N_{tc}/N_t	55,67%	48,68%	41,95%	33,32%	55,85%	47,87%	62,20%	42,35%	53,50%	53,51%	38,47%	49,42%	55,04%
Class	B	A	A	A	B	A	B	A	B	B	A	A	B

	Moradias			
	NF2	PP2	PT2	Morad.
N _{ic}	69,64	79,91	70,67	86,92
N _i	85,31	90,18	83,69	93,86
N _{vc}	4,54	4,60	1,67	1,52
N _v	16,00	16,00	16,00	18,00
N _{ac}	7,57	8,33	7,09	11,98
N _a	24,14	30,13	25,66	33,78
N _{tc}	7,97	9,06	7,76	9,77
N _t	12,38	13,62	12,44	14,63
N _{tc} /N _t	64,43%	66,50%	62,37%	66,79%
Class	B	B	B	B

Analisando os valores agora obtidos, verifica-se que os valores máximo e mínimo da relação N_{tc} / N_t não sofreram alterações. Globalmente verifica-se um aumento da percentagem N_{tc}/N_t e consequente redução da classificação energética. Neste momento deixam de existir fracções com classificações A+ e todas as classificações estão situadas entre A e B.

4.5.4. HIPÓTESE 2

Nesta hipótese considera-se a aplicação dos coeficientes de acordo com o valor médio do peso de cada uma das parcelas. Esta hipótese pressupõe que as necessidades que têm um peso maior no valor total de N devem ser aquelas que têm o seu peso no cálculo de N_{tc} maximizado. De modo a utilizar os mesmos coeficientes para as moradias e os apartamentos, será utilizado o valor médio do peso calculado para os dois tipos de fracção. O cálculo desses valores médios está demonstrado no Quadro 52.

Quadro 52 – Coeficientes a aplicar na hipótese 2

	Apartamentos	Moradias	Média
N _{ic}	76,55%	86,70%	82%
N _{vc}	2,14%	3,53%	3%
N _{ac}	21,31%	9,77%	16%

Deste modo, as fórmulas utilizadas para o cálculo das necessidades de energia primária e respectivo limite são:

$$N_{tc} = 0,82 \times (N_{ic}/\eta_i) \times F_{pui} + 0,03 \times (N_{vc}/\eta_v) \times F_{puv} + 0,16 \times N_{ac} \times F_{pua} \quad (4.6)$$

$$N_t = 0,9 \times (0,82 \times 0,1 \times N_i + 0,03 \times 0,1 \times N_v + 0,16 \times 0,15 \times N_a) \quad (4.7)$$

Aplicando as novas fórmulas obtêm-se os valores do Quadro 53.

Quadro 53 – Valores das necessidades de energia primária para a Hipótese 2

	Apartamentos												
	FE1	FE2	FE3	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	NF1	PP3	PP4	PT1	Apart.
N_{ic}	65,91	54,70	54,71	36,84	67,29	60,37	75,35	51,53	61,25	63,50	43,15	66,87	75,15
N_i	73,69	69,01	69,09	68,10	77,15	74,06	76,84	68,10	76,05	80,15	68,10	76,17	85,96
N_{vc}	3,20	1,51	1,55	1,60	1,36	1,35	1,05	1,12	1,15	1,71	1,99	1,49	2,06
N_v	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	18,00
N_{ac}	19,29	19,29	19,72	15,16	17,30	14,00	16,22	16,50	12,01	16,08	14,00	17,07	14,60
N_a	53,08	53,08	71,37	57,33	47,59	52,95	44,63	59,73	38,30	44,23	52,95	61,79	50,25
N_{tc}	5,62	4,70	4,71	3,20	5,70	5,09	6,33	4,41	5,13	5,37	3,70	5,66	6,30
N_t	6,63	6,28	6,68	6,31	6,76	6,65	6,68	6,36	6,48	6,91	6,21	7,00	7,48
N_{tc}/N_t	84,75%	74,87%	70,48%	50,73%	84,21%	76,51%	94,85%	69,30%	79,18%	77,72%	59,49%	80,86%	84,23%
Class	B -	B	B	B	B -	B -	B -	B	B -	B -	B	B -	B -

	Moradias			
	NF2	PP2	PT2	Morad.
N_{ic}	69,64	79,91	70,67	86,92
N_i	85,31	90,18	83,69	93,86
N_{vc}	4,54	4,60	1,67	1,52
N_v	16,00	16,00	16,00	18,00
N_{ac}	7,57	8,33	7,09	11,98
N_a	24,14	30,13	25,66	33,78
N_{tc}	5,76	6,61	5,83	7,21
N_t	6,86	7,35	6,77	7,71
N_{tc}/N_t	83,99%	89,88%	86,08%	93,64%
Class	B -	B -	B -	B -

Relativamente à hipótese 1 altera-se a fracção com valor mínimo da relação N_{tc}/N_t nas moradias, passando a ser a moradia NF2. Nesta hipótese aumenta a percentagem N_{tc}/N_t em todas as parcelas, pois ao afectar estas pelo seu peso nas necessidades totais está-se a majorar esse efeito. Nesta hipótese desaparecem as classificações A e verifica-se que a maior parte das fracções são de categoria B-.

4.5.7. HIPÓTESE 3

A última hipótese consiste em atribuir como coeficientes a relação média entre as necessidades nominais e os respectivos valores limite. Desta forma pretende-se majorar o efeito das parcelas que estão mais próximo de não cumprir com as exigências, pois representam a característica da fracção com menor qualidade. Também neste caso se aplica o mesmo coeficiente aos apartamentos e às moradias. O cálculo das necessidades energéticas fica igual a:

$$N_{tc} = 0,84 \times (N_{ic}/\eta_i) \times F_{pui} + 0,15 \times (N_{vc}/\eta_v) \times F_{puv} + 0,31 \times N_{ac} \times F_{pua} \quad (4.8)$$

$$N_t = 0,9 \times (0,84 \times 0,1 \times N_i + 0,15 \times 0,1 \times N_v + 0,31 \times 0,15 \times N_a) \quad (4.9)$$

Os resultados agora calculados são os apresentados no Quadro 54.

Quadro 54 - Valores das necessidades de energia primária para a Hipótese 3

	Apartamentos												
	FE1	FE2	FE3	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	NF1	PP3	PP4	PT1	Apart.
N_{ic}	65,91	54,70	54,71	36,84	67,29	60,37	75,35	51,53	61,25	63,50	43,15	66,87	75,15
N_i	73,69	69,01	69,09	68,10	77,15	74,06	76,84	68,10	76,05	80,15	68,10	76,17	85,96
N_{vc}	3,20	1,51	1,55	1,60	1,36	1,35	1,05	1,12	1,15	1,71	1,99	1,49	2,06
N_v	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	18,00
N_{ac}	19,29	19,29	19,72	15,16	17,30	14,00	16,22	16,50	12,01	16,08	14,00	17,07	14,60
N_a	53,08	53,08	71,37	57,33	47,59	52,95	44,63	59,73	38,30	44,23	52,95	61,79	50,25
N_{ic}	6,03	5,08	5,09	3,49	6,07	5,41	6,70	4,73	5,42	5,73	3,99	6,03	6,66
N_t	8,01	7,65	8,43	7,76	8,04	8,03	7,89	7,86	7,57	8,13	7,58	8,56	8,84
N_{ic}/N_t	75,34%	66,34%	60,42%	44,91%	75,48%	67,31%	84,94%	60,21%	71,65%	70,46%	52,57%	70,43%	75,29%
Class.	B -	B	B	A	B -	B	B -	B	B	B	B	B	B -

	Moradias			
	NF2	PP2	PT2	Morad.
N_{ic}	69,64	79,91	70,67	86,92
N_i	85,31	90,18	83,69	93,86
N_{vc}	4,54	4,60	1,67	1,52
N_v	16,00	16,00	16,00	18,00
N_{ac}	7,57	8,33	7,09	11,98
N_a	24,14	30,13	25,66	33,78
N_{ic}	6,04	6,91	6,07	7,54
N_t	7,68	8,29	7,62	8,75
N_{ic}/N_t	78,71%	83,36%	79,70%	86,14%
Class	B -	B -	B -	B -

Nesta última hipótese as fracções com a relação máxima e mínima de N_{ic}/N_t continuaram iguais às da hipótese 2. A relação N_{ic}/N_t é inferior à obtida para a hipótese 2, mas superior à da hipótese 1. Nesta situação existem mais casos com a classificação B e chega a surgir uma fracção com a classificação A.

4.5.8. ANÁLISE DAS TRÊS HIPÓTESES

Da análise dos resultados obtidos nas três hipóteses propostas, é possível retirar as seguintes observações:

- As alterações produzidas conduziram sempre a um aumento da relação N_{ic}/N_t e consequente descida da classificação energética;
- Quanto maior é o peso atribuído às necessidades de aquecimento, maior é o valor da relação N_{ic}/N_t ;

- A influência das necessidades de arrefecimento nas necessidades primárias de energia é muito baixa, comparativamente com as necessidades de aquecimento e preparação de AQS;
- As moradias são mais afectadas pelo aumento do peso atribuído às necessidades de aquecimento do que os apartamentos;
- A hipótese que conduz a melhor resultados de N_{tc}/N_t é a hipótese 1;
- A hipótese que conduz a pior resultados de N_{tc}/N_t é a hipótese 2;
- Exceptuando a hipótese 1, a classificação energética praticamente fica limitada à classe B e B-.

Analisando as hipóteses estudadas, a que apresenta resultados aparentemente mais condizentes com as necessidades reais de conforto térmico é a hipótese 1, pois atribui o mesmo peso às três necessidades de energia. No entanto a hipótese 3 também produz resultados interessantes na medida em que apresenta os coeficientes que traduzem a situação no limite de cada parcela de necessidades de energia, reflectindo assim a qualidade do edifício.

A hipótese 2 provoca a majoração das parcelas que produzem maiores necessidades de energia, o que leva a valores muito elevados da relação N_{tc}/N_t .

4.6. COMPARAÇÃO DAS HIPÓTESES 1 E 3 COM A SITUAÇÃO ACTUAL

Decidiu-se eliminar a hipótese 2, por conduzir a classificações muito baixas, e por vezes no limiar do incumprimento da certificação. Assim sendo, é importante estabelecer uma comparação com os resultados que já haviam sido calculados pelo RCCTE, de forma a determinar se as mudanças provocadas pelas hipóteses 1 e 3 serão relevantes. A comparação mais importante a realizar será ao nível da classificação energética. Importa saber se os edifícios irão manter a mesma classe, ou caso esta se altere, qual a diferença para a classe obtida.

Analisando os resultados dos quadros 46, 53 e 54 é possível estabelecer uma comparação entre a situação actual e a provocada pelas hipóteses 1 e 3. Esta análise está demonstrada no Quadro 55.

Quadro 55 – Comparação entre a situação actual e as hipóteses 1 e 3

	Apartamentos												
	FE1	FE2	FE3	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	NF1	PP3	PP4	PT1	Apart.
N_{ic}/N_i	89,44%	79,26%	79,19%	54,10%	87,22%	81,51%	98,06%	75,67%	80,54%	79,23%	63,36%	87,79%	87,42%
N_{vc}/N_v	20,00%	9,44%	9,69%	10,00%	8,50%	8,44%	6,56%	7,00%	7,19%	10,69%	12,44%	9,31%	11,44%
N_{ac}/N_a	36,34%	36,34%	27,63%	26,44%	36,35%	26,44%	36,34%	27,62%	31,36%	36,36%	26,44%	27,63%	29,05%
N_{tc}/N_t actual	29,37%	27,92%	21,65%	19,81%	29,82%	22,79%	31,34%	21,99%	27,50%	29,65%	20,87%	23,37%	26,15%
N_{tc}/N_t hip. 1	55,67%	48,68%	41,95%	33,32%	55,85%	47,87%	62,20%	42,35%	53,50%	53,51%	38,47%	49,42%	55,04%
N_{tc}/N_t hip. 3	75,34%	66,34%	60,42%	44,91%	75,48%	67,31%	84,94%	60,21%	71,65%	70,46%	52,57%	70,43%	75,29%
Classe actual	A	A	A+	A+	A	A+	A	A+	A	A	A+	A+	A
Classe hip. 1	B	A	A	A	B	A	B	A	B	B	A	A	B
Classe hip. 3	B-	B	B	A	B-	B	B-	B	B	B	B	B	B-

	Moradias			
	NF2	PP2	PT2	Morad.
N_{ic}/N_i	81,63%	88,61%	84,44%	92,61%
N_{vc}/N_v	28,38%	28,75%	10,44%	8,44%
N_{ac}/N_a	31,36%	27,65%	27,63%	35,46%
N_{tc}/N_t actual	33,17%	30,87%	30,37%	36,48%
N_{tc}/N_t hip. 3	64,43%	66,50%	62,37%	66,79%
N_{tc}/N_t hip. 3	78,71%	83,36%	79,70%	86,14%
Classe actual	A	A	A	A
Classe hip. 1	B	B	B	B
Classe hip. 3	B-	B-	B-	B-

Pela análise do quadro podem ser retiradas as seguintes conclusões:

- Verifica-se na maior parte dos casos a descida de um nível com a passagem para a hipótese 1, e de outro nível com a passagem para a hipótese 3;
- Quanto maior é a diferença entre a percentagem de N_{ic}/N_i e a percentagem de N_{ac}/N_a , maior é a diferença obtida na relação N_{tc}/N_t com a formulação das hipóteses;
- Com a aplicação da hipótese 1 surgem os primeiros apartamentos com classificação B;
- Com a aplicação da hipótese 3 surgem as primeiras classificações B-
- Nas moradias houve sempre descida de um nível na classe energética, com a formulação de uma nova hipótese.

Através da análise do gráfico representado na Figura 13 é possível verificar mais facilmente as conclusões obtidas. As fracções 1 a 13 referem-se aos apartamentos, e as fracções 14 a 17 são as moradias. Vê-se claramente a descida de nível com a passagem para cada uma das hipóteses consideradas.

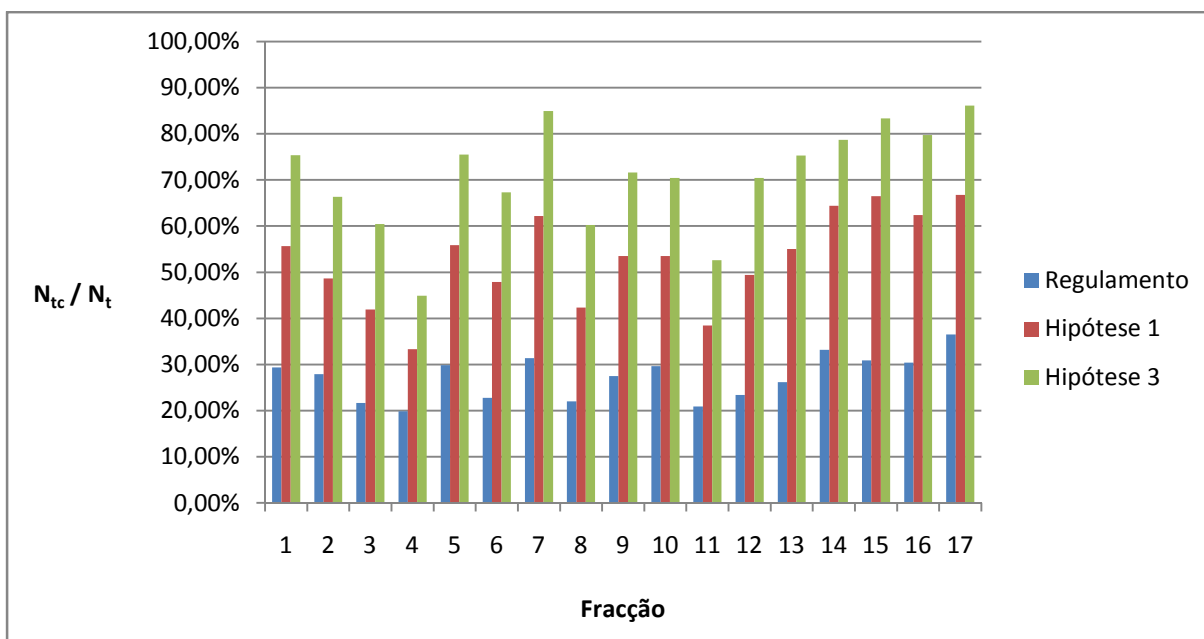


Figura 13 – Comparação de N_{tc} / N_t entre o regulamento e as hipóteses 1 e 3

4.7. ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS

Após a análise da influência das necessidades de energia para aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS no cálculo das necessidades de energia primária, e da realização das simulações numéricas de novas hipóteses de cálculo de N_{tc} será agora realizada uma compilação das conclusões obtidas.

O actual método utilizado pelo RCCTE para calcular as necessidades de energia primária para conforto térmico desvaloriza as necessidades de aquecimento e arrefecimento, contabilizando apenas 10% destes valores. Esta desvalorização não tem grande significado relativamente às necessidades de arrefecimento, pois estas são reduzidas, mas no que respeita às necessidades de aquecimento este facto conduz a que a influência desta parcela no resultado das necessidades de energia seja muito baixa (cerca de 30% e 50% para apartamentos e moradias respectivamente), quando comparada com o seu real peso nas necessidades energéticas totais (mais de 75%). Pelo contrário as necessidades energéticas para preparação de AQS têm uma preponderância elevada no cálculo das necessidades energéticas, mesmo que na realidade o seu contributo para as necessidades totais de conforto não sejam da mesma ordem de grandeza.

Posto isto torna-se necessário encontrar alternativas a este cálculo, de forma a enquadrar o valor das necessidades de energia primária com a real exigência de conforto promovida pelo RCCTE. Foram consideradas três hipóteses de cálculo, as quais se pretendia que enquadrassem o peso real das necessidades parcelares calculadas com o valor final das necessidades de energia primária.

Para hipótese 2, foram observadas as seguintes situações:

- O valor da relação N_{tc}/N_t toma valores muito elevados comparativamente com o cálculo do RCCTE;
- A classificação que mais vezes se obtém é a classificação B-;

Observando estes valores concluiu-se que o facto de se afectar as parcelas pelo seu respectivo peso no valor total das necessidades de energia é um erro, visto que se está a majorar um efeito que já é naturalmente elevado. Isto conduz ao mesmo erro apontado para a situação actual, mas no sentido inverso.

Assim sendo ficou demonstrado que tanto a situação em que se majora o efeito da parcela das necessidades de aquecimento (hipótese 2), como a situação em que se minora esse efeito (situação actual), conduz a resultados despropositados no que respeita às reais necessidades de conforto.

A hipótese 1, em que as parcelas não são afectadas por nenhum coeficiente, conduz ao resultado real das necessidades de energia primária para a situação de conforto, e assim sendo a resultados mais equilibrados da relação N_{tc}/N_t . Comparativamente com os resultados obtidos pelo actual método verificou-se que a classificação das fracções normalmente diminui com a aplicação da hipótese 1, o que demonstra uma maior exigência para cumprir com os requisitos de conforto.

A hipótese 3 pretende afectar as parcelas por um coeficiente que seja o reflexo da gravidade que cada uma das necessidades enfrenta na sua validação. Desta forma, acaba também por majorar a parcela das necessidades de aquecimento em relação às restantes, por ser esta a que normalmente se encontra mais próxima do limite, e portanto os resultados obtidos para a relação N_{tc}/N_t são também elevados. No entanto esta majoração pode ser considerada pertinente, no sentido em que são as necessidades de aquecimento aquelas que normalmente estão mais próximo de não cumprir a exigência $N_{tc} < N_t$. Sendo o objectivo da classificação energética indicar a qualidade da fracção, e tendo esta classificação por base o valor de N_{tc} , então este deverá reflectir a qualidade desta no que respeita a cada uma das

parcelas de necessidades energéticas, majorando aquelas que se encontram mais próximas de não cumprir com as imposições do regulamento.

Deste modo, pode-se considerar que a hipótese 1 reflecte as reais necessidades energéticas da fracção, enquanto a hipótese 3 reflecte a qualidade da fracção. Tendo em conta que esta análise apenas foi realizada em fracções situadas no Porto e em Braga, será necessário, relativamente à hipótese 3, efectuar uma análise sobre fracções localizadas em todo o país, de forma a determinar outros coeficientes de afectação. No que se refere à hipótese 1, tal não é necessário, visto não se afectar as parcelas por nenhum coeficiente.

4.8. APRESENTAÇÃO DO MODELO

De acordo com o que foi enunciado ao longo do capítulo, ficou demonstrado que é necessário procurar uma alternativa à actual metodologia para o cálculo das necessidades energéticas e consequente classificação energética.

Pela análise que foi realizada chegou-se à conclusão que o método que melhor traduz as reais necessidades de energia primária é considerar o valor total das três parcelas de necessidades de energia, obtendo então as seguintes expressões:

$$N_{tc} = (N_{ic}/\eta_i) \times F_{pui} + (N_{vc}/\eta_v) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (4.10)$$

$$N_t = 0,9 \times (0,1 \times N_i + 0,1 \times N_v + 0,15 \times N_a) \quad (4.11)$$

No contexto actual, tendo obtido estes valores, procede-se ao cálculo da sua relação e retira-se então a classificação do edifício pela Figura 10. No entanto este valor final não fornece grandes informações ao utilizador acerca das reais características do edifício. É possível, com esta hipótese, uma fracção ter uma relação muito alta de N_{ic}/N_i mas obter uma relação N_{tc}/N_t que lhe possibilite uma classificação energética do tipo A (exemplo do apartamento PT1). Basta para isso que as relações N_{vc}/N_v e N_{ac}/N_a tenham valor muito baixos. É no intuito de contrariar estas possíveis situações extremas que o modelo de certificação a apresentar surge.

A ideia é que, segundo este novo método, o utilizador tenha disponível uma maior informação acerca da fracção do que actualmente sucede. O modelo criado segue então a seguinte linha:

- Aplicação do RCCTE à fracção de modo a calcular os valores de N_{ic} , N_i , N_{vc} , N_v , N_{ac} e N_a ;
- Aplicação dos valores calculados às equações 4.18 e 4.19, obtendo os valores de N_{tc} e N_t ;
- Obtenção da classificação energética para as relações de N_{ic}/N_i , N_{vc}/N_v , N_{ac}/N_a e N_{tc}/N_t ;
- Fica assim finalizada a classificação energética da fracção, sendo necessário apresentar as quatro classificações obtidas.

Através deste método, a informação fornecida ao utilizador é mais vasta, pois informa sobre a qualidade da fracção relativamente a aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS.

4.9. APLICAÇÃO DO MODELO À AMOSTRA

Para terminar este capítulo será efectuada a classificação térmica da amostra de acordo com este novo modelo. No Quadro 56 está apresentada a informação que seria calculada para a classificação de uma fracção, no caso de se aplicar o método descrito.

Quadro 56 – Aplicação do modelo proposto

	Apartamentos												
	FE1	FE2	FE3	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	NF1	PP3	PP4	PT1	Apart.
N _{ic} /N _i	89,44%	79,26%	79,19%	54,10%	87,22%	81,51%	98,06%	75,67%	80,54%	79,23%	63,36%	87,79%	87,42%
Classe	B-	B-	B-	B	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B	B-	B-
N _{vc} /N _v	20,00%	9,44%	9,69%	10,00%	8,50%	8,44%	6,56%	7,00%	7,19%	10,69%	12,44%	9,31%	11,44%
Class.	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+
N _{ac} /N _a	36,34%	36,34%	27,63%	26,44%	36,35%	26,44%	36,34%	27,62%	31,36%	36,36%	26,44%	27,63%	29,05%
Classe	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
N _{ic} /N _i hip. 1	55,67%	48,68%	41,95%	33,32%	55,85%	47,87%	62,20%	42,35%	53,50%	53,51%	38,47%	49,42%	55,04%
Classe	B	A	A	A	B	A	B	A	B	B	A	A	B

	Moradias			
	NF2	PP2	PT2	Morad.
N_{ic}/N_i	81,63%	88,61%	84,44%	92,61%
Classe	B-	B-	B-	B-
N_{vc}/N_v	28,38%	28,75%	10,44%	8,44%
Classe	A	A	A+	A+
N_{ac}/N_a	31,36%	27,65%	27,63%	35,46%
Classe	A	A	A	A
N_{ic}/N_i hip. 1	64,43%	66,50%	62,37%	66,79%
Classe	B	B	B	B

Pela análise dos valores presentes neste quadro podem ser retiradas as seguintes observações:

- As classificações finais observadas situam-se entre o tipo A e B;
- A classificação para a estação de arrefecimento é quase sempre do tipo A+;
- A classificação para a preparação de AQS é sempre do tipo A;
- A classificação para a estação de aquecimento é normalmente B-;
- Os casos em que a classificação para a estação de aquecimento é B correspondem a classificações finais A;
- Existem situações em que apesar de obter classificação B- para as necessidades de aquecimento, obtém-se classificação A para as necessidades primárias.

5

CONCLUSÃO

5.1. APRECIÇÃO DO ESTUDO DESENVOLVIDO

O trabalho que foi realizado pode ser dividido em duas partes. A primeira refere-se ao estudo do software para cálculo automático do RCCTE e a segunda à análise da metodologia de cálculo das necessidades de energia primária e consequente proposta de uma alternativa para a obtenção da classificação energética.

No que se refere ao primeiro tema, procurou-se demonstrar que existe uma grande variedade de alternativas no mercado e que a escolha do software a utilizar deve ser realizada de acordo com as preferências do utilizador. A utilização de programas de cálculo automático, nomeadamente o CYPE, permite ao utilizador uma economia de tempo na realização da análise térmica de uma fracção autónoma. No entanto, é necessário sensibilizar os técnicos para a necessidade de uma supervisão constante dos resultados, pois a introdução errada de dados pode conduzir os programas a fornecer resultados incoerentes e que são necessários detectar. Para além destes erros resultantes de falhas do utilizador, existem também aqueles que são inerentes aos programas. É necessário alertar as empresas responsáveis pelo software para a necessidade de correcção de todos estes erros e terá sido nesse sentido que a ADENE lançou recentemente o processo de certificação de software. Nesta análise, foi o programa Envolterm que revelou melhor resposta relativamente a erros de software, pois não foi detectado nenhum erro. Tenha-se em consideração o facto de, ao não introduzir grandes automatismos, o seu funcionamento ser similar ao da folha de cálculo utilizada para a comparação dos resultados.

Relativamente ao segundo tema, o primeiro objectivo proposto foi demonstrar que actualmente as necessidades de preparação de águas quentes sanitárias têm um peso excessivo no cálculo da classificação energética proposto pelo Decreto-Lei nº 78/2006 no que se refere às necessidades de energia primária para conforto. Através da comparação entre o peso das parcelas de necessidades no valor de N_{ic} e no peso total das necessidades conseguiu-se realizar esta demonstração, tendo chegado à conclusão que a variação entre esses valores é de cerca de 40% para as necessidades de aquecimento e -40% para as necessidades de preparação de AQS. Posto isto tornou-se necessário a proposta de uma alternativa para o cálculo das necessidades de energia primária. Após a realização de um estudo de simulação numérica chegou-se às seguintes expressões para o cálculo de N_{tc} e N_t :

$$N_{tc} = (N_{ic}/\eta_i) \times F_{pui} + (N_{vc}/\eta_v) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (5.1)$$

$$N_t = 0,9 \times (0,1 \times N_i + 0,1 \times N_v + 0,15 \times N_a) \quad (5.2)$$

Estas fórmulas correspondem à situação em que as parcelas não são afectadas por nenhum coeficiente, traduzindo deste modo as reais necessidades do edifício. Verificou-se que, aplicando este método à mesma amostra calculada pelo actual RCCTE, a classificação energética obtida desce normalmente um degrau, o que traduz a maior exigência provocada por este processo. Cumulativamente a esta proposta, foi também sugerido que a certificação passasse a incluir a classificação obtida para cada uma das necessidades energéticas: aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS. Desta forma é possível fazer uma leitura mais detalhada da qualidade do edifício e adequá-la às preferências do utilizador.

5.2. PERSPECTIVAS DE FUTURO SOBRE O TEMA

No que se refere ao software de cálculo térmico espera-se que com a certificação proposta pela ADENE seja possível existir uma distinção ao nível da qualidade do elevado número da oferta existente actualmente no mercado. Os testes a que os programas serão submetidos irão obrigar a um aumento na qualidade dos mesmos e deste modo será garantido ao utilizador a fiabilidade do software com o selo SCE / CERTIF.

