

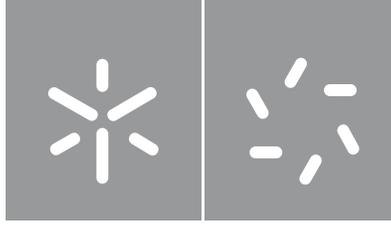


Rafaela Carina Loureiro Rebelo

**Estudo do Impacto das Medidas de Melhoria
no Âmbito da Certificação Energética**

Universidade do Minho
Escola de Ciências





Universidade do Minho

Escola de Ciências

Rafaela Carina Loureiro Rebelo

**Estudo do Impacto das Medidas de Melhoria
no Âmbito da Certificação Energética**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Ciências e Tecnologias do Ambiente
Especialização em Energia

Trabalho efetuado sob a orientação do
Doutor Francisco José Machado de Macedo
Engenheiro Rui Pedro Monteiro Dantas Silva Pereira

Despacho RT - 31 /2019 - Anexo 3

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho

[Caso o autor pretenda usar uma das licenças Creative Commons, deve escolher e deixar apenas um dos seguintes ícones e respetivo lettering e URL, eliminando o texto em itálico que se lhe segue. Contudo, é possível optar por outro tipo de licença, devendo, nesse caso, ser incluída a informação necessária adaptando devidamente esta minuta]



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, sem eles nada seria possível, nem mesmo a minha formação. Agradeço, também, aos meus avós e aos padrinhos, que ajudaram em tudo o que estava ao seu alcance.

Ao meu orientador externo, Engenheiro Rui Pereira, pela oportunidade que proporcionou e pelo contacto com STEG, que se dedicou a tornar-me capaz de trabalhar com esta área da energia. À STEG pelas experiências proporcionadas e um agradecimento especial à Engenheira Daniela Pereira por dedicar do seu tempo e a sua visão crítica neste trabalho.

Ao meu orientador interno, Professor Francisco Macedo, pela disponibilidade para me esclarecer o melhor que sabe, nas várias reuniões e emails. Também pelas horas que dedicou a este trabalho e pelas oportunidades que me proporcionou sempre com vista à melhoria/maturação deste trabalho.

Ao Pedro, por tentar perceber cada palavra que leu, incansavelmente, e pelo encorajamento para que nunca desmotivasse. E, ainda, por cada domingo que dedicou a este meu objetivo de vida.

À dona Alice Fernandes, em que após estes cinco anos no ensino superior, não esqueço as suas palavras: “*Vai! Se não fizeres o curso em três anos, fazes em quatro, mas vai!*” Na época não se pensava na possibilidade de uma tese de mestrado.

À minha amiga Fátima Pinheiro por me incentivar a tirar um mestrado nesta instituição. E ao marido, António Pinheiro que sabia que eu iria encontrar o meu caminho.

À minha amiga Raquel Pereira, que ainda não terminou a sua tese de mestrado, mas que não me deixou congelar a matrícula da licenciatura, não há palavras que descrevam a minha gratidão.

À minha amiga Liliana Ribeiro por me incentivar a escolher um curso que me agradasse e a não ligar a opiniões alheias ou a taxas de empregabilidade. E, também, à professora Cristina Leal pela ajuda em pesquisar alguns cursos dentro das áreas que me agradavam.

Aos meus amigos Pedro Ribeiro, Rosa Marques e Eunice Costa pelas constantes perguntas sobre o estado da tese, deram alento. E à Sara Vieira pela ajuda em algumas partes da formatação.

A todos estes “pilares”, muito obrigada por ajudarem a construir a minha casa...o meu projeto... a minha tese.

Despacho RT - 31 /2019 - Anexo 4

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

O aumento continuado do consumo energético durante as últimas décadas, alicerçado, até há pouco mais de dez anos, quase exclusivamente em combustíveis fósseis, trouxe consigo um conjunto de questões ambientais, de onde se destacam a poluição urbana e o aquecimento global com todas as consequências daí decorrentes.

Como parte da estratégia global para assegurar a sustentabilidade energética e ambiental, têm vindo a ser implementadas políticas para a eficiência energética e incentivos ao uso de energias renováveis, que possam ajudar a mitigar a grave situação criada. A regulamentação dos setores energético e ambiental, tem como um dos seus vetores a promoção desta eficiência e da certificação energética. O setor habitacional, pela sua dimensão e características, é um dos alvos prioritários dessa estratégia.

Este trabalho consiste numa auditoria energética às características existentes de uma habitação, e conseqüente proposta de medidas de melhoria. Para isso, recorreu-se ao Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e a instrumentos de cálculo padrão, como a folha de cálculo PTnZEB. Estes instrumentos permitem calcular os valores dos indicadores de desempenho energético, bem como a classe energética respetiva.

O edifício em estudo é do tipo multifamiliar existente, com três tipologias de habitação e dois pisos. As medidas de melhoria propostas para estudo consistiram em isolamentos em fachadas, coberturas e vãos, e em sistemas de climatização e de preparação de água quente sanitária (AQS). Foram também aferidas as emissões de dióxido de carbono (CO₂) e ainda, o período de retorno simples (PRS) destas medidas para cada habitação.

A análise energética permitiu concluir que as medidas apresentam um impacto maior quando implementadas conjuntamente. No que respeita aos valores das emissões existe uma melhoria evidente antes e após implementar as medidas conjuntas. Economicamente, o PRS varia entre habitações em consequência das soluções pretendidas para cada fração.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Certificação Energética; PTnZEB; Edifícios Existentes; Auditoria Energética

ABSTRACT

The continued increase in energy consumption over the last few decades, based, until just over ten years ago, almost exclusively on fossil fuels, brought with it a set of environmental issues, from which urban pollution and global warming stand out with all the consequences arising therefrom.

As part of the global strategy to ensure energy and environmental sustainability, policies for energy efficiency and incentives for the use of renewable energies have been implemented, which can help to mitigate the current situation. The regulation of the energy and environmental sectors aims at the promotion of this efficiency and energy certification, being the residential sector, due to its size and characteristics, among the priority targets of this strategy.

This work consists of an energy audit of the existing characteristics of a building and the consequent proposal for improvement measures. For this, the Energy Performance Regulation of Housing Buildings (REH) and standard calculation instruments, such as the PTnZEB spreadsheet, were used. These instruments make it possible to calculate the values of the energy performance indicators, as well as the respective energy class.

The building under study is of the existing low-rise apartment, with three types of housing and two floors. The improvement measures proposed for the study consisted of the insulation on facades, roofs and openings, and air conditioning and domestic hot water systems. Carbon dioxide (CO₂) emissions and the simple return period of these measures were also measured for each dwelling.

The energy analysis made it possible to conclude that the measures have a greater impact when implemented jointly. About the emissions figures, there is an evident improvement before and after implementing the joint measures. Economically, the PRS varies between households as a result of the desired solutions for each apartment.

Keywords: Energy Efficiency; Energetic Certification; PTnZEB; Existing Buildings; Energy Audit.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Diagramas.....	xii
Lista de Gráficos.....	xii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Motivação e Objetivos.....	3
1.3. Apresentação da Empresa.....	3
1.4. Estrutura da Tese.....	4
2. Estado da Arte.....	7
2.1. Certificação Energética – Eficiência Energética numa Habitação.....	7
2.1.1. Certificado Energético/Caracterização de Auditoria Energética.....	7
2.1.2. Legislação Nacional Aplicada aos Edifícios de Habitação.....	9
2.1.3. Sistema de Certificação de Edifícios de Habitação.....	10
2.2. Folhas de Cálculo Disponíveis.....	11
2.2.1. ITEcons.....	11
2.2.2. PTnZEB.....	11
3. Metodologia de Cálculo.....	13
3.1. Parâmetros Climáticos.....	14
3.2. Definição de b_p	16
3.3. Envoltentes Opacas.....	17
3.4. Envoltente Envidraçada.....	19
3.5. Pontes Térmicas Planas.....	21

3.6.	Pontes Térmicas Lineares	21
3.7.	Inércia Térmica	22
3.8.	Ventilação	23
3.9.	Sistemas Técnicos	23
3.10.	Sistemas de Preparação de AQS.....	23
3.11.	Necessidades Nominais de Energia	25
3.11.1.	Necessidades Nominais de Energia Útil para Aquecimento.....	26
3.11.2.	Necessidades Nominais de Energia Útil para Arrefecimento	30
3.11.3.	Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária	35
4.	Descrição do Caso de Estudo.....	39
4.1.	Dados do Imóvel	39
4.2.	Parâmetros Climáticos	41
4.3.	Levantamento Dimensional e Envolventes.....	42
4.4.	Caracterização da Habitação	46
4.4.1.	Envolvente Opaca	47
4.4.2.	Envolvente Envidraçada	49
4.4.3.	Ventilação.....	50
4.4.4.	Sistemas Energéticos.....	51
5.	Estudo do Impacto das Medidas de Melhoria.....	53
5.1.	Estudo Energético	53
5.1.1.	Aplicação de Isolamento nas Paredes Exteriores	54
5.1.2.	Aplicação de Isolamento nas Coberturas (Interior e Exterior).....	54
5.1.3.	Substituição dos Vãos Envidraçados.....	55
5.1.4.	Implementação de Sistemas para Aquecimento e Arrefecimento Ambiente	58
5.1.5.	Substituição do Sistema de Preparação AQS.....	60
5.1.5.1.	Implementação de um Sistema (de circulação forçada) com Coletor Solar Térmico e Termoacumulador Elétrico	62
5.1.5.2.	Implementação de uma Bomba de Calor.....	66
5.1.6.	Cenário Final	68
5.2.	Estudo das Emissões de CO ₂	69
5.3.	Estudo Económico	71

6. Resultados e Discussão	75
6.1. Análise Energética.....	75
6.1.1. Medida de Melhoria nas Fachadas.....	76
6.1.2. Medida de Melhoria nas Coberturas.....	77
6.1.3. Medida de Melhoria nos Vãos e Grelhas Fixas	78
6.1.4. Medida de Melhoria no Sistema de Aquecimento e Arrefecimento Ambiente	80
6.1.5. Medida de Melhoria no Sistema de Preparação de AQS.....	82
6.1.6. Medidas de Melhoria Conjuntas (Cenário Final)	84
6.2. Análise às Emissões de CO ₂	88
6.3. Análise Económica	90
7. Considerações Finais	97
Bibliografia	101
Anexos	

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.2.2.1 - Exemplo da interface da ferramenta de cálculo PTnZEB.....	12
Figura 3.1.1 - Zonas climáticas de verão e de inverno em Portugal Continental [17]......	15
Figura 3.1.2 - Interface da ferramenta CLIMA-SCE.	15
Figura 3.11.1 - Desempenho energético de uma habitação real e de referência [26].	25
Figura 3.11.1.1 - Valores de $H_{t,i}$ e $H_{ve,i}$ para a habitação 416 A.	26
Figura 3.11.1.2 - Valores de $Q_{t,i}$ e de $Q_{ve,i}$ para os dois balanços.	27
Figura 3.11.1.3 - Valores dos ganhos solares brutos (Q_g) para os dois balanços.....	29
Figura 3.11.2.1 - Valores de $H_{ve,v}$ e $H_{t,v}$ para o balanço real.....	31
Figura 3.11.2.2 - Valores de $Q_{t,v}$ e de $Q_{ve,v}$ para o balanço real.....	32
Figura 3.11.2.3 - Valores de Q_g para os dois balanços.	34
Figura 3.11.3.1 - Valores de energia útil e de energia primária para os dois balanços e relação entre eles.	37
Figura 4.1.1 - Parte da fachada principal do edifício estudado.....	40
Figura 4.1.2 - Restante parte da fachada principal do edifício.....	40
Figura 4.1.3 - Fachada das traseiras do edifício.	41
Figura 4.1.4 - Levantamento dimensional do edifício.....	41
Figura 4.3.1 - Levantamento com as cotas e vãos envidraçados exteriores identificados.	43
Figura 4.3.2 - Pormenor dos alçados da planta.....	43
Figura 4.3.3 - Identificação de tipologias de habitação no edifício estudado.	44
Figura 4.3.4 - Elementos construtivos demarcados nas envolventes ao nível de paredes dos dois pisos.	45
Figura 4.3.5 - Identificação de pavimentos e orientação solar de cada fração do piso 0.	46
Figura 4.3.6 - Identificação de coberturas e orientação solar de cada fração do piso 1.	46
Figura 5.1.4.1 - Esquema de funcionamento de um sistema de ar condicionado [35].	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.2.1 - Valores de b_{tr} para a razão A_i/A_o e o V_{enu} , baseados na tabela 22 do despacho n.º 15793-K/2013 [19].	16
Tabela 3.2.2 - Valores de b_{tr} para os ENU identificados no edifício estudado.	17
Tabela 3.3.1 - Valores das resistências térmicas superficiais R_{si} e R_{sej} , baseada na tabela 1 do despacho n.º 15793-K/2013 [19].	18
Tabela 3.3.2 - Valores de U para as espessuras das paredes exteriores de edifícios existentes, segundo o despacho n.º 15793-E/2013.	18
Tabela 3.3.3 - Valores de U_{bt} e U_{bw} de acordo com a profundidade e a resistência térmica do elemento enterrado, baseada na tabela 2 do despacho n.º 15793-E/2013 [20].	19
Tabela 3.4.1 - Valores de Ψ_g para os tipos de caixilharia e de vidro pretendidos, baseada na Questão K14 da ADENE [21].	20
Tabela 3.4.2 - Excerto da tabela 12 do despacho n.º 15793-K/2013, referente aos valores de $g_{L,w}$ para vidros simples [19].	20
Tabela 3.4.3 - Valores de g_{tvc} para as proteções típicas dos vãos das habitações estudadas, baseada na tabela 13 do despacho n.º 15793-K/2013 [19].	21
Tabela 3.6.1 - Valores de Ψ para os diferentes tipos de ligação entre os elementos de uma fração, baseada na tabela 3 do despacho n.º 15793-E/2013 [20].	22
Tabela 3.7.1 - Requisitos a considerar na classificação da inércia térmica de um edifício existente, baseada na tabela 3 do despacho n.º 15793-E/2013 [20].	22
Tabela 3.10.1 - Valores de rendimento de caldeiras e esquentadores para edifícios existentes, baseada na tabela I.16 da portaria n.º 349-B/2013 [24].	24
Tabela 3.11.3.1 - Resumo de cálculo dos indicadores de desempenho para a habitação 416 A.	36
Tabela 3.11.3.2 - Classe Energética, baseada na tabela 1 do despacho n.º 15793-J/2013 [27]. ...	37
Tabela 3.11.3.3 - Relação entre os valores das necessidades nominais e limite de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária de edifícios sujeitos a grandes intervenções, adaptado da tabela I.04 da portaria n.º 349-B/2013 [24].	37
Tabela 4.4.2.1 - Contabilização de vãos exteriores por piso e tipologia de habitação.	49
Tabela 5.1.3.1 - Valores de cada elemento que integra o cálculo de U_w para as diferentes dimensões dos vãos interiores e exteriores.	57
Tabela 5.1.4.1 - Somatório das áreas a climatizar em cada tipologia de habitação.	59

Tabela 5.1.4.2 - Síntese dos valores dos parâmetros mais importantes de cada modelo <i>multisplit</i> .	60
Tabela 5.1.5.1.1 - Características e capacidades disponíveis dos dois termoacumuladores elétricos estudados.	65
Tabela 5.1.5.2.1 - Síntese das principais características das duas bombas de calor pretendidas....	67
Tabela 5.2.1 - Emissões de CO ₂ por espécie arbórea.....	69
Tabela 5.2.2 - Valores das emissões de CO ₂ para os cenários inicial e final.	70
Tabela 5.3.1 - Custo unitários para cada medida de melhoria das envolventes e sistemas.	72
Tabela 6.1.6.1 - Classes energéticas e respetivas percentagens registadas para cada fração.	87
Tabela 6.3.1 - Custos totais de investimento, poupanças anuais e período de retorno simples, após a implementação conjunta das medidas de melhoria, por piso, fração e tipologia.	90
Tabela 6.3.2 - Valores das poupanças anual e acumulada, para a habitação 416 A.....	90

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 2.1.1.1 - Etapas para obtenção de um CE.	8
Diagrama 2.1.2.1 - Despachos relativos ao REH e aspetos mais relevantes de cada um.....	9
Diagrama 2.1.3.1 - Contexto de um edifício no âmbito do REH.	10
Diagrama 5.1.5.1 - Síntese dos principais valores de solar padrão calculados para cada tipologia.	62
Diagrama 5.1.5.1.1 - Modelos de coletores solares térmicos analisados para implementar nas frações de tipologia T ₁	63
Diagrama 5.1.5.1.2 - Modelos de coletores solares térmicos analisados para implementar nas frações de tipologia T ₂	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1.1.1 - Evolução dos valores de N_c e N_{vc} antes e após implementar XPS nas fachadas. ...	76
Gráfico 6.1.2.1 - Evolução dos valores de N_c e de N_{vc} para a implementação de lâ de rocha.....	77
Gráfico 6.1.3.1 - Evolução dos valores de N_c e N_{vc} com a implementação de vidro duplo e caixilharia com corte térmico, e ainda, grelhas fixas nas fachadas.	78

Gráfico 6.1.3.2 - Valores da R_{ph} antes e após implementar soluções nos vãos e na ventilação das habitações.....	79
Gráfico 6.1.4.1 - Diferenças dos indicadores N_{ic} e N_{vc} antes e após implementar equipamentos <i>multisplit</i>	80
Gráfico 6.1.4.2 - Valores do $E_{ren,p}$ que cada equipamento regista ao ser implementado, consoante as habitações.....	81
Gráfico 6.1.5.1 - Valores do $E_{ren,p}$ e de Q_a após implementar diferentes equipamentos de AQS para cada fração.....	83
Gráfico 6.1.6.1 - Evolução dos valores de N_{ic} e N_{vc} com a implementação de todas as medidas de melhoria.....	84
Gráfico 6.1.6.2 - Valores da R_{ph} no cenário final, com todas as medidas de melhoria implementadas.	85
Gráfico 6.1.6.3 - Valores do $E_{ren,p}$ e de Q_a após implementar todas as medidas de melhoria, nomeadamente sistemas renováveis.....	86
Gráfico 6.1.6.4 – Diferenças registadas relativamente ao R_{Nth} para os dois cenários estudados.	87
Gráfico 6.2.1 - Valores das emissões de CO ₂ para os cenários inicial e final de todas as habitações.	88
Gráfico 6.3.1 - Valores das poupanças anuais e acumuladas, após a implementação das medidas de melhoria conjuntas, para as frações de tipologia semelhante, 416 A e 416 C.	91
Gráfico 6.3.2 - Valores das poupanças anuais e acumuladas, após a implementação das medidas de melhoria conjuntas, para as frações com tipologias diferentes, 416 A e 416 D.	92
Gráfico 6.3.3 - Valores das poupanças anuais e acumuladas, após a implementação das medidas de melhoria conjuntas, para as frações com PRS diferente, 398 A e 380 A.	93
Gráfico 6.3.4 - Valores das poupanças anuais e acumuladas, após a implementação das medidas de melhoria conjuntas, para as frações com valores mais favoráveis por tipologia, 416 C, 398 C e 398 B.	94

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

<u>Sigla/Acrónimo</u>	<u>Designação</u>
ADENE	Agência para a Energia
AP	Acordo de Paris
AQS	Água Quente Sanitária
CE	Certificado Energético
CO₂	Dióxido de Carbono
COP	Coeficiente de Performance
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EER	Rácio de Eficiência Energética
EPDB	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
EPS	Poliestireno Expandido
ENU	Espaço Não Útil
GEE	Gases com Efeito de Estufa
IFRRU 2020	Instrumento Financeiro Reabilitação e Revitalização Urbanas
ITEcons	Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a construção, energia, ambiente e sustentabilidade
KP	Protocolo de Quioto
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Low-e	<i>Low-emission</i>
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos
nZEB	<i>near Zero Energy Buildings</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PCE	Pré-Certificado Energético
PES	Pequeno Edifício de Serviços
PNEC 21-30	Plano Nacional de Energia e Clima 21-30
PO SEUR	Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos
PQ	Perito Qualificado
PRS	Período de Retorno Simples
PTL	Ponte Térmica Linear

PTnZEB	Plataforma para a promoção dos nZEB em Portugal
PTP	Ponte Térmica Plana
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RNC 2050	Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética
SCE.ER	Cálculos regulamentares do Sistema de Certificação de Edifícios relativos ao aproveitamento de Energias Renováveis
SCOP	Eficiência Sazonal de Aquecimento
SEER	Eficiência Sazonal de Arrefecimento
SPF	Fator médio de Desempenho Sazonal
STEG	Serviços Técnicos em Energia
UE	União Europeia
XPS	Poliestireno Extrudido

<u>Símbolo</u>	<u>Designação</u>
<i>a</i>	Declive para ajustes em altitude
<i>A</i>	Área de um elemento da envolvente medida pelo interior
<i>A_r</i>	Área do caixilho
<i>A_g</i>	Área do vidro
<i>A_i</i>	Áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil
<i>A_p</i>	Área interior útil do pavimento
<i>A_e</i>	Áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior
$(\frac{A_w}{A_p})_{ref}$	Razão entre a área de vãos e a área interior útil de um pavimento
<i>b_r</i>	Coeficiente de redução de perdas
<i>C</i>	Custo da totalidade de um investimento
<i>C_{p,água}</i>	Calor específico da água
<i>E_{ren}</i>	Contributo renovável
<i>E_{ren,p}</i>	Energia renovável produzida a partir de fontes de origem renovável <i>p</i>

$f_{a,k}$	Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k
f_{eh}	Fator de eficiência hídrica
$f_{i,k}$	Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k
F_g	Fração envidraçada
$F_{pu,j}$	Fator de conversão entre energia útil e energia primária para a fonte de energia j
$F_{pu,p}$	Fator de conversão entre energia útil e energia primária para a fonte de energia renovável p
F_s	Fator de obstrução dos vãos envidraçados
$f_{v,k}$	Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k
$g_{L,vi}$	Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão
g_r	Fator solar global
g_{Tvc}	Fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar ativados
$g_{v,ref}$	Fator solar de referência para a estação de arrefecimento
GD	Número de Graus-dia, correspondente à estação de aquecimento na base de 18°C
GD_{REF}	Número de Graus-dia, de referência, na base dos 18°C
G_{sul}	Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul
H_{edif}	Altura de um edifício
H_{FA}	Altura de dois pisos
$H_{tr,i}$	Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento
$H_{tr,v}$	Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento
$H_{ve,i}$	Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento
$H_{ve,v}$	Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento

I_{sol}	Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais
$I_{sol,ref}$	Radiação solar média de referência correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a oeste
I_t	Inércia térmica
j	Fontes de energia, incluindo as de origem renovável
I_g	Perímetro de ligação entre o caixilho e o vidro
L_v	Duração da estação de arrefecimento
M	Duração da estação de aquecimento
M_{AQS}	Consumo médio diário de referência
M_{REF}	Duração média da estação de aquecimento de referência
n	Número de ocupantes de cada habitação
n_d	Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais
N_i	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência
N_{ic}	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento
N_t	Necessidades nominais anuais globais de energia primária de referência
N_{tc}	Necessidades nominais anuais globais de energia primária
N_v	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência
N_{vc}	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento
p	Fontes de origem renovável
P	Poupança anual
$P_{aquecimento}$	Potência mínima necessária de aquecimento
$P_{arrefecimento}$	Potência mínima necessária de arrefecimento
P_d	Pé-direito
P_{ot}	Potência
q_{int}	Ganhos térmicos internos médios
Q_a	Energia útil necessária para preparação de AQS
Q_g	Ganhos térmicos brutos
$Q_{g,i}$	Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento
$Q_{g,i,ref}$	Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento, de referência
$Q_{g,v}$	Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento

$Q_{gu,i}$	Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento
$Q_{gu,i,ref}$	Ganhos térmicos úteis, de referência, na estação de aquecimento
$Q_{g,v,ref}$	Ganhos térmicos úteis brutos de referência na estação de arrefecimento
$Q_{int,i}$	Ganhos por fontes internas na estação de aquecimento
$Q_{int,i,ref}$	Ganhos por fontes internas na estação de aquecimento de referência
$Q_{int,v}$	Ganhos por fontes internas na estação de arrefecimento
$Q_{int,v,ref}$	Ganhos por fontes internas, na estação de arrefecimento, de referência
Q_{pr}	Valores limite de perdas estáticas
Q_{ref}	Consumo de energia diário de referência
Q_{sol}	Ganhos solares brutos
$Q_{sol,i}$	Ganhos solares brutos através de vãos envidraçados na estação de aquecimento
$Q_{sol,i,ref}$	Ganhos solares brutos através de vãos envidraçados na estação de aquecimento, de referência
$Q_{sol,v}$	Ganhos solares brutos através de vãos envidraçados na estação de aquecimento
$Q_{sol,v,ref}$	Ganhos solares brutos, de referência, na estação de arrefecimento
$Q_{tr,i}$	Transferência de calor por transmissão na estação na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios
$Q_{tr,i,ref}$	Transferências de calor por transmissão através da envolvente de na estação de aquecimento, de referência
$Q_{tr,v}$	Transferências de calor por transmissão através da envolvente, na estação de arrefecimento
Q_{usable}	Total de calor utilizável estimado produzido por um equipamento
$Q_{ve,i}$	Transferência de calor por renovação de ar na estação de aquecimento
$Q_{ve,i,ref}$	Transferências de calor por ventilação na estação de aquecimento, de referência
$Q_{ve,v}$	Transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento
R_f	Resistência térmicas de um pavimento
R_j	Resistência térmica da camada j
R_{Nt}	Rácio energético
R_{ph}	Taxa nominal de renovação do ar
$R_{ph,i}$	Taxa de renovação do ar na estação de aquecimento
$R_{ph,i,real}$	Taxa nominal de renovação do ar, na estação de aquecimento, real

R_{se}	Resistência térmica superficial exterior
R_{si}	Resistência térmica superficial interior
R_w	Resistência térmica de uma parede em contacto com o solo
T_n	Tipologia de habitação
U	Coeficiente de transmissão térmica
U_{bf}	Coeficiente de transmissão térmica superficial por pavimentos em contacto com o solo
U_{bw}	Coeficiente de transmissão térmica superficial por paredes em contacto com o solo
U_r	Coeficiente de transmissão térmica do caixilho
U_g	Coeficiente de transmissão térmica do vidro
U_w	Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão
V_{enu}	Volume do espaço não útil
W_{vm}	Energia elétrica necessária ao funcionamento de ventiladores
z	Altitude a que se encontra um edifício
z_e	Profundidade enterrada
z_{REF}	Altitude de referência de um local
η	Rácio entre a produção total bruta de eletricidade e o consumo de energia primária para produção de eletricidade
η_c	Rendimento nominal de caldeiras
η_i	Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de aquecimento
$\eta_{i,ref}$	Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de aquecimento
η_k	Eficiência dos sistemas técnicos k para aquecimento, arrefecimento ambiente e preparação de AQS, reais
$\eta_{ref,k}$	Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento e arrefecimento ambiente, e ainda, preparação de AQS
η_v	Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento
$\eta_{v,ref}$	Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de aquecimento, de referência
θ_{ext}	Temperatura ambiente exterior

$\theta_{ext,v}$	Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento
$\theta_{v,ref}$	Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento
$\theta_{ext,v,ref}$	Temperatura média exterior dia-noite, na estação de arrefecimento, de referência
θ_{enu}	Temperatura do local não útil
θ_{int}	Temperatura interior
λ	Condutibilidade térmica
γ	Relação entre os ganhos térmicos brutos e a soma das transferências de calor pela envolvente e por ventilação
Ψ	Coeficiente de transmissão térmica linear
Ψ_g	Coeficiente de transmissão térmica linear relativo à ligação entre o caixilho e o vidro
δ	Fator representativo das condições de risco de sobreaquecimento
ΔT	Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS

1. INTRODUÇÃO

O prelúdio desta dissertação divide-se entre o enquadramento, a motivação e objetivos, a apresentação da empresa onde foi realizado o estágio e a estrutura do trabalho apresentado. O enquadramento faz uma contextualização histórica e global da eficiência energética e da evolução de problemas ambientais, destaca questões abordadas e enquadradas por documentos oficiais importantes, as ambições para o setor habitacional e a relação com alguns conceitos desta temática, o consumo energético em Portugal e a importância da certificação energética. De seguida, é revelada a motivação e os objetivos estipulados, terminando com a apresentação da entidade do estágio e a explicitação da organização dos capítulos deste trabalho. Esta dissertação foi desenvolvida em colaboração com uma empresa, tendo em conta o âmbito do tipo de atividades que esta realiza. Teve como principal objetivo estudar o impacto de um conjunto de medidas de melhoria propostas para um edifício multifamiliar existente, no âmbito da certificação energética.