Relativamente à nova proposta de cálculo é esperado que durante os dois próximos anos sejam realizados os estudos necessários para efectuar a revisão do RCCTE, de modo a corrigir, entre outros, o problema aqui exposto. Convém mais uma vez referir que o método actualmente seguido é também ele necessário, do ponto de vista do controle das emissões de CO₂, mas o que se pretendeu aqui alertar é para a necessidade da revisão incluir também o cálculo das reais necessidades de conforto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Agência para a Energia em Portugal (www.adene.pt). 1º Semestre de 2009
- [2] Direcção Geral de Energia e Geologia (www.dgge.pt). Abril de 2009
- [3] <http://www.envolterm.pt/envolterm.html>. Maio de 2009
- [4] http://www.amorim.com/cor_noticias_detail.php?aID=1031. Maio de 2009
- [5] <http://rccte.cype.pt/>. Maio de 2009
- [6] Seminário “Reflexões Sobre a Certificação e a Eficiência Energética de Edifícios”, promovido pela Ordem dos Engenheiros, oradores Prof. Vasco Freitas e Prof. Manuela Almeida. 29 de Maio de 2009
- [7] Fernandes, Nuno. *Projecto de Comportamento Térmico – Estudo de Sensibilidade Sobre Certificação Energética*. Relatório de Projecto de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 2008
- [8] Pereira, José. *Projecto de Comportamento Térmico – Verificação da Influência da Ventilação Natural e do Sistema de Preparação de Águas Quentes Sanitárias no Cumprimento Regulamentar*. Relatório de Projecto de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 2008
- [9] Torres, Patrícia. *Projecto de Comportamento Térmico – Influência das Necessidades de Aquecimento*. Relatório de Projecto de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 2008
- [10] Freitas, Filipe. *Estudo de Sensibilidade dos Parâmetros que Influenciam a Quantificação das Necessidades de Arrefecimento*. Relatório de Projecto de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 2008
- [11] Maldonado, E.; Camelo, S.; Pina dos Santos, C.; Ramalho, Á.; Horta, C.; Gonçalves, H. *Manual de Apoio à Aplicação do RCCTE*. INETI, Lisboa, Setembro de 2005.
- [12] Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Decreto-Lei nº80/2006 de 4 de Abril.
- [13] Pina dos Santos, C.; Matias, L. *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. LNEC, Lisboa, 2009
- [14] Decreto-Lei nº78/2006 de 4 de Abril
- [15] Despacho nº 10250/2008, *Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior*, ADENE, 27 de Março de 2008
- [16] Portaria nº 461/2007, Ministérios da Administração Interna, do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, da Economia e da Inovação e das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 13 de Março de 2007

Anexos

A1

SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Cálculo das características dos elementos da envolvente

Paredes exteriores

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	M _{si}
R _{se}			0,04	
Revestimento cerâmico	0,020	0,600	0,033	
Tijolo cerâmico furado (11cm)	0,110	-	0,270	
Caixa de ar	0,030	-	0,180	
Poliestireno extrudido	0,040	0,037	1,081	
Tijolo cerâmico furado (15cm)	0,150	-	0,390	122,505
Gesso projectado	0,020	0,300	0,067	12
R _{si}			0,13	
Σ			2,191	134,505
U			0,46	

Parede interior com local não aquecido

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	M _{si}
R _{se}			0,13	
Reboco tradicional	0,010	1,800	0,006	
Tijolo cerâmico furado (11cm)	0,110	-	0,270	
Lã de Rocha	0,040	0,040	1,000	
Tijolo cerâmico furado (11cm)	0,110	-	0,270	96,305
Reboco tradicional	0,010	1,800	0,006	20
Estuque tradicional	0,010	0,400	0,025	10
R _{si}			0,13	
Σ			1,836	126,305
U			0,54	

Parede interior divisória

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	M _{si}
R _{si}			0,13	
Estuque tradicional	0,020	0,400	0,050	20
Tijolo cerâmico furado (11cm)	0,110	-	0,270	96,305
Estuque tradicional	0,020	0,400	0,050	20
R _{si}			0,13	
Σ			0,630	136,305
U			1,59	

Pilar

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	M _{si}
--------	-------	--------------------	--------------------------	-----------------

R _{se}			0,04	
Reboco tradicional	0,010	1,800	0,006	
Betão armado	0,300	2,300	0,130	
Poliestireno extrudido	0,040	0,037	1,081	
Gesso projectado	0,020	0,300	0,067	12
R _{si}			0,13	
		Σ	1,454	12
		U	0,69	

Laje entre pisos

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	M _{si}
R _{si}			0,17	
Revestimento cerâmico	0,010	0,600	0,017	15
Lã de Rocha	0,030	0,040	0,750	1,05
Betonilha	0,050	1,300	0,038	90
Betão leve	0,080	0,850	0,094	120
Pavimento aligeirado	0,250	1,190	0,210	575
Lã de Rocha	0,040	0,040	1,000	1,4
Placa de gesso	0,010	0,400	0,025	8
R _{si}			0,17	
		Σ	2,474	810,45
		U	0,40	

Cobertura

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	M _{si}
R _{se}			0,04	
Revestimento cerâmico	0,020	0,600	0,033	
Betonilha (argamassa trad.)	0,050	1,300	0,038	
Poliestireno extrudido	0,060	0,037	1,622	
Pavimento aligeirado	0,250	1,190	0,210	575
Lã de Rocha	0,040	0,040	1,000	1,4
Placa de gesso	0,010	0,400	0,025	8
R _{si}			0,1	
		Σ	3,069	584,4
		U	0,33	

Desvão

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	M _{si}
R _{se}			0,04	
Lã de Rocha	0,100	0,040	2,500	
Betão	0,200	1,650	0,121	460
Reboco tradicional	0,010	0,300	0,033	20

Estuque tradicional	0,010	1,800	0,006	23
R_{si}			0,1	0
		Σ	2,800	503
		U	0,36	

Talão da viga

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
R_{se}			0,04
Revestimento cerâmico	0,020	0,600	0,033
Tijolo cerâmico furado (9 cm)	0,090	0,391	0,230
Betão armado	0,200	2,300	0,087
Poliestireno extrudido	0,040	0,037	1,081
Gesso projectado	0,020	0,300	0,067
R_{si}			0,13
		Σ	1,668
		U	0,60

Caixa de estore

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
R_{se}			0,130
Revestimento cerâmico	0,020	-	0,000
Tijolo cerâmico furado (4cm)	0,04	-	0,000
Caixa de ar	0,21	-	0,000
Poliestireno extrudido	0,030	0,037	0,811
Betão	0,050	1,650	0,030
Gesso projectado	0,020	0,300	0,067
R_{si}			0,130
		Σ	1,168
		U	0,86

Muro da cave

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	M_{si}
Betão	0,350	1,650	0,212	805
R_{si}			0,13	
		Σ	0,342	805
		U	2,92	

Pavimento térreo

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	M_{si}
Betão	0,200	1,650	-	460

R_{si}			-	
----------	--	--	---	--

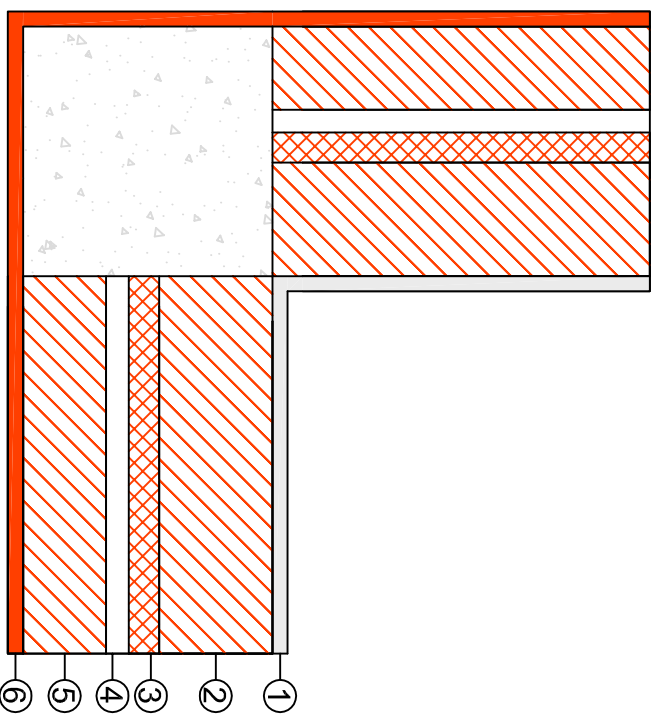
460

Porta de entrada

Camada	d (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
R_{si}			0,13
Madeira semi-densa	0,030	0,180	0,167
R_{si}			0,13
Σ			0,427
U			2,34

PORMENORES CONSTRUTIVOS

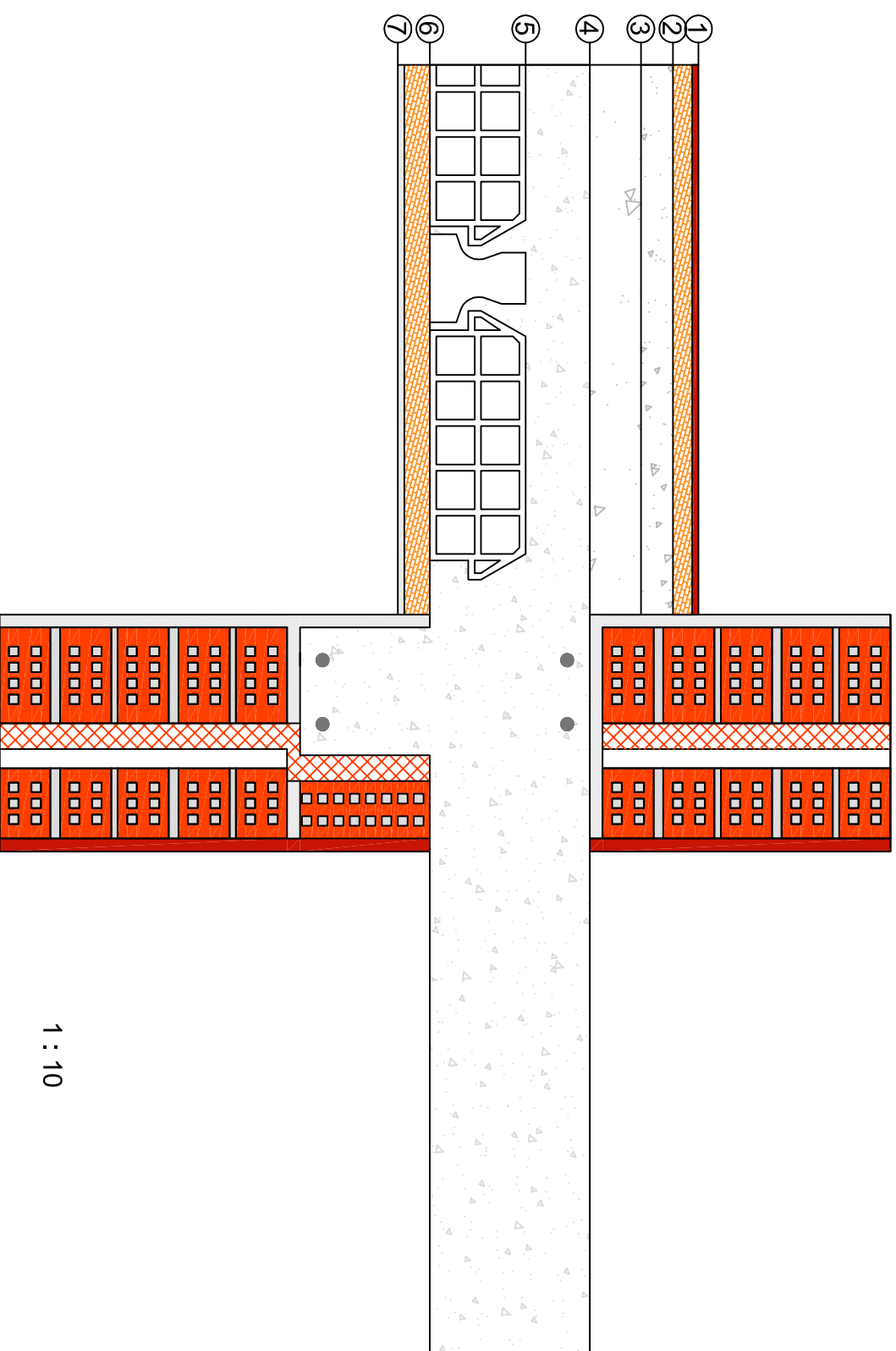
Encontro de duas
paredes verticais (planta)



- 1 - Gesso projectado (2 cm)
- 2 - Tijolo cerâmico furado (15 cm)
- 3 - Poliestireno extrudido (4 cm)
- 4 - Caixa de ar (3 cm)
- 5 - Tijolo cerâmico furado (11 cm)
- 6 - Revestimento cerâmico (2 cm)

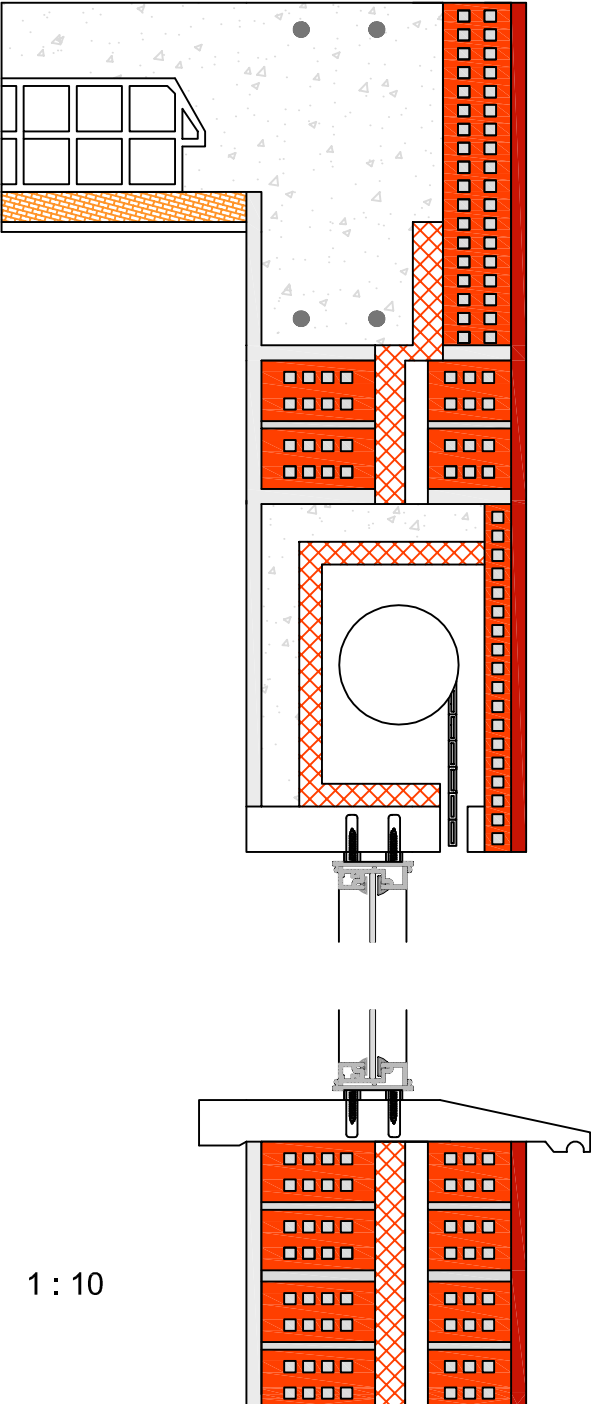
Ligação laje entre pisos com
parede exterior e varanda

- 1 - Revestimento cerâmico (1 cm)
- 2 - Lã de Rocha (3 cm)
- 3 - Betonilha (5 cm)
- 4 - Betão Leve (8 cm)
- 5 - Pavimento aligeirado (25cm),
blocos de betão normal, base dos
blocos < 0,3, 2 fiadas (ITE 50 - Quadro I.8)
- 6 - Lã de Rocha (4 cm)
- 7 - Placa de gesso (1 cm)