1.1. Enquadramento

Historicamente, a publicação do Relatório Brundtland, em 1987, marca o início de uma nova abordagem da sustentabilidade e consequentemente da promoção da eficiência energética [1].

No que respeita à temática ambiental, o processo de industrialização e desenvolvimento dos países, resultou num forte aumento do consumo energético, no qual o setor habitacional está enquadrado. Como tal, este aumento de consumo energético, associado maioritariamente ao uso de combustíveis fósseis causou um aumento muito significativo das emissões de CO₂ para a atmosfera. A emissão excessiva de gases com efeito de estufa (GEE), onde se inclui o CO₂, provocou a sua acumulação na atmosfera, aumentando a magnitude desse efeito a um nível sem precedentes. Ocorreu, assim, como consequência desse desequilíbrio no balanço energético terrestre um aumento da temperatura média do planeta – o aquecimento global – origem das alterações climáticas em curso. Deste problema ambiental adveio a necessidade de propor medidas para mitigar tais emissões excessivas, assegurando a transição para uma sociedade sustentável, tais como criar e desenvolver novas tecnologias “verdes” e adotar fontes de energia renováveis, eliminando, a prazo, a utilização dos combustíveis fósseis [2]. Nesta linha, três dos dezassete objetivos de desenvolvimento sustentável definidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) estão diretamente direcionados para a redução das emissões de carbono. São eles, o sétimo, energias renováveis por forma a garantir o acesso a energias fiáveis e sustentáveis, o décimo

primeiro, cidades e comunidades sustentáveis, seguras, inclusivas e resilientes, e o décimo terceiro, ação climática com adoção de medidas urgentes no combate as alterações climáticas [3].

Sendo os países mais industrializados os maiores responsáveis pelo consumo energético, a mais insignificante transição para a eficiência energética teria um impacto muito positivo na poupança dos recursos energéticos do planeta. As auditorias energéticas tornaram-se, assim, fundamentais através da sua contabilização da energia, permitindo modificar padrões de consumo e de economia [1]. Em termos de metas e objetivos para reduções de emissões, o Protocolo de Quioto (KP) foi um marco histórico neste contexto [4]. Contudo, o Acordo de Paris (AP) serviu de mote para se estabelecer nacionalmente, a longo prazo, o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050). Para se atingir esta neutralidade, o Plano Nacional de Energia e Clima 21-30 (PNEC 21-30) alavancará os esforços em termos de medidas energéticas e climáticas no referido período. Os objetivos definidos para o setor habitacional assentam em três metas estipuladas para as emissões, a eficiência energética e as renováveis, com 45-55% (redução), 35% e 47% (aumento), respetivamente, esperando-se uma redução das emissões de CO₂ no período entre 2021 e 2030. Dos objetivos do PNEC 21-30 destacam-se a prioridade à eficiência energética e o reforço na aposta em energias renováveis [5].

No que concerne às habitações ambiciona-se atingir excelentes condições de conforto térmico, em termos de aquecimento e de arrefecimento, sendo que para isso a reabilitação urbana será uma motivação para se promover a eficiência energética neste setor, bem como, o recurso a fontes renováveis e materiais duráveis, sustentáveis e que promovam este conforto. Esta promoção da reabilitação dá importância à EPDB (*Energy Performance of Buildings Directive*), ao novo certificado energético (CE), à revisão do Sistema de Certificação Energético (SCE) e ao redesenho dos mecanismos de financiamento/apoio à renovação dos edifícios (IFRRU 2020, PO SEUR, Programa Reabilitar para Arrendar). Dá, assim, destaque aos edifícios nZEB (*near Zero Energy Building*) que por terem um elevado desempenho energético, têm necessidades de energia quase nulas, sendo as mesmas satisfeitas por energias renováveis [6]. Uma linha de atuação importante é a substituição de equipamentos ineficientes por outros com classe energética elevada por serem mais eficientes [5].

Em Portugal, o baixo consumo energético para aquecimento e arrefecimento em habitações, comparativamente a outros países da União Europeia (UE), justifica-se pela suavidade do clima local em boa parte do território. A maior porção do consumo energético é abrangido pelas cozinhas (39%) e pelo aquecimento de águas (23%), relativamente ao consumo total. Por outro lado, a iluminação representa uma pequena porção deste consumo (4,5%). Desta forma, importa atuar nas áreas que representam um maior consumo energético [5].

A certificação energética torna-se essencial na medida em que avalia a eficiência energética de um imóvel (numa escala de A+ a F) e explicita, através de um CE, o impacto da classe em termos de conforto e consumo energético, incluindo climatização e preparação de AQS [7]. A sua promoção é assegurada por uma entidade gestora, a Agência para a Energia (ADENE) e uma entidade fiscalizadora, a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) [8].

1.2. Motivação e Objetivos

A motivação deste trabalho prende-se com o interesse e curiosidade em estudar o comportamento energético de um edifício, uma vez que muito do nosso tempo é despendido dentro de edifícios habitacionais e de serviços. Como tal, estes devem assegurar condições de conforto adequadas ao ser humano. A certificação energética promove a realização de reabilitação em edifícios, através da implementação de medidas de melhoria por forma a reduzir despesas energéticas e, consequentemente, melhorar a eficiência energética do edifício multifamiliar que será alvo de estudo.

Por ser uma área de trabalho recente e com implicações óbvias do ponto de vista ambiental, o seu tratamento nesta dissertação de mestrado surge de um modo natural.

O principal objetivo deste trabalho consiste na realização de uma auditoria energética, através da aplicação da metodologia de cálculo que se encontra disponibilizada no REH e recorrendo à ferramenta de cálculo PTnZEB (Plataforma para a promoção dos nZEB em Portugal) e outras que servirão de apoio como a SCE.ER (Cálculos regulamentares do Sistema de Certificação de Edifícios relativos ao aproveitamento de Energias Renováveis). A metodologia de cálculo será aplicada a um conjunto alargado de frações de um edifício existente, sendo que posteriormente será analisado um conjunto de resultados a nível energético, ambiental e económico. O conceito de auditoria energética consiste na análise detalhada das condições de utilização de energia numa fração, contribuindo como um instrumento fundamental para a gestão do consumo energético [6]. Desta auditoria serão propostas medidas de melhoria para o edifício em estudo, sendo que será igualmente objetivo o estudo do impacto destas medidas nas habitações.

1.3. Apresentação da Empresa

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito de um projeto associado à empresa *Rui Pedro Dantas Silva Pereira, Lda*, representada por STEG (Serviços Técnicos em Energia – www.steg.pt), localizada em Braga. Esta empresa conta com cerca de dez anos de atividade e dedica-se à prestação de serviços na

área energética contribuindo para a redução de consumos energéticos em indústrias e edifícios. Exemplos destes serviços são auditorias energéticas e da qualidade do ar interior no âmbito do SCE, auditorias à indústria, certificação energética de edifícios no âmbito do SCE, identificação de medidas de melhoria com vista à eficiência energética, entre outros. Todo o trabalho de campo apresentado neste trabalho foi efetuado na empresa aqui descrita.

1.4. Estrutura da Tese

Em termos de estrutura, este trabalho organiza-se em sete capítulos. O primeiro, dedicado ao enquadramento do tema, à motivação e objetivos, à apresentação da entidade do estágio, terminando com a organização do trabalho.

O segundo capítulo aborda, no seu estado da arte, a certificação energética e a sua relevância para a eficiência energética expondo alguns conceitos relevantes, bem como a legislação de suporte e o SCE associado. Termina com a descrição das duas folhas de cálculo disponíveis atualmente.

O terceiro capítulo explicita a metodologia por detrás da ferramenta de cálculo utilizada na execução deste trabalho, a folha PTnZEB, recorrendo à legislação em vigor, no âmbito do REH.

O quarto capítulo procede a apresentação do imóvel, à identificação dos parâmetros climáticos e ao levantamento dimensional e das envolventes. Termina com a caracterização do edifício ao nível de envolventes, ventilação e sistemas energéticos.

O quinto capítulo expõe as medidas propostas que são alvo de estudo ao nível das envolventes na cobertura, fachadas e vãos, e de sistemas dedicados à climatização e preparação de AQS. Paralelamente, é explicado tudo o que antecede a sua implementação na folha de cálculo utilizada, para depois se executar uma análise energética, de emissões e económica, servindo de introdução ao capítulo seguinte. Na análise energética, os cálculos são realizados antes de implementar as medidas na PTnZEB. Para análise de emissões, é quantificada a redução de emissões de CO₂ entre o cenário inicial e o final, com base no estabelecimento de uma média ponderada de emissões de CO₂ absorvido pelas árvores, bem como a diferença entre as emissões dos dois cenários e a respetiva percentagem de redução. Na análise económica, são calculados os custos de exploração e a energia consumida para os dois cenários, reduções no consumo energético, custos de investimento e poupança económica, bem como o PRS associado a cada habitação.

O sexto capítulo revela os resultados da análise energética ao nível das implementações isoladas das medidas e implementação conjunta delas, da análise de emissões de CO₂ e da análise económica.

Ao longo da exposição destes resultados no capítulo, é efetuada uma discussão acerca dos mesmos, tendo em conta a importância destas três componentes.

O sétimo capítulo expõe as conclusões retiradas da elaboração deste trabalho e termina com a sugestão de propostas para eventuais trabalhos futuros.

2. ESTADO DA ARTE

O presente capítulo divide-se em duas secções. A primeira diz respeito a um certificado energético e caracterização de uma auditoria energética, a legislação e o sistema de certificação energética aplicável a habitações. A segunda, centra-se no processo de emissão de um CE, apresentando as duas folhas de cálculo normalmente utilizadas para esse propósito.

2.1. Certificação Energética – Eficiência Energética numa Habitação

A eficiência energética pressupõe um consumo energético racional, sem alterar estilos de vida ou conforto, acompanhando o desenvolvimento de uma sociedade, isto é, o aumento das necessidades de conforto e de energia [9]. A sua promoção assenta na dimensão tecnológica, que privilegia as características dos equipamentos e dos sistemas técnicos, e na dimensão comportamental, pela utilização racional destes [10].

Esta secção é dividida em três partes, sendo que a primeira distingue um CE de um pré-certificado energético (PCE) e a documentação essencial, as etapas a cumprir para a sua obtenção e explicita o que é uma auditoria energética. A segunda parte faz um breve contexto histórico da legislação para esta temática e apresenta as peças legislativas consultadas nesta dissertação. A terceira parte, com a exposição do decreto-lei n.º118/2013, elucida os conceitos de fração e de edifício. Além disso, distingue o contexto de certificação que um edifício pode tomar e a aplicabilidade do REH e da certificação energética em edifícios de habitação.

2.1.1. Certificado Energético/Caracterização de Auditoria Energética

Um CE e um PCE são documentos gerados automaticamente pelo SCE mediante o preenchimento de um formulário por parte de um perito qualificado (PQ). Estes documentos têm um modelo-tipo, diferindo apenas no título e nalguns campos a preencher, presente no anexo I do despacho n.º15793-C/2013. Permitem informar um proprietário, ou futuro proprietário, sobre o desempenho energético de um edifício/fração [11]. Um CE pode, ainda, identificar medidas de melhoria, sempre que se justifique a sua implementação, exceto em questões de critérios técnicos, funcionais e arquitetónicos. Tal identificação representa uma ferramenta de reabilitação que informa o proprietário sobre o que pode

melhorar no imóvel, com vista à redução de consumos e melhoria das condições de conforto, salubridade e classe energética, sendo que, cada medida tem um valor de investimento e poupança associados [12].

Relativamente a documentação a reunir sobre um edifício, antes de solicitar um PCE, destaca-se a caderneta predial, o registo predial e as plantas do imóvel que contemplam as informações descritas anteriormente [13].

Uma auditoria, sendo um método de avaliação energética, detalha as condições de exploração de energia de um edifício caracterizando os consumos energéticos, as envolventes, os sistemas técnicos e os seus perfis de utilização, quantificando, monitorizando e simulando os consumos energéticos. Não tem periodicidade obrigatória, contudo recomenda-se sempre que se provoquem alterações no desempenho energético de um edifício [6].

Por forma a obter um CE há, segundo a ADENE, cinco etapas para cumprir, tal como ilustra o diagrama 2.1.1.1.

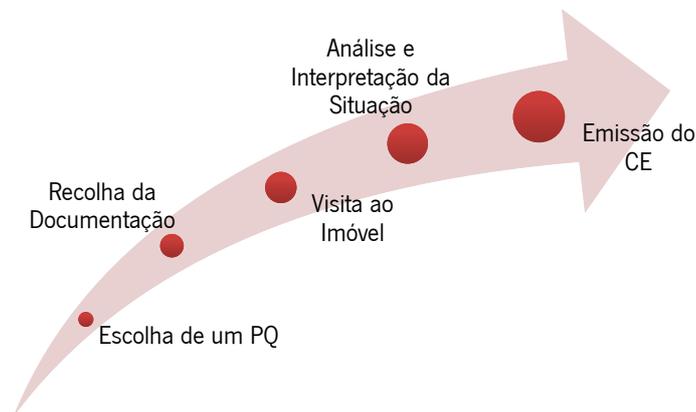


Diagrama 2.1.1.1 - Etapas para obtenção de um CE.

A primeira consiste na seleção de um perito qualificado consoante a melhor proposta com melhor relação preço-qualidade. A segunda é a recolha de documentação, explicitada anteriormente, seguindo-se a visita ao imóvel, em que é recolhida toda a informação sobre a habitação. Sucede-se a análise e interpretação com o estudo da informação recolhida e posterior integração da mesma nos softwares disponibilizados pela ADENE, para, finalmente, obter um PCE e avaliá-lo a fim de evitar possíveis lacunas no CE final. Posteriormente, emite-se um CE a entregar ao requerente.

Pelo artigo 15.º do decreto-lei n.º 118/2013, um CE e um PCE de um edifício novo ou existente, têm uma validade de dez anos a contar da data de emissão [11].

2.1.2. Legislação Nacional Aplicada aos Edifícios de Habitação

A nível nacional, até à década de 90, o parque edificado possuía construções com fracas condições térmicas [11]. A melhoria do conforto térmico e das condições de habitabilidade, assenta na evolução da legislação, que começou com o decreto-lei n.º40/1990.

Existiram, porém, outras peças legislativas, até se atingir os decretos-leis n.º78/2006, n.º79/2006 e n.º80/2006, que se referem, respetivamente, à aprovação do SCE, do Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) e do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Atualmente, o decreto-lei n.º118/2013, agrega estas três peças legislativas, introduz o REH, o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e as alterações ao SCE, e sustenta-se em sete portarias e catorze despachos [11]. Destes últimos, destacam-se alguns despachos relativos ao REH (diagrama 2.1.2.1).

Despacho n.º15793-C/2013	Modelo-tipo de um CE e de um PCE a emitir para REH
Despacho n.º15793-D/2013	Valores dos fatores de conversão para o cálculo das necessidades nominais de energia primária
Despacho n.º15793-E/2013	Regras de simplificação na envolvente, nos parâmetros térmicos e na ventilação natural (cálculo de R_{ph})
Despacho n.º15793-F/2013	Zonas climáticas e parâmetros climáticos
Despacho n.º15793-H/2013	Regras de cálculo do contributo renovável de sistemas solares térmicos e bombas de calor (aeroterminia)
Despacho n.º15793-I/2013	Cálculos das necessidades nominais anuais de energia útil (aquecimento, arrefecimento e AQS) e primária
Despacho n.º15793-J/2013	Regras de determinação da classe energética em REH
Despacho n.º15793-K/2013	Regras de cálculo de coeficientes, de fatores térmicos e de taxa de renovação do ar (R_{ph})

Diagrama 2.1.2.1 - Despachos relativos ao REH e aspetos mais relevantes de cada um.

Por fim, outras peças legislativas com igual importância neste trabalho são:

- a portaria n.º349-B/2013, que estabelece os valores máximos de necessidades energéticas, a caracterização da qualidade térmica da envolvente, o valor mínimo da R_{ph} , os requisitos de eficiência dos sistemas técnicos e de sistemas com recurso a fontes renováveis;
- o decreto-lei n.º118/2013, que, para além do seu conteúdo referido anteriormente, estabelece o âmbito positivo do SCE entre outros conceitos relevantes;

- c. o decreto-lei n.º 194/2015, que procede à segunda alteração ao referido anteriormente, e que contém também alguns conceitos e definições importantes;
- d. o decreto-lei n.º 251/2015, que procede à terceira alteração ao referido anteriormente, e que estabelece as limitações aos valores das necessidades nominais anuais de energia útil (aquecimento, arrefecimento e AQS) e primária, para edifícios existentes.

2.1.3. Sistema de Certificação de Edifícios de Habitação

O decreto-lei n.º 118/2013 define o Portal SCE como sendo um local na internet da ADENE, com informações relativas ao SCE, sobre PCE e CE, os técnicos disponíveis, e ainda explicita a integração do REH, e do RECS no SCE.

Algo relevante para o SCE é a definição dos conceitos de edifício e de fração. O primeiro diz respeito a uma construção coberta, com paredes e pavimentos, destinada à ocupação humana. Por sua vez, o segundo representa uma unidade mínima de um edifício com saída para a via pública ou uma parte de uso comum [6].

Relativamente ao contexto de certificação, é possível adjetivar um edifício, ou habitação, em função do seu período de construção ou do seu estado atual, conforme sintetiza o diagrama 2.1.3.1 [6].

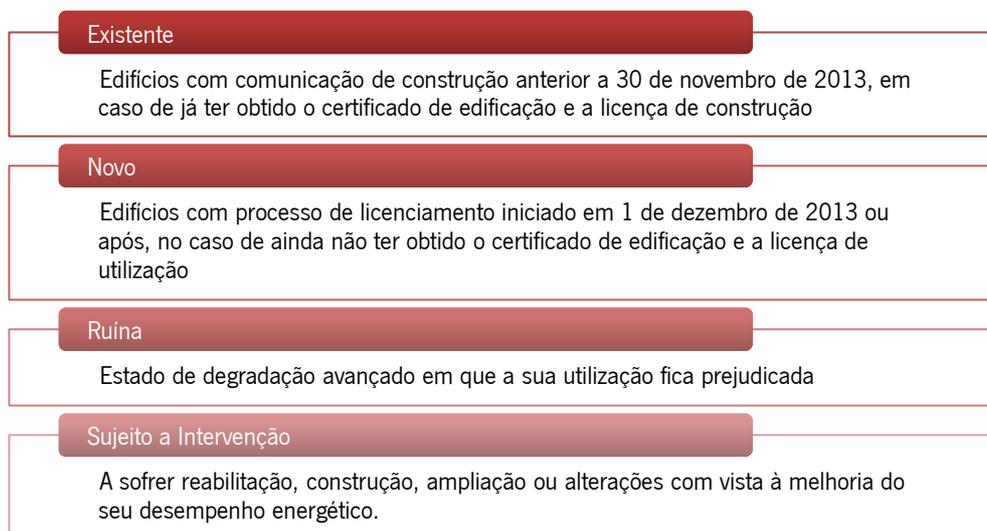


Diagrama 2.1.3.1 - Contexto de um edifício no âmbito do REH.

No que concerne à aplicabilidade do REH, esta incide nos edifícios de habitação unifamiliares, na sua totalidade desde que disponham de propriedade total e ausência de divisões de utilização independente, e nos edifícios multifamiliares por cada fração desde que destinadas a habitação, com andares e divisões de utilização independente [11].

A certificação energética aplica-se a edifícios de habitação em licenciamento ou comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, isto é, um proprietário tem obrigação de solicitar numa primeira fase um PCE antes da intervenção (conceção) aquando da intervenção e posteriormente, numa segunda fase, a emissão de um CE, após a conclusão da intervenção [11].

2.2. Folhas de Cálculo Disponíveis

As folhas de cálculo permitem o preenchimento de toda a informação necessária à emissão de um CE e de um PCE, e as suas versões regem-se pelas alterações que a legislação sofre. Destacam-se duas folhas de cálculo, certificadas pela ADENE, a ITEcons (Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade) e a PTnZEB, que se distinguem apenas pela forma de inserir os dados.

Para a primeira, é exposta uma condição técnica da folha que é a sua aplicabilidade em edifícios (existentes e novos) e as suas valências para obtenção do CE.

Seguidamente, faz-se uma breve apresentação da folha PTnZEB quanto à sua organização, e quanto ao método de cálculo que permite obter a classe final.

2.2.1. ITEcons

A folha ITEcons, sendo uma ferramenta de cálculo dedicada à aplicação do REH em edifícios novos e existentes e, ainda, pequenos edifícios de serviços (PES), está capacitada para verificar os requisitos energéticos de um edifício. Permite realizar análises técnico-económicas de medidas de melhoria e, ainda, gerar relatórios de peritagem, essenciais à emissão de um CE [14].

2.2.2. PTnZEB

A folha de cálculo PTnZEB, foi pensada e criada para a emissão de CE e PCE com base no cálculo do desempenho energético de uma habitação [15]. Permite inserir as características de uma fração, nomeadamente, ao nível do levantamento dimensional e das envolventes, das especificações dos sistemas técnicos e de ventilação. E, sustentando-se na metodologia de cálculo aplicável a REH, permite calcular as necessidades de energia útil, final e primária. Paralelamente a isto, executa a simulação para um edifício de referência, considerando as especificações definidas para o edifício real, obtendo, finalmente, uma classe energética (figura 2.2.2.1) [16]. Pode, ainda, calcular a implementação de medidas de melhoria, como instalação de janelas eficientes e/ou reforço de isolamentos [7].

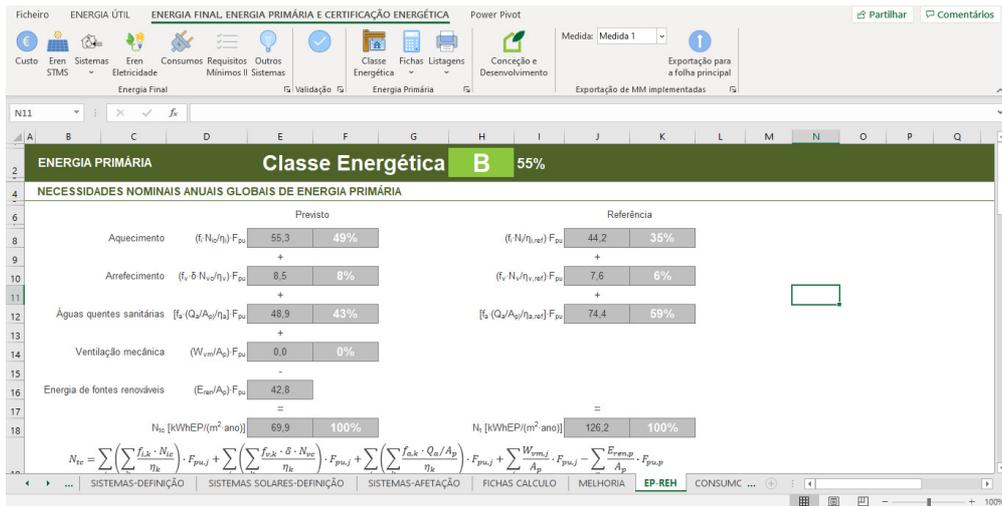


Figura 2.2.2.1 - Exemplo da interface da ferramenta de cálculo PTnZEB.

3. METODOLOGIA DE CÁLCULO

O presente capítulo abordará, nas suas várias secções, toda a metodologia de cálculo referente ao REH, dando maior destaque a edifícios existentes uma vez que são estes que se enquadram no objetivo deste trabalho.

Quanto à sua organização, estabelece onze secções, começando pelos parâmetros climáticos onde se apresentam as equações que permitem calcular as zonas climáticas e a folha CLIMA-SCE que permite obter os valores resultantes dessas mesmas equações. Seguidamente, é fornecida a definição de coeficiente de redução de perdas (b_{tr}), onde é apresentado o conceito de espaço não útil (ENU), e duas formas diferentes de calcular o valor deste coeficiente. De seguida, apresenta-se uma secção relativa às envolventes opacas, que expõe os coeficientes de transmissão térmica mais importantes para estas envolventes e suas resistências térmicas, e uma secção relativa às envolventes envidraçadas que destaca um coeficiente e um fator solar como sendo os parâmetros essenciais. Relativamente às pontes térmicas, começa pelas pontes térmicas planas (PTP) e explica como devem ser calculadas para edifícios existentes, e acaba com as pontes térmicas lineares (PTL) apresentando também o coeficiente de transmissão térmica linear (Ψ) e os valores para cada tipo de ligação. Apresenta, também, noutra secção, o conceito de inércia térmica (I). Em termos de ventilação é dedicada uma secção a explicitar um conceito breve, mas dando mais enfoque ao tipo natural por ser o único abordado neste trabalho e o que dita a legislação. Para os sistemas técnicos são enumerados os tipos de sistemas que este conceito abrange e quais constam, por defeito, no edifício estudado. Os sistemas de preparação de AQS apresentam os cálculos para determinar a energia útil necessária à preparação de AQS (Q_u) e os valores legislados para esquentadores a gás butano. Por fim, a última secção divide-se em três partes para expor as equações essenciais ao cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{a}), arrefecimento (N_{r}) e energia primária (N_{p}), quer para o balanço real, quer para o balanço previsto.