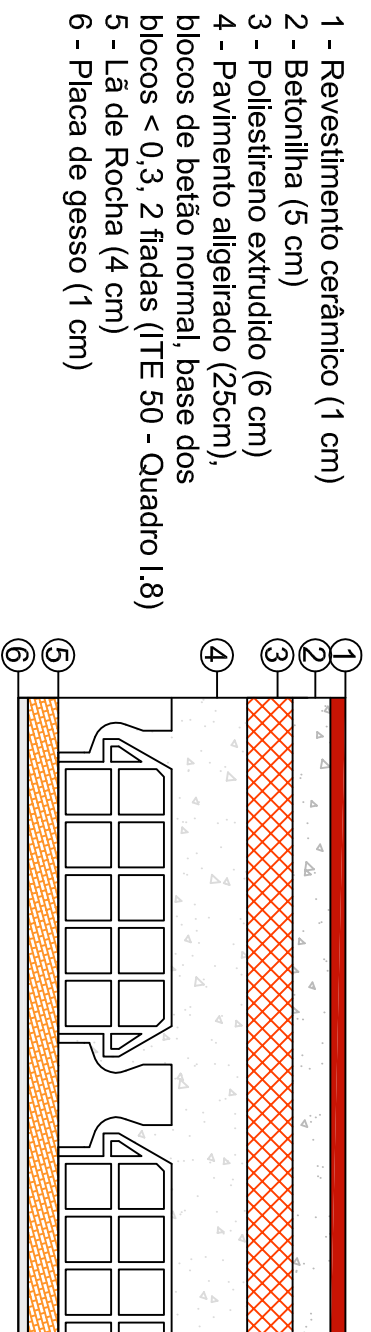


1 : 10

Pormenor da caixa de
estore



Cobertura em terraço



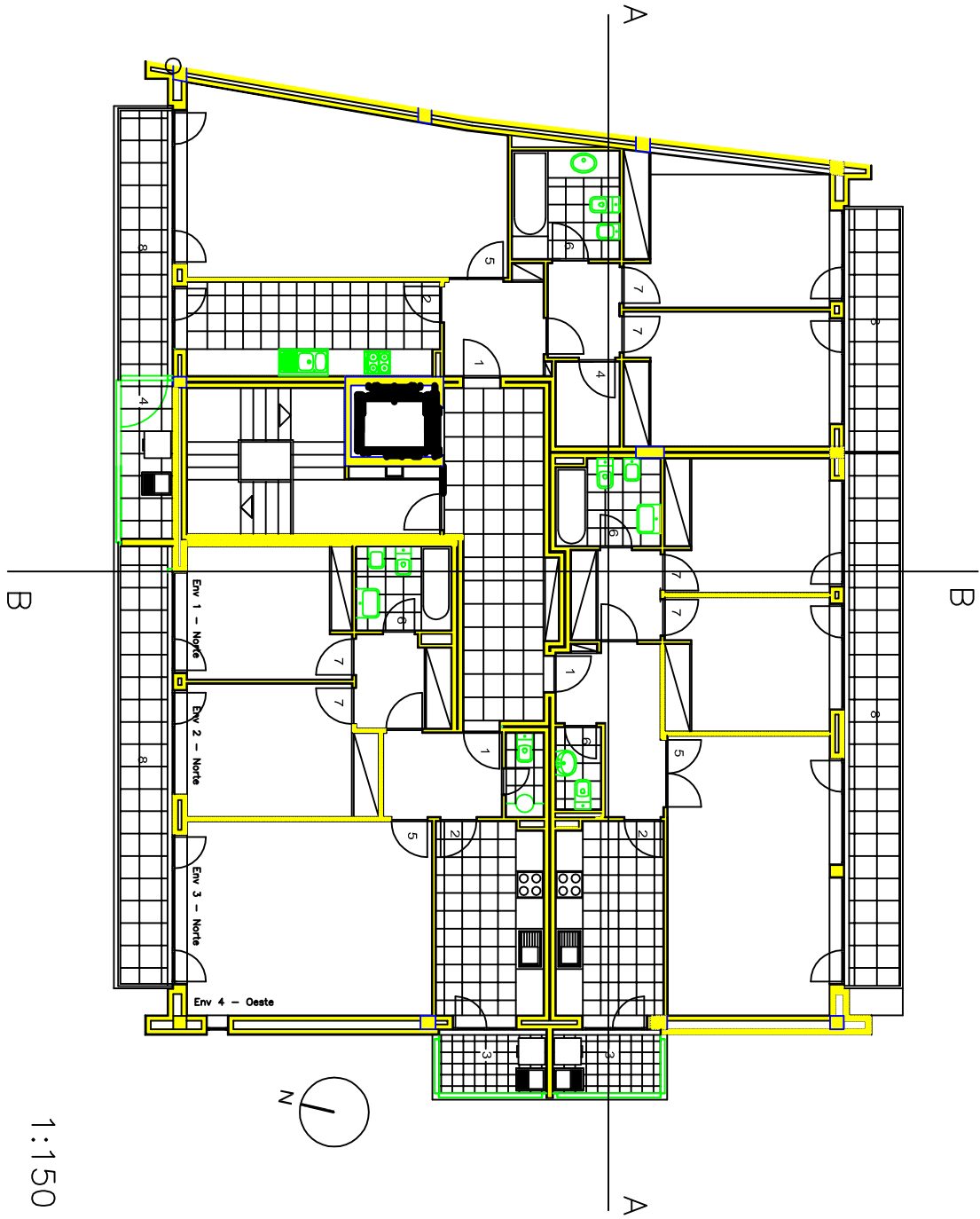
1 : 10

A2

CÁLCULOS APARTAMENTO

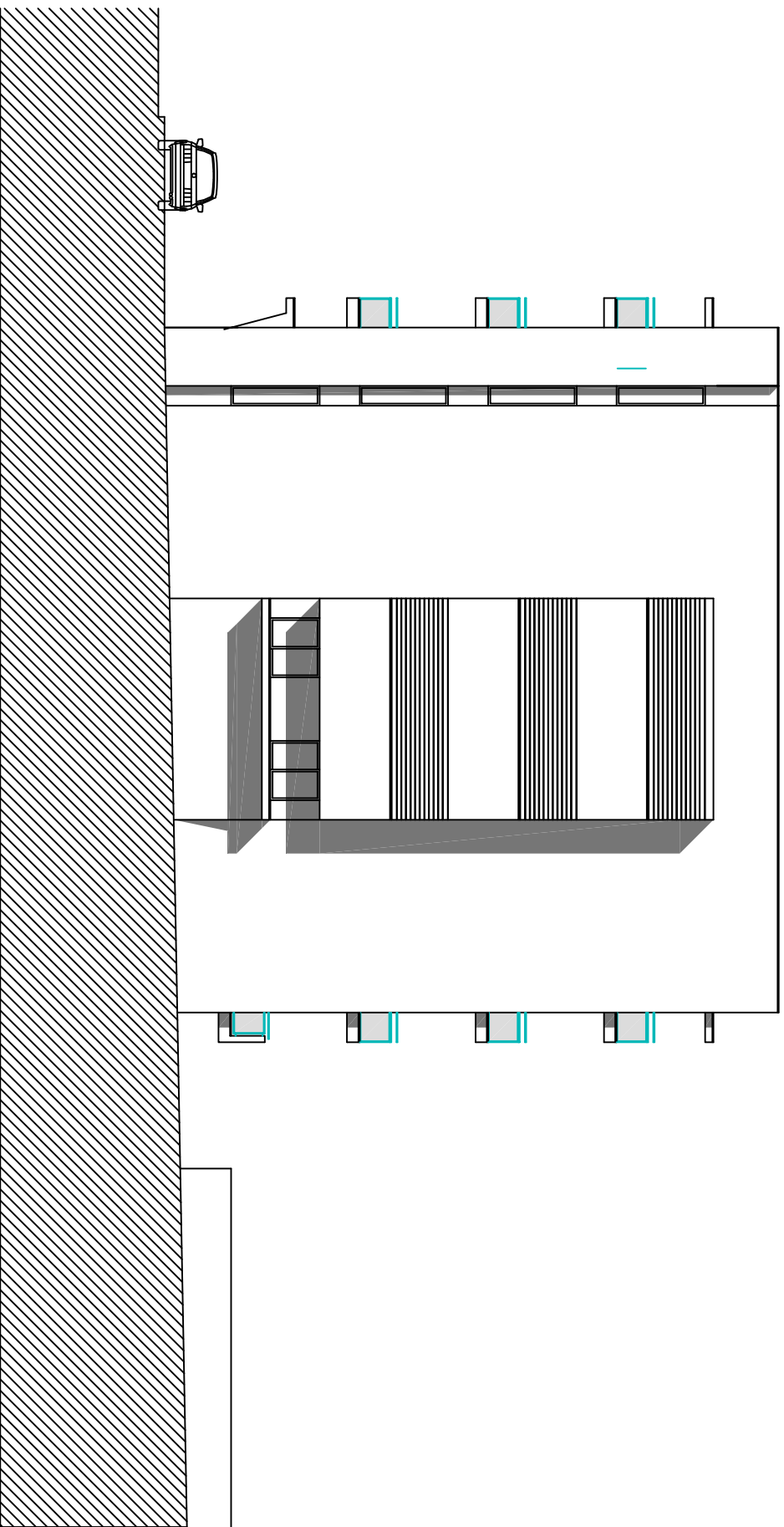
DESENHOS

Planta do apartamento



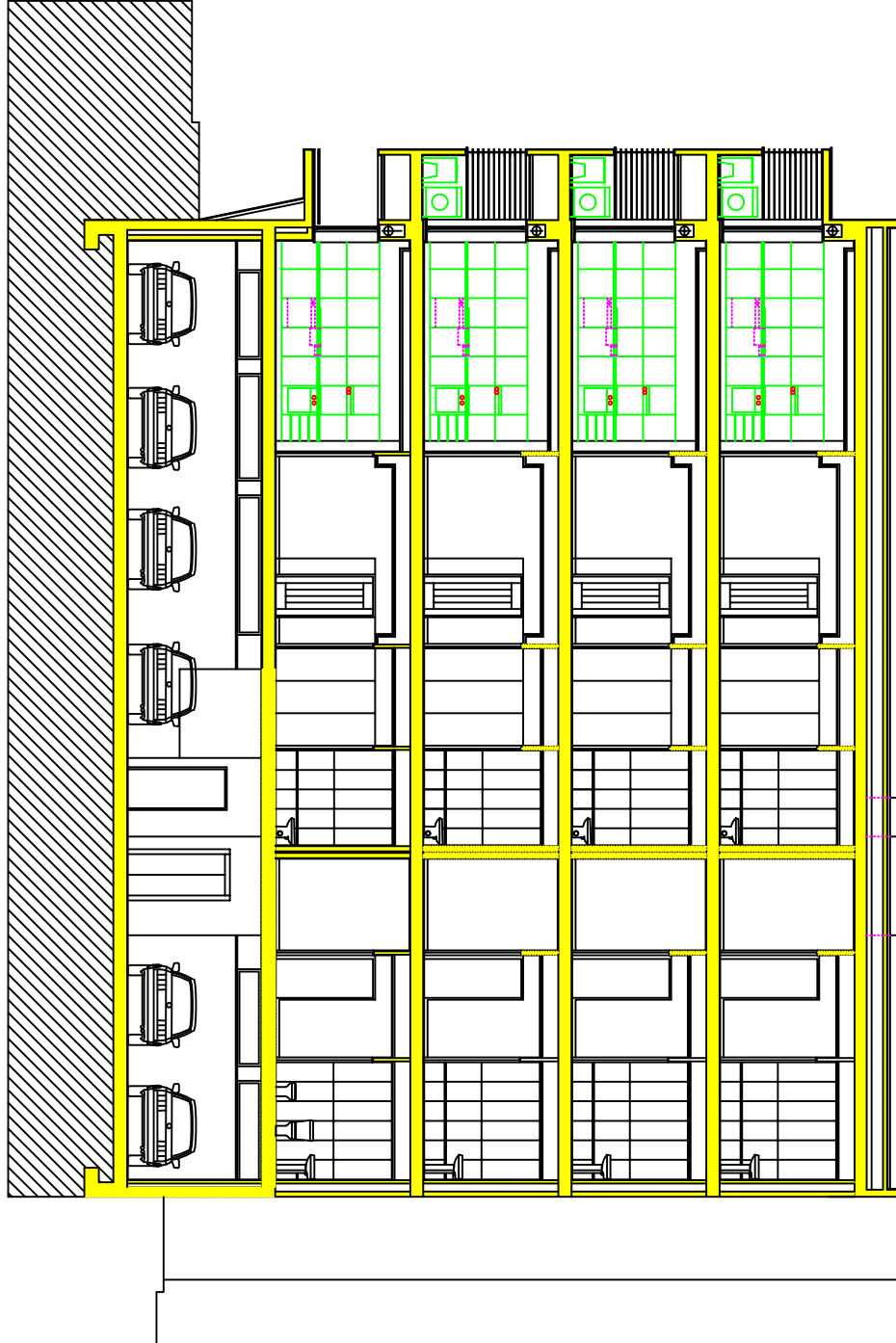
1:150

Alçado Oeste



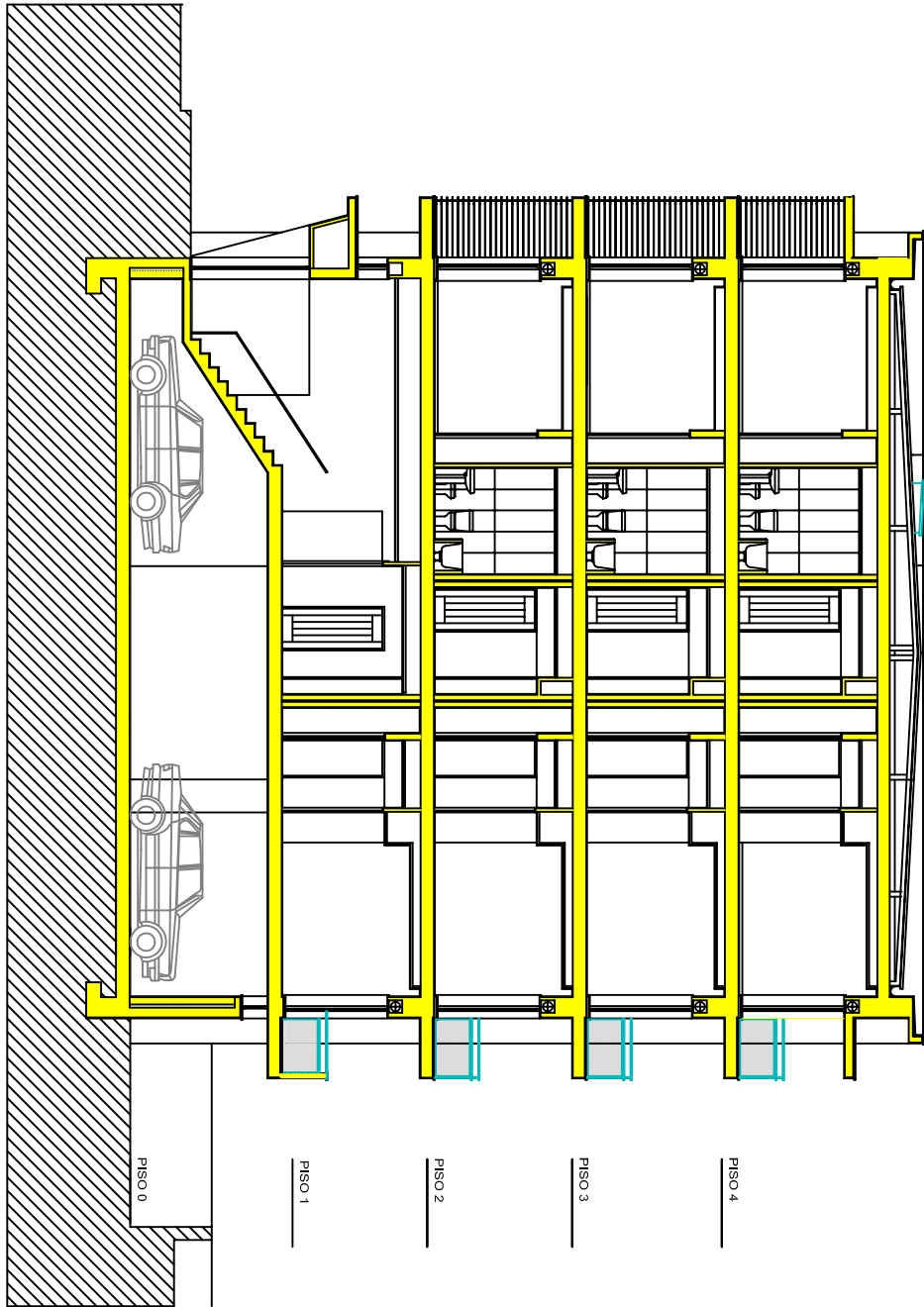
1:150

Corte A-A



1:150

Corte B-B



1:150

FOLHA DE CÁLCULO

Folha de Cálculo FCIV.1a
Perdas associadas à Envolvente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
PE - Norte	3,94	0,46	1,81
PE - Oeste	11,73	0,46	5,40
Pilar - Norte	2,32	0,69	1,60
Pilar- Oeste	0,66	0,69	0,46
Talão da viga - Norte	1,41	0,60	0,85
Talão da viga - Oeste	0,78	0,60	0,47
Caixa de estore - Norte	3,16	0,86	2,72
Caixa de estore - Oeste	0,19	0,86	0,16
TOTAL			13,46

Pavimentos Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
TOTAL			0,00

Coberturas Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	70,6	0,33	23,30
			0,00
			0,00
TOTAL			23,30

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
TOTAL			0,00

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos	0,00	0,00	0,00
Fachada com os pavimentos	0,00	0,00	0,00
Fachada com pavimentos intermédios	6,17	0,31	1,91
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	15,95	0,74	11,80
Fachada com varanda	8,79	0,45	3,96
Duas paredes verticais	2,62	0,20	0,52
Fachada com caixa de estore	8,36	0,00	0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	33,44	0,20	6,69
Outras			0,00
TOTAL			24,88

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C) **TOTAL** **61,64**

Folha de Cálculo FCIV.1b
Perdas associadas à Envolvente Interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
PS1 - Parede entre a FA e a lavandaria	2,5	0,45	0,8	0,90
PS2 - Parede entre a FA e a cx de esc.	14,54	0,54	0,3	2,36
PS3 - Parede entre a FA e o acesso	14,44	0,54	0	0,00
Caixa de estore	0,56	0,86	0,8	0,39
Porta de entrada	1,63	2,34	0	0,00
Talão da viga com lavandaria	0,36	0,6	0,8	0,17
				0,00
TOTAL				3,81

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
TOTAL				0,00

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
TOTAL				0,00

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Pti - Porta lavandaria	2,87	2,50	0,8	5,74
				0,00
				0,00
TOTAL				5,74

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com τ>0,7)	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	τ.ψ.B (W/°C)
Parede com pavimentos intermédios	2,4	0,3	0,8	0,58
Parede com terraço	2,4	0,73	0,8	1,40
Parede com caixa de estore	1,41	0	0,8	0,00
Parede com padieira, ombreira e peitoril	6,9	0,2	0,8	1,10
				0,00
TOTAL				3,08

Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	12,64
--------------	--------------

Apartamento

Pontes térmicas lineares - cálculo do Psi

Envolvente exterior

Tipo de ponte térmica	Comprimento (B)	e_p	e_m	ψ	$\psi \times B$
A - Fachada com pavimentos térreos	0,00			0	0,000
B - Fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos e exteriores	0,00			0	0,000
C - Fachada com pavimentos intermédios	5,92	0,47	0,37	0,3	1,776
C - Pilar com pavimentos intermédios	0,25	0,47	0,37	0,45	0,113
D - Fachada com cobertura inclinada ou terraço	14,82	0,3		0,73	10,815
D - Pilar com cobertura inclinada ou terraço	1,14	0,3		0,88	0,999
E - Fachada com varanda	7,91	0,47	0,37	0,45	3,557
E - Pilar com varanda	0,89	0,47	0,37	0,45	0,398
F - Duas paredes verticais	2,62		0,37	0,2	0,524
G - Fachada com caixa de estore	8,36			0	0,000
H - Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	33,16			0,2	6,632

Envolvente interior

Tipo de ponte térmica	Comprimento (B)	e_p	e_m	ψ	τ	$\psi \times B \times \tau$
D - Parede interior com terraço	2,40	0,3	0,36	0,73	0,8	1,4016
H - Parede interior com padieira, ombreira ou peitoril	6,90			0,2	0,8	1,104
G - Parede interior com caixa de estore	1,41			0	0,8	0
C - Parede interior com pavimentos intermédios	2,40	0,47	0,36	0,3	0,8	0,576

Folha de Cálculo FCIV.1c
Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			0,00
Env - Norte	16,11	2,5	40,28
Env - Oeste	0,98	2,5	2,45
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
Horizontais:			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	42,73

Folha de Cálculo FC IV.1d
Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento		70,60	(m ²)
Pé-direito médio		2,62	(m)
		=	
Volume interior (V)		184,97	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	s/c	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH= 1,05
Caixas de Estore (S ou N)	S	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4)	1	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	N	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	S	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	S	

(Ver Quadro IV.2)

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m ³ /h)	0	Vf = 200,00	
Caudal Extraído Vev - (m ³ /h)	200		
Diferença entre Vins e Vev (m ³ /h)	200,00	/	V = 1,081245 (volume int) RPH (**)
Infiltrações (Vent. Natural) Vx - (h ⁻¹)	0		
Recuperador de calor (S ou N)	N	se SIM, η =	se NÃO, η = 0
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)	1,081	(Vf / V + Vx)	
Consumo de Electricidade para os ventiladores	504	(Ev = Pv x 24 x 0,03 x M (kWh))	

Volume	184,97	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	1,050	
	x	
	0,34	
	x	
	1 (1-η)	
	=	
TOTAL	66,04	(W/°C)

Folha de Cálculo FC IV.1e
Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Inclinação Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Env 1 - Norte	duplo	4,56	0,27	0,63	1,00	0,70	0,90	0,49
Env 2 - Norte	duplo	4,74	0,27	0,63	1,00	0,70	0,90	0,51
Env 3 - Norte	duplo	6,80	0,27	0,63	1,00	0,70	0,90	0,73
Env 4 - Oeste	duplo	0,98	0,56	0,63	0,51	0,70	0,90	0,11
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m ²)	1,84
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sul}) na zona 12 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m ² .mês)	93
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	7
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	1195,50

Ganhos Internos

Ganhos internos médios	(Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
		x	
Duração da Estação de Aquecimento		7,00	(meses)
		x	
Área Útil de pavimento		70,60	(m ²)
		x	
		0,72	
		=	
Ganhos Internos Brutos		1423,30	(kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais:

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$		2618,80
		7907,15
Inércia do edifício:	3	a = 4,2
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		$\gamma = 0,33$
Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos	(η)	0,99
		x
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos		2618,80
		=
Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)		2601,85

Apartamento

Cálculo dos factores de sombreamento inverno

Cálculo de F_o

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	α	F_o
Env 1 - Norte	1,02	1,2	49,6355	0,98
Env 2 - Norte	1,02	1,2	49,6355	0,98
Env 3 - Norte	1,02	1,2	49,6355	0,98
Env 4 - Oeste	0	0	0	1

Cálculo de F_f

esquerda

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	β	F_f
Env 1 - Norte	0	0	0	1
Env 2 - Norte	0	0	0	1
Env 3 - Norte	2,38	0,61	14,3756	1
Env 4 - Oeste	0,23	0,11	25,56	0,88

direita

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	β	F_f
Env 1 - Norte	1,7	1,152	34,1234	1
Env 2 - Norte	4,38	1,152	14,7358	1
Env 3 - Norte	8,11	1,152	8,0846	1
Env 4 - Oeste	0,23	0,11	25,56	0,88

Apartamento

Cálculo da Inércia térmica

EL1

Elementos com isolamento térmico

$$M_{si} = m_i \quad (\text{massa situada do lado interior do isolamento})$$

Elemento	M_{si}	Área	$M_{si} \times A$
Parede exterior	134,505	15,6728	2108,06
Pilar	12	2,9737	35,6844
Parede com apartamento	136,305	15,7069	2140,93
Parede com escadas	126,305	14,541	1836,6
Parede com corredor	126,305	14,4414	1824,03
Parede com lavandaria	150	2,4998	374,97
Cobertura	150	70,5975	10589,6
Laje entre pisos	15	70,5975	1058,96
Σ			19968,9

EL3

Elemento	M_{si}	Área	$M_{si} \times A$
Parede interior	136,305	75,325	10267,2
Σ			10267,2

Cálculo da inércia

$$\frac{\Sigma M_{si} \times A}{A_p} = \frac{30236}{70,6}$$

$$I_t = 428,272 \quad \text{FORTE}$$

$$a = 4,2$$

Folha de Cálculo FC IV.1f
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		24,18
Coberturas exteriores		70,60
Pavimentos exteriores		0,00
Envidraçados exteriores		17,08
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores		7,10
Coberturas interiores		0,00
Pavimentos interiores		0,00
Envidraçados interiores		2,29
Área total:		121,26
		/
Volume (de FCIV.1d):		184,97
		=
FF		0,66

Graus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1)

1800

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar 75,6
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	85,959
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	91,881
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	127,980

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)

85,96

Folha de Cálculo FC IV.2
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	61,64
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	12,64
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	42,73
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	66,04

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	183,04
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1800,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	7907,15
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	2601,85
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	5305,29
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	70,60
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	75,15
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	85,96

Verifica

O.K.

Nic/Ni = 87,42%

Folha de cálculo FCV.1a
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	13,46	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	23,30	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	42,73	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	66,04	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	145,52	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	145,52	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	2556,45	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1b
Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
Cobertura	70,6	0,33	23,30
			0,00
			0,00
TOTAL			23,30

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
Env 1 - Norte	4,56	2,50	11,40
Env 2 - Norte	4,74	2,50	11,85
Env 3 - Norte	6,80	2,50	17,00
Env - Oeste	0,98	2,50	2,45
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
TOTAL			42,70

Folha de Cálculo FC V.1c
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	Norte PE	Oeste PE	Pilar N	Pilar O	Viga N	Viga O	Estore N	Estore O	Cobertura
Área, A (m ²)	3,94	11,73	2,32	0,66	1,41	0,78	3,16	0,19	70,60
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m ² °C)	0,46	0,46	0,69	0,69	0,60	0,60	0,86	0,86	0,33
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	0,91	2,70	0,80	0,23	0,42	0,23	1,36	0,08	11,65
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	450	200	450	200	450	200	450	790
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Ex	7,25	48,56	6,40	4,10	3,38	4,21	10,87	1,47	368,11
	TOTAL								
	454,36								

Folha de Cálculo FC V.1d
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores
 POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	Norte 1	Norte 2	Norte 3	Oeste	...
Área, A (m ²)	4,56	4,74	6,80	0,98	
	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,274	0,274	0,274	0,274	
	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,70	0,70	0,70	0,70	
	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,96	0,96	0,96	0,91	
	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,80	0,80	0,80	0,85	
	=	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,67	0,70	1,00	0,15	0,00
	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	200	200	200	450	
	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	134,34	139,64	200,33	65,43	0,00
					TOTAL
					539,74 (KWh)

Apartamento

Cálculo dos factores de sombreamento verão

Cálculo de F_o

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	α	F_o
Env 1 - Norte	1,02	1,2	49,6355	0,96
Env 2 - Norte	1,02	1,2	49,6355	0,96
Env 3 - Norte	1,02	1,2	49,6355	0,96
Env 4 - Oeste	0	0	0	1

Cálculo de F_f

esquerda

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	β	F_f
Env 1 - Norte	0	0	0	1
Env 2 - Norte	0	0	0	1
Env 3 - Norte	2,38	0,61	14,3756	1
Env 4 - Oeste	0,23	0,11	25,56	0,91

direita

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	β	F_f
Env 1 - Norte	1,7	1,152	34,1234	1
Env 2 - Norte	4,38	1,152	14,7358	1
Env 3 - Norte	8,11	1,152	8,0846	1
Env 4 - Oeste	0,23	0,11	25,56	0,91

Folha de cálculo FC V.1e
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	70,60	
	x	
	2,93	
	=	
Ganhos internos Totais	826,87	(KWh)

Folha de cálculo FC V.1f
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	539,74	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	454,36	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	826,87	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	1820,97	(KWh)

Folha de cálculo FCV.1g
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais
(FCV.1f)

1820,97

(kWh)

/

Perdas Térmicas Totais
(FCV.1a)

2556,45

(kWh)

=

Relação Ganhos-Perdas γ

0,71

Inércia do edifício (In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

3

Cálculo intermédio:

a = 4,2

$\gamma = 1$ $\eta = 0,807692$

$\gamma \neq 1$ $\eta = 0,916488$

		1	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)		0,92	
		=	
		0,08	
		x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		1820,97	(kWh)
		=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		145,68	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)		0,00	
		=	
	TOTAL	145,68	(kWh/ano)
		/	
Área Útil de Pavimento (m ²)		70,60	
		=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc		2,06	(kWh/m ² .ano)
		≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)		18	(kWh/m ² .ano)

Verifica

O.K.

Nvc/Nv =

11,46%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	3,00	
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	120,00	
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00	
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00	
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	2292,38	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,87	
E_{solar}	1604,00	Programa SOLTERM
E_{ren}	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	14,60	(kW.h/m ² .ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	50,25	(kW.h/m ² .ano)

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

$N_{ac}/N_a = 29,06\%$

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	85,96	
Nic (kW.h/m ² .ano)	75,15	
Nv (kW.h/m ² .ano)	18,00	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	2,06	
Na (kW.h/m ² .ano)	50,25	
Nac (kW.h/m ² .ano)	14,60	
ηi	0,87	Art. 18.º - ponto 2
ηv	3,00	Art. 18.º - ponto 2
F _{pui} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1
F _{puv} (kgep/kW.h)	0,290	Art. 18º - ponto 1
F _{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, N_{tc} 2,02 (kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, N_t 7,72 (kgep/m².ano)

Ntc ≤ Nt? Verifica

Ntc/Nt = 26,15%

FICHA 3
REGULAMENTO DAS CARACTERISTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE
EDIFÍCIOS (RCCTE)

Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos
para a Envolvente de Edifícios
(Nos termos da alínea d) do nº.2 do artigo 12º.)

Edifício:
Fracção Autónoma
Inércia Térmica

a) U máximo Valores Máximos Regulamentares: Soluções adoptadas

<u>0,46</u>	Fachadas ext.	<u>1,6</u>	W/m ² .°C
<u>0,33</u>	Cobertura ext.	<u>1</u>	W/m ² .°C
<u>0</u>	Pavim. s/ ext.		W/m ² .°C
<u>0,54</u>	Paredes interiores ($\tau < 0,7$)	<u>2,0</u>	W/m ² .°C
<u>0,46</u>	Paredes interiores ($\tau > 0,7$)	<u>1,6</u>	
<u>0</u>	Pavim. inter.		W/m ² .°C
	Cobert. inter.		W/m ² .°C
<u>0,86</u>	Pontes Térm.	<u>1,6</u>	W/m ² .°C

b) Factores Solares dos Envidraçados
Soluções adoptadas - Verão

Valores Máximos Regulamentares:

Persiana de régua plásticas 0,07 0,56 W/m².°C

c) Pontes térmicas planas:
Soluções adoptadas

Valores Máximos Regulamentares: U

<u> </u> Pilares	0,69	<u> </u>	0,92
<u> </u> Vigas	0,6	<u> </u>	0,92
Caixa de estore	0,86	<u> </u>	0,92

Desempenho do sistema térmico

Braga
Projecto: CPC AO SOL - T2

	Rad.Horiz. kWh/m²	Rad.Inclin. kWh/m²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	50	60	'	81	195	114
Fevereiro	67	70	'	93	176	83
Março	108	106	'	131	195	63
Abril	142	123	'	150	188	38
Maió	172	134	'	162	195	33
Junho	189	140	'	169	188	19
Julho	206	157	'	179	195	16
Agosto	184	153	1,	179	195	16
Setembro	128	120	'	157	188	31
Outubro	93	94	'	134	195	61
Novembro	59	67	'	94	188	94
Dezembro	47	56	'	76	195	119
Annual	1445	1280	2,	1604	2292	687

Rendimento global anual do sistema: 32% Produtividade: 405 kWh/[m² colector]

Optimização sob critérios energéticos

- ☐ aumentar a fracção solar
- ☒ reduzir o desperdício de energia solar
- ☐ reduzir o fornecimento de energia de apoio
- ☐ otimizar a orientação dos colectores

constrangimentos

- ☒ manter a área de colectores
- ☐ manter o volume armazenado

Optimizar

(2 módulos)
3,96 m²

Inclinação 40°
Azimute Sul

Armazenamento de 150 l



guardar
Relatório

interpretação

?

ENVOLTERM

Folha de Cálculo FCIV.1a
Perdas associadas à Envolvente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Parede exterior W	11,73	0,46	5,40
Parede exterior N	3,94	0,46	1,81
Pilar W	0,66	0,69	0,46
Pilar N	2,32	0,69	1,60
Talão da Viga N	1,41	0,60	0,85
Talão da Viga W	0,78	0,60	0,47
Caixa de estore N	3,16	0,86	2,72
Caixa de estore W	0,19	0,86	0,16
TOTAL			13,47

Pavimentos Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
TOTAL			0,00

Coberturas Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	70,60	0,33	23,30
TOTAL			23,30

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
TOTAL			0,00

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com pavimentos intermédios	6,17	0,31	1,91
Fachada com terraço	15,95	0,74	11,80
Fachada com varanda	8,79	0,45	3,96
Ligação entre duas paredes verticais	2,62	0,20	0,52
Fachada com caixa de estore	8,36	0,00	0,00
Fachada com ombreira, padieira e peitoril	33,44	0,20	6,69
TOTAL			24,88

Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma	(W/°C)	TOTAL	61,65
--	--------	--------------	-------

Folha de Cálculo FCIV.1b
Perdas associadas à Envolvente Interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede interior com as escadas	14,54	0,54	0,30	2,36
Parede interior com corredor	14,44	0,54	0,00	0,00
Parede interior com marquise	2,50	0,45	0,80	0,90
Caixa de estore com lavandaria	0,56	0,86	0,80	0,39
Talão da viga com parede da lavandaria	0,36	0,60	0,80	0,17
TOTAL				3,82

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
TOTAL				0,00

Coberturas Interiores	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
TOTAL				0,00

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Vão em contacto com marquise	2,87	2,50	0,80	5,74
Porta de entrada	1,63	2,34	0,00	0,00
TOTAL				5,74

Pontes térmicas	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	τ.ψ.B (W/°C)
Parede interior com pavimento intermédio	2,40	0,30	0,80	0,58
Parede interior com terraço	2,40	0,73	0,80	1,40
Parede com caixa de estore	1,41	0,00	0,80	0,00
Parede com padieira, ombreira e peitoril	6,90	0,20	0,80	1,10
TOTAL				3,0816

Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	12,64
--------------	--------------

*Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a Fracção Autónoma dos seguintes espaços:
 Zonas comuns em edifícios com mais de uma Fracção Autónoma;
 Edifícios anexos;
 Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;
 Sotãos não-habitados.*

Folha de Cálculo FCIV.1c
Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Vão envidraçado N1	4,56	2,50	11,40
Vão envidraçado W	0,98	2,50	2,45
Vão envidraçado N2	4,74	2,50	11,85
Vão envidraçado N3	6,80	2,50	17,00
Horizontais:			
		TOTAL	42,70

FCIV.1d
Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento : (m²)

Pé-direito médio : (m)

Volume Interior (V) : (m³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1?

Se Não : Classe da Caixilharia?

Caixas de Estore?

Classe de Exposição?
(Ver Quadro IV.2)

Aberturas Auto-reguladas?

Área de envidraçados > 15% Ap?

Portas Exteriores bem vedadas?

Taxa de Renovação Nominal

RPH :

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m³/h)?

Caudal Extraído Vev - (m³/h)?

Diferença entre Vins e Vev

Vf

Infiltrações (Vent. Natural) Vx ? (h⁻¹)

Recuperador de calor ?

Se Sim, η =

Consumo de Electricidade para ventiladores ? (Ev = Pvx24x0,03xM(kWh))

Taxa de Renovação Nominal

RPH :

Volume :

x

Taxa de Renovação Nominal :

x

x

(1-η)

=

TOTAL (W/°C)

FCIV.1e
Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares

Orientação	Tipo (Simples ou Duplo)	Área A (m²)	Factor de Orientação X (-)	Factor Solar do Vidro g(-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
Vão envidraçado N1 - Norte	Duplo	4,56	0,27	0,63	1,00	0,70	0,90	0,49
Vão envidraçado W - Oeste	Duplo	0,98	0,56	0,63	0,51	0,70	0,90	0,11
Vão envidraçado N2 - Norte	Duplo	4,74	0,27	0,63	1,00	0,70	0,90	0,51
Vão envidraçado N3 - Norte	Duplo	6,80	0,27	0,63	1,00	0,70	0,90	0,73

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul}) na zona (kWh/m².mês)

x

Duração da estação de aquecimento (meses)

=

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento (meses)

x

Área Útil de pavimento (m²)

=

Ganhos Internos Brutos (kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento}} = \frac{2.621,14}{7.906,90} \quad \gamma = \text{$$

Inércia do Edifício a =

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos, (η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)

FCIV.1f
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Factor de forma		
<i>De FCIV.1a e FCIV.1c:</i>	<i>(Áreas)</i>	<i>m²</i>
Paredes exteriores		24,19
Coberturas exteriores		70,60
Pavimentos exteriores		0,00
Envidraçados exteriores		17,08
<i>De FCIV.1b :</i>	<i>(Áreas equivalentes, A .τ)</i>	
Paredes interiores		7,10
Coberturas interiores		0,00
Pavimentos interiores		0,00
Envidraçados interiores		2,30
Área total		121,26
		/
Volume		184,97
		=
FACTOR DE FORMA		0,66

Graus-dias no local (°C.dia)	1800
-------------------------------------	-----------------------------------

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	85,96
--	------------------------------------

FCIV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a :					
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)		61,65			
		+			
Envolvente Interior (de FCIV.1b)		12,64			
		+			
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)		42,70			
		+			
Renovação de Ar (de FCIV.1d)		66,04			
		=			
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)		183,03			
		x			
Graus-dias no Local (°C.dia)		1800			
		x			
		0,024			
		=			
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)		7.906,90			
		+			
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))		0,00			
		-			
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)		2.604,11			
		=			
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)		5.302,78			
		/			
Area Útil de Pavimento (m²)		70,60			
		=			
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)		75,11			
		≤		Nic/Ni	87,38%
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)		85,96			

FCV.1a
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	13,47	(W/°C)
+		
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	0,00	(W/°C)
+		
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	23,30	(W/°C)
+		
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	42,70	(W/°C)
+		
Perdas associadas à renovação do ar	66,04	(W/°C)
=		
PERDAS ESPECIFICAS TOTAIS	145,51	(W/°C)

Temperatura interior de referência	25	(°C)
-		
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento	19,00	(°C)
=		
Diferença de temperatura interior-exterior	6,00	(°C)
x		
Perdas especificas totais	145,51	(W/°C)
x		
	2,928	
=		
PERDAS TÉRMICAS TOTAIS	2.556,32	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1b
Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	70,60	0,33	23,30
TOTAL			23,30

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Vão envidraçado N1	4,56	2,50	11,40
Vão envidraçado W	0,98	2,50	2,45
Vão envidraçado N2	4,74	2,50	11,85
Vão envidraçado N3	6,80	2,50	17,00
TOTAL			42,70

Folha de Cálculo FCV.1c
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca
POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

[illegible]

Folha de Cálculo FCV.1d
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

Orientação	Vão envidraçado N1 Norte (N)	Vão envidraçado W Oeste (W)	Vão envidraçado N2 Norte (N)	Vão envidraçado N3 Norte (N)
Área, A (m²)	4,56	0,98	4,74	6,80
	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado	0,27	0,27	0,27	0,27
	x	x	x	x
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5), α (Quadro V.5)	0,70	0,70	0,70	0,70
	x	x	x	x
Factor de obstrução, Fs	0,96	0,91	0,96	0,96
	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)	0,80	0,85	0,80	0,80
	=	=	=	=
Área Efectiva, Ae	0,66	0,14	0,69	0,99
	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)	200,00	450,00	200,00	200,00
	=	=	=	=
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	132,38	64,47	137,60	197,41
				TOTAL
				531,86 (KWh)

FCV.1e
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m²) (Quadro IV.3)	4,00	
	x	
Área Útil de Pavimento (m²)	70,60	
	x	
	2,93	
	=	
GANHOS INTERNOS TOTAIS	827,43	(KWh)

FCV.1f
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	531,86	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	454,35	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	827,43	(KWh)
	=	
GANHOS TÉRMICOS TOTAIS	1.813,64	(KWh)

FCV.1g
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	1.813,64 (kWh)
	/
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	2.556,32 (kWh)
	=
Relação Ganhos-Perdas γ	0,71
Inércia do edifício	Forte