Neste capítulo serão considerados os valores de uma habitação de tipologia T₁ (416 A) que será tomada como referência uma vez que cobre grande parte das situações que foram encontradas na globalidade das frações. Esta habitação serve de exemplo para melhor destacar a importância e a aplicabilidade das equações que permitem chegar ao valor final, isto é, a classe energética (anexo 3). Sem prejuízo de situações pontuais aplicáveis a outras frações, a 416 A é aquela que, genericamente, contempla a grande maioria das situações encontradas no trabalho.

3.1. Parâmetros Climáticos

A divisão de municípios em zonas climáticas foi estabelecida através da nomenclatura das unidades territoriais para fins estatísticos (NUTS) de nível III, publicada no despacho n.º 15793-F/2013. Existem três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e outras três de verão (V1, V2 e V3), refletindo as diferentes condições meteorológicas, tal como representado na figura 3.1.1. Para determinar a que zona climática pertence um determinado edifício devem ser considerados o número de graus-dia na base dos 18°C (GD) para a estação de aquecimento e a temperatura média exterior dia-noite ($\theta_{ext,v}$) para a estação de arrefecimento, respetivamente, de acordo com as equações 3.1.1 e 3.1.2.

$$GD = GD_{REF} + a(z - z_{REF}) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (3.1.1)$$

Onde:

GD_{REF} – Número de Graus-dia de referência na base dos 18°C [°C];

a – Declive para ajustes em altitude [°C/km];

z – Altitude a que se encontra o edifício [m];

z_{REF} – Altitude de referência do local [m].

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ext,v,REF} + a(z - z_{REF}) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (3.1.2)$$

Onde:

$\theta_{ext,v,REF}$ – Temperatura média exterior dia-noite, de referência, na estação de arrefecimento [°C];

a – Declive para ajustes em altitude [°C/km];

z – Altitude a que se encontra o edifício [m];

z_{REF} – Altitude de referência do local (que para a região estudada, toma um valor de 94 metros, de acordo com os dados da tabela 4 do despacho n.º 15793-F/2013) [m].

Por sua vez, a duração da estação de aquecimento (M) é essencial para cálculos intermédios do balanço REH (equação 3.1.3).

$$M = M_{REF} + a(z - z_{REF}) \text{ [meses]} \quad (3.1.3)$$

Onde:

M_{REF} – Duração média da estação de aquecimento de referência [meses];

a – Declive para ajustes em altitude [°C/km];

z – Altitude a que se encontra o edifício [m];

z_{REF} – Altitude de referência do local [m].

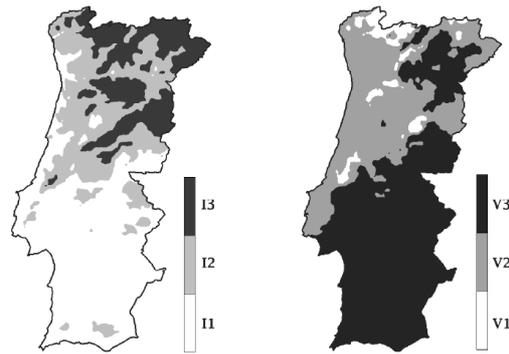


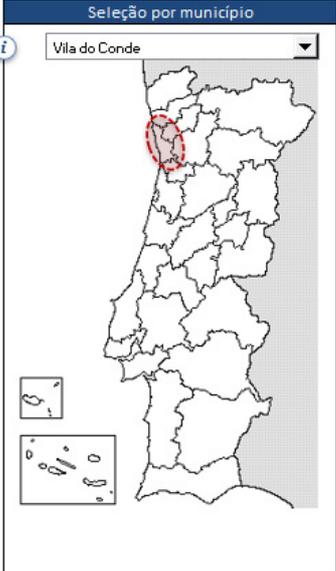
Figura 3.1.1 - Zonas climáticas de verão e de inverno em Portugal Continental [17].

A folha CLIMA-SCE também calcula as zonas climáticas, para além da folha PTnZEB, e a sua interface apresenta-se na figura 3.1.2. Nesta folha deve-se selecionar o município e a altitude em que se encontra o edifício. Neste caso, o edifício localiza-se em Vila do Conde a uma altitude de 50 metros, e as zonas climáticas são I1 e V2.

Anos Meteorológicos de Referência para simulação dinâmica  
 versão 1.05 (13 fevereiro 2014)

Seleção por município

Vila do Conde



preparar ficheiro

EPW (formato EnergyPlus Weather)

Zona climática

NUTS 3: Grande Porto
 Latitude: 41,3 °N (nominal)
 Longitude: 8,6 °W (nominal)
 Altitude: 94 m (referência)

Local específico

Município: Vila do Conde

Altitude: 50 m

Dados climáticos

Referência : Neste local

Estação de aquecimento	
Período:	6,2 : 6,1 meses
T média:	9,9 : 10,2 °C
Graus-dia:	1250 : 1180 °C
Estação de arrefecimento	
T média:	20,9 : 20,9 °C

Zonas de verão e inverno

V 2 I 1



Software para
Políticas Públicas

Sistema Nacional de Certificação de Edifícios
Decreto-Lei 118/2013 de 20 agosto

Figura 3.1.2 - Interface da ferramenta CLIMA-SCE.

3.2. Definição de b_{tr}

Um ENU distingue-se de um espaço útil por ter uma temperatura diferente, sendo que esta varia entre a temperatura interior e a temperatura exterior [18]. De entre as principais características de um ENU, destacam-se [6]:

- a. Ausência de necessidades de conforto térmico;
- b. Ocupação permanente inferior a duas horas por dia;
- c. Ausência de sistemas de climatização, ou climatização diferente do resto da fração;
- d. Acessos pelo exterior da fração ou pelo interior de outro ENU.

O b_{tr} representa a redução da transmissão de calor de um ENU em relação ao exterior, e pode ser calculado através da equação 3.2.1 [18].

$$b_{tr} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \text{ [adimensional]} \tag{3.2.1}$$

Onde:

θ_{int} – Temperatura interior [°C],

θ_{ext} - Temperatura ambiente exterior [°C],

θ_{enu} - Temperatura do local não útil [°C].

No entanto, neste trabalho, como não se dispunha de valores de temperatura, o cálculo do b_{tr} foi feito conforme determina o despacho n.º 15793-K/2013 (tabela 3.2.1):

Tabela 3.2.1 - Valores de b_{tr} para a razão A_i/A_u e o V_{enu} baseados na tabela 22 do despacho n.º 15793-K/2013 [19].

b_{tr}	$V_{enu} \leq 50 \text{ m}^3$		$50 \text{ m}^3 < V_{enu} \leq 200 \text{ m}^3$		$V_{enu} > 200 \text{ m}^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i/A_u < 0,5$	1,0		1,0		1,0	
$0,5 \leq A_i/A_u < 1$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1 \leq A_i/A_u < 2$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2 \leq A_i/A_u < 4$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i/A_u \geq 4$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Nota: Para espaços fortemente ventilados b_{tr} deverá tomar o valor de 1,0.

Onde:

A_i – Áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do ENU, medido pelo interior do ENU [m²],

A_u – Áreas dos elementos que separam o ENU do exterior [m²],

V_{enu} – Volume do espaço não útil [m³].

O ENU pode ser classificado em espaço do tipo f, se as ligações entre elementos estiverem bem vedadas e sem aberturas de ventilação permanentemente abertas, ou do tipo F se as ligações e as aberturas de ventilação estiverem permanentemente abertas [18].

O valor de b_v vai determinar a classificação do elemento que separa os espaços úteis de um ENU ou de um edifício adjacente, de acordo com os seguintes critérios [19, 20]:

- a. Se $b_v > 0,7$ então, o elemento que separa o espaço útil do ENU é classificado como envolvente interior com requisitos de exterior;
- b. Se $b_v \leq 0,7$ então o elemento que separa o espaço útil do ENU é classificado como envolvente interior com requisitos de interior;
- c. Se um elemento de construção que separa um espaço (interior) útil de um edifício adjacente, então $b_v = 0,6$;
- d. Se um elemento de construção que separa um espaço (interior) útil de um solário ou não-solário, então $b_v = 0,8$.

No caso do edifício em estudo, foram identificados como ENU as coretes localizadas nas instalações sanitárias e nas cozinhas, as lavandarias e o desvão em contacto com o piso 1. Os seus valores estão sintetizados na tabela 3.2.2.

Tabela 3.2.2 - Valores de b_v para os ENU identificados no edifício estudado.

ENU	A_i (m ²)	A_e (m ²)	A_i / A_e	V_{enu} (m ³)	Tipo f ou F	b_v
Lavandaria	14,39	7,67	1,88	9,18	F	0,8
Desvão	400,94	501,18	0,79	200,47	f	0,9
Corete _{i.s.}	8,29	0,16	51,80	0,50	f	0,3
Corete _{cozinha}	8,29	1,56	5,31	0,67	f	0,3

No caso em estudo, as envoltentes dos ENU em contacto com o solo não foram contabilizadas para o cálculo do A_i ou do A_e .

3.3. Envoltentes Opacas

A envolvente de uma habitação é representada pelo conjunto de paredes, coberturas e pavimentos que delimitam a área útil, separando-a do exterior, de edifícios adjacentes, de ENU ou do solo [6].

O coeficiente de transmissão térmica (U), traduz a potência térmica por unidade de área e por grau Célisio entre as duas superfícies (ou duas faces) do elemento. Isto significa que existe transferência de calor que ocorre entre ambientes ou meios que o elemento separa. O seu valor pode ser obtido através da equação 3.3.1 [18]:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \quad (3.3.1)$$

Onde:

R_j – Resistência térmica da camada j [(m²·°C)/W],

R_{si} – Resistência térmica interior [(m²·°C)/W],

R_{se} – Resistência térmica exterior [(m²·°C)/W].

Os valores das resistências R_{se} e R_{si} estão indicados na tabela 3.3.1.

Tabela 3.3.1 - Valores das resistências térmicas superficiais R_{si} e R_{se} , baseada na tabela 1 do despacho n.º15793-K/2013 [19].

Sentido do Fluxo de Calor		Resistência Térmica [m ² ·°C/W]	
		Exterior R_{se}	Interior R_{si}
Horizontal		0,04	0,13
Vertical	Ascendente	0,04	0,10
	Descendente	0,04	0,17

Outro aspeto a realçar é o cálculo de U para um elemento que separa um espaço útil de um ENU, onde devem ser consideradas duas resistências R_{si} - uma para o espaço interior da fração e outra para o ENU [19].

Relativamente à resistência R_j , o seu valor depende das características dos materiais que compõem as camadas de um elemento construtivo. No caso do edifício estudado consideram-se os valores por defeito para paredes interiores e exteriores, e para paredes e pavimentos em contacto com o solo. Relativamente às paredes interiores, sendo a espessura de 0,15 m, considerou-se um valor de U igual a 1,62 W/(m²·°C). Quanto às paredes exteriores, sendo a sua espessura de 0,30 m, e tendo em conta os valores por defeito (tabela 3.3.2), considerou-se um valor de U igual a 1,1 W/(m²·°C).

Tabela 3.3.2 - Valores de U para as espessuras das paredes exteriores de edifícios existentes, segundo o despacho n.º15793-E/2013.

Paredes Exteriores ($R_{se} + R_{si} = 0,17$ [(m ² ·°C/W)])			
Espessura da Alvenaria [m]			
0,18 a 0,20	0,23 a 0,29	0,30	0,35
1,7	1,3	1,1	0,96

Nota: A espessura da alvenaria indicada inclui os revestimentos (espessura total).

Por sua vez, os coeficientes de transmissão térmica superficial por pavimentos em contacto com o solo (U_{bt}) e por paredes em contacto com o solo (U_{bw}), cujos valores variam consoante a profundidade enterrada (z), e as resistências térmicas dos pavimentos (R_p) e paredes (R_w) em contacto com o solo, apresentam-se sintetizados na tabela 3.3.3 [20].

Tabela 3.3.3 - Valores de U_{bf} e U_{bw} de acordo com a profundidade e a resistência térmica do elemento enterrado, baseada na tabela 2 do despacho n.º 15793-E/2013 [20].

z_e [m]	Pavimento enterrado U_{bf} [W/(m ² ·°C)]		Parede enterrada U_{bw} [W/(m ² ·°C)]	
	$R_t < 0,75$	$R_t \geq 0,75$	$R_w < 0,75$	$R_w \geq 0,75$
<1	1,0	0,6	2,0	0,8
$1 \leq z_e < 3$	0,8	0,6	1,5	0,7
≥ 3	0,6	0,4	0,8	0,5

No caso da fração 416 A, que dispõe de um pavimento e de uma parede em contacto com o solo, considerando que tem uma cota de 0,52 metros obtém-se o valor do U_{bf} igual a 1 W/(m²·°C). Para uma parede enterrada a uma cota de 0,83 metros obtém-se para o U_{bw} o valor de 2 W/(m²·°C). Tem-se, ainda, valores de R_t e R_w que são inferiores a 0,75 (m²·°C)/W.

Em termos de coberturas, a habitação considerada não dispõe de coberturas interiores ou exteriores, mas nos restantes casos foram considerados os valores de U presentes no anexo 1.1.

3.4. Envoltente Envidraçada

No que concerne à envoltente envidraçada, esta é representada pelo conjunto de vãos interiores, exteriores, verticais e horizontais que afetam os ganhos térmicos de uma habitação. Tais ganhos são determinados através da contabilização de dois parâmetros. O primeiro, o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão (U_w), tem em conta o conjunto do vidro e do caixilho, e é dado pela equação [18]:

$$U_w = \frac{A_f \times U_f + A_g \times U_g + I_g \times \Psi_g}{A_f + A_g} \quad [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \quad (3.4.1)$$

Onde:

U_f – Coeficiente de transmissão térmica do caixilho [W/m²·°C],

U_g – Coeficiente de transmissão térmica do vidro [W/m²·°C],

A_f – Área do caixilho [m²],

A_g – Área do vidro [m²],

Ψ_g – Coeficiente de transmissão térmica linear relativo à ligação entre o caixilho e o vidro [W/m²·°C],

I_g – Perímetro de ligação entre o caixilho e o vidro [m].

Relativamente aos parâmetros que integram a equação anterior, os valores de U_f e U_g , são, geralmente, disponibilizados pelos fabricantes. Os valores de A_f , A_g e I_g dependem das dimensões pretendidas para cada vão e os valores de Ψ_g encontram-se sintetizados na tabela 3.4.1 [18].

Tabela 3.4.1 - Valores de Ψ_g para os tipos de caixilharia e de vidro pretendidos, baseada na Questão K14 da ADENE [21].

Tipo de Caixilharia	Valor do coeficiente de transmissão térmica linear para diferentes tipos de vidro, Ψ_g [W/(m ² ·°C)]		
	Vidros duplos ou triplos não revestidos (lâmina de ar ou gás)	Vidros duplos (a) ou triplos (b) de baixa emissividade (lâmina de ar ou gás)	Vidro Simples
Madeira ou PVC	0,06	0,08	0
Metálica com Corte térmico	0,08	0,11	
Metálica sem Corte térmico	0,02	0,05	

- (a) Um painel revestido para vidros duplos
- (b) Dois painéis revestidos para vidros triplos

No caso do edifício estudado não existia um valor de U_w para os vários tipos de vãos. Contudo, contabilizou-se o tipo de caixilharia, de vidro e de proteções (interiores e exteriores) que existiam. A importância deste parâmetro irá notar-se no capítulo 5, onde será proposta uma medida de melhoria nos vãos.

O fator solar de um vidro ($g_{L,v}$), outro parâmetro importante, indica a percentagem de energia por radiação que consegue atravessar o vidro, e contabiliza o vão e os sistemas de proteção solar, de acordo com [18]:

$$g_{L,v} = \frac{\text{radiação transmitida}}{\text{radiação incidente normal ao plano}} \text{ [adimensional]} \tag{3.4.2}$$

Geralmente, o seu valor é também indicado na ficha técnica do vidro pretendido, mas em caso contrário, a tabela 3.4.2 apresenta os valores para as composições de cada vidro. No caso das habitações estudadas, tratando-se de um vidro incolor de 4 mm, o valor de $g_{L,v}$ é igual a 0,88.

Tabela 3.4.2 - Excerto da tabela 12 do despacho n.º 15793-K/2013, referente aos valores de $g_{L,v}$ para vidros simples [19].

Composição do vidro		$g_{L,v}$
Vidro Simples	Incolor 4 mm	0,88
	Incolor 5 mm	0,87

A juntar-se ao $g_{L,v}$, existem ainda o fator solar de vãos com vidro corrente (simples ou duplo) e dispositivos de proteção solar (permanente ou móveis) - g_{TVC} - cujos valores constam na tabela 3.4.3, ambos necessários para o cálculo do fator solar global (g_T) (equação 3.4.3). Este último integra o cálculo dos ganhos solares.

$$g_T = g_{L,v} \times \prod_i \frac{g_{TVC}}{0,85} \text{ [adimensional]} \tag{3.4.3}$$

Onde:

$g_{L,vi}$ – Fator solar de um vidro [adimensional],

g_{vic} – Fator solar de vãos com vidro corrente (simples ou duplo) e dispositivos de proteção solar (permanente ou móveis) [adimensional].

Tabela 3.4.3 - Valores de g_{vic} para as proteções típicas dos vãos das habitações estudadas, baseada na tabela 13 do despacho n.º15793-K/2013 [19].

Tipo de proteção		g_{vic}					
		Vidro Simples			Vidro Duplo		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteção exterior	Persiana de réguas metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
Proteção interior	Cortinas muito transparentes	0,70	-	-	0,63	-	-

Quanto aos sombreamentos em vãos, apesar de ser considerada uma habitação que não dispõe de dispositivos de sombreamento, pertencente ao piso 0, é de frisar que existem sombreamentos nas habitações do piso 1. Para estas habitações foram consideradas as simplificações previstas nos anexos 1.2 e 1.3 para as estações de aquecimento e de arrefecimento, respetivamente.

3.5. Pontes Térmicas Planas

Numa habitação, a presença de pilares, vigas e caixa-de-estores podem ser representadas por PTP, que por sua vez apresentam valores de resistência térmica normalmente inferiores aos valores de resistência associados ao elemento do edifício em questão originando, desta forma, mais perdas térmicas nestas zonas do elemento [22].

Em edifícios existentes, não dispondo de informações sobre as soluções construtivas, dispensa-se a determinação rigorosa de áreas e de coeficientes de transmissão térmica destas zonas, majorando em 35% o valor de U que corresponde à zona envolvente, aplicando esta majoração à totalidade da fachada (PTP e envolvente) [20].

3.6. Pontes Térmicas Lineares

No que concerne à legislação aplicável ao cálculo de PTL, considera-se que, para edifícios existentes, a tabela 3.6.1 apresenta os valores de Ψ consoante o tipo de ligação [18].

Tabela 3.6.1 - Valores de Ψ para os diferentes tipos de ligação entre os elementos de uma fração, baseada na tabela 3 do despacho n.º 15793-E/2013 [20].

Tipo de ligação	Ψ [W/(m·°C)]
Fachada com pavimentos térreos Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido Fachada com cobertura Fachada com pavimento de nível intermédio Fachada com varanda ⁽¹⁾	0,70
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,50
Fachada com caixilharia Zona da caixa de estore	0,30

⁽¹⁾ Os valores apresentados dizem respeito a metade da perda originada na ligação.

No caso da habitação 416 A, as PTL exteriores identificadas foram duas paredes verticais em ângulo saliente, fachadas com caixilharia, zonas de caixa de estores, fachadas com pavimentos térreos e com pavimento de nível intermédio. Por sua vez, as PTL da envolvente interior em contacto com ENU foram duas paredes verticais em ângulo saliente, fachadas com caixilharia, fachadas com pavimentos térreos e com pavimento de nível intermédio.

3.7. Inércia Térmica

Por definição, a inércia I_t de uma habitação significa a capacidade de armazenar e conduzir o calor dos elementos construtivos, sendo aqui calculada pelo método simplificado [18]. Este método, divide a inércia térmica em três classes (forte, média e fraca), conforme ilustra a tabela 3.7.1 [18].

Tabela 3.7.1 - Requisitos a considerar na classificação da inércia térmica de um edifício existente, baseada na tabela 3 do despacho n.º 15793-E/2013 [20].

Classe de Inércia Térmica Interior	Requisito
Fraca	Caso se verifiquem cumulativamente as seguintes soluções: - Teto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura); - Revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira; - Paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação.
Média	Caso não se verifiquem os requisitos necessários para se classificar a classe de inércia térmica em Forte ou Fraca.
Forte	Caso se verifiquem cumulativamente as seguintes soluções, sem aplicação de isolamento térmico pelo interior: - Pavimento e teto de betão armado ou pré-esforçado; - Revestimento de teto em estuque ou reboco; - Revestimento de piso cerâmico, pedra, parquet, alcatifa tipo industrial sem pelo, com exclusão de soluções de pavimentos flutuantes; - Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco; - Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco; - Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem, ...) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco.

No caso do edifício estudado considerou-se, para as frações, a classe de inércia média por não se verificarem todos os requisitos de classe forte nem de classe fraca.

3.8. Ventilação

Um conceito breve de ventilação é “renovação do ar interior por ar exterior, de forma controlada”. Por sua vez, a ventilação natural, sendo assegurada por ações naturais (vento e temperatura), é também uma renovação de ar controlada mas com escoamento de ar para aberturas de admissão de ar exterior (janelas e grelhas) e de extração (chaminés) [23]. Este tipo de ventilação é abrangida pelos sistemas passivos, que por sua vez são considerados para a redução das necessidades de energia útil de um edifício [6].

O valor mínimo legislado para a R_{ph} é de 0,40 renovações por hora [23]. Para calcular o valor de R_{ph} recorre-se à folha “CálculoFCLNEC”, também certificada pela ADENE.

No caso de uma habitação registar um valor inferior a 0,40, a folha PTnZEB adverte para que se proponha uma medida de melhoria no sentido de aumentar este valor. O anexo 2 apresenta um exemplo de um cálculo - a habitação 416 A, que apresenta um valor de R_{ph} inferior a 0,40.

3.9. Sistemas Técnicos

O conceito de sistema técnico abrange, no decreto-lei n.º 118/2013, equipamentos para climatização, incluindo aquecimento, arrefecimento, ventilação (natural, mecânica ou híbrida), preparação de AQS e produção de energia renovável.

No caso das habitações estudadas, por serem existentes, não dispõem de sistemas dedicados a climatização para aquecimento e arrefecimento. Desta forma consideraram-se, por defeito, para aquecimento uma resistência elétrica, e para arrefecimento um *split*.

3.10. Sistemas de Preparação de AQS

O cálculo do consumo médio diário de referência (M_{AQS}), pode ser feito através da equação 3.10.1:

$$M_{AQS}=40 \times n \times f_{eh} \text{ [litros]} \quad (3.10.1)$$

Onde:

n – Número de ocupantes,

f_{eh} – Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica. Para o rótulo A ou superior toma um valor de 0,90, nos restantes casos, e também no cálculo de edifícios de referência, toma o valor de 1.

No que respeita aos sistemas de preparação de AQS, deve ser determinado o indicador Q_a (equação 3.10.2), que depende do número de ocupantes de cada habitação (n), parâmetro que varia de acordo com a tipologia da habitação. Para uma habitação T_n o número de ocupantes é sempre $n+1$.

$$Q_a = \frac{(M_{AQS} \times C_{p_{\text{água}}} \times \Delta T \times n_d)}{3600000} \text{ [kWh/ano]} \quad (3.10.2)$$

Onde:

M_{AQS} – Consumo médio diário de referência [litros],

$C_{p_{\text{água}}}$ – Calor específico da água (que toma um valor de 4187 J/kg·K),

ΔT – Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS (valor de referência é 35°C),

n_d – Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais (365 dias).

No que concerne a esquentadores alimentados a combustíveis gasosos ou líquidos, a tabela 3.10.1 apresenta valores de potência (P_a) em kW e o rendimento, que deve ser igual ou superior ao disposto na tabela [24]. No caso das habitações em estudo considerou-se o modelo *WRD11 2-G* da *Vulcano* (anexo 6.1) com P_a de 19,2 kW, sendo o rendimento igual a 0,88 [25]. Este rendimento cumpre o requisito estipulado na tabela 3.10.1.

Tabela 3.10.1 - Valores de rendimento de caldeiras e esquentadores para edifícios existentes, baseada na tabela I.16 da portaria n.º349-B/2013 [24].

	Classe de eficiência energética	Rendimento nominal (η)
Caldeiras	A+ (1)	$\eta_c \geq 96\%$
	A (2)	$96\% \geq \eta_c > 92\%$
	A	$92\% \geq \eta_c > 89\%$
	B	$89\% \geq \eta_c > 86\%$
	C	$86\% \geq \eta_c > 83\%$
	D	$83\% \geq \eta_c > 80\%$
	E	$80\% \geq \eta_c > 77\%$
	F	$\eta_c \leq 77\%$
Esquentadores	Potência (kW)	Rendimento
	≤ 10 kW	$\geq 0,82$
	> 10 kW	$\geq 0,84$

(1) A temperatura de retorno deverá ser inferior a 50°C (caldeiras a gás) ou 45°C (caldeiras a gasóleo).

(2) A temperatura média da água na caldeira deverá ser inferior a 60°C.

Existem outros sistemas dedicados à preparação de AQS, e que recorrem a fontes de energia renováveis. Todavia serão apresentados no capítulo 5 por integrarem as medidas de melhoria propostas neste trabalho.

3.11. Necessidades Nominais de Energia

Com vista à determinação do desempenho energético de uma habitação devem ser calculados dois balanços energéticos, distinguidos entre balanços real e de referência (figura 3.11.1). No cálculo do real consideram-se os indicadores de desempenho N_{ec} , N_{vc} e Q_a , a energia elétrica necessária ao funcionamento de ventiladores (W_{vm}) e o contributo de sistemas renováveis (E_{ren}). Por sua vez, o cálculo da referência é semelhante, mas tem em conta a ausência de sistemas renováveis e a ventilação sendo natural [26].

Ambos os balanços são realizados tendo em conta temperaturas de 18°C, para a estação de aquecimento e 25°C, para a estação de arrefecimento. A classe energética é obtida pela relação entre estes dois balanços [26].

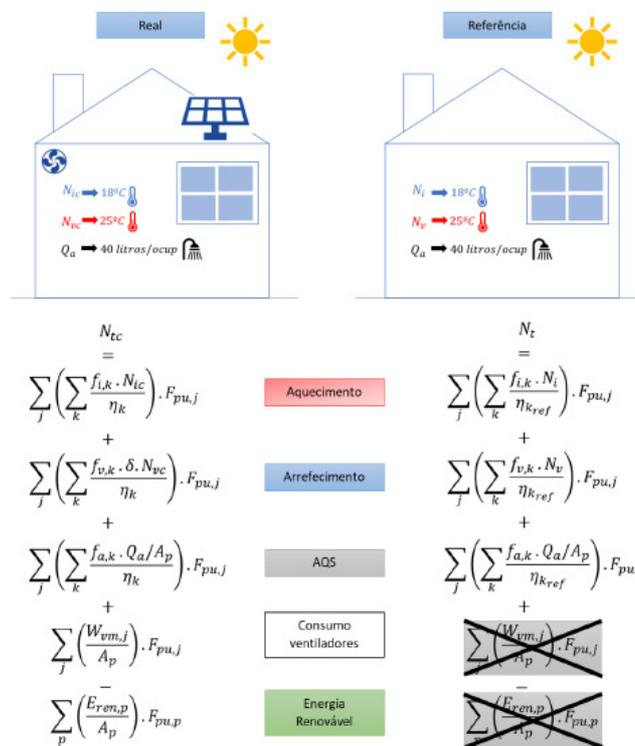


Figura 3.11.1 - Desempenho energético de uma habitação real e de referência [26].