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η	0,92	
	=	
	0,08	
	x	
Ganhos Térmicos Totais	1.813,64 (kWh)	
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	145,09 (kWh/ano)	
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	0,00 ($E_v = P_v \times 24 \times 0,122$ (kWh))	
	=	
TOTAL	145,09 (kWh/ano)	
	/	
Area Útil de Pavimento	70,60 (m ²)	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	2,06 (kWh/m ² .ano)	
	≤	Nvc/Nv = 11,44%
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	18,00 (kWh/m ² .ano)	

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes	3	
Consumo médio diário de referência de AQS (MAQS)	120	
Aumento de temperatura necessário (ΔT)	45	
Número anual de dias de consumo	365	
Energia despendida com sistemas convencionais (Qa)	2292,38	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a)	0,87	
Esolar	1.604,00	Programa SOLTERM
Eren	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, Nac	14,60	(kW.h/m2.ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, Na	50,25	(kW.h/m2.ano)
	Nac/Na	29,05%

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m².ano)

Nic (kW.h/m².ano)

Nv (kW.h/m².ano)

Nvc (kW.h/m².ano)

Na (kW.h/m².ano)

Nac (kW.h/m².ano)

η_i

η_v

Fpui (kgep/kW.h)

Fpuv (kgep/kW.h)

Fpua (kgep/kW.h)

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc (kgep/m².ano)

Ntc/Nt =

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, Nt (kgep/m².ano)

AMORIM ISOL+

Folha de Cálculo FC IV.1a

Perdas associadas à Envoltente Exterior

Paredes exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Parede exterior N	3,94	0,46	1,81
Parede exterior W	11,73	0,46	5,4
Pilar N	2,32	0,69	1,6
Pilar W	0,66	0,69	0,46
Caixa de estore N	3,16	0,86	2,72
Caixa de estore W	0,19	0,86	0,16
Talão da viga N	1,41	0,6	0,85
Talão da viga W	0,78	0,6	0,47
TOTAL			13,46

Pavimentos exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
TOTAL			0

Coberturas exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Cobertura	70,6	0,33	23,3
TOTAL			23,3

Paredes e Pavimentos em contacto com o Solo	Comp. B (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ.B (W/°C)
TOTAL			0

Folha de Cálculo FC IV.1a

Perdas associadas à Envolvente Exterior

Pontes Térmicas lineares	Comp. B (m)	Ψ (W/m°C)	$\Psi \cdot B$ (W/°C)
Ligações entre:			
<i>Fachada com os Pavimentos térreos</i>			
<i>Fachada com Pavimentos sobre locais não aqu. ou ext.</i>			
Tipo C - Paredes	5,92	0,3	1,78
Tipo C - Pilares	0,25	0,45	0,11
Tipo D - Paredes	14,82	0,72	10,74
Tipo D - Pilares	1,14	0,88	1
Tipo E - Paredes	7,91	0,45	3,56
Tipo E - Pilares	0,89	0,45	0,4
Tipo F	2,62	0,2	0,52
Tipo G	8,36	0	0
Tipo H	33,16	0,2	6,63
<i>Outras</i>			
TOTAL			24,75

Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	61,5
--------------	-------------

Folha de Cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à Envoltente Interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
Parede com corredor	14,44	0,54	0	0
Parede com caixa de escadas	14,54	0,54	0,3	2,36
Parede com lavandaria	2,5	0,45	0,8	0,9
Parede em contacto com a outra fracção	15,71	0,52	0	0
Talão da viga com lavandaria	0,36	0,6	0,8	0,17
Caixa de estore com lavandaria	0,56	0,86	0,8	0,39
TOTAL				3,81

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
TOTAL				0

Coberturas interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
TOTAL				0

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
Vão envidraçado com lavandaria	2,87	2,5	0,8	5,74
TOTAL				5,74

Folha de Cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à Envoltente Interior

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $\tau > 0,7$)	Comp. B(m)	Ψ (W/m°C)	τ (-)	$\Psi \cdot B \cdot \tau$ (W/°C)
Tipo C	2,4	0,3	0,8	0,58
Tipo D	2,4	0,72	0,8	1,39
Tipo G	1,41	0	0,8	0
Tipo H	6,9	0,2	0,8	1,1
TOTAL				3,07

Perdas pela envoltente interior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	12,63
--------------	--------------

Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a Fracção Autónoma dos seguintes espaços:

Zonas comuns em edifícios com mais de uma Fracção Autónoma;

Edifícios anexos;

Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;

Sotãos não-habitados.

Folha de Cálculo FC IV.1c

Perdas associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
<i>Verticais:</i>			
Envidraçado N1	4,56	2,5	11,4
Envidraçado N2	4,74	2,5	11,85
Envidraçado N3	6,8	2,5	17
Envidraçado W	0,98	2,5	2,45
<i>Horizontais:</i>			
	17,08	TOTAL	42,7

Folha de Cálculo FC IV.1d

Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de pavimento (A_p)	70,6	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	2,62	(m)
	=	
Volume interior (V)	184,97	(m ³)
Ventilação Natural ou Mecânica	Natural	

VENTILAÇÃO NATURAL			
Cumpre NP 1037-1?	(Sim ou Não)	Não	Se SIM: RPH = 0,6 h ⁻¹
Se NÃO:			
Classe da caixilharia	(S/C, 1, 2 ou 3)	S/C	Taxa de Renovação nominal: RPH = 1,05 h ⁻¹
Caixas de estore	(Sim ou Não)	Sim	
Classe de exposição (Quadro IV.1)	(1, 2, 3 ou 4)	1	
Disp. de admissão de ar na Fachada?	(Sim ou Não)	Não	
Aberturas auto-reguladas?	(Sim ou Não)	Não	
Área de Envidraçados > 15% A_p ?	(Sim ou Não)	Sim	Ver Quadro IV.1
Portas exteriores bem vedadas?	(Sim ou Não)	Sim	

Folha de Cálculo FC IV.1d

Perdas associadas à Renovação de Ar

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)			
Caudal de insuflação	V_{ins} (m³/h)		$V_f =$
Caudal extraído	V_{ev} (m³/h)		
Diferença entre V_{ins} e V_{ev}	(m³/h)		/ $V =$ (volume int) (RPH)
Classe de exposição	(1, 2, 3 ou 4)		
Infiltrações	(V_x)		
Recuperador de Calor	(Sim ou Não)		Se SIM: $\eta =$
			Se NÃO: $\eta =$
Taxa de Renovação nominal			($V_f / V + V_x$) (1 - η)
Consumo de electricidade para os ventiladores			($E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03$ M (kWh))

Volume	184,97	
	x	
Taxa de Renovação nominal	1,05	
	x	
	0,34	
	=	
TOTAL	66,04	(W/°C)

Folha de Cálculo FC IV.1e

Ganhos Úteis na estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A(m ²)	Factor de Orientação X(-)	Factor Solar do vidro g(-)	Factor de Obstrução F _s (-) F _h ·F _o ·F _f	Fracção Envidraçada F _g (-)	Factor de Sel. Angular F _w (-)	Área efectiva A _e (m ²)
N	Duplo	4,56	0,27	0,63	0,9	0,7	0,9	0,49
N	Duplo	4,74	0,27	0,63	0,9	0,7	0,9	0,51
N	Duplo	6,8	0,27	0,63	0,9	0,7	0,9	0,73
W	Duplo	0,98	0,56	0,63	0,51	0,7	0,9	0,11

Área Efectiva Total equivalente na orientação SUL (m²)

1,84

x

Radiação Incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

no

Continente

na Zona I

2

(kWh/m².mês) - do Quadro 8 (Anexo III)

93

x

Duração da Estação de Aquecimento (meses)

7

=

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

1195,5

Ganhos internos:

Ganhos internos médios (W/m²) (Quadro IV.3)

Tipo de Edifício

Residencial

4

x

Duração da Estação de Aquecimento (meses)

7

x

Área Útil de pavimento, A_p(m²)

70,6

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos (kWh/ano)

1423,3

Folha de Cálculo FC IV.1e**Ganhos Úteis na estação de Aquecimento (Inverno)****Ganhos Totais Úteis:**

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos}}{\text{Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

2618,8
7899,74

Inércia do edifício: $\gamma =$

Factor de Utilização dos Ganhos Solares (η)

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

x

=

Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)

Folha de Cálculo FC IV.1f

Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA	
<i>Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)</i>	m ²
Paredes Exteriores	24,19
Coberturas Exteriores	70,6
Pavimentos Exteriores	0
Envidraçados Exteriores	17,08
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A.τ)</i>	
Paredes Interiores	7,1
Coberturas Interiores	0
Pavimentos Interiores	0
Envidraçados Interiores	2,3
<i>Área Total:</i>	121,26
	/
<i>Volume (da FC IV.1d):</i>	184,97
	=
FF	0,66
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1800
Ni = 4,5 + 0,0395 GD	para FF ≤ 0,5
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037 FF) GD	para 0,5 < FF ≤ 1
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037 FF) GD] (1,2 - 0,2 FF)	para 1 < FF ≤ 1,5
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	para FF > 1,5
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	85,96

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	61,5
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	12,63
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	42,7
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	66,04
	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	182,86
	x
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1800
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	7899,74
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)	2601,79
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	5297,95
	/
Área Útil de pavimento (m²)	70,6
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	75,04
	<
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	85,96

Folha de Cálculo FC V.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	13,46	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	23,3	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	42,7	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	66,04	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q_{1a})	145,49	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	(°C)
		x	
Perdas específicas totais	(Q_{1a})	145,49	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q_{1b})	2556,01	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Orientação

Área, A (m²)U (W/m².°C)Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5) α U.A (W/°C)Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)**Ganhos solares pela envolvente opaca exterior**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

N	W	N	W	N	W
3,94	11,73	2,32	0,66	3,16	0,19
x	x	x	x	x	x
0,46	0,46	0,69	0,69	0,86	0,86
x	x	x	x	x	x
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
=	=	=	=	=	=
0,91	2,7	0,8	0,23	1,36	0,08
x	x	x	x	x	x
200	450	200	450	200	450
x	x	x	x	x	x
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
=	=	=	=	=	=
7,25	48,56	6,4	4,1	10,87	1,47

Folha de Cálculo FC V.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL			
Orientação	N	W	H	
Área, A (m²)	1,41	0,78	70,6	
	x	x	x	
U (W/m².°C)	0,6	0,6	0,33	
	x	x	x	
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,5	0,5	0,5	
	=	=	=	
α U.A (W/°C)	0,42	0,23	11,65	
	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)	200	450	790	
	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	
				TOTAL
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	3,38	4,21	368,11	454,36 (kWh)

Folha de Cálculo FC V.1d

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL			
Orientação	N	N	N	W
Tipo de Vidro	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo
Área, A (m²)	4,56	4,74	6,8	0,98
	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (1)	0,27	0,27	0,27	0,27
	x	x	x	x
Fracção envidraçada, F _g (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x
Factor de obstrução, F _s (2)	0,9	0,9	0,9	0,9
	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, F _w (Quadro V.3)	0,8	0,8	0,8	0,85
	=	=	=	=
Área efectiva, A _e (m²)	0,62	0,65	0,93	0,14
	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)	200	200	200	450
	=	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	124,1	129	185,07	63,76
				TOTAL
				501,94
				(kWh)

(1) Para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do factor solar do vidro (Tab IV.4) e 70% do factor solar do envidraçado com a protecção solar móvel activa (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 [F_h=1]

Projecto de comportamento térmico

Prédio em gualtar

T2 topo

Folha de Cálculo FC V.1e**Ganhos Internos**Ganhos internos médios (W/m²) (Quadro IV.3)

x

Área útil de pavimento (m²)

x

2,928

=

Ganhos Internos totais (kWh)

Folha de Cálculo FC V.1f**Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)**

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	<i>(FCV.1d)</i>	501,94	(kWh)
		+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	<i>(FCV.1c)</i>	454,36	(kWh)
		+	
Ganhos internos	<i>(FCV.1e)</i>	826,87	(kWh)
		=	
Ganhos térmicos totais		1783,17	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	1783,17 (kWh)
	/
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	2556,01 (kWh)
	=
Y	0,7
Inércia do edifício	Forte

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η	0,92	
	=	
	0,08	
	x	
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	1783,17 (kWh)	
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	140,43 (kWh/ano)	
	+	
Consumo dos ventiladores (excluir o consumo do exaustor da cozinha, se houver)	0 (Ev = Pv*24*122/1000 (kWh))	
	=	
TOTAL	140,43 (kWh/ano)	
	/	
Área útil de pavimento (m²)	70,6	
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	1,99 (kWh/m².ano)	
	≤	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv	18 (kWh/m².ano)	

Cálculo das Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária

Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	120 (litros)
	x
	4187
	x
Aumento de temperatura necessário para preparar as AQS, ΔT	45 (°C)
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365
	/
	3600000
	=
Energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS, Q_a	2292,38
	/
Eficiência de conversão desses sistemas de preparação de AQS, η_a	0,87
	=
	2634,92
	-
Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS, E_{solar}	1604 (kWh/ano)
	-
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis, E_{ren}	0 (kWh/ano)
	=
	1030,92
	/
Área útil de pavimento, A_p	70,6 (m²)
	=
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	14,6 (kWh/m².ano)
	≤
Limite máximo das nec. de Energia para Preparação da AQS, Na	50,25 (kWh/m².ano)

Cálculo das Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária (Ntc)

	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic	75,04	(kWh/m².ano)
	/	
Eficiência de conversão do sistema de aquecimento, η_i	0,87	
	x	
Factor de conversão F_{pui} entre energia útil e energia primária	0,086	(kgep/kWh)
	+	
	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Arrefecimento - Nvc	1,99	(kWh/m².ano)
	/	
Eficiência de conversão do sistema de arrefecimento, η_v	3	
	x	
Factor de conversão F_{puv} entre energia útil e energia primária	0,29	(kgep/kWh)
	+	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	14,6	(kWh/m².ano)
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,086	(kgep/kWh)
	=	
Cálculo das Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc	2,02	(kgep/m².ano)
	≤	
Limite máximo das nec. Anuais Globais de Energia Primária, Nt	7,72	(kgep/m².ano)
sabendo que:		
Necessidades nominais de aquec. máximas - Ni (kWh/m².ano)	85,96	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv (kWh/m².ano)	18	
Limite máximo das necessides para preparação da AQS, Na (kWh/m².ano)	50,25	

Resumo das Necessidades de Energia Primária

Parcela Aquecimento (kgep/m².ano)	0,74	36,78 % Ntc
Parcela Arrefecimento (kgep/m².ano)	0,02	0,95 % Ntc
Parcela AQS (kgep/m².ano)	1,26	62,27 % Ntc
Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc (kgep/m².ano)	2,02	

CYPE – PROYECTO TÉRMICO

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2
Apartamento em contacto com a cobertura

Data: 29/06/09

8.3.- Folhas de cálculo

8.3.1.- Inverno

Fracção autónoma: Fracção com a cobertura

Folha de cálculo FC IV.1a Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Parede Exterior	15.96	0.46	7.34
Pilar	2.50	0.69	1.73
Pontes térmicas planas (Vigas)	2.21	0.60	1.33
P.T. Caixa de estore: caixa de estore	3.34	0.86	2.87
TOTAL			13.27

Pavimentos exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
TOTAL			0.00

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Cobertura plana	70.81	0.33	23.37
TOTAL			23.37

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ·B (W/°C)
TOTAL			0.00

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2

Data: 29/06/09

Apartamento em contacto com a cobertura

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	$\Psi \cdot B$ (W/°C)
Fachada com os pavimentos térreos	0.00	0.00	0.00
Fachada com pavimentos não aquecidos e exteriores	0.00	0.00	0.00
Fachada com pavimentos intermédios	6.05	0.31	1.88
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	15.42	0.71	10.95
Fachada com varanda	9.36	0.45	4.21
Duas paredes verticais	2.62	0.20	0.52
Fachada com caixa de estore	8.36	0.00	0.00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	33.16	0.20	6.63
TOTAL			24.19

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2

Data: 29/06/09

Apartamento em contacto com a cobertura

Folha de cálculo FC IV.1b Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
Parede interior com a circulação comum	15.09	0.54	0.30	2.45
Parede interior com a circulação comum	13.52	0.54	0.00	0.00
Parede interior da lavandaria	2.44	0.46	0.80	0.90
Pontes térmicas planas (Vigas)	0.36	0.80	0.80	0.23
TOTAL				3.57

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
TOTAL				0.00

Coberturas interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
TOTAL				0.00

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
Porta	1.63	2.34	0.00	0.00
Envidraçado (U = 2.50 W/m ² °C / Factor solar = 0.75)	2.90	2.50	0.80	5.80
TOTAL				5.80

Pontes térmicas lineares (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com τ ≥ 0.7) Ligações entre:	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	τ (-)	Ψ·B·τ (W/°C)
Parede interior com pavimentos intermédios	2.31	0.30	0.80	0.55
Parede interior com cobertura inclinada ou terraço	2.33	0.70	0.80	1.30
TOTAL				1.85

Perdas pela envolvente interior da fracção autónoma

(W/°C) **TOTAL** **11.22**

Folha de cálculo FC IV.1c

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2

Data:29/06/09

Apartamento em contacto com a cobertura

Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m²°C)	U·A (W/°C)
<i>Verticais:</i>			
Tipo 1	6.80	2.50	17.00
Tipo 1	0.97	2.50	2.43
Tipo 1	4.74	2.50	11.85
Tipo 1	4.56	2.50	11.40
<i>Horizontais:</i>			
		TOTAL	42.68

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2

Data:29/06/09

Apartamento em contacto com a cobertura

Folha de cálculo FC IV.1d Perdas associadas à renovação de ar

Área útil de pavimento (Ap)	70.80	(m ²)
	x	
Pé direito médio (ponderado)	2.62	(m)
	=	
Volume interior (V)	185.50	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL			
Cumpre NP 1037-1?	(S ou N)	N	Se SIM: RPH =
Se NÃO:			
Classe de caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	s/c	Taxa de renovação nominal RPH = 1.05
Caixas de estore	(S ou N)	S	
Classe de exposição	(1, 2, 3 ou 4)	1	
Aberturas auto-reguladas?	(S ou N)	N	
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	S	
Portas exteriores bem vedadas?	(S ou N)	S	

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)		
Caudal de insuflação	V _{ins} - (m ³ /h)	
Caudal extraído	V _{ev} - (m ³ /h)	V _f =
Diferença entre V_{ins} e V_{ev}	(m ³ /h)	V =
Infiltrações	V _x	Volume int. RPH
Recuperador de calor	(S ou N)	Se SIM: η = Se NÃO: η = 0
Taxa de renovação nominal	(Mínimo: 0.6)	(V _f / V + V _x)
Consumo de electricidade para os ventiladores		(Ev=Pv.24.0,03 M (kWh))

Volume	185.50	
	x	
Taxa de renovação nominal	1.05	
	x	
	0.34	
	x	
	1.00	(1 - η)
	=	
TOTAL	66.22	(W/°C)

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2

Data: 29/06/09

Apartamento em contacto com a cobertura

Folha de cálculo FC IV.1e Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área (m²)	Factor de orientação (-)	Factor solar do vão envidraçado (-)	Factor de obstrução (-)	Fracção envidraçada (-)	Factor de sel. angular (-)	Área efectiva (m²)
N	Duplo	6.80	0.27	0.63	1.00	0.70	0.90	0.73
W	Duplo	0.97	0.56	0.63	0.51	0.70	0.90	0.11
N	Duplo	4.74	0.27	0.63	1.00	0.70	0.90	0.51
N	Duplo	4.56	0.27	0.63	1.00	0.70	0.90	0.49

Área efectiva total equivalente na orientação SUL (m²)

1.84

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul}) na zona I2 (kWh/m².mês)

93.00

Duração da estação de aquecimento (meses)

7.0

Ganhos solares brutos (kWh/ano)

1197.84

Ganhos internos:

Ganhos internos médios

4.00 (W/m²)

x

Duração da estação de aquecimento

7.0 (meses)

x

Área útil de pavimento

70.80 (m²)

x

0.72

=

Ganhos internos brutos

1427.33 (kWh/ano)

Ganhos totais úteis:

$\gamma =$

Ganhos solares brutos + Ganhos internos

2625.17

Nec. brutas de aquecimento

7817.04

Inércia do edifício:

Forte

$\gamma =$

0.34

Factor de utilização dos ganhos solares (η)

0.99

x

Ganhos solares brutos + Ganhos internos

2625.17

=

Ganhos totais úteis (kWh/ano)

2598.92

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2

Data:29/06/09

Apartamento em contacto com a cobertura

Folha de cálculo FC IV.1f Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA

Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)

m²

Paredes exteriores

24.01

Coberturas exteriores

70.81

Pavimentos exteriores

0.00

Envidraçados exteriores

17.07

Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes $A \cdot \tau$)

Paredes interiores

6.77

Coberturas interiores

0.00

Pavimentos interiores

0.00

Envidraçados interiores

2.32

Área total:

120.98

/

Volume:

185.50

=

FF

0.65

Graus-dia no local (°C.dia)

1800

$N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$

para $FF \leq 0.5$

$N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}$

para $0.5 < FF \leq 1$

$N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}] (1,2 - 0,2 \text{ FF})$

para $1 < FF \leq 1.5$

$N_i = 4,05 + 0,06885 \text{ GD}$

para $FF > 1.5$

Nec. nom. de aquecimento máximas - Ni (kWh/m².ano)

86

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2

Data:29/06/09

Apartamento em contacto com a cobertura

Folha de cálculo FC IV.2

Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente exterior	60.83
Envolvente interior	11.22
Vãos envidraçados	42.68
Renovação de ar	66.22

	=
Coeficiente global de perdas (W/°C)	180.95
	x
Graus-dias (°C.dia)	1800
	x
	0.024
	=
Necessidades brutas de aquecimento (kWh/ano)	7817.04
	+
Consumo de electricidade para os ventiladores (kWh/ano)	0.00
	-
Ganhos totais úteis (kWh/ano)	2598.92
	=
Necessidades de aquecimento (kWh/ano)	5218.12
	/
Área útil de pavimento (m²)	70.80
	=
Nec. nominais de aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	74
	<
Nec. nom. de aquecimento máximas - Ni (kWh/m².ano)	86

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2
Apartamento em contacto com a cobertura

Data: 29/06/09

8.3.2.- Verão

Fracção autónoma: Fracção com a cobertura

Folha de cálculo FC V.1a Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U·A)	13.27	(W/°C)
	+	
Perdas associadas a os pavimentos exteriores (U·A)	0.00	(W/°C)
	+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U·A)	23.37	(W/°C)
	+	
Perdas associadas a os envidraçados exteriores (U·A)	42.68	(W/°C)
	+	
Perdas associadas à renovação de ar	66.22	(W/°C)
	=	
Perdas específicas totais (Q _{1a})	145.54	(W/°C)

Temperatura interior de referência	25	(°C)
	-	
Temperatura média do ar exterior na estação arrefecimento	19	(°C)
	=	
Diferença de temperatura interior-exterior	6	(°C)
	x	
Perdas específicas totais (Q _{1a})	145.54	(W/°C)
	x	
	2.928	
	=	
Perdas térmicas totais (Q _{1b})	2556.85	(kWh)

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2
Apartamento em contacto com a cobertura

Data: 29/06/09

Folha de cálculo FC V.1b Perdas associadas a coberturas e envidraçados exteriores

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Cobertura plana	70.81	0.33	23.37
TOTAL			23.37

Perdas associadas a os envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
<i>Verticais:</i>			
Tipo 1	6.80	2.50	17.00
Tipo 1	0.97	2.50	2.43
Tipo 1	4.74	2.50	11.85
Tipo 1	4.56	2.50	11.40
<i>Horizontais:</i>			
TOTAL			42.68

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2

Data: 29/06/09

Apartamento em contacto com a cobertura

Folha de cálculo FC V.1c Ganhos solares pela envolvente opaca

Orientação	Área (m²)	U (W/m²°C)	Coef. Absor. (α)	U·A·α (W/°C)	Rad. solar (kWh/m²)	Factor solar	Ganhos solares (kWh)
N	4.20	0.46	0.50	0.96	200	0.04	7.72
W	11.76	0.46	0.50	2.71	450	0.04	48.69
W	0.59	0.69	0.50	0.20	450	0.04	3.69
N	1.81	0.69	0.50	0.63	200	0.04	5.00
NE	0.10	0.69	0.50	0.04	320	0.04	0.45
N	1.43	0.60	0.50	0.43	200	0.04	3.44
W	0.78	0.60	0.50	0.23	450	0.04	4.23
N	3.16	0.86	0.50	1.36	200	0.04	10.88
W	0.19	0.86	0.50	0.08	450	0.04	1.44
Horizontal	70.81	0.33	0.50	11.69	790	0.04	369.25
TOTAL							454.79

Folha de cálculo FC V.1d Ganhos solares pelos envidraçados exteriores

Orientação	Área (m²)	Factor solar do vão envidraçado	Fracção envidraçada	Factor de obstrução	Factor sel. vidro	Área efectiva (m²)	RS (kWh/m²)	Ganhos solares (kWh)
N	16.10	0.27	0.70	0.98	0.80	2.39	200	478.00
W	0.97	0.27	0.70	0.92	0.85	0.14	450	63.00
TOTAL								541.00

Folha de cálculo FC V.1e Ganhos internos

Ganhos internos médios	4.00	(W/m²)
	x	
Área útil de pavimento	70.80	(m²)
	x	
	2.928	
	=	
Ganhos internos totais	829.21	(kWh)

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2
Apartamento em contacto com a cobertura

Data:29/06/09

Folha de cálculo FC V.1f Ganhos totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos solares pelos envidraçados exteriores	541.00	(kWh)
	+	
Ganhos solares pela envolvente opaca	454.79	(kWh)
	+	
Ganhos internos	829.21	(kWh)
	=	
Ganhos térmicos totais	1825.00	(kWh)

Folha de cálculo FC V.1g Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais	1825.00	(kWh)
	/	
Perdas térmicas totais	2556.85	(kWh)
	=	
γ	0.71	
Inércia do edifício	Forte	

	1.0	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η	0.92	
	=	
	0.08	
	x	
Ganhos térmicos totais	1825.00	(kWh)
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	146.00	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor de cozinha excluído)	0.00	(Ev=Pv.24.0,03.4 (kWh))
	=	
TOTAL	146.00	(kWh/ano)
	/	
Área útil de pavimento	70.80	(m²)
	=	

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2

Data:29/06/09

Apartamento em contacto com a cobertura

Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc

2.06

(kWh/m².ano)

≤

Necessidades nominais de arref. máximas - Nv

18

(kWh/m².ano)

8.3.3.- AQS

Fracção autónoma: Fracção com a cobertura

Folha de Cálculo dos Indicadores das AQS

Necessidades de energia para preparação das Águas Quentes Sanitárias

Energia dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (Q_a)Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS} $M_{AQS} = 40 \text{ litros} \times n.^o \text{ de ocupantes (Quadro VI.1)}$

120

x

4187

x

Aumento da temperatura necessária para preparar as AQS, DT

45

x

Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)

365

=

8252577000

/

3600000

=

Energia dispend. com sist. convenc. de preparação de AQS, Q_a [kWh/ano]

2292.38

Necessidades de energia para preparação das AQS (N_{ac})Energia útil dispendida com sistemas convencionais de AQS, Q_a

2292.38

/

Eficiência de conversão desses sistemas de AQS, η_a

0.87

=

2634.92

-

Contribuição de sist. de colectores solares para o aquec. de AQS, E_{solar} [kWh/ano]

1604.0

-

Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para o aquec. de AQS, E_{ren} [kWh/ano]

0.00

=

1030.92

/

Área útil de pavimento [m^2]

70.80

=

Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/ m^2 .ano]

14.56

Necessidades de energia máxima para a preparação de AQS, (N_a)

0.081

x

Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}

120

x

Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)

365

=

3547.80

/

Área útil de pavimento [m^2]

70.80

=

Necessid. máx. de energia para a preparação de AQS, N_a [kWh/ m^2 .ano]

50.11

RCCTE

Nome da Obra: apartamento cobertura2
Apartamento em contacto com a cobertura

Data: 29/06/09

Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/m².ano]

≥

14.56

8.3.4.- Energia

Fracção autónoma: Fracção com a cobertura

Folha de Cálculo dos Indicadores

Valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento

Conversão de Energia Útil para Energia Primária

Electricidade, F_{pu} [kgep/kWh]

0.290

Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, F_{pu} [kgep/kWh]

0.086

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (Ntc)

Necessidades Nominais de Aquecimento, N_{ic} [kWh/m².ano]