Nas próximas duas secções serão apresentadas figuras de habitações, para os dois balanços, com setas demarcadas a vermelho, mas com diferentes espessuras e formas. As setas curvas representam as trocas de calor por ventilação, as setas finas representam as transferências de calor por pontes térmicas e as setas mais largas representam as transferências de calor por elementos opacos ou envidraçados.

3.11.1. Necessidades Nominais de Energia Útil para Aquecimento

As N_c resultam da quantificação das transferências de calor pelas envolventes e pela ventilação, e ainda, pelos ganhos de calor úteis [26]. Começando pelo coeficiente global de transferências de calor por ventilação ($H_{ve,i}$) e pelo coeficiente global de transferências de calor por transmissão ($H_{tr,i}$), as equações 3.11.1.1 e 3.11.1.2 apresentam, respetivamente, os aspetos a reunir para o seu cálculo.

$$H_{ve,i} = 0,34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (3.11.1.1)$$

Onde:

R_{ph} – Taxa de renovação do ar interior [h^{-1}],

A_p – Área interior útil de um pavimento [m^2],

P_d – Pé direito médio [m].

$$H_{tr,i} = b_{tr} \times A \times U \text{ [W/}^\circ\text{C]} \quad (3.11.1.2)$$

Onde:

b_{tr} – Coeficiente de redução de perdas [adimensional],

A – Área do elemento da envolvente medida pelo interior [m^2],

U – Coeficiente de Transmissão Térmica [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$].

No caso da habitação 416 A o valor de $H_{ve,i}$ é de $18 \text{ W/}^\circ\text{C}$ para os dois balanços. Quanto ao valor de $H_{tr,i}$, este é de $225 \text{ W/}^\circ\text{C}$ e $105 \text{ W/}^\circ\text{C}$ para os balanços real e de referência, respetivamente (figura 3.11.1.1). Note-se que esta habitação é desprovida de coberturas e, portanto, não existem transferências pela cobertura.

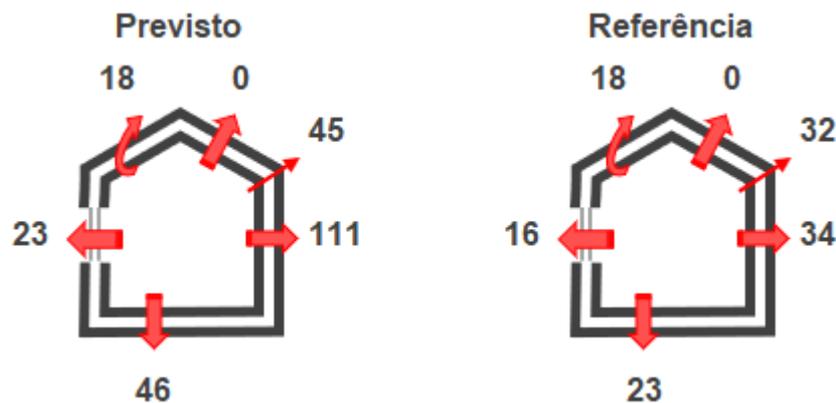


Figura 3.11.1.1 - Valores de $H_{tr,i}$ e $H_{ve,i}$ para a habitação 416 A.

As equações apresentadas anteriormente permitem calcular as transferências de calor por ventilação ($Q_{ve,i}$) e por transmissão através da envolvente ($Q_{tr,i}$), de acordo com as equações 3.11.1.3 e 3.11.1.4, respetivamente.

$$Q_{ve,i} = \frac{24 \times GD \times H_{ve,i}}{1000} [kWh] \quad (3.11.1.3)$$

Onde:

GD – Número de Graus-dia na base dos 18°C [°C],

$H_{ve,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por ventilação, na estação de aquecimento [W/°C].

$$Q_{tr,i} = \frac{24 \times GD \times H_{tr,i}}{1000} [kWh] \quad (3.11.1.4)$$

Onde:

GD – Número de Graus-dia na base dos 18°C [°C],

$H_{tr,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento [W/°C].

No caso da habitação considerada para exemplo (figura 3.11.1.2), $Q_{ve,i}$ toma um valor de 500 kWh, para os dois balanços, e $Q_{tr,i}$ é de 6368 kWh e 2975 kWh para os balanços real e de referência, respetivamente. Esta diferença entre estes dois últimos valores justifica-se pelos valores tabelados na portaria n.º 349-B/2013, para edifícios de referência.

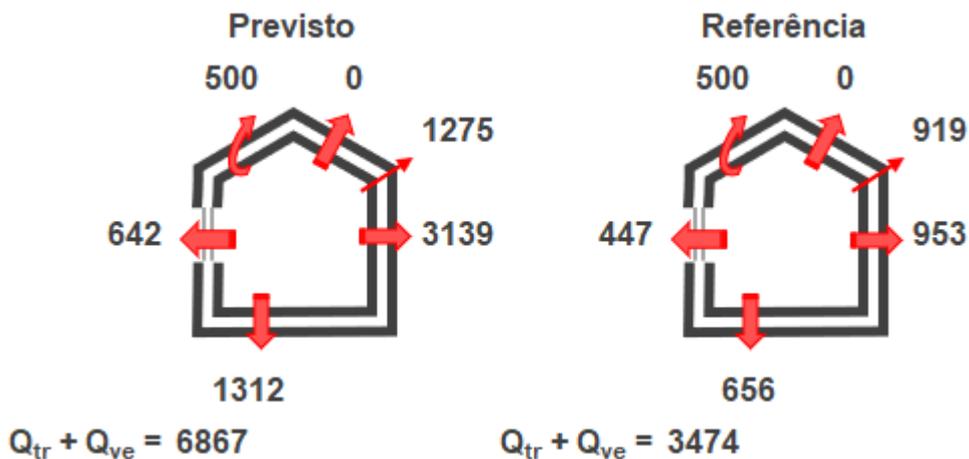


Figura 3.11.1.2 - Valores de $Q_{tr,i}$ e de $Q_{ve,i}$ para os dois balanços.

Relativamente aos ganhos térmicos úteis ($Q_{gu,i}$), na estação de aquecimento existem dois ganhos a considerar. A equação 3.11.1.5 apresenta os ganhos solares brutos ($Q_{sol,i}$).

$$Q_{sol,i} = I_{sol} \times A [kWh] \quad (3.11.1.5)$$

Onde:

I_{sol} – Energia solar acumulada durante a estação de arrefecimento, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para quatro pontos cardeais e quatro colaterais [kWh/m²],

A – Área do elemento da envolvente medida pelo interior [m²].

Por sua vez, a equação 3.11.1.6 proporciona o cálculo dos ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, aplicável aos ganhos por fontes internas reais ($Q_{int,i}$) e de referência ($Q_{int,i,ref}$).

$$Q_{int,i} = Q_{int,i,ref} = \frac{720 \times q_{int} \times M \times A_p}{1000} \text{ [kWh]} \quad (3.11.1.6)$$

Onde:

q_{int} – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície (toma um valor fixo de 4 W/m²),

M – Duração da estação de aquecimento [meses],

A_p – Área interior útil de um pavimento [m²].

Os ganhos térmicos brutos ($Q_{g,i}$) (equação 3.11.1.7), resultam da junção das duas equações anteriormente apresentadas.

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \text{ [kWh]} \quad (3.11.1.7)$$

Onde:

$Q_{int,i}$ – Ganhos por fontes internas na estação de aquecimento [kWh],

$Q_{sol,i}$ – Ganhos solares brutos [kWh].

Assim, pode-se calcular $Q_{gu,i}$ pela equação 3.11.1.8:

$$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i} \text{ [kWh]} \quad (3.11.1.8)$$

Onde:

η_i – Fator de utilização de ganhos térmicos [adimensional],

$Q_{g,i}$ – Ganhos térmicos brutos [kWh].

Para o balanço de referência, contabilizam-se os mesmos ganhos, mas com diferentes parâmetros nas equações. Primeiramente, os ganhos solares brutos de referência ($Q_{sol,i,ref}$) apresentam-se na equação 3.11.1.9.

$$Q_{sol,i,ref} = G_{sul} \times 0,146 \times 0,15 \times A_p \times M \text{ [kWh]} \quad (3.11.1.9)$$

Onde:

G_{sul} – Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a sul (Tabela 4 do despacho n.º 15793-F/2013) [kWh/m².mês],

A_p – Área interior útil de um pavimento [m²],

M – Duração da estação de aquecimento [meses].

Por sua vez, estes ganhos térmicos, que são associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados de referência ($Q_{sol,i,ref}$) são calculados pela equação 3.11.1.10, sendo considerada a soma das equações 3.11.1.9 e 3.11.1.6.

$$Q_{g,i,ref} = Q_{int,i,ref} + Q_{sol,i,ref} \quad [kWh] \quad (3.11.1.10)$$

Onde:

$Q_{int,i,ref}$ – Ganhos por fontes internas, na estação de aquecimento, de referência [kWh],

$Q_{sol,i,ref}$ – Ganhos solares brutos, na estação de aquecimento, de referência [kWh].

Portanto, os ganhos térmicos úteis de referência ($Q_{gu,i,ref}$) (equação 3.11.1.11), são compostos pelos ganhos apresentados na equação anterior e pelo fator de utilização de ganhos térmicos, ambos na estação de aquecimento.

$$Q_{gu,i,ref} = \eta_{i,ref} \times Q_{g,i,ref} \quad [kWh] \quad (3.11.1.11)$$

Onde:

$\eta_{i,ref}$ – Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de aquecimento de referência (toma um valor igual a 0,60),

$Q_{g,i,ref}$ – Ganhos térmicos brutos de referência na estação de aquecimento [kWh].

No caso da habitação 416 A, a inércia é classificada como sendo média, tomando por isso o valor de 0,99. O outro valor, 0,60, encontra-se legislado na portaria n.º 349-B/2013. O valor de $Q_{int,i}$ é igual para os dois balanços - 814 kWh, e os valores dos ganhos solares brutos (Q_{sol}) são 327 e 805 kWh para os balanços real e de referência, respetivamente. Por este último motivo, os valores de $Q_{g,i}$ são diferentes nos dois balanços (figura 3.11.1.3).

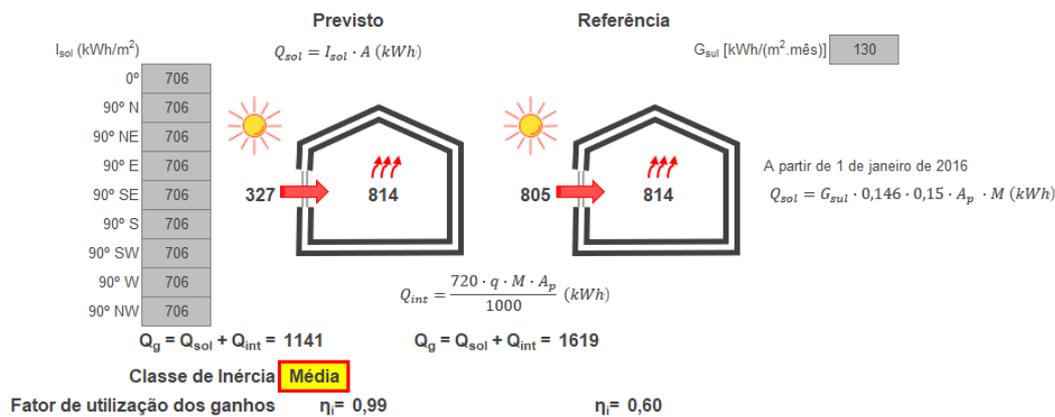


Figura 3.11.1.3 - Valores dos ganhos solares brutos (Q_g) para os dois balanços.

Reunindo os valores dos parâmetros anteriormente apresentados, pode, então, ser quantificado o valor de N_c :

$$N_c = \frac{(Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})}{A_p} \quad [kWh/(m^2 \cdot \text{ano})] \quad (3.11.1.12)$$

Onde:

$Q_{tr,i}$ – Transferências de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios [kWh],

$Q_{ve,i}$ – Transferências de calor por ventilação na estação de aquecimento [kWh],

$Q_{gu,i}$ – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes [kWh],

A_p – Área interior útil de um pavimento [m^2].

No que concerne ao cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência (M) (equação 3.11.1.13), sendo muito semelhante à apresentada anteriormente, os valores essenciais ao cálculo dos seus parâmetros devem ser recolhidos em tabelas das portarias n.º379-A/2015 e n.º349-B/2013. E o valor de R_{ph} , importante para a ventilação, é limitado a um valor mínimo de 0,4 e um valor máximo de 0,6. Assim, se os valores calculados excederem 0,6 então a taxa de renovação do ar na estação de aquecimento (R_{ph}) é igual a 0,6, se forem inferiores a 0,4 então a R_{ph} é igual a 0,4. Mas se estiverem entre estes limites deverá ser tomado o valor real calculado ($R_{ph,real}$) [26].

$$N_i = \frac{(Q_{tr,i,ref} + Q_{ve,i,ref} - Q_{gu,i,ref})}{A_p} [kWh/(m^2 \cdot ano)] \quad (3.11.1.13)$$

Onde:

$Q_{tr,i,ref}$ – Transferências de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento [kWh],

$Q_{ve,i,ref}$ – Transferências de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento [kWh],

$Q_{gu,i,ref}$ – Ganhos de calor úteis de referência na estação de aquecimento [kWh],

A_p – Área interior útil de um pavimento [m^2].

Em suma, o que difere não é a metodologia de cálculo de um balanço para o outro, mas sim os valores de alguns parâmetros utilizados nestas equações, isto é, muitos dos parâmetros de referência estão tabelados em legislação. Outro aspeto a destacar é a relação entre os valores destes dois balanços, em que o valor de N_c não pode exceder o valor de N_i , segundo os artigos 26.º e 30.º do decreto-lei n.º251/2015.

3.11.2. Necessidades Nominiais de Energia Útil para Arrefecimento

Tal como na estação de aquecimento, também as N_c resultam da quantificação das transferências de calor pelas envolventes e pela ventilação, e ainda, pelos ganhos térmicos [26]. As equações 3.11.2.1 e 3.11.2.2 apresentam, respetivamente, o cálculo do coeficiente global de

transferências de calor por ventilação ($H_{ve,v}$) e do coeficiente global de transferências de calor por transmissão ($H_{tr,v}$).

$$H_{ve,v} = 0,34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d \quad [W/^\circ C] \quad (3.11.2.1)$$

Onde:

R_{ph} – Taxa de renovação do ar interior [h^{-1}],

A_p – Área interior útil de um pavimento [m^2],

P_d – Pé direito médio [m].

$$H_{tr,v} = b_{tr} \times A \times U \quad [W/^\circ C] \quad (3.11.2.2)$$

Onde:

b_{tr} – Coeficiente de redução de perdas [adimensional],

A – Área do elemento da envolvente medida pelo interior [m^2],

U – Coeficiente de Transmissão Térmica [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$].

No caso da habitação 416 A os valores de $H_{ve,v}$ são de $H_{tr,v}$ é de 26 $W/^\circ C$ e 225 $W/^\circ C$, respetivamente, para o balanço real (figura 3.11.2.1). Note-se que esta habitação é desprovida de coberturas e, portanto, o valor 0 representa essa ausência de transferências por esse elemento.

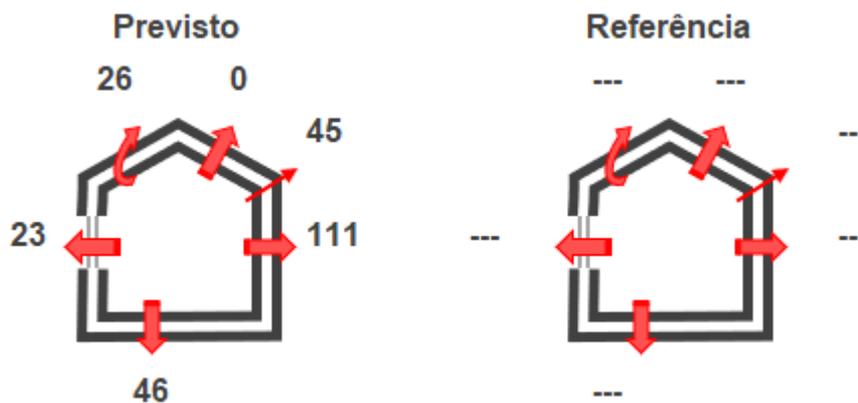


Figura 3.11.2.1 - Valores de $H_{ve,v}$ e $H_{tr,v}$ para o balanço real.

As equações apresentadas anteriormente, permitem calcular as transferências de calor por ventilação ($Q_{ve,v}$) e por transmissão através da envolvente ($Q_{tr,v}$), conforme apresentam as equações 3.11.2.3 e 3.11.2.4, respetivamente.

$$Q_{ve,v} = \frac{L_v \times (\theta_{int} - \theta_{ext}) \times H_{ve,v}}{1000} \quad [kWh] \quad (3.11.2.3)$$

Onde:

L_v – Duração da estação de arrefecimento (com um valor fixo de 2928 horas),

θ_{int} – Temperatura interior [$^\circ C$],

θ_{ext} – Temperatura ambiente exterior [°C],

$H_{ve,v}$ – Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento [W/°C].

$$Q_{tr,v} = \frac{L_v \times (\theta_{int} - \theta_{ext}) \times H_{tr,v}}{1000} \text{ [kWh]} \quad (3.11.2.4)$$

Onde:

L_v – Duração da estação de arrefecimento (com um valor fixo de 2928 horas),

θ_{int} – Temperatura interior [°C],

θ_{ext} – Temperatura ambiente exterior [°C],

$H_{tr,v}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento [W/°C].

Os valores de $Q_{ve,v}$ e de $Q_{tr,v}$ para o balanço real são, respetivamente, 318 kWh e 2699 kWh, tal como ilustra a figura 3.11.2.2.

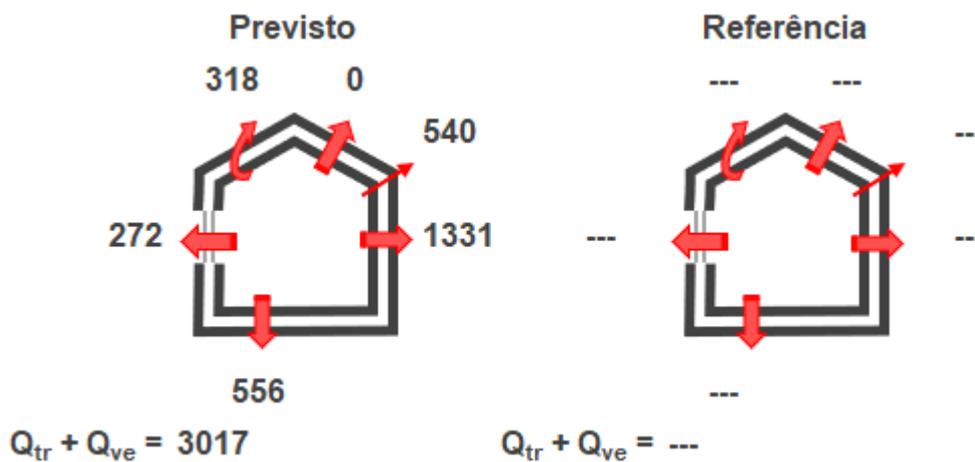


Figura 3.11.2.2 - Valores de $Q_{tr,v}$ e de $Q_{ve,v}$ para o balanço real.

Relativamente aos ganhos úteis na referida estação, a forma de determinar os ganhos é semelhante nos dois balanços. Para o balanço real deve-se começar por calcular os ganhos por fontes internas para o balanço real ($Q_{int,v}$) e de referência ($Q_{int,v,ref}$) e os ganhos solares brutos ($Q_{sol,v}$), na referida estação, apresentados nas equações 3.11.2.5 e 3.11.2.6, respetivamente.

$$Q_{int,v} = Q_{int,v,ref} = \frac{720 \times q_{int} \times A_p}{1000} \text{ [kWh]} \quad (3.11.2.5)$$

Onde:

q_{int} – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície (toma um valor fixo de 4 W/m²),

M – Duração da estação de aquecimento [meses],

A_p – Área interior útil de um pavimento [m²].

$$Q_{sol,v} = I_{sol} \times A \text{ [kWh]} \quad (3.11.2.6)$$

Onde:

I_{sol} – Energia solar acumulada durante a estação de arrefecimento, recebida na horizontal (inclinação 0°) e em superfícies verticais (inclinação 90°) para quatro pontos cardeais e quatro colaterais [kWh/m²],
 A – Área do elemento da envolvente medida pelo interior [m²].

A equação 3.11.2.7 permite calcular os ganhos térmicos brutos ($Q_{g,v}$) que resultam da junção das equações 3.11.2.5 e 3.11.2.6.

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \text{ [kWh]} \quad (3.11.2.7)$$

Onde:

$Q_{int,v}$ – Ganhos por fontes internas [kWh],

$Q_{sol,v}$ – Ganhos solares brutos [kWh].

De seguida, consideram-se os valores de $Q_{tr,v}$ e de $Q_{ve,v}$ que entram para o cálculo da relação entre os ganhos térmicos brutos e a soma das transferências de calor pela envolvente e por ventilação (γ) de acordo com a equação 3.11.2.8, juntamente com $Q_{g,v}$, para o cálculo do fator de utilização de ganhos térmicos (η_v). Este, depende da classe de inércia e de γ .

$$\gamma = \frac{Q_{g,v}}{Q_{tr,v} + Q_{ve,v}} \text{ [adimensional]} \quad (3.11.2.8)$$

Onde:

$Q_{g,v}$ – Ganhos térmicos úteis brutos, na estação de aquecimento [kWh],

$Q_{tr,v}$ – Transferência de calor por transmissão através da envolvente, na estação de aquecimento [kWh],

$Q_{ve,v}$ – Transferência de calor por ventilação, na estação de aquecimento [kWh].

Por sua vez, o balanço de referência considera o fator de utilização de ganhos térmicos de referência ($\eta_{v,ref}$), os ganhos por fontes internas de referência ($Q_{int,v,ref}$) (equação 3.11.2.5), e os ganhos solares brutos de referência ($Q_{sol,v,ref}$) (equação 3.11.2.9).

$$Q_{sol,v,ref} = [g_{v,ref} \times (\frac{A_w}{A_p})_{ref} \times I_{sol,ref} \times A_p] \text{ [kWh]} \quad (3.11.2.9)$$

Onde:

$g_{v,ref}$ – Fator solar de referência para a estação de arrefecimento (igual a 0,43),

$(\frac{A_w}{A_p})_{ref}$ – Razão entre a área dos vãos e a área interior útil de um pavimento (20%),

$I_{sol,ref}$ – Radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a oeste (Tabela 5 do despacho n.º 15793-F/2013),

A_p – Área interior útil de um pavimento [m²].

A figura 3.11.2.3 demonstra a aplicabilidade das equações acima apresentadas, onde os valores de $Q_{int,v}$ são iguais para os dois balanços – 543 kWh, uma vez que os parâmetros que integram a equação 3.11.2.5 são os mesmos. Todavia, os valores dos ganhos solares diferem muito entre si porque os parâmetros contabilizados para o cálculo são distintos e, existem mais elementos da envolvente a contabilizar no balanço real. Relativamente ao valor de η_v , sendo a inércia considerada média, toma um valor de 0,94. Já $\eta_{v,ref}$, que depende de diferenças de temperatura, toma um valor de 0,83.

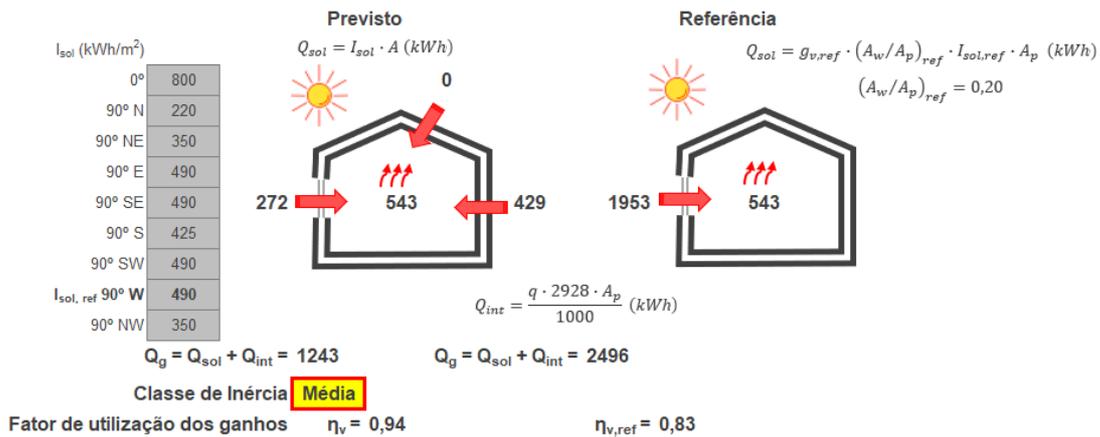


Figura 3.11.2.3 - Valores de Q_g para os dois balanços.

Reunindo os valores dos parâmetros anteriormente apresentados, pode, então, ser quantificado o valor de N_{vc} :

$$N_{vc} = \frac{(1-\eta_v) \times Q_{g,v}}{A_p} \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{ano)]} \quad (3.11.2.10)$$

Onde:

η_v – Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento [adimensional],

$Q_{g,v}$ – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento [kWh],

A_p – Área interior útil de um pavimento [m²].

No que concerne ao cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência (N_v), a equação 3.11.2.11 é muito semelhante à apresentada para o balanço real, mantendo-se aqui a metodologia de cálculo.

$$N_v = \frac{(1-\eta_{v,ref}) \times Q_{g,v,ref}}{A_p} \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{ano)]} \quad (3.11.2.11)$$

Onde:

$\eta_{v,ref}$ – Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento de referência [adimensional],

$Q_{g,v,ref}$ – Ganhos térmicos brutos de referência na estação de arrefecimento (resultando da soma de $Q_{int,v,ref}$ com $Q_{sol,v,ref}$) [kWh],

A_p – Área interior útil de um pavimento [m^2].

Assim, o que difere neste cálculo, são as envolventes e ganhos que se reduzem de um balanço para o outro, não esquecendo também que alguns parâmetros para o cenário de referência estão tabelados em legislação. Tal como já foi referido acima, o valor de N_{ic} não pode exceder o valor de N_{vc} , pelos artigos 26.º e 30.º do decreto-lei n.º 251/2015.

3.11.3. Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primária

Após juntar todas as parcelas, para os dois balanços, pode-se determinar as N_{tc} (equação 3.11.3.1).

$$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \left(\frac{Q_a}{A_p} \right)}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\frac{W_{vm,j}}{A_p} \right) \cdot F_{pu,j} - \sum_p \left(\frac{E_{ren,p}}{A_p} \right) \cdot F_{pu,p} \quad [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)] \quad (3.11.3.1)$$

Onde:

N_{ic} – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k [$kWh/(m^2 \cdot ano)$],

$f_{i,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k ,

N_{vc} – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k [$kWh/(m^2 \cdot ano)$],

$f_{v,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k ,

Q_a – Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k [kWh/ano],

$f_{a,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k ,

η_k – Eficiência do sistema k , que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fonte de energia renovável (exceto sistemas de queima de biomassa sólida),

j – Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável,

p – Fontes de origem renovável,

$E_{ren,p}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável p , incluindo apenas energia consumida [kWh/ano],

W_{vm} – Energia elétrica necessária ao funcionamento de ventiladores [kWh/ano],

A_p – Área interior útil de pavimento [m^2],

$F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ – Fatores de conversão entre energia útil e energia primária para as fontes de energia j e de energia renovável p [kWh_{EP}/kWh],

δ – Fator representativo das condições de risco de sobreaquecimento, igual a 1 [adimensional].

Para o balanço de referência, com as necessidades nominais anuais de energia primária de referência (N_t), aplica-se a equação 3.11.3.2.

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \left(\frac{Q_a}{A_p} \right)}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \text{ [kWh}_{EP}\text{/(m}^2\text{·ano)}] \quad (3.11.3.2)$$

Onde:

N_i – Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/(m²·ano)],

N_v – Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m²·ano)],

$\eta_{ref,k}$ – Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento e arrefecimento ambiente, e ainda, preparação de AQS, indicados no anexo 1.4.

De seguida, apresentam-se os valores dos parâmetros referidos até então, para a fração 416 A (tabela 3.11.3.1). Note-se que o valor do E_{ren} é 0 kWh/ano porque a habitação não dispõe de sistemas com recurso a fontes de energia renováveis. Também não dispõe de ventiladores mecânicos, sendo por isso o valor de W_{vm} igual a 0 kWh/ano nos dois balanços.

Tabela 3.11.3.1 - Resumo de cálculo dos indicadores de desempenho para a habitação 416 A.

Fração	R_{ph} (h⁻¹)	N_{ic} [kWh/ (m²·ano)]	N_i [kWh/ (m²·ano)]	N_{vc} kWh/ (m²·ano)]	N_v [kWh/ (m²·ano)]	Q_a (kWh/ ano)	N_{ic} [kWh_{EP}/ (m²·ano)]	N_i [kWh_{EP}/ (m²·ano)]	$E_{ren,o}$ (*) (kWh/ano)
416 A	0,39	123,77	54,01	1,64	9,13	1188,64	343,35	171,46	0,00

(*) Correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

Após a obtenção dos valores de N_{ic} e N_i , pode-se calcular o rácio energético (R_{Nt}):

$$R_{Nt} = \frac{N_{ic}}{N_t} \text{ [adimensional]} \quad (3.11.3.3)$$

Onde:

N_{ic} – Necessidades nominais anuais de energia primárias [kWh_{EP}/(m²·ano)],

N_t – Necessidades nominais anuais de energia primárias de referência [kWh_{EP}/(m²·ano)].

De seguida a classe energética, pode ser obtida por correspondência do valor calculado com os intervalos de R_{ne} estabelecidos na tabela 3.11.3.2. No caso da habitação 416 A, de tipologia T₁ e do piso 0, a sua classe é “D” porque o seu R_{ne} é de 2,00.

Tabela 3.11.3.2 - Classe Energética, baseada na tabela 1 do despacho n.º15793-J/2013 [27].

Classe Energética	Valor de R_{ne}
A*	$R_{ne} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{ne} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{ne} \leq 0,75$
B	$0,76 \leq R_{ne} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{ne} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{ne} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{ne} \leq 2,50$
F	$R_{ne} \geq 2,51$

Para terminar esta exposição das necessidades nominais de energia, existe uma relação entre os valores destas necessidades que deve ser verificada, tendo em conta o ano de construção de um edifício (tabela 3.11.3.3).

Tabela 3.11.3.3 - Relação entre os valores das necessidades nominais e limite de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária de edifícios sujeitos a grandes intervenções, adaptado da tabela I.04 da portaria n.º349-B/2013 [24].

Ano de construção	N_{ic}/N_i	N_{vc}/N_v	N_{tc}/N_t
Anterior a 1960	Não Aplicável	Não Aplicável	1,50
Entre 1960 e 1990	1,25	1,25	1,50
Posterior a 1990	1,15	1,15	1,50

Sendo este edifício de 1995, considera-se que os seus valores ultrapassam os limites conforme explicita a figura 3.11.3.1 que apresenta um recorte dos valores calculados dos dois balanços energéticos para aquecimento, arrefecimento e energia primária.

	Previsto	Referência		
Energia útil para aquecimento [kWh/(m ² ·ano)]	123,8	54,0	N_{ic}/N_i	2,29
Energia útil para arrefecimento [kWh/(m ² ·ano)]	1,6	9,1	N_{vc}/N_v	0,18
Energia primária [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]	343,4	171,5	N_{tc}/N_t	2,00

Figura 3.11.3.1 - Valores de energia útil e de energia primária para os dois balanços e relação entre eles.

4. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

No presente capítulo serão explicitados os dados climáticos e legais (localização e documentos), bem como, todas as particularidades ao nível de envolventes e de sistemas do edifício em estudo.

Primeiramente, será apresentado o edifício quanto à sua localização, tipologias que comporta na sua constituição e o tipo de acessos para as várias frações. Serão, também, referenciados os documentos essenciais para este levantamento dimensional.

De seguida, os parâmetros climáticos serão explicitados quer para a estação de aquecimento quer para a estação de arrefecimento, e com estes vem a caracterização em termos de rugosidade, distância à costa, entre outros.

Por sua vez, o levantamento dimensional e envolventes resumem todo o estudo desenvolvido em *AutoCAD* na planta deste edifício por forma a quantificar todos os tipos de envolventes encontradas, vãos exteriores, cotas exteriores, áreas de cada compartimento para espaços úteis e não-úteis e recortes deste levantamento. Será, ainda, explicitado o cálculo para determinar o valor do b_r para os espaços identificados como ENU.

A caracterização da habitação será dividida em quatro partes:

- a. Envolvente opaca, que apresenta a constituição de paredes, coberturas e pavimentos;
- b. Envolvente envidraçada, que explicita todos os vãos interiores e exteriores;
- c. Ventilação, com referência a um sistema de ventilação natural;
- d. Sistemas energéticos, que contempla os sistemas considerados por defeito e para preparação de AQS.

4.1. Dados do Imóvel

O edifício multifamiliar em estudo é constituído por dez habitações distribuídas por dois pisos, sendo eles o rés-do-chão, ou piso 0, e o piso 1. Relativamente às tipologias, estas encontram-se distribuídas pelo piso 0, com uma fração de tipologia T_1 e quatro frações de tipologia T_3 , e pelo piso 1, com uma fração de tipologia T_1 e quatro frações de tipologia T_2 . Este edifício não dispõe de elevadores, sendo que os acessos às frações são feitos por portas exteriores no caso do piso 0, e escadas exteriores para o piso 1, conforme ilustram a figura 4.1.1, a figura 4.1.2 e a figura 4.1.3 com a apresentação da

fachada principal e traseira. Em termos de localização, situa-se na Rua 25 de Abril da freguesia de Junqueira, Município de Vila do Conde (Porto). A figura 4.1.4 evidencia esta localização no *Google Earth*.



Figura 4.1.1 - Parte da fachada principal do edifício estudado.



Figura 4.1.2 - Restante parte da fachada principal do edifício.



Figura 4.1.3 - Fachada das traseiras do edifício.



Figura 4.1.4 - Levantamento dimensional do edifício.

Tendo por base as informações constantes na caderneta predial e no registo predial, estas habitações são todas consideradas como sendo frações autónomas com propriedade horizontal constituída e, como a sua construção data a 1995, ou seja, anterior a 31 de dezembro de 2013, trata-se de um edifício existente.

4.2. Parâmetros Climáticos

Em termos de zonamento climático, tendo por base os cálculos explicitados no subcapítulo 3.1, estas habitações localizam-se na zona V2 e I1, de verão e de inverno, respetivamente. Isto tem por base a NUTS III que insere o concelho de Vila do Conde na região do Grande Porto.

De seguida, destacam-se outros parâmetros importantes para a caracterização do edifício. A sua rugosidade é II, porque se trata de um edifício situado na periferia de uma zona urbana ou rural. O

edifício em estudo encontra-se na região A, ou seja, integra as exceções em relação à região B. Por sua vez, a distância deste edifício em relação à linha de costa é superior a 5 km.

Relativamente ao ângulo de orientação, com um valor de 3° , pode-se dizer que o edifício tem a fachada principal orientada para oeste, isto porque atendendo a que o ângulo é muito pequeno, de acordo com o que é prática nestas situações, sempre que o ângulo é inferior a $22,5^\circ$, considera-se este nulo. Este facto influencia os ganhos solares destas habitações já que edifícios orientados para sul, este ou oeste, aqui, registam maiores ganhos, ao contrário dos edifícios com a sua fachada principal orientada a norte que não recebem radiação solar direta durante o inverno, e apenas uma pequena parcela no verão [28, 29].

4.3. Levantamento Dimensional e Envolventes

As plantas das habitações, permitiram confirmar os valores das áreas dos compartimentos de cada habitação e, posteriormente, somar as áreas úteis destas (anexo 1.5). Neste levantamento também foram contabilizados os vãos exteriores envidraçados por piso, sendo que no piso 1 existe maior diversidade de vãos exteriores. Por sua vez, as cotas retiradas permitiram saber a área de parede interior em contacto com o exterior, para cada compartimento. Importa clarificar que para a quantificação dos vãos e das cotas só entraram compartimentos de espaços úteis, não se considerando, então, os vãos exteriores das lavandarias e as cotas destas e das coretes identificadas. A figura 4.3.1 explicita todo este levantamento.

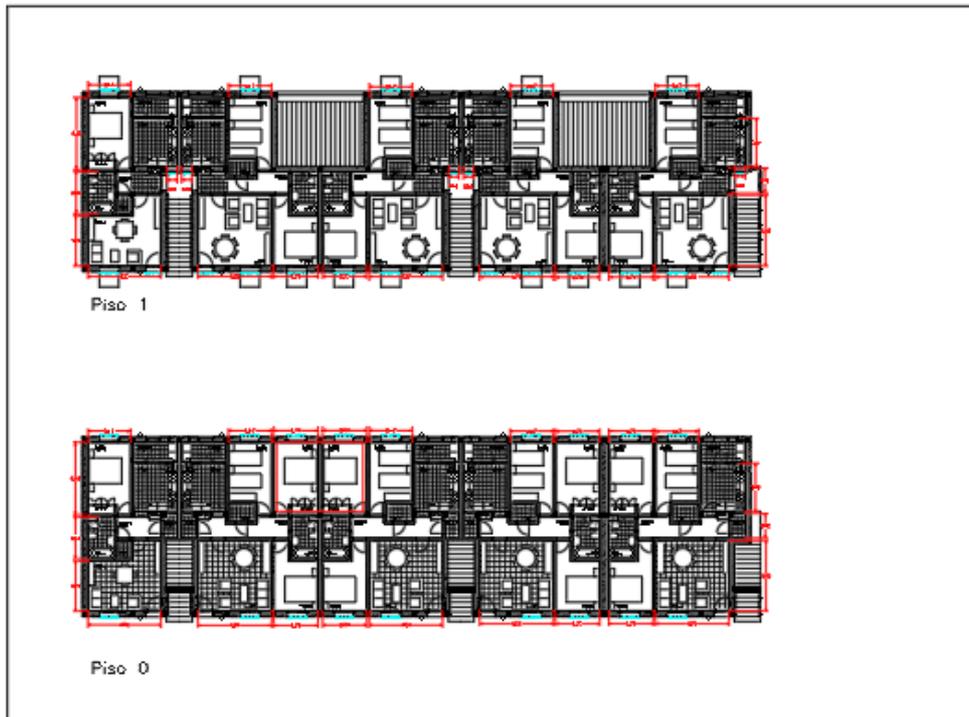


Figura 4.3.1 - Levantamento com as cotas e vãos envidraçados exteriores identificados.

Juntamente com estes valores determinou-se, ainda, um P_e com 2,80 metros em cada piso, e um desvão com 1,29 metros de altura, através dos alçados disponibilizados nas plantas (figura 4.3.2).

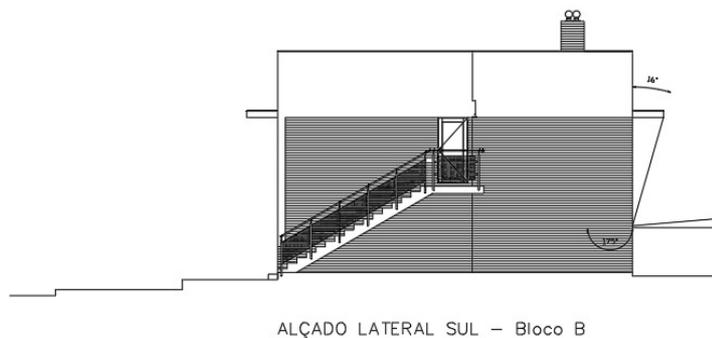


Figura 4.3.2 - Pormenor dos alçados da planta.

Apesar de estes últimos valores terem sido retirados para o cálculo do b_e , como se demonstrará mais adiante, a altura do desvão considerada foi de 1,25 metros, considerando as regras de simplificação apresentadas na tabela 1 do despacho n.º 15793-E/2013. Outros valores de cotas apresentados nesta figura são os valores médios de profundidade enterrada de uma parede, conforme apresentado debaixo das escadas de acesso ao piso 1, e da profundidade de um pavimento em contacto com o solo que tomam valores de 0,83 e 0,52 metros, respetivamente. A altura do edifício (H_{edif}), seis metros, representa

a soma das alturas de dois pisos (H_{Fa}), cada um com três metros de altura. A importância dos valores retirados nestas cotas será evidenciada nos tópicos posteriores.

No mesmo ficheiro foram, ainda, distinguidas e quantificadas as tipologias deste edifício, conforme ilustra a figura 4.3.3. A frações de tipologia T_1 , T_2 e T_3 encontram-se delimitadas, respetivamente, a tonalidade verde-água, lilás e roxo.

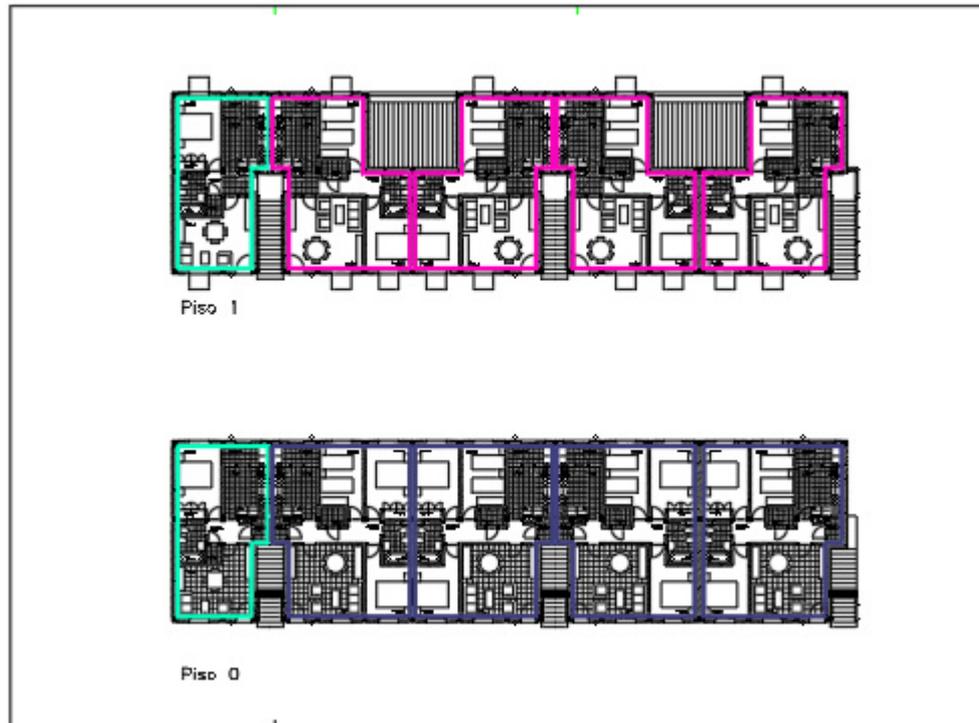


Figura 4.3.3 - Identificação de tipologias de habitação no edifício estudado.

Com vista à determinação do b_v foi necessário identificar os ENU nas habitações. A saber, as lavandarias, as coretes das instalações sanitárias e das cozinhas, os edifícios adjacentes também, e ainda, o desvão em contacto com todas as frações do piso 1. O despacho n.º 15793-E/2013 indica que para os edifícios adjacentes, por defeito se possa tomar o valor de 0,6. Porém, os b_v associados a estes ENU's foram calculados pelos somatórios das A_i e $A_{i'}$, estando estes valores sintetizados na tabela 3.2.2 da secção 3.2.

No que respeita às envolventes, foram identificados os seguintes elementos, ilustrados na figura 4.3.4:

- a. Paredes em contacto com o exterior através das fachadas, demarcadas pelo interior a tonalidade vermelha;
- b. Paredes interiores com requisitos de exterior, ou seja, um ENU com b_v superior a 0,7, demarcadas a amarelo;

- c. Paredes interiores com requisitos de interior, ou seja, dois ENU com b_v inferior ou igual a 0,7, demarcadas a azul.

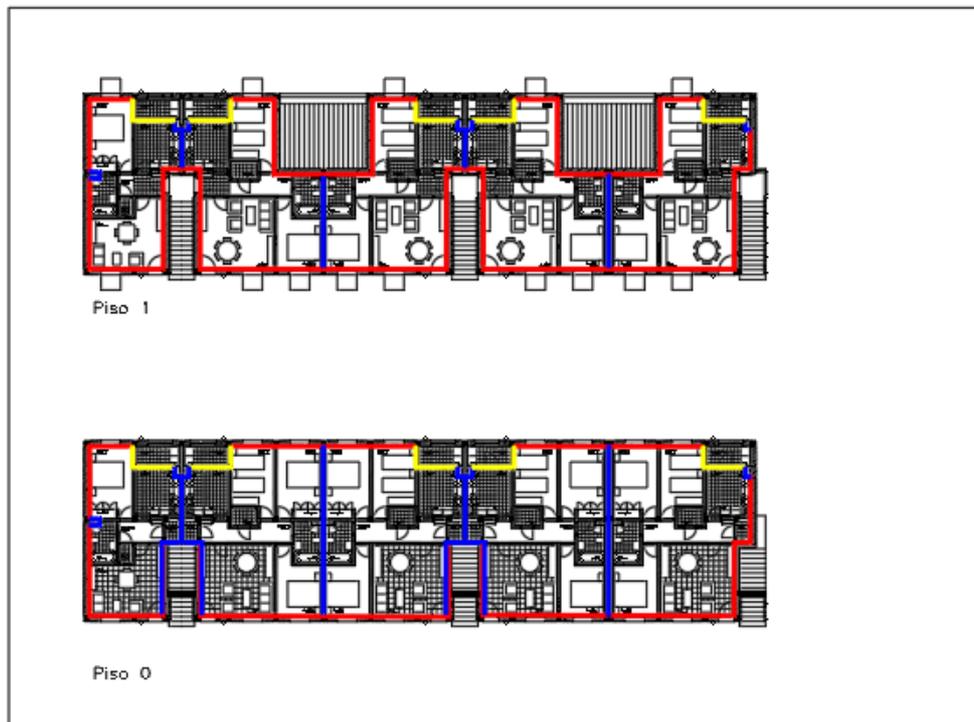


Figura 4.3.4 - Elementos construtivos demarcados nas envolventes ao nível de paredes dos dois pisos.

Outros aspetos identificados, e ilustrados para os pisos 0 (figura 4.3.5) e 1 (figura 4.3.6), foram:

- A orientação solar destas envolventes, em que foram identificadas, para cada habitação, as envolventes de que esta dispõe, a norte, sul, este e oeste.
- Os pavimentos em contacto com o solo, demarcados a verde-escuro por ser uma envolvente sem requisitos;
- As coberturas interiores com um desvão, demarcadas a amarelo, em todas as habitações do piso 1;
- E as coberturas exteriores por possuírem grande parte da área de um quarto em contacto com esta cobertura, demarcadas a vermelho, nas habitações T_3 do piso 0.

Piso 0

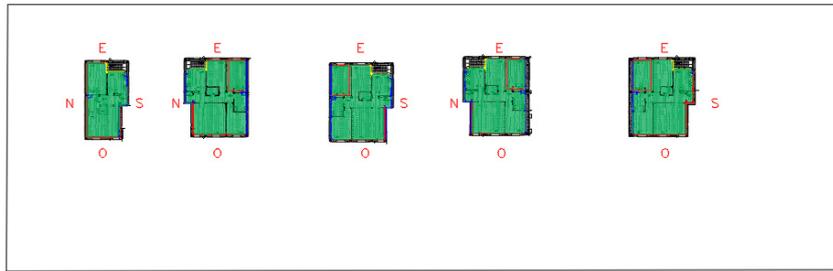


Figura 4.3.5 - Identificação de pavimentos e orientação solar de cada fração do piso 0.

Piso 1

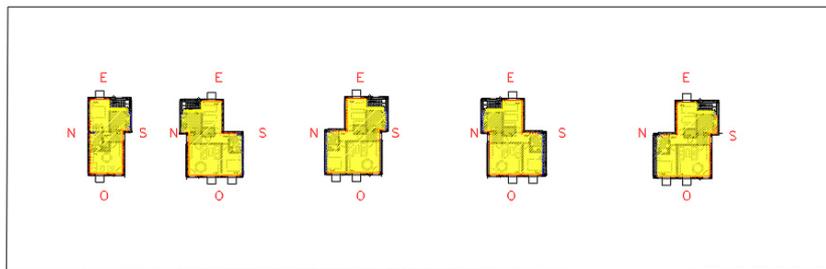


Figura 4.3.6 - Identificação de coberturas e orientação solar de cada fração do piso 1.

4.4. Caracterização da Habitação

Nos próximos subtópicos serão apresentadas as características das envolventes (opaca e envidraçada), da ventilação e dos sistemas energéticos, bem como os principais parâmetros que as caracterizam.

Inicialmente, serão apresentadas, para a envolvente opaca, as características das paredes (interiores, exteriores e em contacto com o solo), das coberturas (interiores e exteriores), dos pavimentos em contacto com o solo e os valores de resistências térmicas e de coeficientes de transmissão térmica que estas envolventes tomam. Foi efetuado o cálculo da inércia térmica para as frações em estudo. Posteriormente, foram identificadas as PTL exteriores e as PTL em contacto com a envolvente interior com b_v superior a 0,7.

De seguida, para a envolvente envidraçada, serão distinguidos os vãos interiores e exteriores relativamente às suas dimensões e características físicas e, ainda, entre pisos. Identificar-se-ão, também, as PTL exteriores e as PTL em contacto com a envolvente interior com b_v superior a 0,7.

A ventilação, outro aspeto importante nas habitações, representada pelas grelhas e condutas localizadas nas coretes das instalações sanitárias, será exposta por via da indicação do tipo de perda de

carga, tipo de cobertura e tipo de escoamento de ar associados. A seleção destes indicadores condicionará o cálculo do R_{ph} .

Por fim, para os sistemas energéticos, serão apresentados os sistemas considerados por defeito para aquecimento e arrefecimento, e para preparação de AQS.

4.4.1. Envolvente Opaca

Relativamente à envolvente opaca deste edifício destacam-se as paredes e coberturas, interiores e exteriores, e ainda, paredes e pavimentos das habitações do piso 0 em contacto com o solo. Foram, também, aqui considerados a inércia I e as PTL.

Para as paredes exteriores, aquando do levantamento, determinou-se uma espessura com cerca de 0,30 metros. Já as paredes interiores apresentam metade desta espessura, ou seja, cerca de 0,15 metros. Um aspeto que importa frisar nesta envolvente é a impossibilidade de obter um conhecimento mais pormenorizado destas paredes. Assim, pôde-se aferir apenas as suas espessuras e considerar como solução construtiva corrente alvenaria e como tipo de solução sendo paredes simples ou duplas rebocadas. Para o cálculo da resistência térmica destes elementos apenas entrou o valor da $R_{s,i}$, que toma um valor de $0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e, conseqüentemente, o U toma valores de 1,10 e $1,62 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, para as paredes exteriores e interiores, respetivamente.

No que respeita às coberturas, este edifício é dotado de coberturas exteriores no piso 0 apenas numa grande parte de um dos quartos de cada habitação T_3 , conforme explicitado nas figuras referidas anteriormente. É também dotado de coberturas interiores em toda a área útil das habitações do piso 1, devido à existência de um desvão fracamente ventilado que está em contacto com estas frações. Outro aspeto que merece a sua relevância nesta envolvente é o desconhecimento da constituição destas coberturas nas habitações. Assim sendo, pôde-se considerar, para todas as coberturas destas frações, como tipo de solução sendo coberturas horizontais sem isolamento térmico e as soluções construtivas correntes sendo coberturas pesadas horizontais de betão. Para obter o valor da resistência térmica destes elementos apenas entrou o valor da $R_{s,e}$, que toma um valor de $0,10 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e, conseqüentemente, o U toma valores de 2,60 e $2,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, para as coberturas exteriores e interiores, respetivamente, considerando os valores de U do anexo 1.1.

Quanto aos elementos em contacto com o solo, nas frações do piso 0, destacam-se as paredes e os pavimentos. Em todas as habitações (exceto a 380 A) existe uma parede “enterrada”, que se localiza debaixo das escadas de acesso às frações do piso 1, e que permite delimitar as habitações entre si. Estas foram consideradas como sendo paredes em contacto com o solo com um R_w inferior a 0,75

($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/W, e uma cota igual a 0,83 metros, sendo o valor de U_{bw} igual a $2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Nestas frações do piso 0 existem, também, pavimentos em contacto com o solo em toda a sua área útil e sem isolamento térmico, por terem um R_i inferior a $0,75 (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$, e uma cota de altura em relação ao piso de entrada igual a 0,52 metros e que registam um valor de U_{bf} igual a $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Relativamente à inércia térmica destas habitações, tal como dito no capítulo anterior, foi considerada como sendo média.