73.70

Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de aquecim., η_i

0.870

Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pui}

0.086

Necessidades Nominais de Arrefecimento, N_{vc} [kWh/m².ano]

2.06

Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de arrefec., η_v

3.000

Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{puv}

0.290

Necessidades Nominais para preparação de AQS, N_{ac} [kWh/m².ano]

14.56

Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pua}

0.086

Neces. globais de anuais nominais de energia primária, N_{tc} [kgep/m².ano]

2.00

Necessidades máximas globais anuais nominais específicas de energia primária (Nt)

Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas, N_i [kWh/m².ano]

85.59

Necessidades Nominais de Arrefecimento Máximas, N_v [kWh/m².ano]

18.00

Necessidades Máx. Nominais para preparação de AQS, N_a [kWh/m².ano]

50.11

Neces. máx. globais de anuais nominais de energia primária, N_t [kgep/m².ano]

7.70

≥

Neces. globais de anuais nominais de energia primária, N_{tc} [kgep/m².ano]

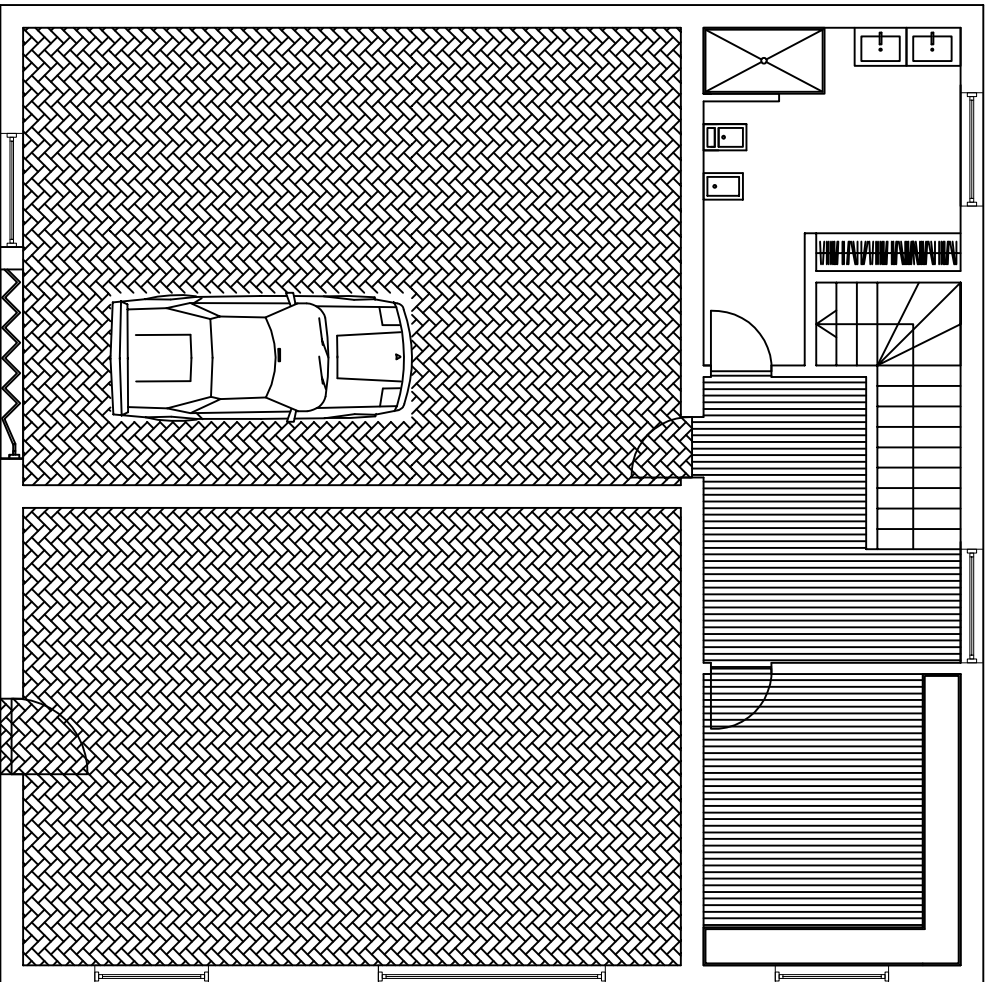
2.00

A3

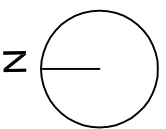
CÁLCULOS MORADIA

DESENHOS

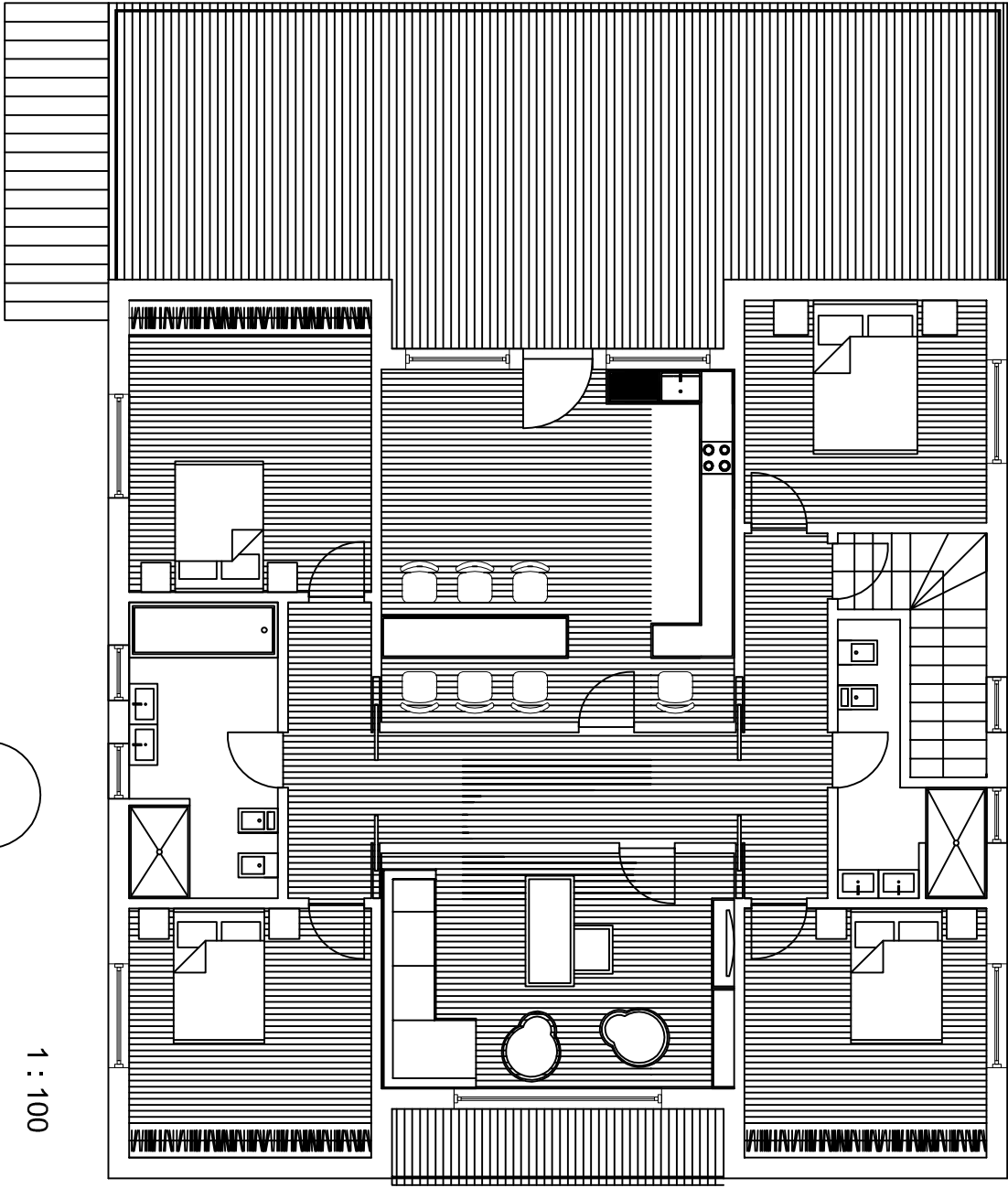
Moradia - Cave



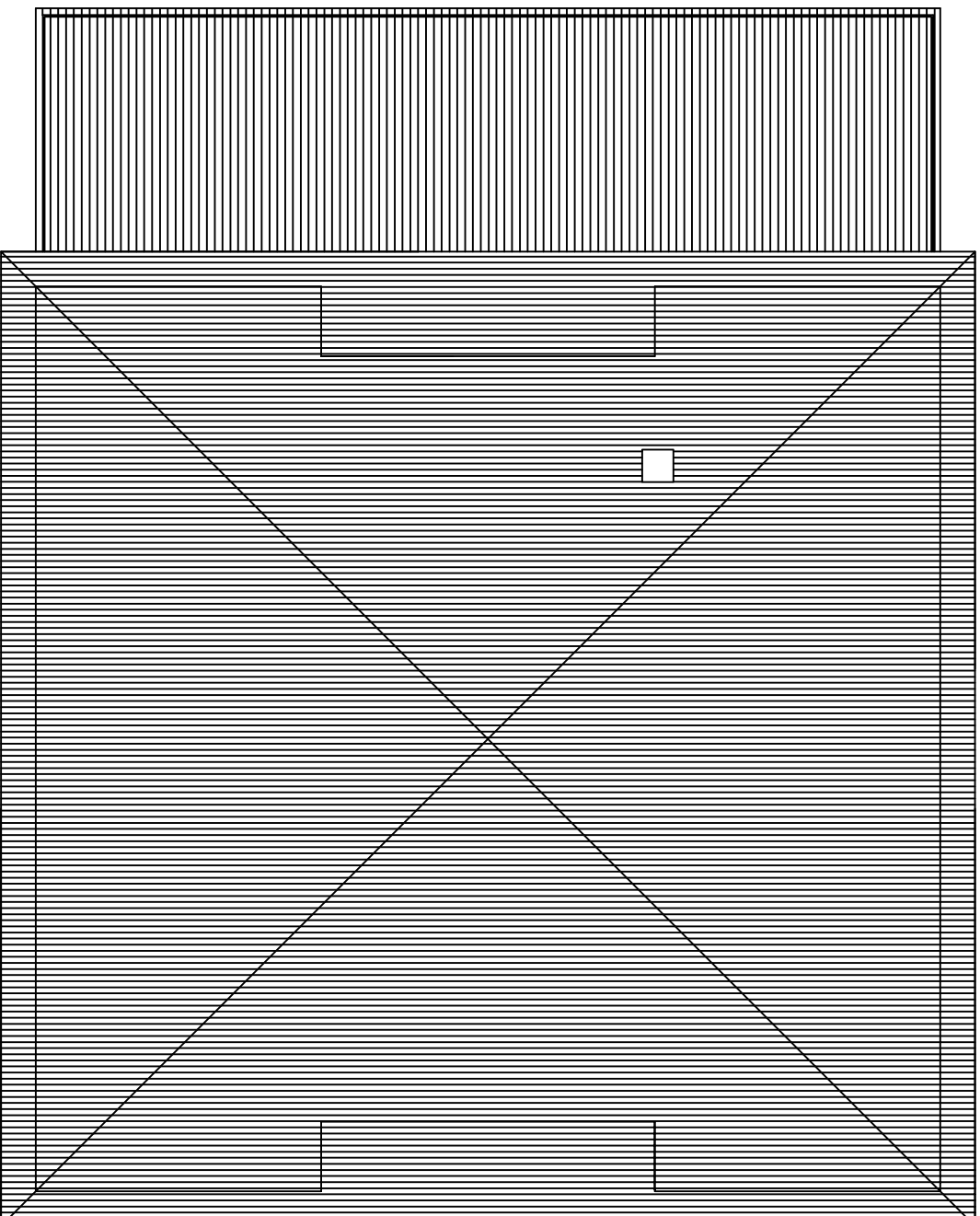
1 : 100



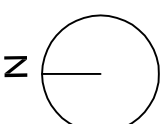
Moradia - Rés do Chão

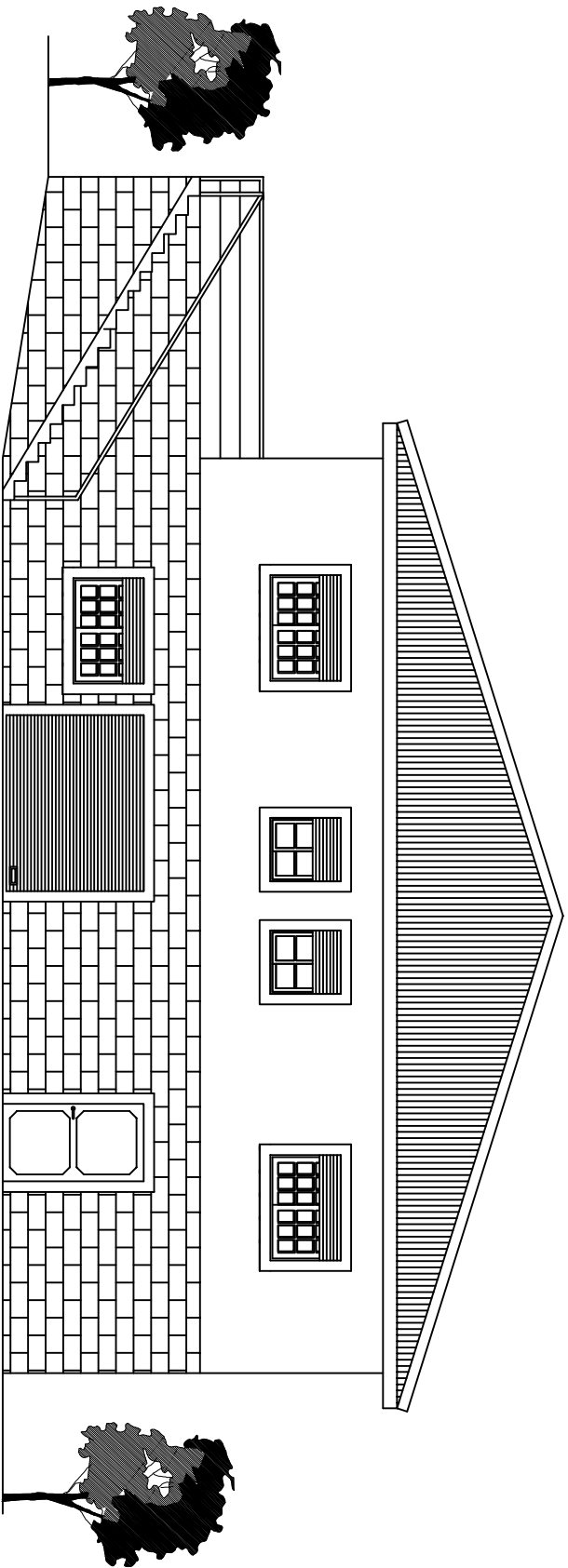


Moradia - Cobertura

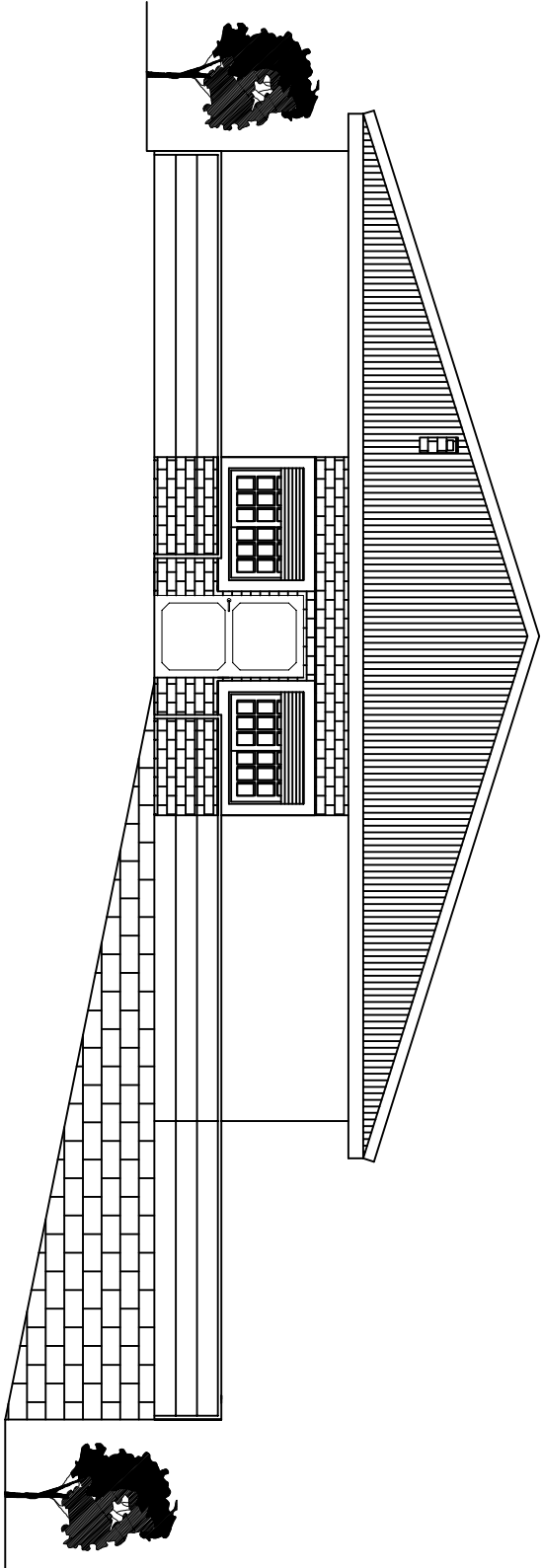


1 : 100

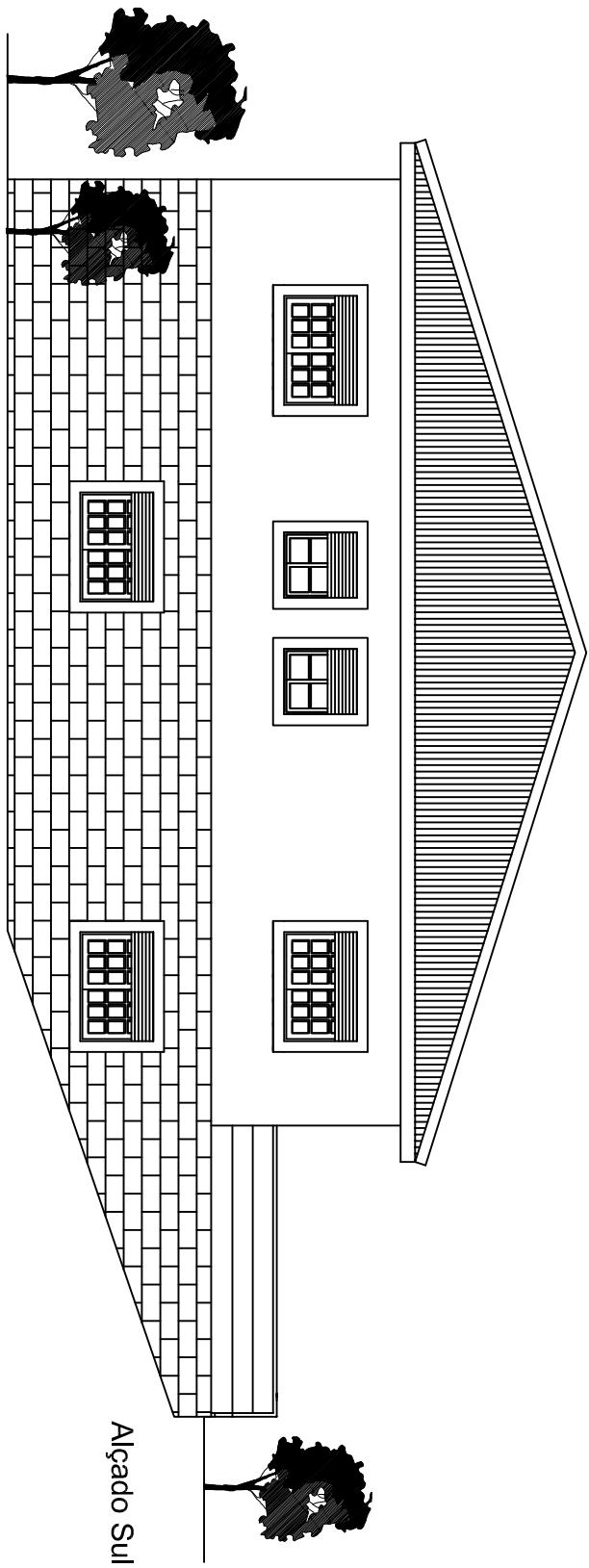


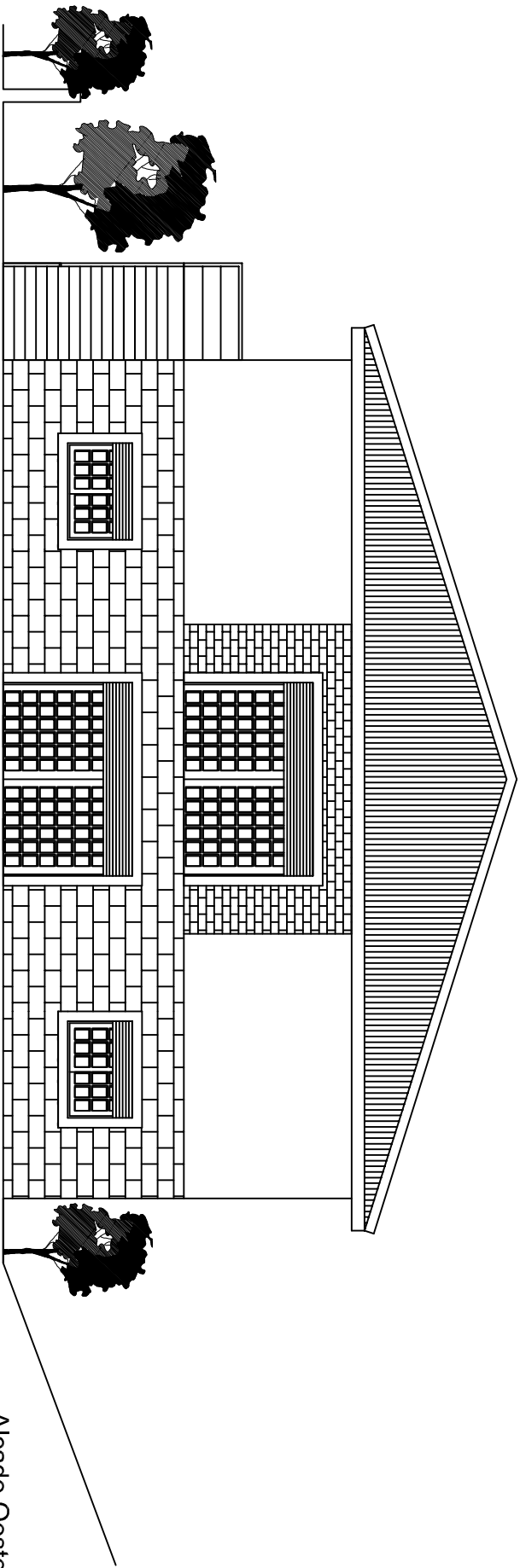


Algado Norte



Alçado Este





Alçado Oeste

FOLHA DE CÁLCULO

Folha de Cálculo FCIV.1a
Perdas associadas à Envolvente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
PE - Norte	22,61	0,46	10,40
PE - Este	25,45	0,46	11,71
PE - Sul	47,79	0,46	21,98
PE - Oeste	28,68	0,46	13,19
Pilar - Norte	1,56	0,69	1,08
Pilar- Este	0,00	0,69	0,00
Pilar - Sul	3,26	0,69	2,25
Pilar - Oeste	0,00	0,69	0,00
Talão da viga - Norte	1,82	0,60	1,09
Talão da viga - Este	1,82	0,60	1,09
Talão da viga - Sul	3,08	0,60	1,85
Talão da viga - Oeste	2,33	0,60	1,40
Caixa de estore - Norte	2,44	0,86	2,10
Caixa de estore - Este	1,20	0,86	1,03
Caixa de estore - Sul	3,04	0,86	2,61
Caixa de estore - Oeste	1,80	0,86	1,55
Porta - Este	2,00	2,34	4,68
TOTAL			78,01

Pavimentos Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
TOTAL			0,00

Coberturas Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
TOTAL			0,00

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Muro da cave	3,4	2,5	8,50
Pavimento enterrado	3,4	0,5	1,70
Pavimento superfície	15,5	1,5	23,25
TOTAL			33,45

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos	15,50	0,75	11,63
Fachada com os pavimentos não aquecidos	81,95	0,62	50,81
Fachada com pavimentos intermédios	16,10	0,55	8,86
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0,00	0,00	0,00
Fachada com varanda	0,00	0,00	0,00
Duas paredes verticais	23,40	0,20	4,68

Fachada com caixa de estore	19,70	0,00	0,00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	75,80	0,20	15,16
Outras			0,00
TOTAL			91,13

**Perdas pela envolvente exterior
da Fracção Autónoma**

(W/°C)

TOTAL	202,59
--------------	---------------

Folha de Cálculo FCIV.1b
Perdas associadas à Envoltente Interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede em contacto com a garagem	13,74	0,54	0,50	3,71
Parede em contacto com o armazém	15,34	0,54	0,70	5,80
Porta da garagem	1,60	2,34	0,50	1,87
				0,00
TOTAL				11,38

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Laje com garagem	45,89	0,4	0,5	9,18
Laje com armazém	45,28	0,4	0,7	12,68
				0,00
TOTAL				21,86

Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Desvão	134,6	0,36	0,8	38,76
				0,00
				0,00
TOTAL				38,76

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
TOTAL				0,00

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com τ>0,7)	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	τ.ψ.B (W/°C)
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
TOTAL				0,00

Perdas pela envoltente interior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	72,00
--------------	--------------

Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a Fracção Autónoma dos seguintes espaços:

Zonas comuns em edifícios com mais de uma Fracção Autónoma;

Edifícios anexos;

Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;

Sotãos não-habitados.