Tendo por base a tabela 3.7.1, foram identificadas PTL exteriores e PTL em contacto com a envolvente interior com b_e superior a 0,7. No que respeita a PTL exteriores destacam-se os seguintes tipos de ligação:

- a. Duas paredes verticais em ângulo saliente, em que os valores registados para as habitações mais interiores são ligeiramente inferiores aos valores registados para as habitações das periferias como consequência da quantidade de paredes em contacto com o exterior;
- b. Fachada com pavimento de nível intermédio, onde se somaram, para os dois pisos, os comprimentos de todas as paredes exteriores que integram um nível intermédio;
- c. Fachadas com pavimentos térreos, onde se somaram, apenas nas habitações do piso 0, os comprimentos de todas as paredes exteriores em contacto com os pavimentos térreos, inclusive a cota de solo enterrada nas habitações do piso 0. Note-se que uma habitação T_3 , na periferia do edifício, não tem parede enterrada na sua constituição;
- d. Fachada com cobertura, calculada com base no comprimento da fachada do quarto com cobertura exterior, apenas nas habitações de tipologia T_3 .

Por sua vez, para as PTL em contacto com a envolvente interior (b_e superior a 0,7) identificaram-se tipos de ligação, para as lavandarias, tais como:

- a. Duas paredes verticais em ângulo saliente, considerando as ligações entre as lavandarias e quartos e as ligações entre as lavandarias e o exterior. Aqui os valores calculados para as habitações mais interiores são ligeiramente inferiores aos valores registados para as habitações das periferias atendendo à natureza das envolventes;
- b. Fachada com pavimento de nível intermédio, em que se calculou, para os dois pisos, o somatório dos comprimentos das paredes em contacto com os compartimentos úteis que integram um nível intermédio;
- c. Fachadas com pavimentos térreos, sendo um tipo de ligação identificado apenas para as lavandarias do piso 0. Considerou-se a mesma tipologia de cálculo referida na alínea b.

Por fim, para as PTL em contacto com o desvão identificou-se como tipo de ligação uma fachada com cobertura, considerando a ligação entre o desvão comum a todas as habitações do piso 1, e as lavandarias, em que foi somado o comprimento das paredes interiores da lavandaria em contacto com o desvão.

4.4.2. Envolvente Envidraçada

Os vãos exteriores, conforme explicitado nos subcapítulos anteriores, foram contabilizados e distinguidos pelas suas dimensões. Assim sendo, os vãos cujas dimensões são de 1,20 metros de altura e 1,15 metros de largura existiam em todas as habitações e tinham estrutura de guilhotina. Já nas frações do piso 1 existiam vãos com estrutura de abrir, com 0,95 metros de largura e 1,98 metros de altura, e vãos com estrutura de oscilar, com 0,62 metros de largura e 0,45 metros de altura. A tabela 4.4.2.1 sintetiza os vãos exteriores e contabiliza-os por tipo de abertura e dimensões para as tipologias e pisos em estudo.

Tabela 4.4.2.1 - Contabilização de vãos exteriores por piso e tipologia de habitação.

Piso	T ₁	T ₂	T ₃
0	2 (1,20x1,15 m ²)	-	4 (1,20x1,15 m ²)
1	2 (1,20x1,15 m ²) 1 (0,95x1,98 m ²) 1 (0,62x0,45 m ²)	3 (1,20x1,15 m ²) 1 (0,95x1,98 m ²) 1 (0,62x0,45 m ²)	-

Outras características identificadas nestes vãos, exceto nos das cozinhas do piso 1 (0,62x0,45 m²), são as persianas de régua plásticas de cor clara, que representam a proteção móvel exterior, e as cortinas muito transparentes também de cor clara, como proteção móvel interior. Por sua vez, os vãos interiores, situados na parede divisória entre as cozinhas e lavandarias, não foram contabilizados no levantamento dimensional por se tratar de vãos interiores, mas foram contabilizados no cálculo PTnZEB como vãos interiores, e têm dimensões e tipo de abertura diferentes. O vão fixo tem altura de 0,77 metros e largura de 2,44 metros, a porta de acesso que representa um vão de abrir tem altura de 2,03 metros e largura igual a 0,84 metros. Todos os vãos explicitados anteriormente eram constituídos por um vidro simples incolor com 4 milímetros de espessura, e, ainda, uma caixilharia em alumínio sem corte térmico. A composição do vidro, permitiu obter o valor de $g_{L,vis}$ 0,88, que sintetiza os valores de fatores solares de várias composições para vidros simples ou duplos, na ausência de informação. Outra particularidade a destacar é a presença dos elementos de sombreamento para os vãos exteriores (com dimensões de 1,20x1,15 m²) do piso 1, e que influenciam o comportamento térmico das habitações conforme ilustram

a figura 4.1.1, a figura 4.1.2 e a figura 4.1.3. Estes elementos são paredes exteriores das salas e dos corredores das habitações que causam sombreamentos nos vãos das cozinhas, e palas que abrangem os restantes vãos exteriores deste piso. Assim sendo, considerando as simplificações previstas nos anexos 1.2 e 1.3, são estimados os valores do produto $F_s \cdot F_g$ para as duas estações consideradas e o sombreamento causado por estes elementos é sempre forte com exceção dos vãos de 0,95x1,98 m² e dos vãos do piso 0 que, devido à ausência de palas, são considerados como tendo sombreamentos normais.

No que respeita às PTL, destacadas na secção 3.6, identificaram-se PTL exteriores e PTL em contacto com a envolvente interior com um valor de b_r superior a 0,7. Relativamente às PTL exteriores, destacam-se tipos de ligação, como fachada com caixilharia e zona da caixa de estores. Por forma a calcular as pontes térmicas do primeiro tipo de ligação referido, considerou-se a soma dos perímetros de todos os vãos que foram contabilizados em cada fração, conforme resume a tabela 4.4.2.1. Por sua vez, para o cálculo das pontes térmicas do segundo tipo de ligação mencionado, somaram-se as larguras de cada vão para a mesma habitação, exceto nos vãos das cozinhas do piso 1 por serem desprovidos de caixa de estores. No que concerne a PTL identificadas nas lavandarias, único ENU provido de vãos interiores, apenas se identificou uma fachada com caixilharia, em que se somaram os perímetros do vão fixo e do vão de abrir.

4.4.3. Ventilação

A ventilação, em cada fração, processava-se de forma natural, com recurso a uma grelha instalada na parede da instalação sanitária em contacto com uma das coretes.

Cada uma destas grelhas fixas, cujo tipo de escoamento de ar é apenas por exaustão, tinha uma conduta com uma altura de três metros, já que se tratava de um edifício com seis metros de altura repartidos, bem como uma cobertura com inclinação entre 10 e 30°. A perda de carga alta é aqui justificada pela presença de uma conduta com os seus vários elementos e acessórios que perfazem o traçado desde a grelha até à saída na cobertura, além da interligação da conduta entre os dois pisos e, ainda, pela área de abertura que é inferior a 0,7, e um diâmetro da conduta inferior a 125 mm, conforme dita o anexo 1.6.

Reunindo os aspetos referidos anteriormente, foi possível calcular a R_{ps} para cada habitação, por forma a determinar se o edifício cumpre os requisitos de ventilação estipulados na folha de cálculo do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

4.4.4. Sistemas Energéticos

No que concerne aos sistemas destinados a aquecimento e arrefecimento ambiente, uma resistência elétrica e um *split*, respetivamente, foram considerados como sendo sistemas por defeito para todas as habitações. Deste modo, as suas parcelas de necessidades foram consideradas, ambas, iguais a 1. Para eficiências de aquecimento igual a 1 e de arrefecimento igual a 3.

Por fim, os sistemas de preparação de AQS selecionados foram esquentadores a gás butano da mesma marca e modelo para todas as habitações, por forma a uniformizar o cálculo do cenário inicial. O equipamento considerado é da *Vulcano*, cujo modelo é *WRD 11-2 G*, com uma eficiência, pela tabela 3.10.1, superior a 0,84, já que se trata de um esquentador com P_{ot} superior a 10 kW, mais concretamente 19,20 kW. No que respeita à parcela de necessidades, importa frisar que todo o sistema de preparação de AQS é alimentado por este equipamento, pelo que toma um valor igual a 1.

5. ESTUDO DO IMPACTO DAS MEDIDAS DE MELHORIA

Neste capítulo pretende-se estudar, para as vertentes energética, ambiental (emissões) e económica, o impacto das medidas de melhoria propostas. Serão quantificadas as diferenças entre os estados inicial e final das habitações intervencionadas.

Primeiramente, na secção do estudo energético, serão apresentadas as medidas de melhoria que se pretendem implementar, será feito um resumo dos aspetos a considerar em cada uma destas e a metodologia de cálculo a aplicar em cada situação, (com valores-padrão no caso dos sistemas dedicados a produção de AQS). Esta análise terminará com cálculos da acumulada, ou cenário final, que permitirá comparar os seus valores com o cenário inicial.

Seguidamente, na secção das emissões de CO₂, será apresentado um panorama com respeito a esta temática a nível europeu e mundial por forma a explicitar a relação que estas medidas possam ter com questões ambientais. Serão avaliadas, ainda, as emissões de CO₂, entre os cenários inicial e final, tendo por base valores de emissões de CO₂ reduzidas para três espécies arbóreas mais características do território nacional.

Por fim, na secção do estudo económico, serão calculados o PRS e as poupanças anuais e acumulada para ano de investimento e os doze anos posteriores. Tudo isto é baseado em preços estipulados no Portugal 2020 para as envolventes e preços definidos pelos fabricantes dos sistemas pretendidos e das grelhas fixas.

5.1. Estudo Energético

Os próximos subtópicos serão organizados em duas vertentes, seguindo uma hierarquia definida na legislação [12]:

1. Envolventes, com medidas de melhoria a implementar por ordem, nas fachadas, coberturas e vãos envidraçados. Uma particularidade nestas implementações são as grelhas fixas que foram implementadas juntamente com os vãos envidraçados apesar de serem parte integrante das fachadas;
2. Sistemas, com medidas de melhoria primeiramente nos sistemas técnicos e depois nos sistemas de AQS com recurso a energias renováveis. Outra particularidade, é que dentro do sistema AQS, os sistemas a implementar foram diferentes nos dois pisos.

Estas implementações foram realizadas, também, por esta ordem na folha de cálculo PTnZEB. Esta secção apresenta os parâmetros a ter em conta antes e após implementar as medidas na folha de cálculo, separadamente e conjuntamente.

O estudo energético, assim denominado neste subcapítulo, pretende explicitar os métodos de cálculo utilizados para obter os valores dos diferentes indicadores de desempenho de uma habitação e como variam estes antes e após estas implementações.

5.1.1. Aplicação de Isolamento nas Paredes Exteriores

No caso em estudo, um edifício multifamiliar, a implementação de um isolamento térmico pelo exterior, num elemento opaco, é fundamental para controlar as transferências de calor. Em termos de eficiência energética, aplicar isolamentos pelo exterior é a forma mais apropriada, uma vez que assegura uma aplicação uniforme retificando possíveis pontes térmicas, evitando outras patologias indesejáveis [30]. No âmbito deste trabalho o Poliestireno Extrudido (XPS) foi o material escolhido. O XPS é um polímero que resulta do processo de fusão de grãos de poliéster com agentes de insuflação. Este polímero apresenta várias vantagens como, por exemplo, baixos valores de condutibilidade térmica e, desta forma, uma excelente resistência térmica; apresenta também elevada estabilidade dimensional e resistência à compressão. Em termos construtivos trata-se de um material que é fácil de manusear, cortar e aplicar, sendo por isso muito versátil [31]. Todos estes factos fazem deste material uma boa proposta para esta medida de melhoria. O material utilizado apresenta uma condutibilidade térmica (λ) de 0,037 W/m·K e uma espessura de 0,08 m (anexo 6.2).

Durante o cálculo REH, foram estimados os valores de N_{ic} e de N_{ve} através de cálculos intermédios explicados no capítulo 3. Estes cálculos permitiram chegar a uma conclusão relativamente ao material a aplicar nas paredes exteriores das habitações.

Esta medida de melhoria foi implementada em todas as fachadas de todas as habitações sem exceção. Depois de implementar a medida de melhoria em todas as frações, foram retirados novos valores de N_{ic} e de N_{ve} .

5.1.2. Aplicação de Isolamento nas Coberturas (Interior e Exterior)

Nas habitações em análise, as coberturas, essenciais ao conforto, são outro elemento opaco que contribui para as transferências de calor, sendo responsáveis por perdas na ordem dos 30%, podendo também desenvolver patologias como focos de condensação, infiltrações e/ou fungos. Assim sendo, a

implementação de um isolamento térmico, nomeadamente a lã de rocha, é outra medida que conduz à melhoria do desempenho energético das habitações [32]. A lã de rocha é fabricada através da fusão de vários tipos de rocha (basalto e calcário) e sob um processo de centrifugação da massa resultante, criando fibras minerais. Por sua vez este material é agregado em painéis ou rolos. Em termos técnicos, esta solução possui uma condutibilidade térmica enquadrada entre 0,033 e 0,040 W/(m·°C), e uma massa volúmica situada entre 40 e 200 kg/m³ [31]. A solução escolhida neste caso apresenta uma condutibilidade térmica de 0,033 W/m·K e uma espessura de 0,1 m (anexo 6.3). Além disso este material é caracterizado por diversas vantagens [31]:

- a. Características construtivas: um baixo custo de aplicação, possibilidade de reciclagem pelo fabricante antes ou após o fim de vida, manuseamento sem perda de propriedades térmicas;
- b. Características técnicas: é um material incombustível, tem um bom desempenho acústico e uma forte permeabilidade ao vapor de água.

Das características suprarreferidas, a conjugação de uma boa condutibilidade térmica com o facto de o material poder ser manuseado sem perder as propriedades térmicas permitem uma forte contribuição para evitar perdas ou ganhos através das coberturas, uma vez que o objetivo desta medida é assegurar que os valores de N_e e de N_{vc} diminuam em relação ao cenário inicial, garantindo, desta forma, o conforto nas habitações.

Esta medida de melhoria foi executada em todas as coberturas de todas as habitações exceto na habitação 416 A (piso 0), uma vez que esta não está dotada de coberturas interiores ou exteriores. De referir que isto só por si não condiciona a escolha da habitação 416 A como referência, uma vez que esta incorpora grande parte das medidas. Após a implementação nas restantes frações foram retirados novos valores de N_e e de N_{vc} .

5.1.3. Substituição dos Vãos Envidraçados

As intervenções realizadas ao nível dos vãos envidraçados, num edifício desta natureza, têm influência nas transferências de energia e nos ganhos térmicos. E variam consoante as dimensões e características dos vãos, orientação e elementos de sombreamento [26]. Importa também referir que na sua constituição (vidro e caixilho), o objetivo para esta medida de melhoria passa por substituir um vidro simples por um vidro duplo *low-e* (*Low-emission*) e uma caixilharia em alumínio sem corte térmico por outra com corte térmico. Em termos de estrutura, nos quartos e salas passará de guilhotina para oscilobatente ou de abrir, e nos vãos interiores mantém a estrutura original. A título de observação, não foram

intervencionadas as proteções exteriores e interiores apesar de serem contabilizadas no cenário inicial. Um vão que contenha vidro simples na sua constituição representa um elemento de fraca qualidade, sendo suscetível de [33]:

- a. Condensações, se ocorre uma variação de temperatura significativa entre o exterior e o interior da habitação;
- b. Problemas de vedação entre janelas e paredes ou empenos nos elementos móveis;
- c. Ventilação de forma descontrolada.

Idealmente, um bom vidro duplo contém ar ou outro gás no meio de duas ou mais folhas de vidro [33]. Ainda numa perspetiva com vista à melhoria do conforto térmico um vidro duplo pode conter na sua composição uma película de óxido metálico, que reduz as perdas térmicas ou os ganhos solares através do vidro sem comprometer a transmissão luminosa. Nestas películas *low-e*, a radiação térmica passa de um vidro quente para um vidro mais frio. Por sua vez, uma caixilharia em alumínio com corte térmico é composta por dois perfis de alumínio independentes, unidos por peças em poliamida reforçadas em fibra de vidro [34].

No que respeita à ventilação, outra vertente igualmente essencial, os balanços energéticos são determinados pelas perdas. Estas perdas estão relacionadas com o processo de injeção de ar novo vindo do exterior, no interior de uma habitação, sendo que, o diferencial de temperaturas entre o ar que vem do exterior para a temperatura desejada no interior da habitação terá de ser regularizado com a subida das necessidades energéticas [26]. Por sua vez, a ventilação pode dar-se de forma natural, mecânica ou mista. Para implementar uma medida de melhoria na ventilação, uma grelha fixa de ventilação natural, ter-se-á em conta a taxa de renovação do ar do cenário inicial e será assegurado o valor mínimo de renovações, por hora, estipulado na legislação para ventilação natural – 0,40 renovações por hora [23].

No decurso do cálculo REH, foram determinados os valores de N_e e de N_{ic} , assim como os valores da R_{ph} já anteriormente referidos neste trabalho. A análise destes valores permitiu uma escolha fundamentada no que respeita aos materiais a implementar nos vãos exteriores e interiores e, ainda, nas fachadas em termos de ventilação das habitações.

As principais características dos materiais escolhidos são:

- a. O coeficiente de transmissão térmica do vidro (U_g), de 1,33 W/m²·K, o fator solar (g) de 0,43 (adimensional). Sendo o vidro duplo composto por um vidro exterior com 6 mm de espessura que contém a película de óxido metálico, um vidro interior com 4 mm de espessura e no seu seio uma câmara de ar tratado com 16 mm de espessura (anexo 6.5);

- b. O coeficiente de transmissão térmica do caixilho (U), que é de $3,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, sendo a espessura de $4+16+6 \text{ mm}$ (anexo 6.4), o que está de acordo com as características do vidro referido anteriormente.

Com estes valores é possível calcular o U_w através da equação 3.6, apresentada no capítulo 3. Os valores dos elementos do cálculo estão presentes na tabela 5.1.3.1, para cada tipo de vão, uma vez que os vãos diferem em termos de dimensões. Em jeito de observação, importa frisar que o vão das cozinhas do piso 1, devido às suas dimensões reduzidas, não será alvo de intervenção.

Tabela 5.1.3.1 - Valores de cada elemento que integra o cálculo de U_w para as diferentes dimensões dos vãos interiores e exteriores.

Parâmetros	Dimensões (m ²)			
	1,15x1,20	1,98x0,95	2,44x0,77	0,84x2,03
A_i (m ²)	1,38	1,88	1,88	1,71
A_e (m ²)	1,24	1,69	1,69	1,53
A_f (m ²)	0,14	0,19	0,19	0,17
U_g (W/m ² ·°C)	1,30	1,30	1,30	1,30
U_r (W/m ² ·°C)	3,50	3,50	3,50	3,50
Ψ (W/m ² ·°C)	0,08	0,08	0,08	0,08
l_g (m)	4,18	5,27	5,78	5,17
U_w (W/m ² ·°C)	1,76	1,74	1,77	1,76

Quanto ao cálculo para implementação das grelhas fixas, foram considerados, na ficha técnica (anexo 6.6), aspetos como as várias dimensões disponíveis no mercado, o acabamento do material e a “área física livre”. Para a implementação, por forma a cumprir o valor mínimo de R_{ph} definido na legislação, consideraram-se três dimensões diferentes: $10 \times 10 \text{ cm}^2$ para as habitações de tipologia T₂ e T₁ (Piso 1), $20 \times 20 \text{ cm}^2$ para as habitações de tipologia T₃ e $14,2 \times 14,2 \text{ cm}^2$ para a habitação T₁ (Piso 0), optou-se, ainda, por um acabamento lacado. Estes valores foram multiplicados pela “área física livre” que representa 45% da área total da grelha, conforme explicitado na equação 5.1.3.1.

$$A_{aberturas} = A_{total \text{ das grelhas}} \times A_{física \text{ livre}} [cm^2] \quad (5.1.3.1)$$

Tendo por base a equação anterior, os valores das áreas de cada grelha para as dimensões 10×10 , 20×20 e $14,2 \times 14,2 \text{ cm}^2$ são, respetivamente, 45, 180 e 91 cm^2 .

Estas duas medidas de melhoria foram implementadas em todas as fachadas de todas as habitações. Seguidamente foram retirados novos valores de N_{ic} e de N_{ec} , bem como, a R_{ph} .

5.1.4. Implementação de Sistemas para Aquecimento e Arrefecimento Ambiente

No que concerne aos ganhos térmicos, os sistemas de aquecimento e arrefecimento são também responsáveis pelas variações das cargas internas dentro de uma habitação [26]. A nível nacional, as parcelas de consumo energético para aquecimento e arrefecimento são 22% e 0,5%, respetivamente, do total geral dos consumos de energia de uma habitação-tipo portuguesa. Perante estes valores é aconselhável implementar um sistema *multisplit*. Um sistema de aquecimento e arrefecimento ambiente, vulgarmente designado por ar condicionado, é um equipamento que tem por objetivo climatizar espaços, por forma a atingir temperaturas de conforto, em qualquer estação do ano, com vista a potenciar o bem-estar das pessoas. Este bem-estar contempla temperaturas de referência da legislação, isto é, 18°C no inverno e 25°C no verão. Relativamente ao funcionamento, que se baseia no ciclo frigorífico, promove trocas de calor entre a envolvente interior e a envolvente exterior, conforme ilustra a figura 5.1.4.1 [35].

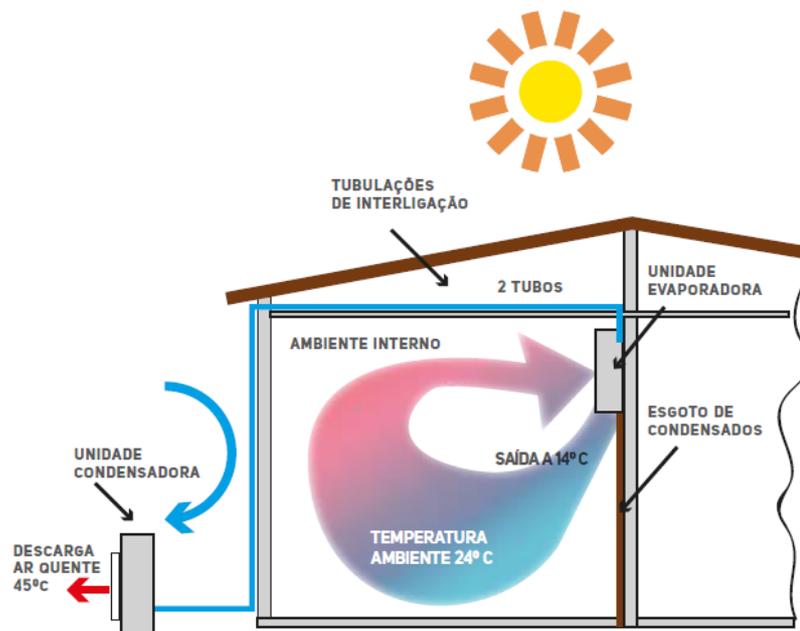


Figura 5.1.4.1 - Esquema de funcionamento de um sistema de ar condicionado [35].

Um sistema *multisplit* é composto por uma unidade exterior e várias unidades interiores conectadas por tubos onde circula um fluido frigorífico. Dependendo da conceção da máquina exterior esta pode ligar-se com até cinco máquinas. No que respeita às vantagens e inconvenientes desta tecnologia, o controlo individual dos “*set-points*” de temperatura ambiente é um ponto positivo, mas o mesmo sistema só pode fazer um ciclo para todos os espaços a climatizar, ou aquecimento ou arrefecimento, embora com ligeiras diferenças de temperatura [35].

Na seleção de um equipamento de climatização importa encontrar soluções com um Coeficiente de Performance (COP) e Rácio de Eficiência Energética (EER) elevados para garantir uma boa eficiência.

Estes parâmetros, relacionam a capacidade nominal de aquecimento e arrefecimento da unidade exterior, respetivamente, com a potência elétrica absorvida, e quanto maior esta relação, maior será a eficiência [35]. Tais parâmetros descrevem as eficiências sazonais de aquecimento (SCOP) e de arrefecimento (SEER), cujos valores constam nas fichas técnicas destes equipamentos. Aquando da obtenção dos valores de N_c e $N_{c,r}$ de uma habitação, já é possível retirar conclusões relativamente ao aparelho que deverá ser implementado. A classe energética deverá ser tida em conta na escolha.

Durante o cálculo REH, foram estimados os valores de N_c e de $N_{c,r}$, que permitiram chegar a uma conclusão relativamente ao sistema a implementar nas frações.

A seleção destes equipamentos *multisplit* baseou-se muito nas características das unidades exteriores, uma vez que estas conseguem suprir as necessidades dos compartimentos a climatizar em cada habitação. Importa frisar que se pretendia climatizar mais do que um compartimento em cada habitação, daí advindo a necessidade de optar por um *multisplit* e não um *split*. Para esta seleção também foram tidos em conta equipamentos com um valor de SCOP considerável, apesar de os valores de SEER também serem importantes aquando de uma seleção desta tipologia. Esta metodologia de seleção baseou-se no facto de os valores de N_c serem superiores aos valores de $N_{c,r}$, no cenário inicial, o que é recorrente nas habitações localizadas no norte de Portugal.

Para determinar a potência mínima necessária destas habitações para aquecimento ($P_{aquecimento}$) e arrefecimento ($P_{arrefecimento}$), foi calculado o somatório das áreas úteis (m²) dos compartimentos a climatizar em cada tipologia (tabela 5.1.4.1).

Tabela 5.1.4.1 - Somatório das áreas a climatizar em cada tipologia de habitação.

Compartimentos (m ²)	Tipologias		
	T ₁	T ₂	T ₃
Sala	16,35	20,02	20,02
Quarto 1	11,81	10,60	10,60
Quarto 2	-	9,75	9,75
Quarto 3	-	-	12,20

O cálculo destas áreas foi multiplicado por um fator representativo da potência necessária por unidade de área (W/m²) para uma correta climatização por forma a suprir as necessidades de cada habitação. Neste caso, estes fatores tomaram valores de 150 e 100 W/m² para aquecimento e arrefecimento, respetivamente (equações 5.1.4.1 e 5.1.4.2).

$$P_{Aquecimento}(T_n) = \sum (\text{áreas dos compartimentos a climatizar}) * P_{necessária/unidade}/1000 [kW] \quad (5.1.4.1)$$

Aplicando a equações 5.1.4.1 às habitações de tipologias T₁, T₂ e T₃ obtém-se, respetivamente, 4,22 kW, 6,05 kW e 7,89 kW.

$$P_{Arrefecimento}(T_n) = \sum (\text{áreas dos compartimentos a climatizar}) * P_{necessária/unidade}/1000 [kW] \quad (5.1.4.2)$$

Por sua vez, pela equação 5.1.4.2, as potências de arrefecimento para as habitações de tipologias T₁, T₂ e T₃ são, respetivamente, 2,81 kW, 4,03 kW e 5,25 kW.

No caso da ficha técnica pretendida (anexos 6.7, 6.8 e 6.9) os parâmetros definidores do equipamento estão sintetizados na tabela 5.1.4.2, uma vez que foram selecionadas três máquinas exteriores para as três tipologias das habitações.

Tabela 5.1.4.2 - Síntese dos valores dos parâmetros mais importantes de cada modelo *multisplit*.

Tipologia	Modelo	Potência Nominal (kW)		COP	EER	SCOP	SEER
		Aquecimento	Arrefecimento				
T ₁	2MXS50H	5,46	5,00	4,09	3,70	4,09	6,43
T ₂	3MXS52E	6,50	5,00	3,49	3,45	4,08	6,93
T ₃	4MXM68N	8,30	6,70	3,95	4,46	3,86	7,99

Assim sendo, para as frações de tipologia T₁, T₂ e T₃, os modelos mais indicados são, respetivamente, o 2MXS50H, o 3MXS52E e o 4MXM68N, porque estes registam valores de potência nominal de aquecimento superiores às potências necessárias calculadas. Ao nível de legislação, segundo os anexos 1.7 e 1.8, estes equipamentos cumprem o requisito de eficiência mínima exigido, pois são todos classe A [24].

Esta medida de melhoria foi implementada em todas as fachadas de todas as habitações. Após essa implementação, foram retirados novos valores de N_{ic} e de N_{icr} , bem como, os seus contributos renováveis (E_{ren}).

5.1.5. Substituição do Sistema de Preparação AQS

Tendo em conta a terceira meta estabelecida no PNEC 21-30, apresentada na introdução deste trabalho, as medidas de melhoria, neste subcapítulo, pretendem substituir um esquentador a gás butano por equipamentos com reduzido impacto ambiental. Assim sendo, há medidas estipuladas para cada piso do edifício, em concordância com a tipologia de cada fração. Para o piso 1, cujas frações têm tipologia T₁ e T₂, propõe-se um sistema de circulação forçada em que o apoio do coletor solar térmico é

um termoacumulador elétrico. No que respeita às frações de tipologia T_1 e T_3 , localizadas no piso 0, é nomeada uma bomba de calor aerotérmica de AQS uma vez que este piso não tem espaço disponível, na cobertura, necessário à instalação de um sistema de circulação forçada.

Antes de tudo, começou-se por determinar as necessidades diárias de AQS, para habitações desta tipologia, com base nas regras explicitadas na secção 3.10. Apresenta-se o cálculo para determinar a quantidade, em litros, de que cada uma das três tipologias necessita, diariamente, para suprir as suas necessidades de AQS. Este cálculo é feito com base na tipologia de fração T_{n+1} , em que n representa a tipologia da habitação.

$$T_1 \rightarrow 1+1=2 \Rightarrow 2 \times 40 = 80 \text{ l}$$

$$T_2 \rightarrow 2+1=3 \Rightarrow 3 \times 40 = 120 \text{ l}$$

$$T_3 \rightarrow 3+1=4 \Rightarrow 4 \times 40 = 160 \text{ l}$$

Conforme se pode verificar, as frações de tipologia T_1 , T_2 e T_3 necessitam, diariamente, de 80, 120 e 160 litros, respetivamente.

Após isto, deve-se proceder ao cálculo de E_{ren} , outro indicador de desempenho importante para uma habitação que, em termos teóricos, é entendido como sendo a energia produzida a partir de fontes de origem renovável, [kWh/ano]. No despacho n.º 15793-H/2013, consta a metodologia a aplicar para o seu cálculo. No que respeita aos sistemas solares térmicos, o cálculo deste indicador deve ser realizado com recurso à folha de cálculo SCE.ER, disponibilizada pela ADENE [26]. Após alguns ajustes dos parâmetros pode ser gerado o relatório “Requisitos Mínimos Gerais”, sendo produzida a informação com o número de coletores, tipologia de habitação, produtividade do coletor padrão, entre outros (diagrama 5.1.5.1). A mesma folha de cálculo permite gerar o “relatório SCE_ER”, que indica o número de coletores, marca e modelo pretendido, tipologia de habitação, produtividade do coletor, entre outros. Relativamente à legislação sobre estes sistemas, a instalação de sistemas solares térmicos para AQS, sendo obrigatória em edifícios novos e grandes intervenções com exposição solar adequada, deve cumprir algumas regras [36]:

a. “A energia fornecida pelo sistema solar térmico a instalar tem de ser igual ou superior à obtida com um sistema solar constituído por coletores padrão, com as características que constam no número 1, do ponto 5.1 da portaria n.º 349-B/2013, com as suas alterações, e calculado para o número de ocupantes convencional, na razão de um coletor padrão por habitante convencional;

b. O valor da área total de coletores pode, mediante justificação fundamentada, ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura com exposição solar adequada;{...}”.

T_1	T_2	T_3
<ul style="list-style-type: none"> • 2 coletores (1,30 m² abertura ou 0,65 m² x2); • Depósito 100 L; • Necessidades AQS (origem solar): 630 kWh/ano; • Produtividade: 485 kWh/m². 	<ul style="list-style-type: none"> • 3 coletores (1,95 m² abertura ou 0,65 m² x3); • Depósito 150 L; • Necessidades AQS (origem solar): 991 kWh/ano; • Produtividade: 508 kWh/m². 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 coletores (2,60 m² abertura ou 0,65 m² x4); • Depósito 200 L; • Necessidades AQS (origem solar): 1362 kWh/ano; • Produtividade: 524 kWh/m².

Diagrama 5.1.5.1 - Síntese dos principais valores de solar padrão calculados para cada tipologia.

Em toda esta abordagem aos coletores importa frisar que o cálculo do solar padrão para as tipologias T_1 e T_2 foi aplicado para comparar com coletores solares existentes no mercado, como se pode comprovar nos próximos subcapítulos. Por sua vez, o cálculo do solar padrão foi considerado para as tipologias T_1 e T_3 apenas para estabelecer uma comparação com o E_{ren} do aparelho que se pretende instalar nesta tipologia, sendo verificável nos subcapítulos posteriores. De referir que a folha SCE.ER apresenta depósitos que estão sobredimensionados entre 20 e 40 litros em relação ao necessário para cada tipologia de habitação (anexo 4).

5.1.5.1. Implementação de um Sistema (de circulação forçada) com Coletor Solar Térmico e Termoacumulador Elétrico

Ao nível de produção de água quente sanitária existem duas soluções de sistemas solares térmicos, dos quais se destacam o termossifão e o sistema de circulação forçada. O último será alvo de implementação nas habitações do piso 1. No seu funcionamento, converte energia solar em calor útil, através de um coletor solar instalado nas coberturas das habitações [37]. Num modo simplista, um coletor ou painel solar térmico, é um dispositivo onde a radiação solar recebida é convertida em calor [38]. Neste caso a pretensão é instalar um sistema de circulação forçada em que o apoio é um termoacumulador elétrico dimensionado para as necessidades diárias de consumo de AQS para as tipologias T_1 e T_2 . A transferência de calor entre o coletor e o termoacumulador processa-se através de uma rede de tubagem, acumulando-se o calor, neste último. Estando a energia térmica aqui armazenada, existe água quente disponível em períodos de falta de recurso solar, como durante a noite. Caso o recurso solar não seja suficiente, o termoacumulador dispõe de uma resistência elétrica que permite o aquecimento da água pela forma convencional recorrendo à eletricidade [37]. Estes dispositivos podem ter dupla função porque funcionam como depósitos de acumulação de AQS produzida numa fonte

externa (exemplo: caldeiras ou sistemas solares térmicos) ou como produção de AQS com recurso a eletricidade ou gás [39]. A escolha de um termoacumulador elétrico como equipamento de apoio para este sistema fundamentou-se na sua resposta às necessidades AQS que o coletor não consegue colmatar na estação de aquecimento, já que o número de horas solares é muito inferior [40].

No que respeita a vantagens e inconvenientes, um sistema de circulação forçada é capaz de assegurar até 70% das necessidades de água quente de uma habitação mas, por outro lado, a recuperação de um investimento desta tipologia por si só, de forma isolada, pode demorar entre dez a doze anos [37].

Inicialmente, foram estudados alguns modelos de coletores solares para as duas tipologias, mas apenas dois foram selecionados. Para isso foi tida em conta a produtividade do solar padrão das duas tipologias de habitação (anexo 4), calculada na folha SCE, e comparada com o valor da produtividade de cada painel dos modelos analisados, conforme explicitado anteriormente. O modelo de coletor cuja produtividade superou o valor da produtividade do cálculo do solar padrão, foi o selecionado para as tipologias T₁ e T₂.

Primeiramente, para a fração de tipologia T₁, analisaram-se quatro modelos de painéis solares térmicos. O diagrama 5.1.5.1.1 apresenta os quatro modelos com os valores de produtividade bem demarcados e as suas principais características, apresentadas nas folhas SCE que constam nos anexos 5.1 a 5.4.

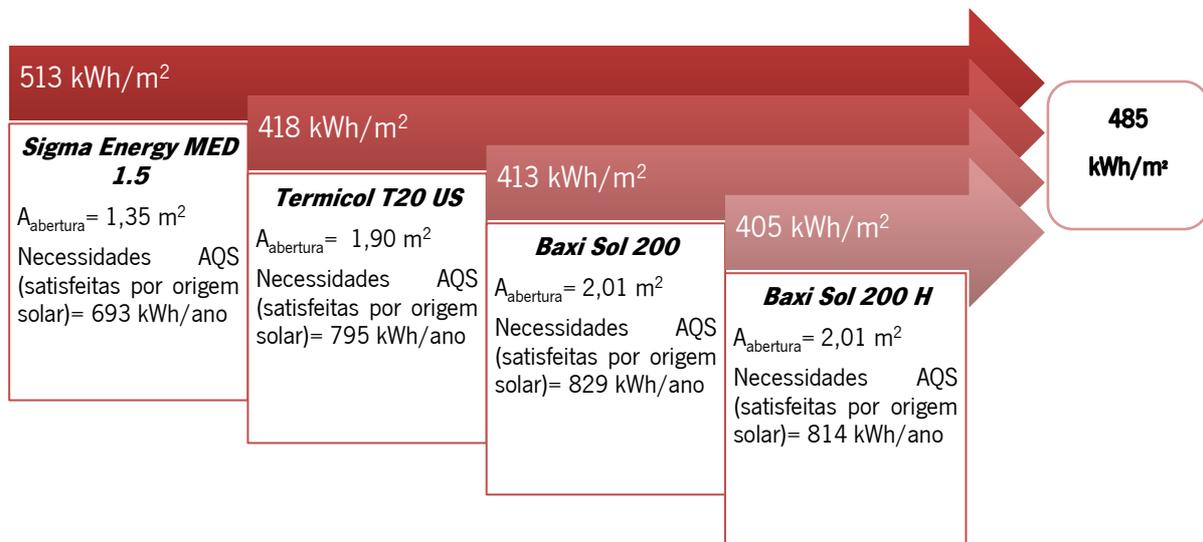


Diagrama 5.1.5.1.1 - Modelos de coletores solares térmicos analisados para implementar nas frações de tipologia T₁.

Estabelecendo uma comparação entre valores, pela portaria n.º 349-B/2013, o modelo cuja produtividade é superior à produtividade do coletor padrão, 485 kWh/m², é o *Sigma Energy MED 1.5*. Os restantes modelos, como é possível constatar no diagrama acima, apresentam valores de

produtividade muito inferiores em relação a este e em relação à produtividade do solar padrão, 458 kWh/m², logo, não conseguem responder às necessidades de AQS para esta tipologia.

Seguidamente, para as frações de tipologia T₂, analisaram-se também quatro modelos de painéis solares térmicos, apresentados no diagrama 5.1.5.1.2, onde são também apresentados os respetivos valores de produtividade e as suas principais características, apresentadas nas folhas SCE que constam nos anexos 5.5 a 5.8.

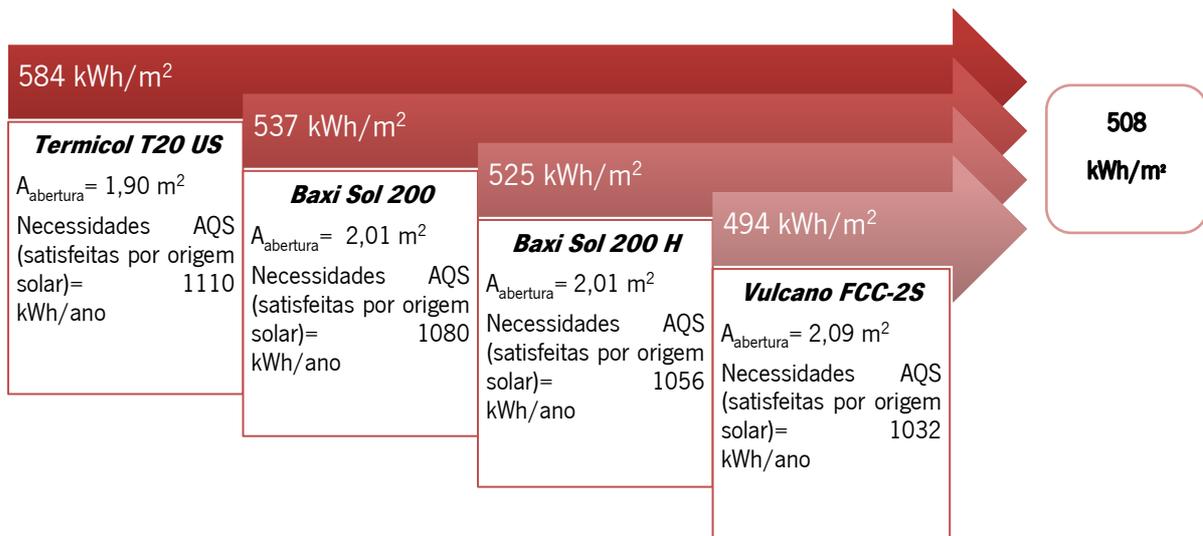


Diagrama 5.1.5.1.2 - Modelos de coletores solares térmicos analisados para implementar nas frações de tipologia T₂.

Estabelecendo uma comparação entre valores, pela portaria n.º 349-B/2013, o modelo cuja produtividade é superior à produtividade do coletor padrão, 508 kWh/m², é o *Termicol T20 US*. Os restantes modelos, como é possível constatar no diagrama acima, possuem valores de produtividade inferiores em relação a este modelo, 584 kWh/m², logo, não conseguem responder tão bem às necessidades de AQS para esta tipologia quanto o modelo adotado. Todas as fichas técnicas destes equipamentos constam dos anexos 6.10 e 6.11 e os certificados *Solar Keymark* constam no anexo 7.

Note-se que em ambas as tipologias, com vista à redução de custos e necessidades de espaço na cobertura, apenas se pretende a instalação de um coletor para cada fração.

Por sua vez, sendo a pretensão instalar, como apoio, um termoacumulador elétrico nestas habitações do piso 1, importa explicitar que se trata de um depósito de acumulação de água com uma resistência elétrica que converte energia em calor para aquecer água [40]. O tempo necessário para este aquecimento varia consoante a resistência e a capacidade do aparelho, que deve ser selecionada com base no número de ocupantes da habitação [10]. Este equipamento está dimensionado para as necessidades AQS das frações (T₁ e T₂), ao contrário de um depósito de inércia que estaria sobredimensionado, de acordo com as soluções existentes no mercado.

Em termos de legislação, os cálculos dos valores-limite de perdas estáticas (Q_{pr}) e dos valores de eficiência para termoacumuladores estão explícitos na alínea f do ponto 4.2, na portaria n.º 349-B/2013. Os anexos 1.9 e 1.10 apresentam estes intervalos de volumes e de perdas estáticas com vista à determinação da eficiência de cada termoacumulador. A tabela 5.1.5.1.1, sintetiza as principais características e capacidades disponíveis dos dois termoacumuladores elétricos que foram alvo de estudo para este sistema de circulação forçada. As fichas técnicas respetivas podem ser encontradas nos anexos 6.12 e 6.13. Importa aqui referir que não há nenhuma classe mínima de eficiência estipulada para estas tecnologias.

Tabela 5.1.5.1.1 - Características e capacidades disponíveis dos dois termoacumuladores elétricos estudados.

Termoacumuladores elétricos		
	Vulcano <i>PrimeAqua</i>	Vulcano <i>NaturaAqua</i>
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação na vertical ou horizontal; • Destinado a médio e pequeno consumo de água quente; • Simples utilização e manutenção; • Cuba em aço vitrificado • Classe de eficiência A, B e C; • Potência: 1,2-2,4 kW. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compatível com soluções solares-equipamento de apoio elétrico; • Destinado a médio e pequeno consumo de água quente; • Simples utilização e manutenção; • Cuba em aço vitrificado de alta resistência; • Classe de eficiência C • Potência: 1,2-2,0 kW.
Capacidades	35-150 l	10-120 l

Após uma comparação entre os modelos supramencionados, foi possível aferir que apesar de o modelo *PrimeAqua* ter classes de eficiência superiores, potências mais elevadas, disponibilidade na instalação vertical e horizontal, e uma gama de capacidades maior, não é compatível com soluções solares e, como tal, não pode servir de apoio a um sistema de circulação forçada. Pelo contrário, o modelo *NaturaAqua* é compatível com soluções solares e apesar de ter apenas classe C, foi o escolhido por ser o único no mercado que cumpria as especificidades necessárias.

Para as frações de tipologia T₁ e T₂ foi considerado, então, o modelo *NaturaAqua* com depósitos de 100 e 120 litros (com as fichas técnicas nos anexos 6.12 e 6.13), respetivamente, tendo em conta as necessidades de AQS calculadas anteriormente. O anexo 6.14 apresenta os valores das perdas estáticas para cada modelo, respetivamente [41]. De seguida, as equações abaixo enunciam o cálculo dos valores de Q_{pr} , obtidos de acordo com a legislação anteriormente referida para estes equipamentos.

$$V=100\text{ l} \Rightarrow V \leq 200\text{ l} \Rightarrow Q_{pr} = (21 + 10,33 \times 100^{0,4}) \times \frac{24}{1000} \Leftrightarrow Q_{pr} \leq 2,068 \text{ [kWh/24h]}$$

$$V=120 \text{ l} \Rightarrow V \leq 200 \text{ l} \Rightarrow Q_{pr} = (21 + 10,33 \times 120^{0,4}) \times \frac{24}{1000} \Leftrightarrow Q_{pr} \leq 2,187 \text{ [kWh/24h]}$$

Tendo em consideração os valores de Q_{pr} calculados (2,068 e 2,187 kWh/24h), pode-se constatar que os valores das perdas estáticas presentes no anexo 6.14 (1,73 e 2,06 kWh/dia) se enquadram na relação de serem iguais ou inferiores, de acordo com a legislação.

De acordo com o especificado no anexo 1.10, a eficiência deste termoacumulador para os dois volumes em análise é de 0,93.

No que respeita ao sistema de circulação forçada, a sua implementação na folha de cálculo PTnZEB foi dividida em duas medidas de melhoria separadas e depois agrupadas entre si no cálculo do cenário final, ou acumulada. A primeira, sendo um coletor solar térmico por habitação, foi implementada em todas as habitações do piso 1 consoante a sua tipologia. De seguida, foram registados os valores de E_{ren} . E a segunda, representada por um termoacumulador elétrico, foi implementada em todas as habitações do piso 1 consoante a sua tipologia. Refere-se que um termoacumulador não tem contributos renováveis a registar pois não recorre a uma fonte renovável, nomeadamente a energia solar como um coletor.

5.1.5.2. Implementação de uma Bomba de Calor

Outra solução de AQS implementada nestas frações, especificamente no piso 0, foram bombas de calor aerotérmicas, com função exclusiva de AQS. Por conceito, uma bomba de calor é um dispositivo que retira o calor da envolvente exterior e converte-o em energia calorífica no seu interior, utilizando-a para responder às necessidades de AQS da habitação. Note-se que precisa, inicialmente, de uma pequena fração de energia elétrica para iniciar o seu ciclo [42]. Assim, uma bomba de calor tem um funcionamento inverso ao de um frigorífico, porque aproveita o calor da sua envolvente exterior para gerar calor no seu interior [43].

Sendo estas frações de tipologia T_1 e T_3 pertencentes a um piso que não dispõe de coberturas, ou áreas de cobertura muito reduzidas no caso das frações T_3 , seria impossível implementar um sistema semelhante ao apresentado nos tópicos anteriores uma vez que, pela orientação solar, os coletores devem estar orientados para sul e neste caso estariam sujeitos a sombreamentos causados pelas fachadas das habitações do piso 1. E pela legislação, “nos edifícios excluídos de obrigatoriedade de instalação de sistemas solares térmicos, é recomendável a instalação de outros sistemas com recurso a energia renovável”, surgindo daí a implementação deste equipamento [36].

As principais vantagens associadas à sua implementação são [43]:

- a. Uma poupança significativa nos custos de produção de AQS, aquecimento e arrefecimento;
- b. Ausência de emissões poluentes;
- c. Boa eficiência, mesmo em situações de temperaturas ambiente baixas. Isto porque 75% é energia retirada do ambiente e 25% é energia elétrica;
- d. Longo período de vida e pouca manutenção.

Atualmente, existem no mercado bombas de calor com dupla função, AQS e climatização, e, apenas, com uma única função, AQS ou climatização [36]. Para a seleção deste equipamento devem ser tidos em conta alguns parâmetros de acordo com a legislação em vigor. De entre estes destacam-se o volume (litros), o COP (adimensional), o Perfil de Carga (3XS a 4XL), a Classe de Eficiência AQS, a fonte de energia a que esta recorre (água, ar ou solo) e a potência (kW). No caso de se tratar de um equipamento com dupla função, AQS e climatização, a ficha técnica deve conter, também, o valor do EER. Das características acima referidas é importante esclarecer a função do COP e do Perfil de carga. Quanto ao Perfil de Carga, há um consumo diário associado a cada perfil, presente no anexo 1.11 [44]. O valor daqui retirado é essencial para uma parte do cálculo do E_{ren} , que será explicitado nos tópicos posteriores. Neste caso, a partir das fichas técnicas dos equipamentos selecionados (anexos 6.15 e 6.16), *UP live 120L* e o *Sensys 200L*, para as tipologias T_1 e T_3 , respetivamente, sintetizam-se as características principais destes equipamentos (tabela 5.1.5.2.1). Um elemento a destacar nestes equipamentos, são as resistências elétricas incorporadas nestes que revelam a sua importância, no sentido de responder às necessidades Q_s de cada habitação nos períodos de maiores consumos, ou quando a aerotermia é menor na envolvente para o equipamento trabalhar com eficiência.

Tabela 5.1.5.2.1 - Síntese das principais características das duas bombas de calor pretendidas.

Parâmetros	Modelos de bombas AQS	
	<i>UP live 120L</i>	<i>Sensys 200L</i>
Volumes (L)	120	200
COP	3,1	3,29
Perfil de Carga	M	L
Potência (kW)	1,5	
Classe de eficiência	A'	

O COP destes equipamentos, mencionado anteriormente, respeita o valor mínimo admissível (2,3), conforme a legislação. O Perfil de Carga destes aparelhos, correspondente a um consumo de energia diário de referência (Q_{ref}) de 5,845 e 11,655 kWh/dia, para T_1 e T_3 , respetivamente.

Com vista à determinação de E_{ren} das duas bombas de calor, foram considerados parâmetros de cálculo como o fator médio de desempenho sazonal (*SPF*) e o total de calor utilizável estimado produzido por um equipamento (Q_{usable}), seguindo a equação 5.1.5.2.1.

$$E_{ren} = Q_{usable} \times \left(1 - \frac{1}{SPF} \right) \text{ [kWh/ano]} \quad (5.1.5.2.1)$$

Para calcular o valor do Q_{usable} [kWh], tratando-se de um edifício existente, multiplicam-se os valores do Q_{ref} pelos 365 dias de um ano comum, obtendo 2133 e 4254 kWh, para as tipologias T_1 e T_3 , respetivamente.

Já para obter o valor do SPF , tratando-se de um edifício existente, o valor é igual ao COP presente nas fichas técnicas. Em termos de verificação do requisito mínimo para o SPF , assumindo que o rácio entre a produção total bruta de eletricidade e o consumo de energia primária para produção de eletricidade (η) toma um valor de 0,455, portanto, SPF é superior a 2,5. Então, para além de os aparelhos estarem em cumprimento com o requisito do ponto 4.2.e) do Anexo I da portaria n.º349-B/2013, também respeitam o ponto 7.2 do mesmo despacho. Depois disto, inserindo os valores dos parâmetros calculados anteriormente, foi possível chegar ao E_{ren} das bombas de calor pretendidas para as tipologias T_1 e T_3 , 805 e 1655 kWh/ano, respetivamente.

Quanto ao E_{ren} do solar padrão calculado para uma tipologia T_1 (anexo 4.1), 630 kWh/ano, em termos de comparação com o E_{ren} da bomba de calor pretendida, 805 kWh/ano, calculado anteriormente, verifica-se que este supera o valor do solar padrão. Portanto, o aparelho pretendido é capaz de suprir as necessidades de AQS da fração T_1 que integra este piso.

Relativamente ao E_{ren} do solar padrão calculado para uma tipologia T_3 (anexo 4.3), 1362 kWh/ano, estabelecendo uma comparação entre este valor e o E_{ren} da bomba de calor pretendida, 1655 kWh/ano, pode-se afirmar que o aparelho é capaz de suprir as necessidades de AQS das frações T_3 porque o E_{ren} da bomba de calor selecionada é superior ao E_{ren} do solar padrão.

Esta medida de melhoria, sendo uma bomba de calor aerotérmica por habitação, foi implementada em todas as habitações do piso 1 consoante a sua tipologia. De seguida, foram registados os valores de E_{ren} .

5.1.6. Cenário Final

Finalizando esta análise energética, calculou-se através da folha PTnZEB, a implementação conjunta de todas as medidas de melhoria apresentadas para cada habitação. Após isto, compararam-se os valores e todos os indicadores de desempenho essenciais a um balanço energético, entre o cenário inicial e o final.

5.2. Estudo das Emissões de CO₂

O CO₂ é, como sabemos, um dos maiores responsáveis pelo aquecimento global com todas as consequências daí decorrentes, constituindo-se como uma das maiores ameaças para as gerações futuras. Desde a “Cimeira da Terra” (Rio de Janeiro, 1992) que os estados, coordenados pelas “Nações Unidas”, tentam chegar a acordos que permitem um controlo/diminuição das emissões de CO₂ para a atmosfera terrestre. Primeiro o Protocolo de Quioto e, fundamentalmente, em 2015, o Acordo de Paris, permitiram assumir metas para a “descarbonização” das economias. Isto teve consequências imediatas nas políticas e na legislação europeia, e por consequência em Portugal. No âmbito deste trabalho, será feita, nesta secção, a avaliação do impacto das medidas de melhoria nas emissões de CO₂. Será utilizada a folha PTnZEB que calcula estas emissões para os cenários inicial e final e para cada medida que se pretenda implementar isoladamente.

Neste subcapítulo serão estudadas as emissões antes e após implementar todas as medidas de melhoria até aqui propostas. Pretende-se avaliar o impacto destas reduções nas emissões de CO₂, através de uma contabilização do número de árvores a plantar, que produziria a mesma redução equivalente, no que diz respeito ao balanço de CO₂. Para isso, foram calculados os valores para as três espécies arbóreas mais abundantes em Portugal.