Moradia

Pontes térmicas lineares - cálculo do Psi

Envolvente exterior

Tipo de ponte térmica	Comprimento (B)	e_p	e_m	ψ	$\psi \times B$
A - Fachada com pavimentos térreos	14,9	0,20		0,75	11,175
A - Pilar com pavimentos térreos	0,6	0,20		0,825	0,495
B_{cave} - Fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos e exteriores	29,7	0,38		0,7	20,790
B_{cave} - Pilar com pavimentos sobre locais não aquecidos e exteriores	0,6	0,38		0,85	0,510
B_{desvao} - Fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos e exteriores	50,45	0,22		0,57	28,757
B_{desvao} - Pilar com pavimentos sobre locais não aquecidos e exteriores	1,2	0,22		0,69	0,828
C - Fachada com pavimentos intermédios sup e inf	12	0,47	0,37	0,6	7,200
C - Fachada com pavimentos intermédios sup	3,5	0,47	0,37	0,3	1,050
C - Pilar com pavimentos intermédios	0,6	0,47	0,31	0,9	0,540
D - Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0				0,000
E - Fachada com varanda	0				0,000
F - Duas paredes verticais	23,4		0,37	0,2	4,680
G - Fachada com caixa de estore	19,7			0	0,000
H - Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	75,8			0,2	15,160

Folha de Cálculo FCIV.1c
Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			0,00
Env - Norte	4,60	2,50	11,50
Env - Este	3,00	2,50	7,50
Env - Sul	7,60	2,50	19,00
Env - Oeste	7,50	2,50	18,75
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
Horizontais:			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
		TOTAL	56,75

Folha de Cálculo FC IV.1d
Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento		175,02	(m ²)
Pé-direito médio		2,60	(m)
		=	
Volume interior (V)		455,05	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumpre a NP 1037-1? (S ou N) se SIM: RPH =

Se NÃO:

Classe da Caixilharia (s/c, 1, 2 ou 3)	s/c	Taxa de Renovação Nominal: Ver Quadro IV.1 RPH= 1
Caixas de Estore (S ou N)	S	
Classe de Exposição (1, 2, 3 ou 4) <i>(Ver Quadro IV.2)</i>	2	
Aberturas Auto-reguladas? (S ou N)	N	
Área de envidraçados > 15% Ap? (S ou N)	N	
Portas Exteriores bem vedadas? (S ou N)	S	

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m ³ /h)	0	Vf = 200,00
Caudal Extraído Vev - (m ³ /h)	200	
Diferença entre Vins e Vev (m ³ /h)	200,00	/
Infiltrações <i>(Vent. Natural)</i> Vx - (h ⁻¹)	0	V = 0,43951 (volume int) RPH (**)
Recuperador de calor (S ou N)	N	se SIM, η = se NÃO, η = 0
Taxa de Renovação Nominal (mínimo: 0,6)	0,440	(Vf / V + Vx)
Consumo de Electricidade para os ventiladores	504	(Ev = Pv x 24 x 0,03 x M (kWh))

Volume	455,05
	x
Taxa de Renovação Nominal	1,000
	x
	0,34
	x

	$\frac{1}{(1-\eta)}$	
TOTAL	$=$	
	154,72	(W/°C)

Folha de Cálculo FC IV.1e
Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m ²)
Env 1 - Norte	duplo	3,00	0,27	0,63	1,00	0,60	0,90	0,28
Env 2 - Norte	duplo	1,60	0,27	0,63	1,00	0,60	0,90	0,15
Env 1 - Este	duplo	1,50	0,56	0,63	0,54	0,60	0,90	0,15
Env 2 - Este	duplo	1,50	0,56	0,63	0,49	0,60	0,90	0,14
Env 1 - Sul	duplo	3,00	1,00	0,63	0,81	0,60	0,90	0,83
Env 2 - Sul	duplo	3,00	1,00	0,63	0,70	0,60	0,90	0,71
Env 3 - Sul	duplo	1,60	1,00	0,63	0,70	0,60	0,90	0,38
Env 1 - Oeste	duplo	1,50	0,56	0,63	0,76	0,60	0,90	0,22
Env 2 - Oeste	duplo	6,00	0,56	0,63	0,56	0,60	0,90	0,64
								0,00

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m ²)	3,50
	x
Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sul}) na zona I2 do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m ² .mês)	93
	x
Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)	7
	=
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)	2276,09

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m ²)
	x	
Duração da Estação de Aquecimento	7,00	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	175,02	(m ²)

	x
	0,72
	=
Ganhos Internos Brutos	3528,40 (kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

5804,50
20997,82

Inércia do edifício: 3 a = 4,2 γ = 0,28
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos (η) 1,00

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos x 5804,50

=
 Ganhos Úteis Totais (kWh/ano) 5785,51

Moradia

Cálculo dos factores de sombreamento de inverno

Cálculo de F_o

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	α	$F_{o \text{ inverno}}$
N	1,1	0,5	24,44	1
E	1,1	1,5	53,75	0,68
S	1,1	0,5	24,44	0,78
W	1,6	1,5	43,15	0,75

Cálculo de F_f

esquerda

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	β	$F_{f \text{ inverno}}$
E1	0,95	1	46,47	1,00
E2	3,85	1	14,56	1,00
W2	2,4	1	22,62	0,89

direita

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	β	$F_{f \text{ inverno}}$
E1	3,85	1	14,56	0,94
E2	0,95	1	46,47	0,80
W2	2,4	1	22,62	0,89

Moradia

Cálculo da Inércia térmica

EL1

Elementos com isolamento térmico

$$M_{si} = m_i \quad (\text{massa situada do lado interior do isolamento})$$

Elemento	M_{si}	Área	$M_{si} \times A$
Parede exterior	134,505	142,032	19104,1
Pilar	12	4,821	57,852
Parede com espaço não útil	126,305	29,08	3672,95
Laje entre pisos	15	91,565	1373,48
Desvão	150	134,604	20190,6
Σ			44398,9

EL2

Elementos em contacto com o solo

Elemento	M_{si}	Área	$M_{si} \times A$
Muro de cave	150	8,84	1326
Laje em contacto com solo	150	40,414	6062,1
Σ			7388,1

EL3

Elemento	M_{si}	Área	$M_{si} \times A$
Laje entre pisos ($r=0,5$)	300	37,35	11205
Parede interior	136,305	174,928	23843,6
Σ			35048,6

Cálculo da inércia

$$\Sigma M_{si} \times A \quad 86835,6$$

$$A_p \quad 175,018$$

$$I_t = 496,152 \quad \text{FORTE}$$

$$a = 4,2$$

Folha de Cálculo FC IV.1f
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Factor de forma		
De FCIV.1a e FCIV.1c:	(Áreas)	m ²
Paredes exteriores		148,88
Coberturas exteriores		0,00
Pavimentos exteriores		0,00
Envidraçados exteriores		22,70
De FCIV.1b:	(Áreas equivalentes, A .τ)	
Paredes interiores		18,41
Coberturas interiores		107,68
Pavimentos interiores		54,64
Envidraçados interiores		0,00
Área total:		352,31
		/
Volume (de FCIV.1d):		455,05
		=
FF		0,77

Graus-dias no local (°C.dia) (do Quadro III.1) 1800

Ni = 4,5 + 0,0395 GD	Para FF < 0,5	Auxiliar 75,6
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD	Para 0,5 < FF < 1	93,863
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037FF) GD] (1,2 - 0,2FF)	Para 1 < FF < 1,5	98,101
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	Para FF > 1,5	127,980

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano) 93,86

Folha de Cálculo FC IV.2
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)	202,59
Envolvente Interior (de FCIV.1b)	72,00
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)	56,75
Renovação de Ar (de FCIV.1d)	154,72

	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	486,06
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1800,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	20997,82
	+
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))	0
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	5785,51
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	15212,31
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	175,02
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	86,92
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	93,86

Verifica

O.K.

Nic/Ni = 92,60%

Folha de cálculo FCV.1a
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	78,01	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	56,75	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação do ar	(FCIV.1d)	154,72	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	289,48	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		19	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	289,48	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	5085,59	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1b
Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
TOTAL			0,00

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados Exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
Env - Norte	4,60	2,50	11,50
Env - Este	3,00	2,50	7,50
Env - Sul	7,60	2,50	19,00
Env - Oeste	7,50	2,50	18,75
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
			0,00
TOTAL			56,75

Folha de Cálculo FC V.1c
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui

Orientação	Norte PE Este PE Sul PE Oeste Pe Pilar N Pilar E Pilar S Pilar O Viga N								
Área, A (m ²)	22,61	25,45	47,79	28,68	1,56	0,00	3,26	0,00	1,82
	x	x			x			x	x
U (W/m ² °C)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,69	0,69	0,69	0,69	0,60
	x	x			x			x	x
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	=	=	=	=	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	5,20	5,85	10,99	6,60	0,54	0,00	1,12	0,00	0,55
	x	x			x			x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	200	450	420	450	200	450	420	450	200
	x	x			x			x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=			=			=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	41,60	105,36	184,66	118,74	4,31	0,00	18,89	0,00	4,37

paredes e cobertura)

Viga E	Viga S	Viga O	Estore N	Estore E	Estore S	Estore O	Porta	
1,82	3,08	2,33	2,44	1,20	3,04	1,80	2,00	
		x	x			x	x	
0,60	0,60	0,60	0,86	0,86	0,86	0,86	2,34	
		x	x			x	x	
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
=	=	=	=			=	=	
0,55	0,92	0,70	1,05	0,52	1,31	0,77	2,34	
		x	x			x	x	
450	420	450	200	450	420	450	450	
		x	x			x	x	
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
		=	=			=	=	
9,83	15,52	12,58	8,39	9,29	21,96	13,93	42,12	
TOTAL								611,56
								(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1d
Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Orientação	Norte 1	Norte 2	Este 1	Este 2	Sul 1	Sul 2	Sul 3	Oeste 1	Oeste 2	
Área, A (m ²)	3,00	1,60	1,50	1,50	3,00	3,00	1,60	1,50	6,00	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado (protecção solar activada a 70%)	0,274	0,274	0,274	0,274	0,274	0,274	0,274	0,274	0,274	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0,98	0,98	0,54	0,56	0,90	0,70	0,70	0,90	0,60	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro IV.6)	0,80	0,80	0,85	0,85	0,75	0,75	0,75	0,85	0,85	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Área Efectiva, Ae	0,39	0,21	0,11	0,12	0,33	0,26	0,14	0,19	0,50	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m2) (Quadro III.9)	200	200	450	450	420	420	420	450	450	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados	77,33	41,24	50,94	52,82	139,82	108,75	58,00	84,89	226,38	TOTAL 840,18

Moradia

Cálculo dos factores de sombreamento de verão

Cálculo de F_o

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	α	$F_{o \text{ verão}}$
N	1,1	0,5	24,44	0,98
E	1,1	1,5	53,75	0,59
S	1,1	0,5	24,44	0,70
W	1,6	1,5	43,15	0,65

Cálculo de F_f

esquerda

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	β	$F_{f \text{ verão}}$
E1	0,95	1	46,47	0,93
E2	3,85	1	14,56	0,98
W2	2,4	1	22,62	0,92

direita

Orientação do vão	dist. ao centro do envid.	comprimento da pala	β	$F_{f \text{ verão}}$
E1	3,85	1	14,56	0,98
E2	0,95	1	46,47	0,96
W2	2,4	1	22,62	0,92

Folha de cálculo FC V.1e
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m ²) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	175,02	
	x	
	2,93	
	=	
Ganhos internos Totais	2049,83	(KWh)

Folha de cálculo FC V.1f
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	840,18	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	611,56	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	2049,83	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	3501,57	(KWh)

Folha de cálculo FCV.1g
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais
(FCV.1f) 3501,57 (kWh)

/

Perdas Térmicas Totais
(FCV.1a) 5085,59 (kWh)

=

Relação Ganhos-Perdas γ 0,69

Inércia do edifício (*In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3*) 3

Cálculo intermédio:

$a = 4,2$

$\gamma = 1$ $\eta = 0,807692$

$\gamma \neq 1$ $\eta = 0,924139$

		1	
		-	
Factor de utilização dos ganhos, η (Gráfico IV.1)		0,92	
		=	
		0,08	
		x	
Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)		3501,57	(kWh)
		=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento		265,63	(kWh/ano)
		+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)		0,00	
		=	
	TOTAL	265,63	
		/	
Área Útil de Pavimento (m ²)		175,02	
		=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc		1,52	(kWh/m ² .ano)
		≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv (Nº2 do Artigo 15º)		18	(kWh/m ² .ano)

Verifica

O.K.

Nvc/Nv =

8,43%

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	5,00
Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	200,00
Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 45°C)	45,00
Número anual de dias de consumo (n_d) (Quadro VI.2)	365,00
Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a)	3820,64
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a) (Ponto 3 do Anexo VI)	0,87
E_{solar} (Programa SOLTERM)	2294,00
E_{ren}	0,00
Necessidades de energia para preparação de AQS, N_{ac}	11,98
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, N_a	33,78

$N_{ac} \leq N_a$? Verifica

$N_{ac}/N_a = 35,47\%$

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m ² .ano)	93,86	
Nic (kW.h/m ² .ano)	86,92	
Nv (kW.h/m ² .ano)	18,00	
Nvc (kW.h/m ² .ano)	1,52	
Na (kW.h/m ² .ano)	33,78	
Nac (kW.h/m ² .ano)	11,98	
ηi	0,87	Art. 18.º - ponto 2
ηv	3,00	Art. 18.º - ponto 2
F_{pui} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1
F_{puv} (kgep/kW.h)	0,290	Art. 18º - ponto 1
F_{pua} (kgep/kW.h)	0,086	Art. 18º - ponto 1

Necessidades nominais globais de energia primária, N_{tc}

1,90 (kgep/m².ano)

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, N_t

5,57 (kgep/m².ano)

N_{tc} ≤ N_t? Verifica

N_{tc}/N_t = 34,21%

FICHA 3
REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE
EDIFÍCIOS (RCCTE)

Demonstração de Satisfação dos Requisitos Mínimos
para a Envolvente de Edifícios
(Nos termos da alínea d) do nº.2 do artigo 12º.)

Edifício:
Fracção Autónoma
Inércia Térmica

a) U máximo Valores Máximos Regulamentares: Soluções adoptadas

<u>0,46</u>	Fachadas ext.	<u>1,6</u>	W/m ² .°C
<u> </u>	Cobertura ext.	<u> </u>	W/m ² .°C
<u> </u>	Pavim. s/ ext.	<u> </u>	W/m ² .°C
<u>0,54</u>	Paredes interiores	<u>2,0</u>	W/m ² .°C
<u>0,4</u>	Pavim. inter.	<u>1,3</u>	W/m ² .°C
<u>0,35</u>	Cobert. inter.	<u>1</u>	W/m ² .°C
<u>0,86</u>	Pontes Térm.	<u>1,6</u>	W/m ² .°C

b) Factores Solares dos Envidraçados
Soluções adoptadas - Verão

Valores Máximos Regulamentares:

Tipo de Protecção solar	<u>0,07</u>	<u>0,56</u>
-------------------------	-------------	-------------

c) Pontes térmicas planas:
Soluções adoptadas

Valores Máximos Regulamentares: U

Pilares	0,69	0,92	W/m ² .°C
Vigas	0,6	0,92	W/m ² .°C
Caixa de estore	0,86	0,92	W/m ² .°C

Desempenho do sistema térmico

Braga
Projecto: CPC AO SOL - T4

	Rad.Horiz. kWh/m²	Rad.Inclin. kWh/m²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	50	69	1	117	324	208
Fevereiro	67	81	1	134	293	159
Março	108	106	1	175	324	150
Abril	142	123	1	202	314	112
Maió	172	134	1	224	324	100
Junho	189	140	1	242	314	72
Julho	206	157	1	271	324	54
Agosto	184	153	1	269	324	56
Setembro	128	120	1	220	314	94
Outubro	93	105	1	190	324	134
Novembro	59	79	1	137	314	177
Dezembro	47	68	1	114	324	211
Annual	1445	1334	1	2294	3620	1525

Rendimento global anual do sistema: 43%
Produtividade: 579 kWh/[m² colector]

Optimização sob critérios energéticos

- ☐ aumentar a fracção solar
- ☐ reduzir o fornecimento de energia de apoio
- ☒ otimizar a orientação dos colectores

constrangimentos

Optimizar

(2 módulos)
3,96 m²
Inclinação 40°
Azimute Sul

Armazenamento de 200 l

guardar
Relatório

?

interpretação

ENVOLTERM

Folha de Cálculo FCIV.1a
Perdas associadas à Envolvente Exterior

Paredes Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Parede Norte	22,61	0,46	10,40
Parede Este	25,45	0,46	11,71
Parede Sul	47,79	0,46	21,98
Parede Oeste	28,68	0,46	13,19
Pilar Norte	1,56	0,69	1,08
Pilar Sul	3,26	0,69	2,25
Talão da Viga Norte	1,82	0,60	1,09
Talão da Viga Este	1,82	0,60	1,09
Talão da Viga Sul	3,08	0,60	1,85
Talão da Viga Oeste	2,33	0,60	1,40
Caixa de Estore Norte	2,44	0,86	2,10
Caixa de Estore Este	1,20	0,86	1,03
Caixa de Estore Sul	3,04	0,86	2,61
Caixa de Estore Oeste	1,80	0,86	1,55
Porta de Entrada Este	2,00	2,34	4,68
		TOTAL	78,01

Pavimentos Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
		TOTAL	0,00

Coberturas Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
		TOTAL	0,00

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Muro da cave	3,40	2,50	8,50
Pavimento à superfície	15,50	1,50	23,25
Pavimento enterrado	3,40	0,50	1,70
		TOTAL	33,45

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Fachada com pavimentos térreos	15,50	0,75	11,62
Fachada com pavimentos sobre locais não aquecidos	81,95	0,62	50,81
Fachada com pavimentos intermédios	16,10	0,55	8,86
Duas paredes verticais	23,40	0,20	4,68
Fachada com caixa de estore	19,70	0,00	0,00
Fachada com padeira, ombreira ou peitoril	75,80	0,20	15,16
		TOTAL	91,13

Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	202,59
--------------	---------------

Folha de Cálculo FCIV.1b
Perdas associadas à Envolvente Interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Parede em contacto com a garagem	13,74	0,54	0,50	3,71
Parede em contacto com o armazém	15,34	0,54	0,70	5,80
Porta da garagem	1,60	2,34	0,50	1,87
TOTAL				11,38

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Laje com garagem	45,89	0,40	0,50	9,18
Laje com armazém	45,28	0,40	0,70	12,68
TOTAL				21,86

Coberturas Interiores	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
Desvão	134,60	0,36	0,80	38,76
TOTAL				38,76

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	τ.U.A (W/°C)
TOTAL				0,00

Pontes térmicas	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	τ (-)	τ.ψ.B (W/°C)
TOTAL				0,00

Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	72,00
--------------	-------

Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a Fracção Autónoma dos seguintes espaços:

Zonas comuns em edifícios com mais de uma Fracção Autónoma;

Edifícios anexos;

Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;

Sotãos não-habitados.

Folha de Cálculo FCIV.1c
Perdas Associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Env 1 - N	3,00	2,50	7,50
Env 2 - N	1,60	2,50	4,00
Env 1 - E	1,50	2,50	3,75
Env 2 - E	1,50	2,50	3,75
Env 1 - S	3,00	2,50	7,50
Env 2 - S	3,00	2,50	7,50
Env 3 - S	1,60	2,50	4,00
Env 1 - W	1,50	2,50	3,75
Env 2 - W	6,00	2,50	15,00
Horizontais:			
		TOTAL	56,75

FCIV.1d
Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento : (m²)

Pé-direito médio : (m)

Volume Interior (V) : (m³)

VENTILAÇÃO NATURAL *(Quadro a considerar sempre que o único dispositivo de ventilação mecânica existente seja o exaustor da cozinha)*

Cumprir a NP 1037-1?

Se Não : Classe da Caixilharia?

Caixas de Estore?

Classe de Exposição?
(Ver Quadro IV.2)

Aberturas Auto-reguladas?

Área de envidraçados > 15% Ap?

Portas Exteriores bem vedadas?

Taxa de Renovação Nominal

RPH :

VENTILAÇÃO MECÂNICA *(excluir exaustor da cozinha)*

Caudal de Insuflação Vins - (m³/h)?

Caudal Extraído Vev - (m³/h)?

Diferença entre Vins e Vev

Vf

Infiltrações (Vent. Natural) Vx ? (h⁻¹)

Recuperador de calor ?

Se Sim, η =

Consumo de Electricidade para ventiladores ? (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))

Taxa de Renovação Nominal

RPH :

Volume :

x

Taxa de Renovação Nominal :

x

x

(1-η)

=

TOTAL (W/°C)

FCIV.1e
Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos Solares

Orientação	Tipo (Simples ou Duplo)	Área A (m²)	Factor de Orientação X (-)	Factor Solar do Vidro g(-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
Env 1 - N - Norte (N)	Duplo	3,00	0,27	0,63	1,00	0,60	0,90	0,28
Env 2 - N - Norte (N)	Duplo	1,60	0,27	0,63	1,00	0,60	0,90	0,15
Env 1 - E - Este (E)	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,54	0,60	0,90	0,15
Env 2 - E - Este (E)	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,49	0,60	0,90	0,14
Env 1 - S - Sul (S)	Duplo	3,00	1,00	0,63	0,81	0,60	0,90	0,83
Env 2 - S - Sul (S)	Duplo	3,00	1,00	0,63	0,70	0,60	0,90	0,72
Env 3 - S - Sul (S)	Duplo	1,60	1,00	0,63	0,70	0,60	0,90	0,38
Env 1 - W - Oeste (W)	Duplo	1,50	0,56	0,63	0,76	0,60	0,90	0,22
Env 2 - W - Oeste (W)	Duplo	6,00	0,56	0,63	0,56	0,60	0,90	0,64

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sol}) na zona (kWh/m².mês)

x

Duração da estação de aquecimento (meses)

=

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

Ganhos Internos

Ganhos internos médios (W/m²)

x

Duração da Estação de Aquecimento (meses)

x

Área Útil de pavimento (m²)

=

Ganhos Internos Brutos (kWh/ano)

Ganhos Úteis Totais

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento}} = \frac{5.813,41}{20.997,79} \quad \gamma = \text{$$

Inércia do Edifício a =

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos, (η)

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

=

Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)

FCIV.1f
Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

Factor de forma		
<i>De FCIV.1a e FCIV.1c:</i>	<i>(Áreas)</i>	<i>m²</i>
Paredes exteriores		148,88
Coberturas exteriores		0,00
Pavimentos exteriores		0,00
Envidraçados exteriores		22,70
<i>De FCIV.1b :</i>	<i>(Áreas equivalentes, A .τ)</i>	
Paredes interiores		18,41
Coberturas interiores		107,68
Pavimentos interiores		54,64
Envidraçados interiores		0,00
Área total		352,31
		/
Volume		455,05
		=
FACTOR DE FORMA		0,77

Graus-dias no local (°C.dia)	1800
-------------------------------------	-----------------------------------

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	93,86
---	------------------------------------

FCIV.2
Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a :			
Envolvente Exterior (de FCIV.1a)		202,59	
	+		
Envolvente Interior (de FCIV.1b)		72,00	
	+		
Vãos Envidraçados (de FCIV.1c)		56,75	
	+		
Renovação de Ar (de FCIV.1d)		154,72	
	=		
Coefficiente Global de Perdas (W/°C)		486,06	
	x		
Graus-dias no Local (°C.dia)		1800	
	x		
		0,024	
	=		
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)		20.997,79	
	+		
Consumo de Electricidade para os ventiladores (Ev=Pvx24x0,03xM(kWh))		0,00	
	-		
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)		5.794,28	
	=		
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)		15.203,51	
	/		
Area Útil de Pavimento (m²)		175,02	
	=		
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)		86,87	
	≤		
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)		93,86	
		Nic/Ni	92,55%

Folha de Cálculo FCV.1c
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca
POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)
(Página 1 de 2)

Orientação	Parede Norte Norte (N)	Parede Este Este (E)	Parede Sul Sul (S)	Parede Oeste Oeste (W)	Pilar Norte Norte (N)	Pilar Sul Sul (S)	Talão da Viga Norte Norte (N)	Talão da Viga Este Este (E)	Talão da Viga Sul Sul (S)	Talão da Viga Oeste Oeste (W)	Caixa de Estore Norte (N)
Área, A (m²)	22,61	25,45	47,79	28,68	1,56	3,26	1,82	1,82	3,08	2,33	2,44
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
U (W/m²°C)	0,46	0,46	0,46	0,46	0,69	0,69	0,60	0,60	0,60	0,60	0,86
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	5,20	5,85	10,99	6,60	0,54	1,12	0,55	0,55	0,92	0,70	1,05
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)	200,00	450,00	420,00	450,00	200,00	420,00	200,00	450,00	420,00	450,00	200,00
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	41,60	105,30	184,63	118,80	4,32	18,82	4,40	9,90	15,46	12,60	8,40

Folha de Cálculo FCV.1c
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca
POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)
(Página 2 de 2)

Orientação	Caixa de Estore Este Este (E)	Caixa de Estore Sul Sul (S)	Caixa de Estore Oeste Oeste (W)	Porta de Entrada Este Este (E)
Área, A (m²)	1,20	3,04	1,80	2,00
	x	x	x	x
U (W/m²°C)	0,86	0,86	0,86	2,34
	x	x	x	x
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,50	0,50	0,50	0,50
	=	=	=	=
α.U.A (W/°C)	0,52	1,31	0,77	2,34
	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)	450,00	420,00	450,00	450,00
	x	x	x	x
	0,04	0,04	0,04	0,04
	=	=	=	=
	TOTAL			
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	9,36	22,01	13,86	42,12
				611,58
				(KWh)

FCV.1a
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	78,01	(W/°C)
+		
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	0,00	(W/°C)
+		
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	0,00	(W/°C)
+		
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	56,75	(W/°C)
+		
Perdas associadas à renovação do ar	154,72	(W/°C)
=		
PERDAS ESPECIFICAS TOTAIS	289,48	(W/°C)

Temperatura interior de referência	25	(°C)
-		
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento	19,00	(°C)
=		
Diferença de temperatura interior-exterior	6,00	(°C)
x		
Perdas especificas totais	289,48	(W/°C)
x		
	2,928	
=		
PERDAS TÉRMICAS TOTAIS	5.085,58	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1b
Perdas associadas a Coberturas e Envidraçados Exteriores (Verão)

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
TOTAL			0,00

Perdas associadas aos envidraçados exteriores

Envidraçados Exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Env 1 - N	3,00	2,50	7,50
Env 2 - N	1,60	2,50	4,00
Env 1 - E	1,50	2,50	3,75
Env 2 - E	1,50	2,50	3,75
Env 1 - S	3,00	2,50	7,50
Env 2 - S	3,00	2,50	7,50
Env 3 - S	1,60	2,50	4,00
Env 1 - W	1,50	2,50	3,75
Env 2 - W	6,00	2,50	15,00
TOTAL			56,75

FCV.1e
Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m²) (Quadro IV.3)	4,00	
	x	
Área Útil de Pavimento (m²)	175,02	
	x	
	2,93	
	=	
GANHOS INTERNOS TOTAIS	2.051,23	(KWh)

FCV.1f
Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores (FCV.1d)	826,36	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior (FCV.1c)	611,58	(KWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	2.051,23	(KWh)
	=	
GANHOS TÉRMICOS TOTAIS	3.489,17	(KWh)

FCV.1g
Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais (FCV.1f)	3.489,17 (kWh)
	/
Perdas Térmicas Totais (FCV.1a)	5.085,58 (kWh)
	=
Relação Ganhos-Perdas γ	0,69
Inércia do edifício Forte	

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, η	0,92	
	=	
	0,08	
	x	
Ganhos Térmicos Totais	3.489,17 (kWh)	
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	279,13 (kWh/ano)	
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	0,00 (Ev=Pvx24x0,122(kWh))	
	=	
TOTAL	279,13 (kWh/ano)	
	/	
Area Útil de Pavimento	175,02 (m²)	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	1,59 (kWh/m2.ano)	
	≤	Nvc/Nv = 8,83%
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	18,00 (kWh/m2.ano)	

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes	5	
Consumo médio diário de referência de AQS (MAQS)	200	
Aumento de temperatura necessário (ΔT)	45	
Número anual de dias de consumo	365	
Energia despendida com sistemas convencionais (Qa)	3820,64	(kW.h/ano)
Eficiência de conversão do sistema de preparação de AQS (η_a)	0,87	
Esolar	2.294,00	Programa SOLTERM
Eren	0,00	
Necessidades de energia para preparação de AQS, Nac	11,98	(kW.h/m2.ano)
Valor máximo para as nec. de energia para preparação de AQS, Na	33,78	(kW.h/m2.ano)
	Nac/Na	35,46%

Necessidades Globais de Energia Primária

Ni (kW.h/m².ano)

Nic (kW.h/m².ano)

Nv (kW.h/m².ano)

Nvc (kW.h/m².ano)

Na (kW.h/m².ano)

Nac (kW.h/m².ano)

η_i

η_v

Fpui (kgep/kW.h)

Fpuv (kgep/kW.h)

Fpua (kgep/kW.h)

Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc (kgep/m².ano)

Ntc/Nt =

Valor máximo das nec. nominais globais de energia primária, Nt (kgep/m².ano)

AMORIM ISOL+

Folha de Cálculo FC IV.1a

Perdas associadas à Envoltente Exterior

Paredes exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
PE Norte	22,61	0,46	10,4
PE Sul	47,79	0,46	21,98
PE Este	25,45	0,46	11,71
PE Oeste	28,68	0,46	13,19
Porta Este	2	2,34	4,68
Pilar N	1,56	0,69	1,08
Pilar S	3,26	0,69	2,25
Caixa de Estore N	2,44	0,86	2,1
Caixa de Estore E	1,2	0,86	1,03
Caixa de Estore S	3,04	0,86	2,61
Caixa de Estore W	1,8	0,86	1,55
Talão da Viga N	1,82	0,6	1,09
Talão da Viga E	1,82	0,6	1,09
Talão da Viga S	3,08	0,6	1,85
Talão da Viga W	2,33	0,6	1,4
TOTAL			78,01

Pavimentos exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
TOTAL			0

Coberturas exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
TOTAL			0

Folha de Cálculo FC IV.1a

Perdas associadas à Envolvente Exterior

Paredes e Pavimentos em contacto com o Solo	Comp. B (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ.B (W/°C)
Pavimento à superfície em contacto com o solo	15,5	1,5	23,25
Pavimento enterrado em contacto com o solo	3,4	0,5	1,7
Muro de cave	3,4	2,5	8,5
TOTAL			33,45

Pontes Térmicas lineares	Comp. B (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Tipo A - Parede	15,5	0,75	11,62
Tipo A - Pilar	0,6	0,82	0,5
Tipo B Pilar com Cave	0,6	0,85	0,51
Tipo B Parede com Cave	29,7	0,8	23,76
Tipo B Parede com Desvão	50,45	0,67	33,8
Tipo B Pilar com Desvão	1,2	0,69	0,83
Tipo C - Pilar	0,6	0,9	0,54
Tipo C - Parede sup e inf	12	0,6	7,2
Tipo C - Parede sup	3,5	0,3	1,05
<i>Fachada com Cobertura inclinada ou Terraço</i>			
<i>Fachada com Varanda</i>			
Tipo F	23,4	0,2	4,68
Tipo G	19,7	0	0
Tipo H	75,8	0,2	15,16
<i>Outras</i>			
TOTAL			99,65

Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma

(W/°C)

TOTAL	211,11
--------------	---------------

Folha de Cálculo FC IV.1b

Perdas associadas à Envoltente Interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
Parede em contacto com a garagem	13,74	0,54	0,5	3,71
Parede em contacto com armazém	15,34	0,54	0,7	5,8
TOTAL				9,51

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
Laje com garagem	45,89	0,4	0,5	9,18
Laje com armazém	45,28	0,4	0,7	12,68
TOTAL				21,86

Coberturas interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
Desvão	134,6	0,36	0,8	38,76
TOTAL				38,76

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m²)	U (W/m².°C)	τ (-)	U.A. τ (W/°C)
Porta da garagem	1,6	2,34	0,5	1,87
TOTAL				1,87

Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $\tau > 0,7$)	Comp. B(m)	ψ (W/m°C)	τ (-)	ψ.B.τ (W/°C)
TOTAL				0

Folha de Cálculo FC IV.1b**Perdas associadas à Envolvente Interior*****Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma***

(W/°C)

TOTAL	72
--------------	----

Incluir obrigatoriamente os elementos que separam a Fracção Autónoma dos seguintes espaços:

Zonas comuns em edifícios com mais de uma Fracção Autónoma;

Edifícios anexos;

Garagens, armazéns, lojas e espaços não-úteis similares;

Sotãos não-habitados.

Folha de Cálculo FC IV.1c

Perdas associadas aos Vãos Envidraçados Exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m²)	U (W/m².°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Env Norte 1	3	2,5	7,5
Env Norte 2	1,6	2,5	4
Env Este 1	1,5	2,5	3,75
Env Este 2	1,5	2,5	3,75
Env Sul 1	3	2,5	7,5
Env Sul 2	3	2,5	7,5
Env Sul 3	1,6	2,5	4
Env Oeste 1	1,5	2,5	3,75
Env Oeste 2	6	2,5	15
Horizontais:			
	22,7	TOTAL	56,75

Folha de Cálculo FC IV.1d

Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de pavimento (A_p)	175,02	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	2,6	(m)
	=	
Volume interior (V)	455,05	(m ³)
Ventilação Natural ou Mecânica	Natural	

VENTILAÇÃO NATURAL			
Cumpre NP 1037-1?	(Sim ou Não)	Não	Se SIM: RPH = 0,6 h ⁻¹
Se NÃO:			
Classe da caixilharia	(S/C, 1, 2 ou 3)	S/C	Taxa de Renovação nominal: RPH = 1 h ⁻¹
Caixas de estore	(Sim ou Não)	Sim	
Classe de exposição (Quadro IV.1)	(1, 2, 3 ou 4)	2	
Disp. de admissão de ar na Fachada?	(Sim ou Não)	Não	
Aberturas auto-reguladas?	(Sim ou Não)	Não	
Área de Envidraçados > 15% A_p ?	(Sim ou Não)	Não	Ver Quadro IV.1
Portas exteriores bem vedadas?	(Sim ou Não)	Sim	

Folha de Cálculo FC IV.1d

Perdas associadas à Renovação de Ar

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)			
Caudal de insuflação	V_{ins} (m³/h)		$V_f =$
Caudal extraído	V_{ev} (m³/h)		
Diferença entre V_{ins} e V_{ev}	(m³/h)		/ $V =$ (volume int) (RPH)
Classe de exposição	(1, 2, 3 ou 4)		
Infiltrações	(V_x)		
Recuperador de Calor	(Sim ou Não)		Se SIM: $\eta =$
			Se NÃO: $\eta =$
Taxa de Renovação nominal			($V_f / V + V_x$) (1 - η)
Consumo de electricidade para os ventiladores			($E_v = P_v \cdot 24 \cdot 0,03$ M (kWh))

Volume	455,05	
	x	
Taxa de Renovação nominal	1	
	x	
	0,34	
	=	
TOTAL	154,72	(W/°C)

Folha de Cálculo FC IV.1e

Ganhos Úteis na estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A(m ²)	Factor de Orientação X(-)	Factor Solar do vidro g(-)	Factor de Obstrução F _s (-) F _h ·F _o ·F _f	Fracção Envidraçada F _g (-)	Factor de Sel. Angular F _w (-)	Área efectiva A _e (m ²)
N	Duplo	3	0,27	0,63	0,9	0,6	0,9	0,28
N	Duplo	1,6	0,27	0,63	0,9	0,6	0,9	0,15
E	Duplo	1,5	0,56	0,63	0,54	0,6	0,9	0,15
E	Duplo	1,5	0,56	0,63	0,45	0,6	0,9	0,14
W	Duplo	1,5	0,56	0,63	0,76	0,6	0,9	0,22
W	Duplo	6	0,56	0,63	0,56	0,6	0,9	0,64
S	Duplo	3	1	0,63	0,81	0,6	0,9	0,83
S	Duplo	3	1	0,63	0,7	0,6	0,9	0,71
S	Duplo	1,6	1	0,63	0,7	0,6	0,9	0,38

Área Efectiva Total equivalente na orientação SUL (m²)

3,49

x

Radiação Incidente num envidraçado a Sul (G_{sul})

no

Continente

na Zona I

2

(kWh/m².mês) - do Quadro 8 (Anexo III)

93

x

Duração da Estação de Aquecimento (meses)

7

=

Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

2274,63

Folha de Cálculo FC IV.1e

Ganhos Úteis na estação de Aquecimento (Inverno)

Ganhos internos:

Ganhos internos médios (W/m^2) (Quadro IV.3)

Tipo de Edifício

Residencial	4
-------------	---

x

Duração da Estação de Aquecimento (meses)

7

x

Área Útil de pavimento, $A_p (m^2)$

175,02

x

0,72

=

Ganhos Internos Brutos (kWh/ano)

3528,4

Ganhos Totais Úteis:

$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos}}{\text{Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$

5803,04

21365,9

Inércia do edifício:

Forte

$\gamma =$

0,272

Factor de Utilização dos Ganhos Solares (η)

0,997

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

5803,03

=

Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)

5785,29

Folha de Cálculo FC IV.1f

Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA	
<i>Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)</i>	m ²
Paredes Exteriores	148,88
Coberturas Exteriores	0
Pavimentos Exteriores	0
Envidraçados Exteriores	22,7
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A.τ)</i>	
Paredes Interiores	17,61
Coberturas Interiores	107,68
Pavimentos Interiores	54,64
Envidraçados Interiores	0,8
<i>Área Total:</i>	352,31
	/
<i>Volume (da FC IV.1d):</i>	455,05
	=
FF	0,77
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1800
Ni = 4,5 + 0,0395 GD	para FF ≤ 0,5
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037 FF) GD	para 0,5 < FF ≤ 1
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037 FF) GD] (1,2 - 0,2 FF)	para 1 < FF ≤ 1,5
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	para FF > 1,5
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	93,86

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	211,11
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	72
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	56,75
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	154,72
	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	494,58
	x
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1800
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	21365,9
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)	5785,29
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	15580,61
	/
Área Útil de pavimento (m²)	175,02
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	89,02
	<
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	93,86

Folha de Cálculo FC V.1a

Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	78,01	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	56,75	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	154,72	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q_{1a})	289,48	(W/°C)

Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento		19	(°C)
(Quadro III.9)		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		6	(°C)
		x	
Perdas específicas totais	(Q_{1a})	289,48	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q_{1b})	5085,59	(kWh)

Folha de Cálculo FC V.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Orientação

Área, A (m²)U (W/m².°C)

Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)

α U.A (W/°C)

Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)

Ganhos solares pela envolvente opaca exterior

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

N	S	E	W	E	N
22,61	47,79	25,45	28,68	2	1,56
x	x	x	x	x	x
0,46	0,46	0,46	0,46	2,34	0,69
x	x	x	x	x	x
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
=	=	=	=	=	=
5,2	10,99	5,85	6,6	2,34	0,54
x	x	x	x	x	x
200	420	450	450	450	200
x	x	x	x	x	x
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
=	=	=	=	=	=
41,6	184,66	105,36	118,74	42,12	4,31

Folha de Cálculo FC V.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

Orientação

Área, A (m²)U (W/m².°C)

Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)

α U.A (W/°C)

Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)**Ganhos solares pela envolvente opaca exterior**

POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL

S	N	E	S	W	N
3,26	2,44	1,2	3,04	1,8	1,82
x	x	x	x	x	x
0,69	0,86	0,86	0,86	0,86	0,6
x	x	x	x	x	x
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
=	=	=	=	=	=
1,12	1,05	0,52	1,31	0,77	0,55
x	x	x	x	x	x
420	200	450	420	450	200
x	x	x	x	x	x
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
=	=	=	=	=	=
18,89	8,39	9,29	21,96	13,93	4,37

Folha de Cálculo FC V.1c

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca

	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL			
Orientação	E	S	W	
Área, A (m²)	1,82	3,08	2,33	
	x	x	x	
U (W/m².°C)	0,6	0,6	0,6	
	x	x	x	
Coeficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,5	0,5	0,5	
	=	=	=	
α U.A (W/°C)	0,55	0,92	0,7	
	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)	450	420	450	
	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	TOTAL
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	9,83	15,52	12,58	611,56 (kWh)

Folha de Cálculo FC V.1d

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL					
Orientação	N	N	E	E	S	S
Tipo de Vidro	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo
Área, A (m²)	3	1,6	1,5	1,5	3	3
	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (1)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, F _g (Quadro IV.5)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, F _s (2)	0,9	0,9	0,54	0,55	0,9	0,7
	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, F _w (Quadro V.3)	0,8	0,8	0,85	0,85	0,75	0,75
	=	=	=	=	=	=
Área efectiva, A _e (m²)	0,35	0,19	0,11	0,11	0,33	0,26
	x	x	x	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²) (Quadro III.9)	200	200	450	450	420	420
	=	=	=	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	69,98	37,32	50,19	51,12	137,78	107,16

(1) Para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do factor solar do vidro (Tab IV.4) e 70% do factor solar do envidraçado com a protecção solar móvel activa (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 [F_h=1]

Projecto de comportamento térmico

Moradia Braga

Moradia

Folha de Cálculo FC V.1d

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL		
Orientação	S	W	W
Tipo de Vidro	Duplo	Duplo	Duplo
Área, A (m ²)	1,6	1,5	6
	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado (1)	0,27	0,27	0,27
	x	x	x
Fracção envidraçada, F _g (Quadro IV.5)	0,6	0,6	0,6
	x	x	x
Factor de obstrução, F _s (2)	0,7	0,9	0,6
	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, F _w (Quadro V.3)	0,75	0,85	0,85
	=	=	=
Área efectiva, A _e (m ²)	0,14	0,19	0,5
	x	x	x
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	420	450	450
	=	=	=
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	57,15	83,65	223,07
			TOTAL
			817,45 (kWh)

(1) Para dispositivos de sombreamento móveis, considera-se a soma de 30% do factor solar do vidro (Tab IV.4) e 70% do factor solar do envidraçado com a protecção solar móvel activa (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 [F_h=1]

Projecto de comportamento térmico

Moradia Braga

Moradia

Folha de Cálculo FC V.1e**Ganhos Internos**Ganhos internos médios (W/m²) (Quadro IV.3)

4

x

Área útil de pavimento (m²)

175,02

x

2,928

=

Ganhos Internos totais

2049,83

 (kWh)

Folha de Cálculo FC V.1f**Ganhos Totais na estação de Arrefecimento (Verão)**

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores	<i>(FCV.1d)</i>	817,45 (kWh)
		+
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	<i>(FCV.1c)</i>	611,56 (kWh)
		+
Ganhos internos	<i>(FCV.1e)</i>	2049,83 (kWh)
		=
Ganhos térmicos totais		3478,84 (kWh)

Folha de Cálculo FC V.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	3478,84 (kWh)
	/
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	5085,59 (kWh)
	=
Y	0,68
Inércia do edifício	Forte

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η	0,93	
	=	
	0,07	
	x	
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	3478,84 (kWh)	
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	259,03 (kWh/ano)	
	+	
Consumo dos ventiladores (excluir o consumo do exaustor da cozinha, se houver)	0 (Ev = Pv*24*122/1000 (kWh))	
	=	
TOTAL	259,03 (kWh/ano)	
	/	
Área útil de pavimento (m²)	175,02	
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	1,48 (kWh/m².ano)	
	≤	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv	18 (kWh/m².ano)	

Cálculo das Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária

Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	200 (litros)
	x
	4187
	x
Aumento de temperatura necessário para preparar as AQS, ΔT	45 (°C)
	x
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365
	/
	3600000
	=
Energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS, Q_a	3820,64
	/
Eficiência de conversão desses sistemas de preparação de AQS, η_a	0,87
	=
	4391,54
	-
Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS, E_{solar}	2294 (kWh/ano)
	-
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis, E_{ren}	0 (kWh/ano)
	=
	2097,54
	/
Área útil de pavimento, A_p	175,02 (m²)
	=
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	11,98 (kWh/m².ano)
	≤
Limite máximo das nec. de Energia para Preparação da AQS, Na	33,78 (kWh/m².ano)

Cálculo das Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária (Ntc)

	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic	89,02	(kWh/m².ano)
	/	
Eficiência de conversão do sistema de aquecimento, η_i	0,87	
	x	
Factor de conversão F_{pui} entre energia útil e energia primária	0,086	(kgep/kWh)
	+	
	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Arrefecimento - Nvc	1,48	(kWh/m².ano)
	/	
Eficiência de conversão do sistema de arrefecimento, η_v	3	
	x	
Factor de conversão F_{puv} entre energia útil e energia primária	0,29	(kgep/kWh)
	+	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	11,98	(kWh/m².ano)
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,086	(kgep/kWh)
	=	
Cálculo das Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc	1,92	(kgep/m².ano)
	≤	
Limite máximo das nec. Anuais Globais de Energia Primária, Nt	5,57	(kgep/m².ano)
sabendo que:		
Necessidades nominais de aquec. máximas - Ni (kWh/m².ano)	93,86	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv (kWh/m².ano)	18	
Limite máximo das necessides para preparação da AQS, Na (kWh/m².ano)	33,78	

Resumo das Necessidades de Energia Primária

Parcela Aquecimento (kgep/m².ano)	0,88	45,71 % Ntc
Parcela Arrefecimento (kgep/m².ano)	0,01	0,74 % Ntc
Parcela AQS (kgep/m².ano)	1,03	53,54 % Ntc
Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc (kgep/m².ano)	1,92	

CYPE – PROYECTO TÉRMICO

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

2.3.- Folhas de cálculo

2.3.1.- Inverno

Fracção autónoma: Moradia

Folha de cálculo FC IV.1a Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Parede Exterior	128.32	0.46	59.03
Pilar	4.30	0.69	2.97
Porta em fachada	2.00	2.34	4.68
Pontes térmicas planas (Vigas)	9.84	0.60	5.90
P.T. Caixa de estore: caixa de estore	7.88	0.86	6.78
TOTAL			79.37

Pavimentos exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
TOTAL			0.00

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
TOTAL			0.00

Paredes e pavimentos em contacto com o solo	Perímetro (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ·B (W/°C)
Muro da Cave	3.39	2.50	8.47
Laje terra	18.82	1.32	24.84
TOTAL			33.32

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Pontes térmicas lineares Ligações entre:	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	$\Psi \cdot B$ (W/°C)
Fachada com os pavimentos térreos	15.42	0.75	11.57
Fachada com pavimentos não aquecidos e exteriores	78.65	0.61	47.98
Fachada com pavimentos intermédios	33.21	0.31	10.30
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	0.00	0.00	0.00
Fachada com varanda	0.00	0.00	0.00
Duas paredes verticais	23.40	0.20	4.68
Fachada com caixa de estore	12.10	0.00	0.00
Fachada com padieira, ombreira ou peitoril	74.40	0.20	14.88
TOTAL			89.41

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Folha de cálculo FC IV.1b Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
Parede interior com a circulação comum	15.62	0.54	0.70	5.90
Parede interior com a circulação comum	14.04	0.54	0.50	3.79
TOTAL				9.69

Pavimentos sobre espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
Laje entre pisos	90.97	0.40	0.60	21.83
TOTAL				21.83

Coberturas interiores (tectos sob espaços não-úteis)	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
Desvão	132.55	0.35	0.80	37.11
TOTAL				37.11

Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U·A·τ (W/°C)
Porta	1.61	2.34	0.50	1.89
TOTAL				1.88

Pontes térmicas lineares (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com $\tau \geq 0.7$) Ligações entre:	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	τ (-)	Ψ·B·τ (W/°C)
TOTAL				0.00

Perdas pela envolvente interior da fracção autónoma (W/°C) **TOTAL 70.51**

Folha de cálculo FC IV.1c Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Verticais:			
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
TOTAL			56.75

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	0.80	2.50	2.00
Tipo 1	0.80	2.50	2.00
Tipo 1	0.80	2.50	2.00
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	6.00	2.50	15.00
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	0.80	2.50	2.00
Horizontais:			
TOTAL			56.75

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Folha de cálculo FC IV.1d Perdas associadas à renovação de ar

Área útil de pavimento (Ap)	172.65	(m ²)
	x	
Pé direito médio (ponderado)	2.60	(m)
	=	
Volume interior (V)	448.89	(m ³)

VENTILAÇÃO NATURAL		
Cumpre NP 1037-1?	(S ou N)	N
Se NÃO:		Se SIM: RPH =
Classe de caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	s/c
Caixas de estore	(S ou N)	S
Classe de exposição	(1, 2, 3 ou 4)	2
Aberturas auto-reguladas?	(S ou N)	N
Área de envidraçados > 15% Ap?	(S ou N)	N
Portas exteriores bem vedadas?	(S ou N)	S

Taxa de renovação nominal

RPH = 1.00

VENTILAÇÃO MECÂNICA (excluir exaustor de cozinha)		
Caudal de insuflação	V _{ins} - (m ³ /h)	
Caudal extraído	V _{ev} - (m ³ /h)	
Diferença entre V _{ins} e V _{ev}	(m ³ /h)	
Infiltrações	V _x	
Recuperador de calor	(S ou N)	
Taxa de renovação nominal	(Mínimo: 0.6)	
Consumo de electricidade para os ventiladores		

V_f =

V =

Volume int. RPH

Se SIM: η =

Se NÃO: η = 0

(V_f / V + V_x)

(Ev=Pv.24.0,03 M (kWh))

Volume	448.89	
	x	
Taxa de renovação nominal	1.00	
	x	
	0.34	
	x	
	1.00	(1 - η)
	=	
TOTAL	152.62	(W/°C)

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Folha de cálculo FC IV.1e Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área (m²)	Factor de orientação (-)	Factor solar do vão envidraçado (-)	Factor de obstrução (-)	Fracção envidraçada (-)	Factor de sel. angular (-)	Área efectiva (m²)
W	Duplo	1.50	0.56	0.63	0.76	0.60	0.90	0.22
S	Duplo	1.50	1.00	0.63	0.81	0.60	0.90	0.41
S	Duplo	1.50	1.00	0.63	0.81	0.60	0.90	0.41
S	Duplo	0.80	1.00	0.63	0.70	0.60	0.90	0.19
N	Duplo	0.80	0.27	0.63	1.00	0.60	0.90	0.07
N	Duplo	0.80	0.27	0.63	1.00	0.60	0.90	0.07
S	Duplo	1.50	1.00	0.63	0.70	0.60	0.90	0.36
S	Duplo	1.50	1.00	0.63	0.70	0.60	0.90	0.36
N	Duplo	1.50	0.27	0.63	1.00	0.60	0.90	0.14
N	Duplo	1.50	0.27	0.63	1.00	0.60	0.90	0.14
W	Duplo	6.00	0.56	0.63	0.57	0.60	0.90	0.65
E	Duplo	1.50	0.56	0.63	0.45	0.60	0.90	0.14
E	Duplo	1.50	0.56	0.63	0.54	0.60	0.90	0.15
S	Duplo	0.80	1.00	0.63	0.70	0.60	0.90	0.19

Área efectiva total equivalente na orientação SUL (m²)

3.50

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G_{sul}) na zona I2 (kWh/m².mês)

93.00

Duração da estação de aquecimento (meses)

7.0

Ganhos solares brutos (kWh/ano)

2278.50

Ganhos internos:

Ganhos internos médios

4.00 (W/m²)

x

Duração da estação de aquecimento

7.0 (meses)

x

Área útil de pavimento

172.65 (m²)

x

0.72

=

Ganhos internos brutos

3480.62 (kWh/ano)

Ganhos totais úteis:

$\gamma = \frac{\text{Ganhos solares brutos} + \text{Ganhos internos}}{\text{Nec. brutas de aquecimento}}$

5759.12

20821.54

Inércia do edifício:

Forte

$\gamma = 0.28$

Factor de utilização dos ganhos solares (η)

1.00

x

Ganhos solares brutos + Ganhos internos

5759.12

=

Ganhos totais úteis (kWh/ano)

5759.12

Folha de cálculo FC IV.1f
Valor máximo das necessidades de aquecimento (Ni)**FACTOR DE FORMA**

Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)

m²

Paredes exteriores

152.34

Coberturas exteriores

0.00

Pavimentos exteriores

0.00

Envidraçados exteriores

22.70

Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes $A \cdot \tau$)

Paredes interiores

17.95

Coberturas interiores

106.04

Pavimentos interiores

54.58

Envidraçados interiores

0.81

Área total:

354.42

/

Volume:

448.89

=

FF

0.79

Graus-dia no local (°C.dia)

1800

 $N_i = 4,5 + 0,0395 \text{ GD}$ para $FF \leq 0.5$ $N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}$ para $0.5 < FF \leq 1$ $N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037 \text{ FF}) \text{ GD}] (1,2 - 0,2 \text{ FF})$ para $1 < FF \leq 1.5$ $N_i = 4,05 + 0,06885 \text{ GD}$ para $FF > 1.5$ Nec. nom. de aquecimento máximas - Ni (kWh/m².ano)

95

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Folha de cálculo FC IV.2 Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente exterior	202.10
Envolvente interior	70.51
Vãos envidraçados	56.75
Renovação de ar	152.62

	=
Coeficiente global de perdas (W/°C)	481.98
	x
Graus-dias (°C.dia)	1800
	x
	0.024
	=
Necessidades brutas de aquecimento (kWh/ano)	20821.54
	+
Consumo de electricidade para os ventiladores (kWh/ano)	0.00
	-
Ganhos totais úteis (kWh/ano)	5759.12
	=
Necessidades de aquecimento (kWh/ano)	15062.42
	/
Área útil de pavimento (m²)	172.65
	=
Nec. nominais de aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	87
	<
Nec. nom. de aquecimento máximas - Ni (kWh/m².ano)	95

2.3.2.- Verão

Fracção autónoma: Moradia

Folha de cálculo FC V.1a
Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U·A)	79.37	(W/°C)
	+	
Perdas associadas a os pavimentos exteriores (U·A)	0.00	(W/°C)
	+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U·A)	0.00	(W/°C)
	+	
Perdas associadas a os envidraçados exteriores (U·A)	56.75	(W/°C)
	+	
Perdas associadas à renovação de ar	152.62	(W/°C)
	=	
Perdas específicas totais (Q _{1a})	288.74	(W/°C)

Temperatura interior de referência	25	(°C)
	-	
Temperatura média do ar exterior na estação arrefecimento	19	(°C)
	=	
Diferença de temperatura interior-exterior	6	(°C)
	x	
Perdas específicas totais (Q _{1a})	288.74	(W/°C)
	x	
	2.928	
	=	
Perdas térmicas totais (Q _{1b})	5072.58	(kWh)

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Folha de cálculo FC V.1b Perdas associadas a coberturas e envidraçados exteriores

Perdas associadas às coberturas exteriores

Coberturas exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
		TOTAL	0.00

Perdas associadas a os envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² °C)	U·A (W/°C)
<i>Verticais:</i>			
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	0.80	2.50	2.00
Tipo 1	0.80	2.50	2.00
Tipo 1	0.80	2.50	2.00
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	6.00	2.50	15.00
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	1.50	2.50	3.75
Tipo 1	0.80	2.50	2.00
<i>Horizontais:</i>			
		TOTAL	56.75

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Folha de cálculo FC V.1c Ganhos solares pela envolvente opaca

Orientação	Área (m²)	U (W/m²°C)	Coef. Absor. (α)	U·A·α (W/°C)	Rad. solar (kWh/m²)	Factor solar	Ganhos solares (kWh)
W	28.34	0.46	0.50	6.52	450	0.04	117.36
S	49.62	0.46	0.50	11.41	420	0.04	191.77
S	3.42	0.69	0.50	1.18	420	0.04	19.82
N	27.10	0.46	0.50	6.24	200	0.04	49.88
E	23.26	0.46	0.50	5.35	450	0.04	96.30
N	0.88	0.69	0.50	0.30	200	0.04	2.44
W	2.30	0.60	0.50	0.69	450	0.04	12.42
S	3.69	0.60	0.50	1.11	420	0.04	18.56
N	2.05	0.60	0.50	0.61	200	0.04	4.92
E	1.80	0.60	0.50	0.54	450	0.04	9.72
W	1.80	0.86	0.50	0.78	450	0.04	13.95
S	3.04	0.86	0.50	1.30	420	0.04	21.92
N	1.84	0.86	0.50	0.79	200	0.04	6.32
E	1.20	0.86	0.50	0.52	450	0.04	9.27
E	2.00	2.34	0.50	2.34	450	0.04	42.12
TOTAL							616.77

Folha de cálculo FC V.1d Ganhos solares pelos envidraçados exteriores

Orientação	Área (m²)	Factor solar do vão envidraçado	Fracção envidraçada	Factor de obstrução	Factor sel. vidro	Área efectiva (m²)	RS (kWh/m²)	Ganhos solares (kWh)
W	1.50	0.27	0.60	0.90	0.85	0.19	450	85.50
S	3.00	0.27	0.60	0.90	0.75	0.33	420	138.60
S	4.60	0.27	0.60	0.70	0.75	0.39	420	163.80
N	4.60	0.27	0.60	0.98	0.80	0.58	200	116.00
W	6.00	0.27	0.60	0.60	0.85	0.50	450	225.00
E	1.50	0.27	0.60	0.55	0.85	0.11	450	49.50
E	1.50	0.27	0.60	0.53	0.85	0.11	450	49.50
TOTAL								827.90

Folha de cálculo FC V.1e Ganhos internos

Ganhos internos médios	4.00 (W/m²)
	x
Área útil de pavimento	172.65 (m²)
	x
	2.928
	=
Ganhos internos totais	2022.08 (kWh)

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Folha de cálculo FC V.1f Ganhos totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos solares pelos envidraçados exteriores	827.90	(kWh)
	+	
Ganhos solares pela envolvente opaca	616.77	(kWh)
	+	
Ganhos internos	2022.08	(kWh)
	=	
Ganhos térmicos totais	3466.75	(kWh)

Folha de cálculo FC V.1g Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais	3466.75	(kWh)
	/	
Perdas térmicas totais	5072.58	(kWh)
	=	
γ	0.68	
Inércia do edifício	Forte	

	1.0	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η	0.93	
	=	
	0.07	
	x	
Ganhos térmicos totais	3466.75	(kWh)
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	242.67	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor de cozinha excluído)	0.00	(Ev=Pv.24.0,03.4 (kWh))
	=	
TOTAL	242.67	(kWh/ano)
	/	
Área útil de pavimento	172.65	(m²)
	=	

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc	1.41	(kWh/m².ano)
	≤	
Necessidades nominais de arref. máximas - Nv	18	(kWh/m².ano)

2.3.3.- AQS

Fracção autónoma: Moradia

Folha de Cálculo dos Indicadores das AQS

Necessidades de energia para preparação das Águas Quentes Sanitárias

Energia dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS (Q_a)Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS} $M_{AQS} = 40 \text{ litros} \times n.^o \text{ de ocupantes (Quadro VI.1)}$

200

x

4187

x

Aumento da temperatura necessária para preparar as AQS, DT

45

x

Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)

365

=

13754295000

/

3600000

=

Energia dispend. com sist. convenc. de preparação de AQS, Q_a [kWh/ano]

3820.64

Necessidades de energia para preparação das AQS (N_{ac})Energia útil dispendida com sistemas convencionais de AQS, Q_a

3820.64

/

Eficiência de conversão desses sistemas de AQS, η_a

0.87

=

4391.54

-

Contribuição de sist. de colectores solares para o aquec. de AQS, E_{solar} [kWh/ano]

2294.0

-

Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para o aquec. de AQS, E_{ren} [kWh/ano]

0.00

=

2097.54

/

Área útil de pavimento [m^2]

172.65

=

Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/ m^2 .ano]

12.15

Necessidades de energia máxima para a preparação de AQS, (N_a)

0.081

x

Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}

200

x

Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)

365

=

5913.00

/

Área útil de pavimento [m^2]

172.65

=

Necessid. máx. de energia para a preparação de AQS, N_a [kWh/ m^2 .ano]

34.25

RCCTE

Nome da Obra: Análise 2
Moradia em Portimão

Data: 29/06/09

Necessidades de energia para preparação das AQS, N_{ac} [kWh/m².ano]

≥

12.15

2.3.4.- Energia

Fracção autónoma: Moradia

Folha de Cálculo dos Indicadores

Valores limites das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento

Conversão de Energia Útil para Energia Primária

Electricidade, F_{pu} [kgep/kWh]

0.290

Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, F_{pu} [kgep/kWh]

0.086

Necessidades globais anuais nominais específicas de energia primária (Ntc)

Necessidades Nominais de Aquecimento, N_{ic} [kWh/m².ano]

87.24

Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de aquecim., η_i

0.870

Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pui}

0.086

Necessidades Nominais de Arrefecimento, N_{vc} [kWh/m².ano]

1.41

Eficiência nominal do equipamento utilizado p/ o sist. de arrefec., η_v

3.000

Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{puv}

0.290

Necessidades Nominais para preparação de AQS, N_{ac} [kWh/m².ano]

12.15

Conversão de Energia Útil para Energia Primária, F_{pua}

0.086

Neces. globais de anuais nominais de energia primária, N_{tc} [kgep/m².ano]

1.92

Necessidades máximas globais anuais nominais específicas de energia primária (Nt)

Necessidades Nominais de Aquecimento Máximas, N_i [kWh/m².ano]

94.91

Necessidades Nominais de Arrefecimento Máximas, N_v [kWh/m².ano]

18.00

Necessidades Máx. Nominais para preparação de AQS, N_a [kWh/m².ano]

34.25

Neces. máx. globais de anuais nominais de energia primária, N_t [kgep/m².ano]

5.64

≥

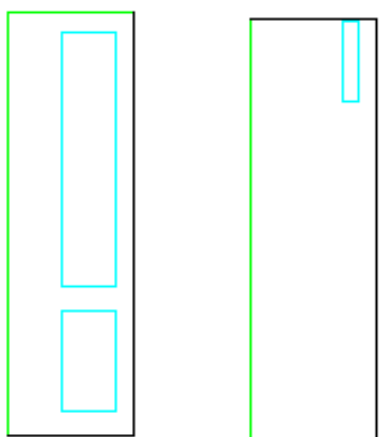
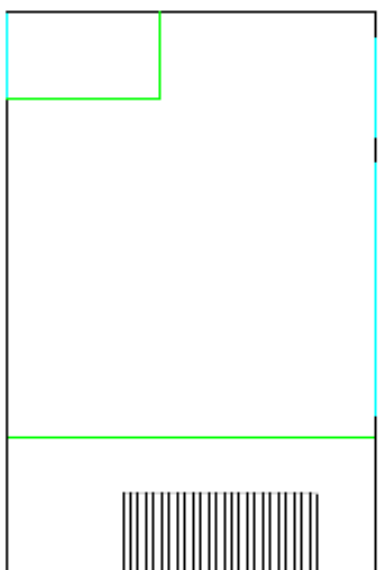
Neces. globais de anuais nominais de energia primária, N_{tc} [kgep/m².ano]

1.92

A4

**DESCRIÇÃO DA AMOSTRA
UTILIZADA PARA O ESTUDO DE
SENSIBILIDADE [7]**

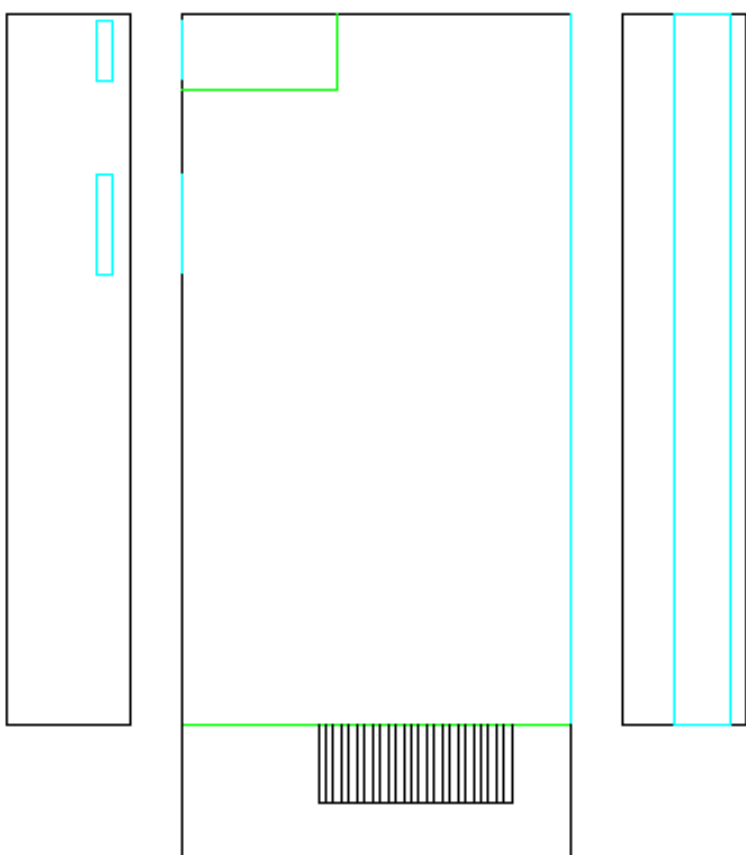
FE01-Apartamento



Escala 1/100



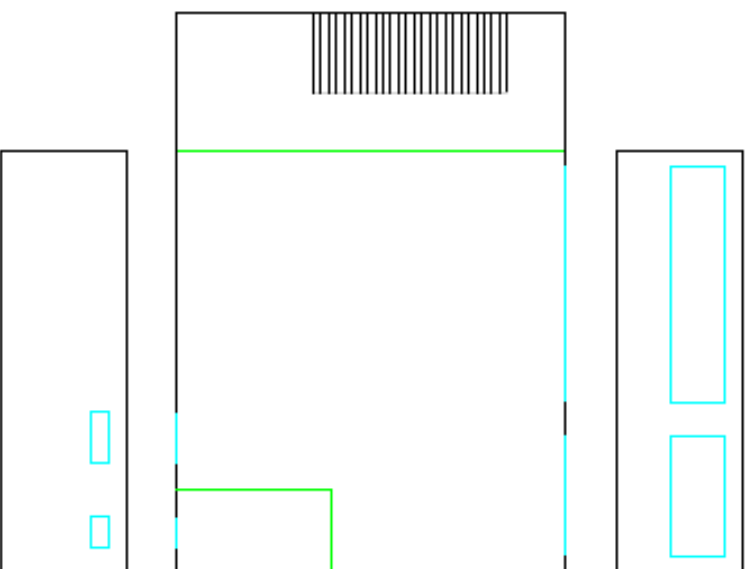
FE02-Moradia



Área enviaçada
Envolvente exterior
Separação entre
zonas aquecidas
de não aquecidas

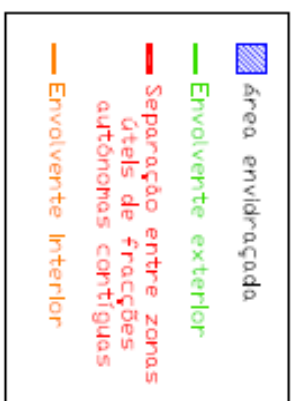
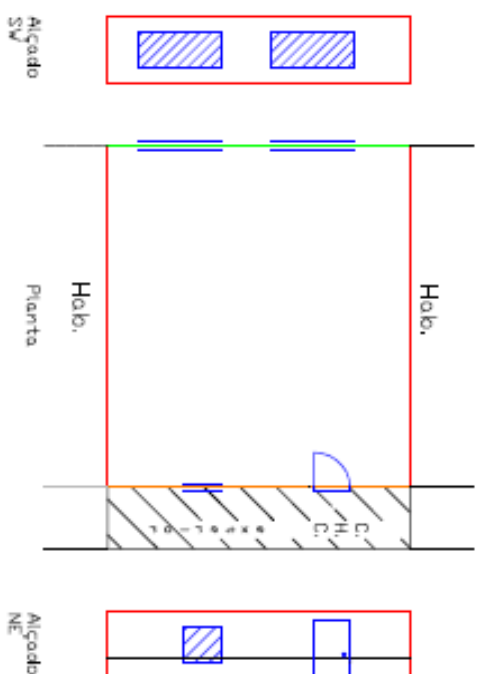
Escala 1/100

FE03-Apartamento



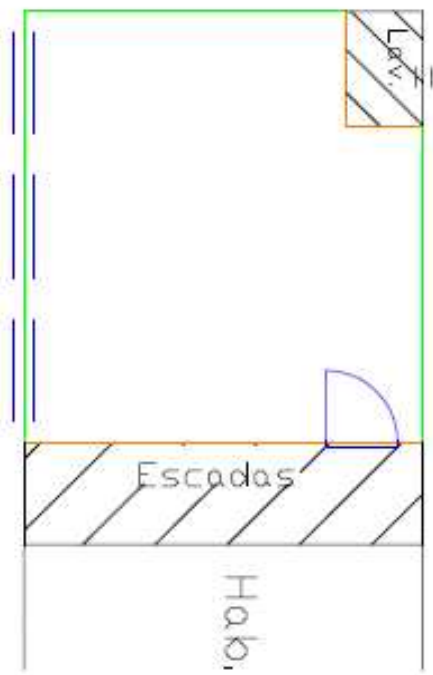
Escala 1/100

FF01-Apartamento



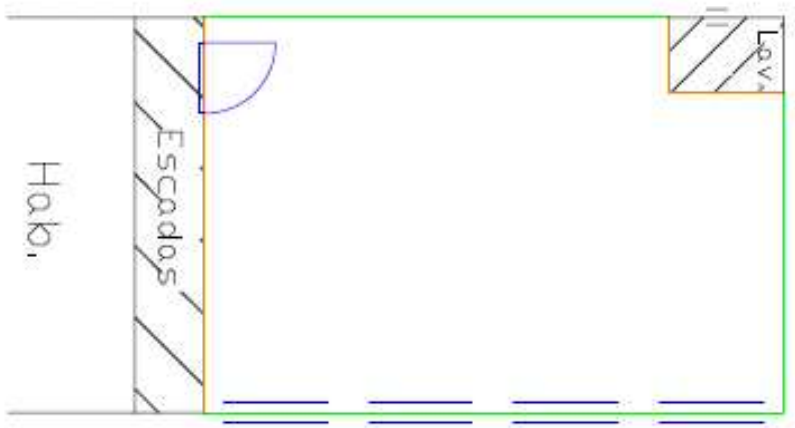
Escala 1/200

FF02-Apartamento



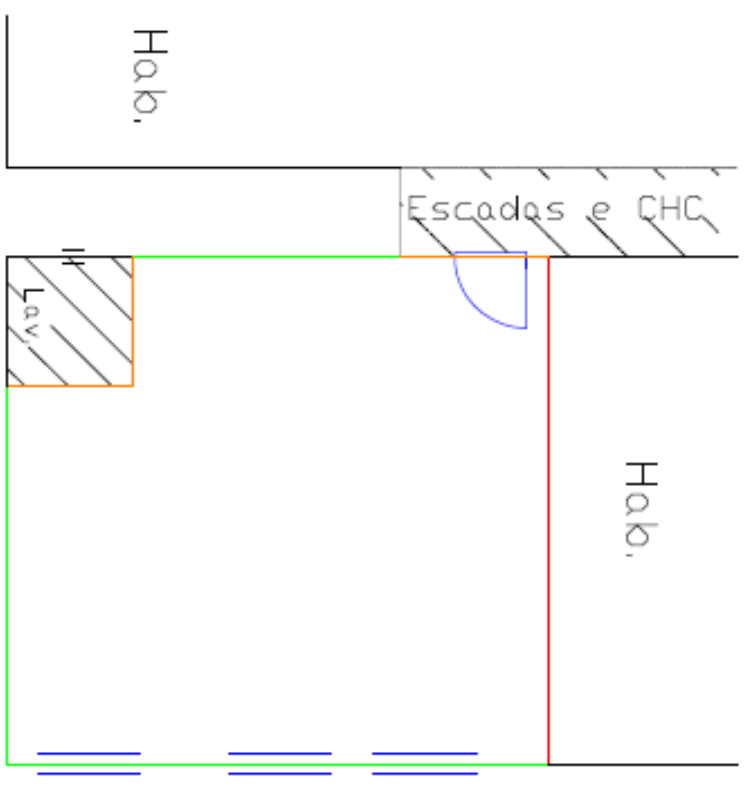
Escala 1/100

FF03-Apartamento



Escala 1/100

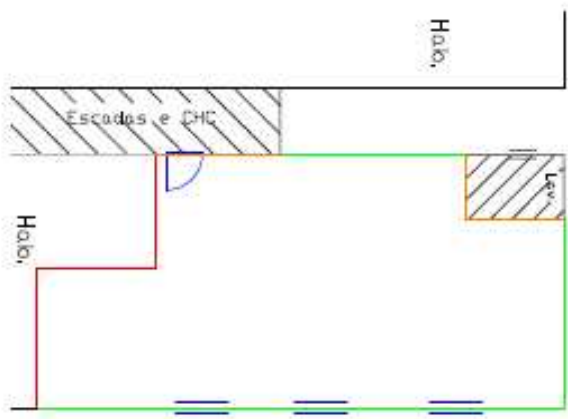
FF04-Aparamento



- Área envidraçada
- Envolvente exterior
- Separação entre zonas autónomas contíguas
- Envolvente interior

Escala 1/100

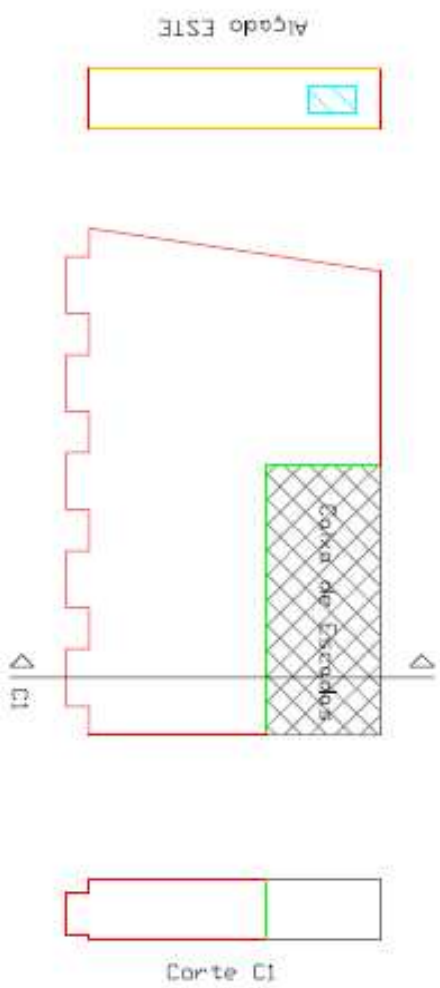
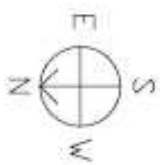
FF05-Apartamento



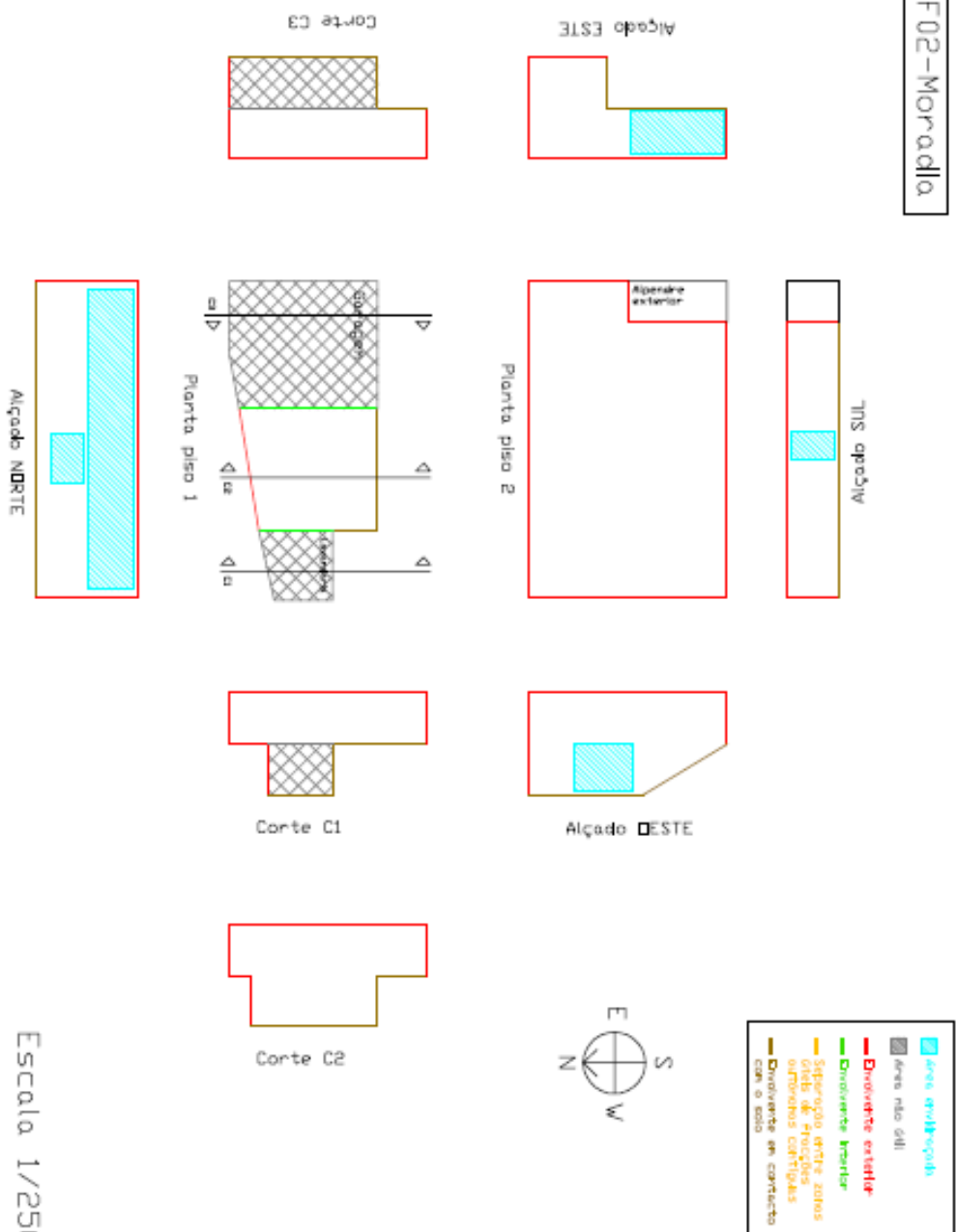
Escala 1/200

NF01-Apartamento

Escala 1/200

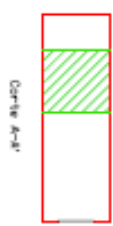
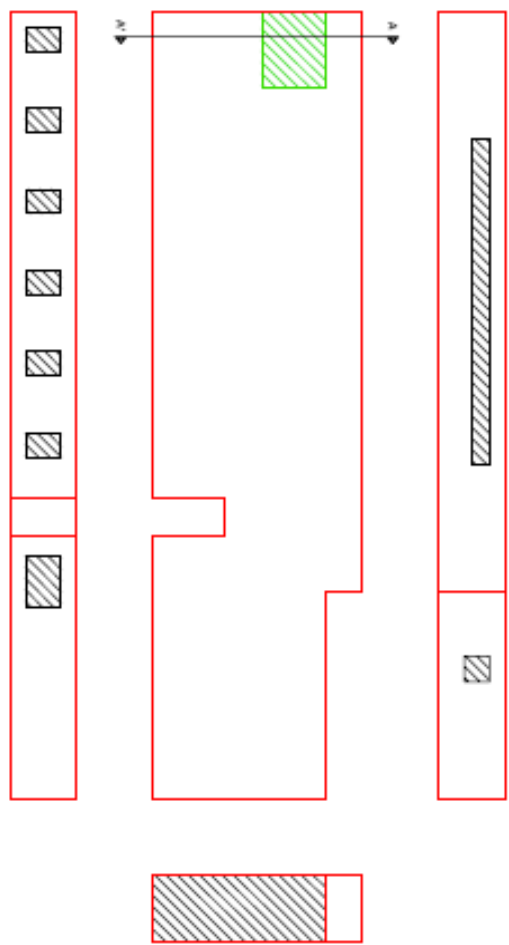
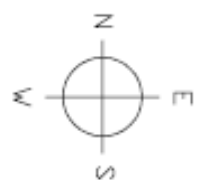


NF02-Morada



Escala 1/250

PP02-Morada



Escala 1/200

- área enviaçada
- área não útil
- Envolvente exterior
- Envolvente interior
- Separação entre zonas úteis de fracções autónomas contíguas

PP03-Apartamento

TI (empena)



área envolvrada

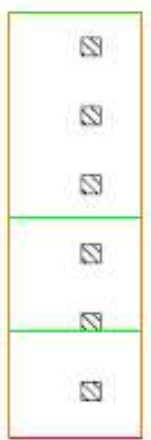
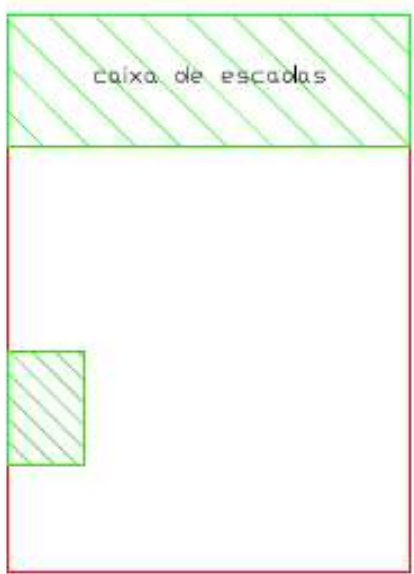
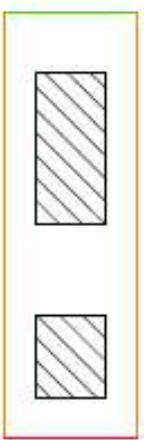
área não útil

Envolvente exterior

Envolvente interior

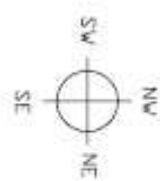
separação entre zonas úteis de frações autónomas contíguas

Escala 1/100



PP04-Apartamento

T2



Área envidraçada

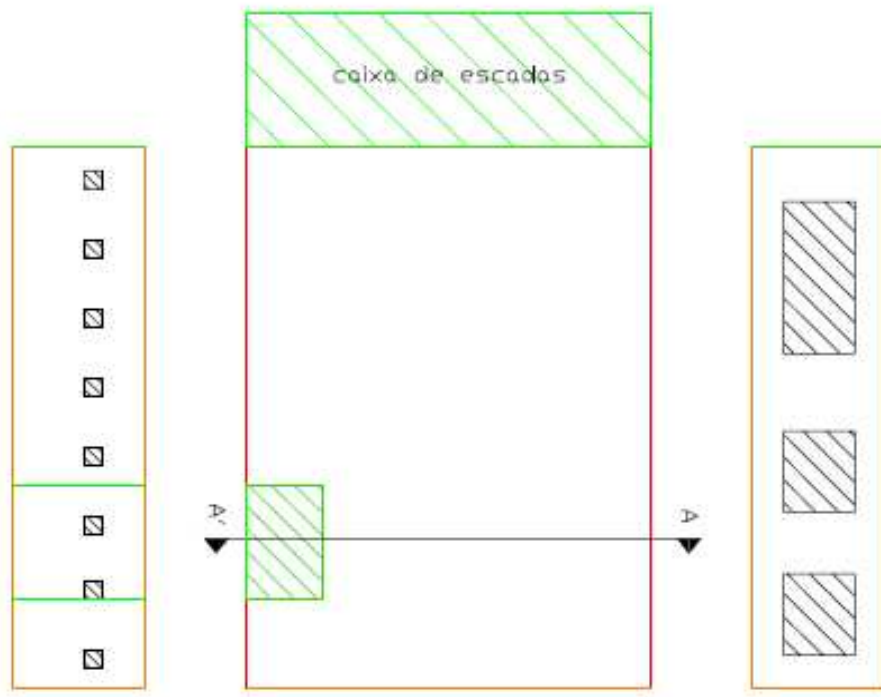
Área não útil

Envolvente exterior

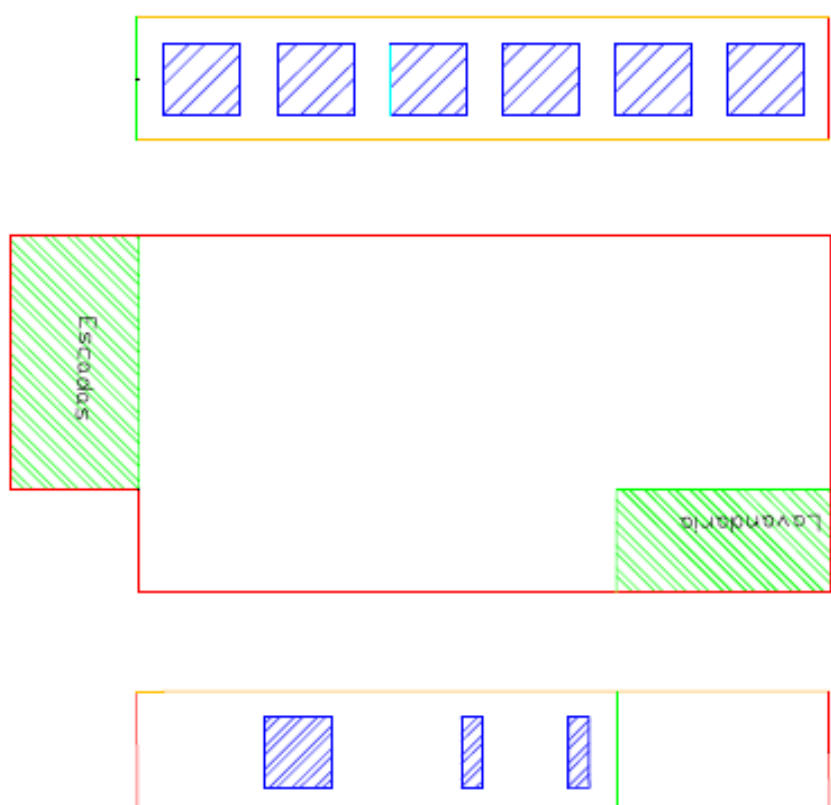
Envolvente interior

Separação entre zonas úteis de fracções autónomas contíguas

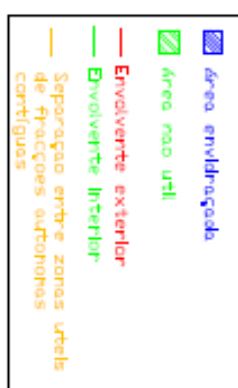
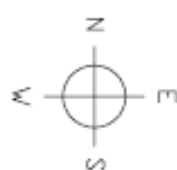
Escala 1/100



PT01-Apartamento

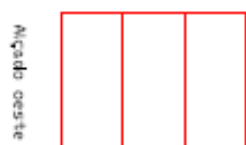
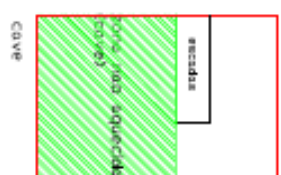
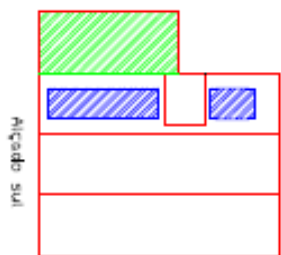


Alçado sul



Escala 1/100

PT02-Morada



Alçado sul

Cove

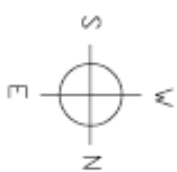
Alçado oeste

piso 1

piso 2

Alçado norte

Alçado este



Escala 1/200