Existem três espécies arbóreas que predominam no território português: o eucalipto, o pinheiro-bravo e o sobreiro, cujos valores de absorção de CO₂ por unidade de área estão compreendidos entre 15-32 t CO₂/ha/ano, 15-26 t CO₂/ha/ano e 1,0-5,10 t CO₂/ha/ano, respetivamente [45].

Com o intuito de obter um valor de emissões de CO₂ a nível nacional, e tendo em conta as espécies referidas, uma média ponderada de acordo com a abundância relativa de cada uma delas permite obter um valor próximo de 16 toneladas de CO₂ absorvido por hectare, por ano. A tabela 5.2.1, apresenta os valores de CO₂ sequestrado e os hectares ocupados pelas três espécies.

Tabela 5.2.1 - Emissões de CO₂ por espécie arbórea.

Espécies	Área (ha)	CO₂ absorvido (t CO₂/ha/ano)
Eucalipto	811 943	23,5
Pinheiro Bravo	714 445	20,5
Sobreiro	736 775	3,05

Relativamente ao valor de CO₂ absorvido foi estabelecida uma média entre os limites superior e inferior de cada espécie. Juntamente com estas três médias foram recolhidos os valores das áreas ocupadas pelas espécies no território português com o pinheiro-bravo, o eucalipto e o sobreiro ocupando 714 445 ha, 811 943 ha e 736 775 ha, respetivamente [45]. Após isto, realizou-se o cálculo da média

ponderada, considerando os valores referidos anteriormente e as médias do CO₂ absorvido. O valor obtido corresponde a 15,90 toneladas de CO₂ absorvido por hectare, por ano, como calculado abaixo:

$$\bar{x} = \frac{\sum (\text{Hectares de cada espécie} \times \text{CO}_2 \text{ absorvido por cada espécie})}{\sum \text{Hectares de cada espécie}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{(811\ 943 \times 23,50) + (714\ 445 \times 20,50) + (736\ 775 \times 3,05)}{(811\ 943 + 714\ 445 + 736\ 775)} = 15,90 \approx 16 \text{ t CO}_2 \text{ absorvido/ha/ano}$$

Por sua vez, somaram-se as emissões de CO₂ das dez frações nos dois cenários, obtendo 32,50 t CO₂/ano no cenário inicial e 7,60 t CO₂/ano no cenário final.

Tabela 5.2.2 - Valores das emissões de CO₂ para os cenários inicial e final.

Piso	Frações	Soma de Cenário Inicial (t CO ₂ /ano)	Soma de Cenário Final (t CO ₂ /ano)
0	416 A	2,3	0,8
	416 B	3	0,9
	398 A	3	0,9
	398 B	3	0,9
	380 A	3,2	0,9
1	416 C	3,3	0,6
	416 D	3,8	0,7
	398 C	3,8	0,6
	398 D	3,7	0,6
	380 B	3,4	0,7

De seguida, calculou-se a diferença das emissões reduzidas entre os dois cenários, resultando em 24,90 t CO₂ /ano (equação 5.2.1), possibilitando assim obter um valor percentual das emissões de CO₂ reduzidas após a implementação das medidas de melhoria, de cerca de 77% (equação 5.2.2).

$$\begin{aligned} & \text{Redução de Emissões CO}_2 = \\ & = \text{Emissões habitações}_{\text{Cenário inicial}} - \text{Emissões habitações}_{\text{Cenário final}} \text{ [t CO}_2 \text{ /ano]} \end{aligned} \tag{5.2.1}$$

$$\text{Redução Percentual de Emissões CO}_2 = \frac{\text{Redução de Emissões CO}_2 \times 100}{\text{Emissões CO}_2 \text{ Cenário inicial}} \text{ [%]} \tag{5.2.2}$$

Estabelecendo uma relação entre o valor da média ponderada calculada em 16 toneladas de CO₂ absorvido por hectare, e o valor de emissões de CO₂ emissões reduzidas entre os dois cenários (24,90 t CO₂ /ano), constata-se uma redução anual média equivalente a 1,56 hectares de floresta.

5.3. Estudo Económico

Com vista à determinação dos custos de implementação das medidas de melhoria, calcularam-se vários custos e consumos intermédios com o objetivo de obter o PRS. Este conceito permite determinar em quantos anos se recuperará o investimento aplicado em medidas de melhoria. O PRS depende de dois parâmetros a serem calculados, sendo eles, o custo da totalidade do investimento (C), em €, e a poupança anual (P), em €/ano [12].

Os sistemas definidos nas secções anteriores, foram alvo de uma consulta de preços com base nos catálogos dos fabricantes. Para as envolventes utilizaram-se os preços tabelados no Portugal 2020 (anexo 1.12). Este instrumento é bastante adequado, pois contém os custos unitários por unidade de área para as intervenções mais típicas a realizar em habitações (coberturas, fachadas e vãos envidraçados). A consulta neste documento justifica-se pela maior generalidade de preços nas diversas marcas.

Primeiramente foi realizado um cálculo de ajuste ao tipo de material considerado por forma a corresponder ao custo real, dada a existência de um custo-padrão unitário para cada tipo de envolvente. Este ajuste pode ser realizado dado que o custo para a aplicação é igual, pelo que difere apenas no tipo de material. Desta forma, nas fachadas ajustou-se o preço de aplicação de Poliestireno Expandido (EPS) para o XPS, com igual espessura, em €/m², e nas coberturas modificou-se de EPS para lã de rocha, com semelhante espessura, também em €/m². Relativamente ao custo dos vãos, este encontra-se igualmente tabelado no Portugal 2020 com um custo unitário para substituição de vidro duplo *low-e* e caixilharia de alumínio com corte térmico, em €/m². Excepcionalmente, para as grelhas fixas, parte integrante das envolventes, o preço de cada dimensão pretendida foi disponibilizado pelo fabricante.

Por sua vez, nos sistemas, dada a existência de uma considerável variedade de marcas de equipamentos no mercado, optou-se por consultar os catálogos das marcas pretendidas, dado que estes preços variam mais facilmente de marca para marca e dentro da mesma tipologia de equipamento. O custo unitário refere-se ao custo de cada equipamento individual. A tabela 5.3.1 sintetiza os custos unitários para cada material e cada equipamento propostos.

Tabela 5.3.1 - Custo unitários para cada medida de melhoria das envolventes e sistemas.

Grupo	Medidas de melhoria	Marca/Modelo	Custo unitário	
Envolventes	XPS	<i>DANOSAPREN FS-P 80</i>	62,79 €/m ²	
	Lã de Rocha	<i>TERMOLAN MN 230</i>	6,83 €/m ²	
	Vidro duplo	<i>SGG Climalite Plus 4+16+6 mm</i>	391,40 €/m ²	
	Caixilharia em alumínio com corte térmico	<i>THERMOSTOP 4+14+6 mm</i>		
	Grelhas fixas		<i>Aluplasto 10x10 cm²</i>	69,00 €
			<i>Aluplasto 14,2x14,2 cm²</i>	37,50 €
		<i>Aluplasto 20x20 cm²</i>	48,00 €	
Sistemas	<i>Multisplit</i>	<i>Daikin 2MXS50H</i>	1170,00 €	
		<i>Daikin 3MXS50H</i>	1345,00 €	
		<i>Daikin 4MXS50H</i>	2005,00 €	
	Bombas de calor	<i>UP live 120 IP</i>	1685,00 €	
		<i>Sensys 200 L</i>	1859,76 €	
	Coletores solares	<i>Sigma Energy MED 1.5</i>	365,00 €	
		<i>Termicol T20 US</i>	489,00 €	
	Termoacumuladores elétricos	<i>Vulcano NaturaAqua 100 L</i>	194,00 €	
<i>Vulcano NaturaAqua 120 L</i>		225,00 €		

De seguida, multiplicaram-se os preços resultantes anteriormente pelas áreas a intervir, no caso das envolventes, e pela quantidade de equipamentos a implementar no caso dos sistemas. Para o caso específico dos vãos realizou-se um levantamento da quantidade de vãos por habitação e dimensões, e com isto obteve-se a área de vãos a intervir em cada fração por tipo de dimensão. Desta forma, multiplicou-se a área de cada vão pelo número de vãos existentes em cada habitação, e multiplicou-se, ainda, pelo custo unitário de substituição de m² de vão. No que respeita às grelhas fixas, considerou-se o custo unitário de fabricante, por tipo de grelha, uma vez que a pretensão é instalar uma única grelha em cada habitação. Tudo isto permitiu obter o custo de investimento, em €, em cada habitação. Estes resultados estão tabelados no anexo 1.13.

No que concerne ao cálculo dos consumos de eletricidade foram, inicialmente, retirados da folha PTnZEB, os consumos (kWh/ano) e custos (€/ano) previstos em termos de aquecimento, arrefecimento e AQS, para os cenários inicial e final, também designados por custos de exploração. No cenário inicial foram essenciais os valores de consumo e custo de eletricidade para a situação de aquecimento e arrefecimento e ainda, consumo e custo de gás butano para AQS em todas as habitações. No cenário final interessaram os valores de consumo e custo de eletricidade para a situação de aquecimento e arrefecimento e ainda, consumo e custo de eletricidade e solar para AQS nas habitações do piso 1 e consumo e custo de aerotermia (bombas de calor) nas habitações do piso 0. O consumo total (kWh/ano),

por cenário, é um somatório dos consumos para aquecimento, arrefecimento e AQS, em ambos os cenários. O custo total (€/ano) é, igualmente, um somatório dos custos inerentes aos aspetos já referidos para os dois cenários.

Outras etapas importantes para obtenção do PRS são o cálculo da redução nos consumos energéticos, em kWh/ano, e o cálculo da redução nos custos energéticos, em €/ano. Para o cálculo da redução nos consumos energéticos foi necessário subtrair a energia final do cenário final à energia final do cenário inicial. Por sua vez, o cálculo da redução nos consumos energéticos, também designado de poupança anual, é o resultado da diferença entre o custo de exploração do cenário final e o custo de exploração do cenário inicial. Estes dois cálculos de reduções foram efetuados para todas as habitações, uma vez que todas registaram consumos e custos, na PTnZEB.

Por fim, o PRS foi calculado com base no quociente entre o custo total de investimento, no conjunto das medidas por habitação, e a poupança anual obtida pela implementação das medidas. Desta forma, obteve-se o PRS, para todas as habitações, em anos.

Com vista a possibilitar uma análise mais abrangente do investimento para as implementações das medidas nestas habitações, elaborou-se uma tabela com as poupanças anuais e acumuladas para cada fração, tendo em conta um período temporal de doze anos, considerando o ano zero como sendo o ano de investimento para as implementações das medidas todas. A partir do primeiro ano até ao décimo segundo ano, considerou-se que a poupança anual seria monetariamente semelhante. Esta condição foi assim definida porque nem todos os fabricantes de sistemas disponibilizam os fatores de perda de rendimento anual (provocam a diminuição de rendimento dos equipamentos) que por sua vez, se fossem aplicados neste cálculo, resultariam em que a cada ano a poupança fosse ligeiramente inferior. Por sua vez, a poupança acumulada, a cada ano, é sucessivamente o somatório da poupança acumulada do ano anterior com a poupança anual no ano corrente. Após efetuar todos os cálculos para todas as frações, os dados foram sintetizados no anexo 1.14.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os principais resultados obtidos em tabelas dinâmicas e gráficos dinâmicos gerados a partir destas. Será dada continuidade ao estudo do impacto das medidas de melhoria, apresentadas no capítulo anterior.

Em termos de organização, está dividido em três vertentes: análise energética, análise às emissões de CO₂ e análise económica. Será estudado o modo como se comportam os indicadores de desempenho energético, as variações das emissões de CO₂ e os custos associados antes e após implementar estas soluções. Todos os valores que deram origem aos gráficos dinâmicos que serão apresentados constam dos anexos 1.15 a 1.21, juntamente com os valores de N_i e N_r .

6.1. Análise Energética

Inicialmente será feita uma análise gráfica dos indicadores de desempenho energético mais influenciados por cada medida de melhoria, estabelecendo comparações entre os valores do cenário inicial e o pós-implementação. Será comentada a evolução dos valores de N_{ic} , N_i , N_{vc} , N_v , R_{pht} , $E_{ren,p}$ e Q_a , justificada com base na implementação das medidas, explicitadas no capítulo anterior. Será feita uma análise conclusiva sobre qual a medida que teve mais impacto nas envolventes e nos sistemas. Importa salientar que os indicadores N_{ic} e N_{vc} , bem como o Q_a e $E_{ren,p}$ não devem ser relacionados entre si.

De seguida, realizar-se-á uma análise aos valores referidos anteriormente, e ainda, os valores de R_{ht} , por forma a estudar o impacto da implementação conjunta destas medidas. Para terminar esta análise ao cenário final serão resumidas, na tabela 6.1.6.1, as classes e respetivas percentagens dos cenários inicial e final por forma a comparar, mais uma vez, o impacto destas medidas conjuntamente.

6.1.1. Medida de Melhoria nas Fachadas

Relativamente às fachadas, onde foi implementado XPS, foram registados os valores das necessidades de aquecimento e de arrefecimento, antes e após implementar esta medida de melhoria. O gráfico 6.1.1.1 sintetiza as diferenças dos valores para os dois indicadores de desempenho.

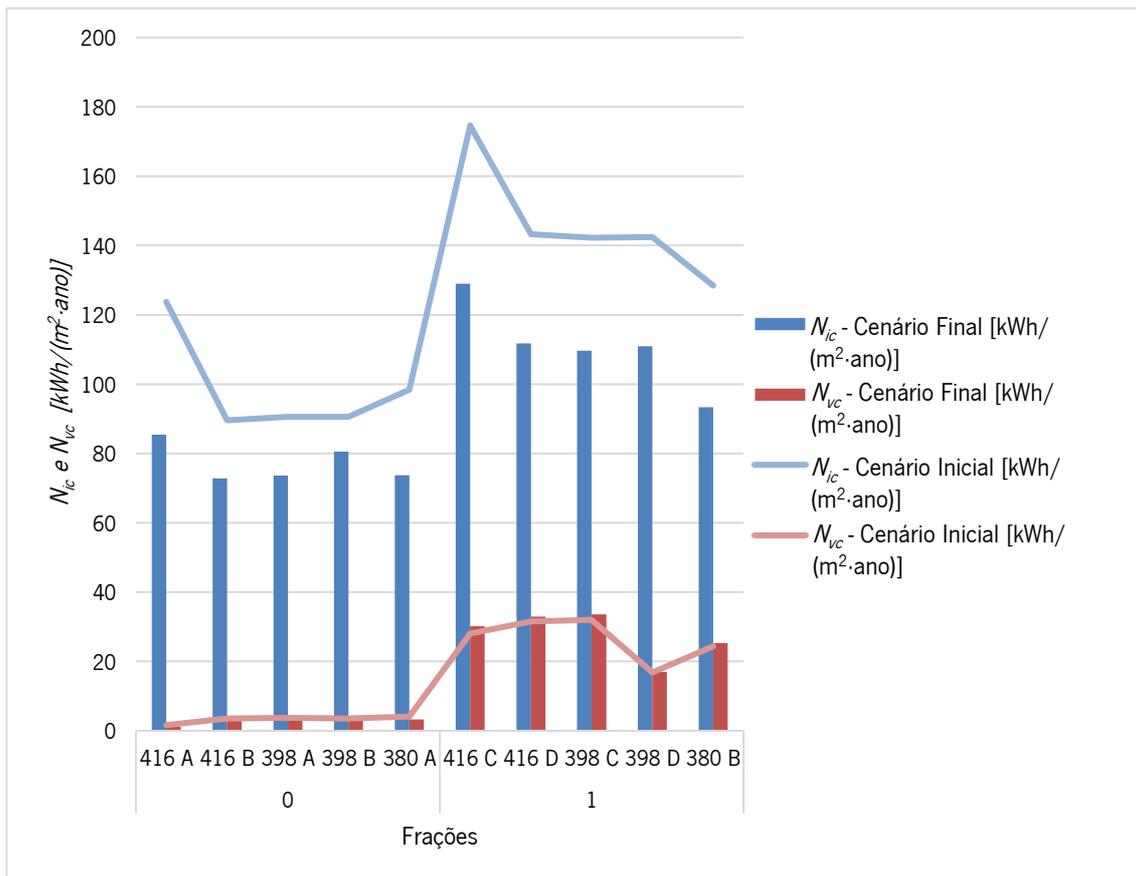


Gráfico 6.1.1.1 - Evolução dos valores de N_e e N_{vc} antes e após implementar XPS nas fachadas.

Neste gráfico é notório que as N_{vc} nos dois cenários são muito inferiores às N_e uma vez que se trata de um edifício localizado na zona climática I1. Relativamente às N_{vc} , observa-se uma redução dos valores do cenário inicial para a pós-implementação. Já para as N_e , regista-se uma ligeira redução do cenário inicial para o final nas habitações do piso 0. Contrariamente, existe um aumento, apesar de pouco significativo, do cenário inicial para a pós-implementação nas habitações do piso 1, exceto a 398 D, que praticamente mantém o seu valor. Todas estas alterações de valores são justificadas pelo objetivo desta medida de melhoria, cuja intenção é isolar termicamente por forma a reduzir perdas de energia (por aquecimento ou arrefecimento). Tendo em consideração este pressuposto, haverá menos perdas por aquecimento, sendo que os valores de N_e só aumentam no piso 1. Este facto justifica-se porque, sendo esta uma medida de melhoria isolada, há perdas pelas coberturas que estão em contacto com um ENU - o desvão. Outra justificação reside na área de cobertura que cada habitação tem na sua

constituição e que será mais bem explicitada nos próximos parágrafos. Quanto às N_i e N_r , os valores mantêm-se após implementar esta medida de melhoria, uma vez que se trata dos mesmos edifícios de referência.

6.1.2. Medida de Melhoria nas Coberturas

No que respeita às coberturas, onde foi implementada lã de rocha, foram registados, também, os valores das necessidades de aquecimento e de arrefecimento, antes e após a implementação desta medida de melhoria. Após isto, gerou-se um gráfico dinâmico (gráfico 6.1.2.1) que resume as diferenças destes valores para os dois indicadores de desempenho.

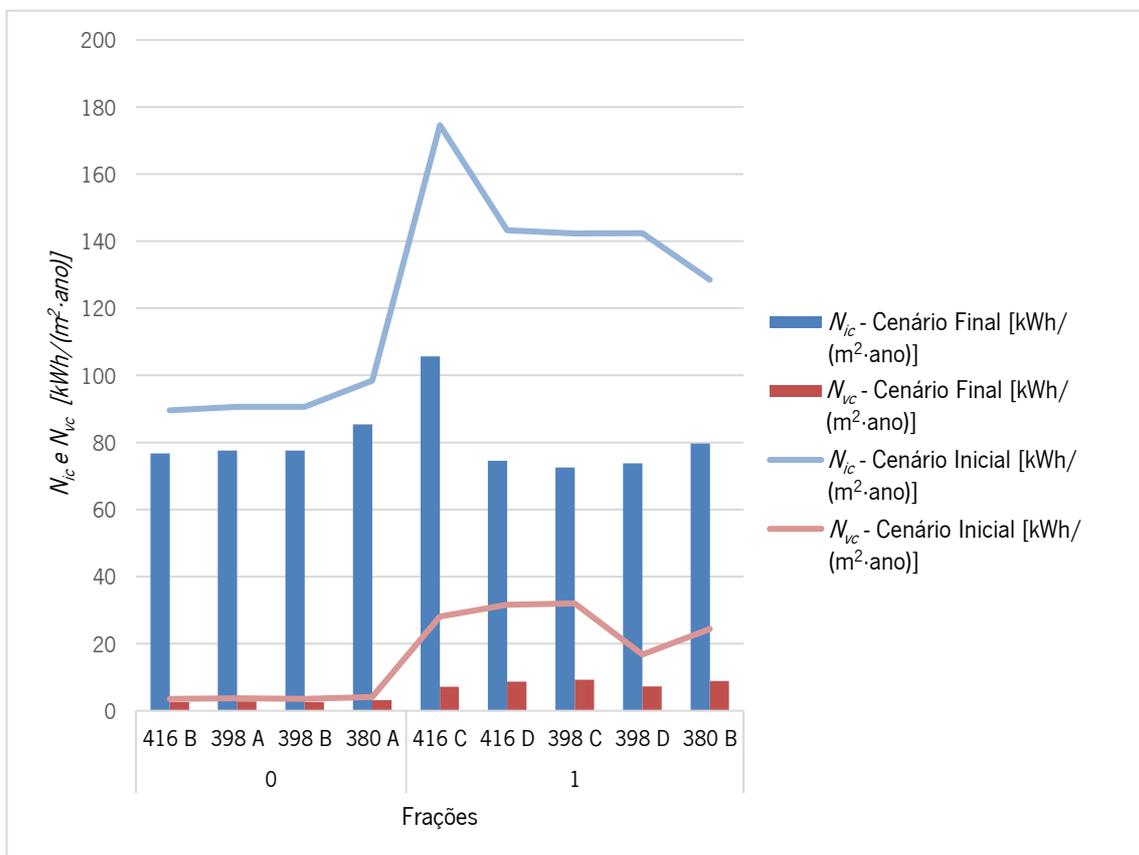


Gráfico 6.1.2.1 - Evolução dos valores de N_c e de N_{vc} para a implementação de lã de rocha.

No presente gráfico pode-se constatar que tal como no anterior, as N_{vc} , são muito inferiores às N_c , para os dois cenários, uma vez que se trata de um edifício localizado na zona I1. Relativamente às N_{vc} , há uma redução dos valores do cenário inicial para a pós-implementação, principalmente nas frações do piso 1, onde a área de cobertura a intervencionar é muito maior do que nas frações do piso 0. Já para as N_c , regista-se uma redução pouco significativa do cenário inicial para o final nas habitações do piso 0, e uma redução bastante significativa nas habitações do piso 1, do cenário inicial para a pós-

implementação. Outra justificação para a evolução verificada, especialmente nos valores das N_c nas frações 416 C, 380 A e 380 B, é a área de fachada ser superior em comparação com as restantes habitações. Tudo isto justifica a intenção desta medida, isolar por forma a reduzir perdas de calor, tal como descrito para as fachadas. Assim sendo, as perdas que possam ocorrer são pelas fachadas que não estão intervencionadas (para este último gráfico). Por sua vez, os valores de N_c e N_{vc} mantêm-se após implementar esta medida de melhoria, já que se trata dos mesmos edifícios de referência.

6.1.3. Medida de Melhoria nos Vãos e Grelhas Fixas

Quanto aos vãos, onde foram implementados vidro duplo *low-e* e caixilharia em alumínio com corte térmico, registaram-se os valores de N_c e N_{vc} , R_{ph} , antes e após implementar estas soluções. Geraram-se dois gráficos dinâmicos (gráfico 6.1.3.1 e gráfico 6.1.3.2) que sintetizam as diferenças destes valores para os três indicadores de desempenho. Outra implementação que reflete estes valores, juntamente com os vãos neste gráfico, são as grelhas fixas nas fachadas.

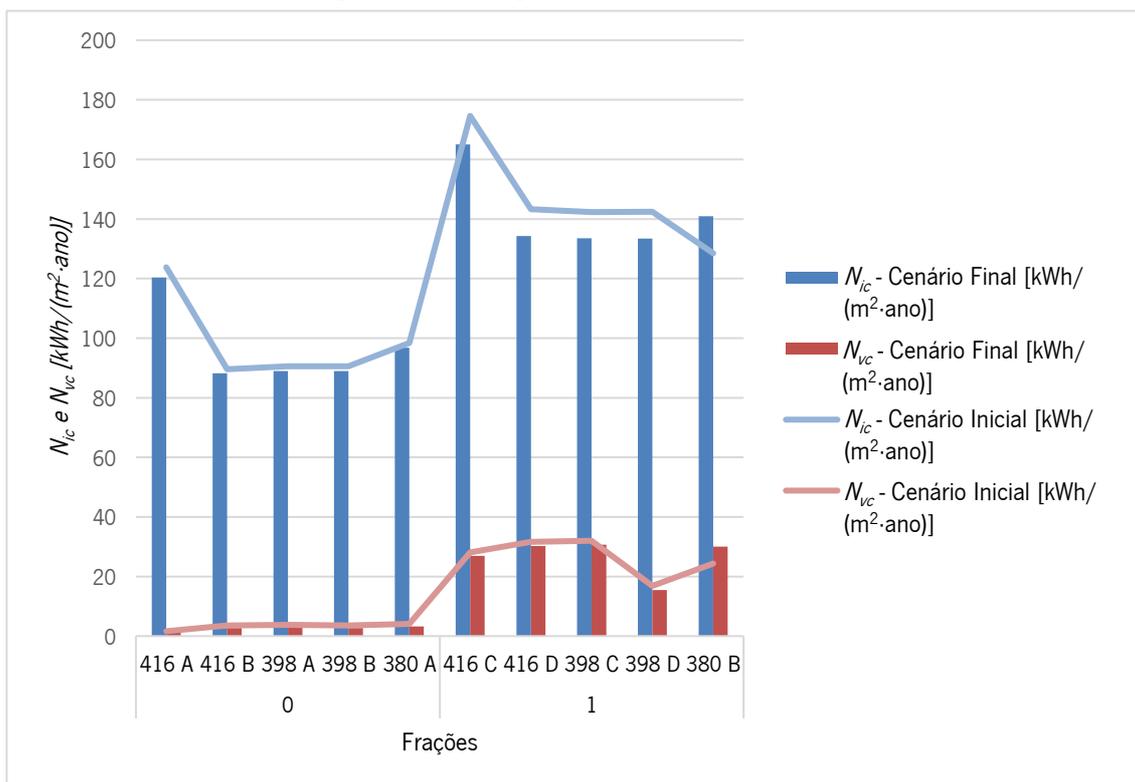


Gráfico 6.1.3.1 - Evolução dos valores de N_c e N_{vc} com a implementação de vidro duplo e caixilharia com corte térmico, e ainda, grelhas fixas nas fachadas.

Como se verifica, as alterações de valores do N_c e do N_{vc} , antes e após implementar estas medidas, não são tão notórias quanto o observado nos gráficos anteriores. A redução é maior nos valores de N_c do que nos valores de N_{vc} . E no piso 1, as reduções são maiores, quer para N_{vc} , quer para N_c .

justificadas pela presença de maior diversidade de vãos (em dimensões) em relação ao piso 0, e pelos sombreamentos causados pelas palas nos vãos de 1,20x1,15 m².

Uma particularidade aqui observada são os valores de N_e e N_{ic} apresentados para a fração 380 B, onde antes e após implementar estas soluções, se regista um aumento destas necessidades. Importa referir que intervencionando apenas os vãos nesta habitação, o R_{ph} seria 0,35, as N_e seriam 140,10 kWh/(m²·ano) e as N_{ic} seriam 29,98 kWh/(m²·ano). Ou seja, é necessário implementar uma grelha fixa para melhorar a R_{ph} , mantendo os valores de N_e e N_{ic} .

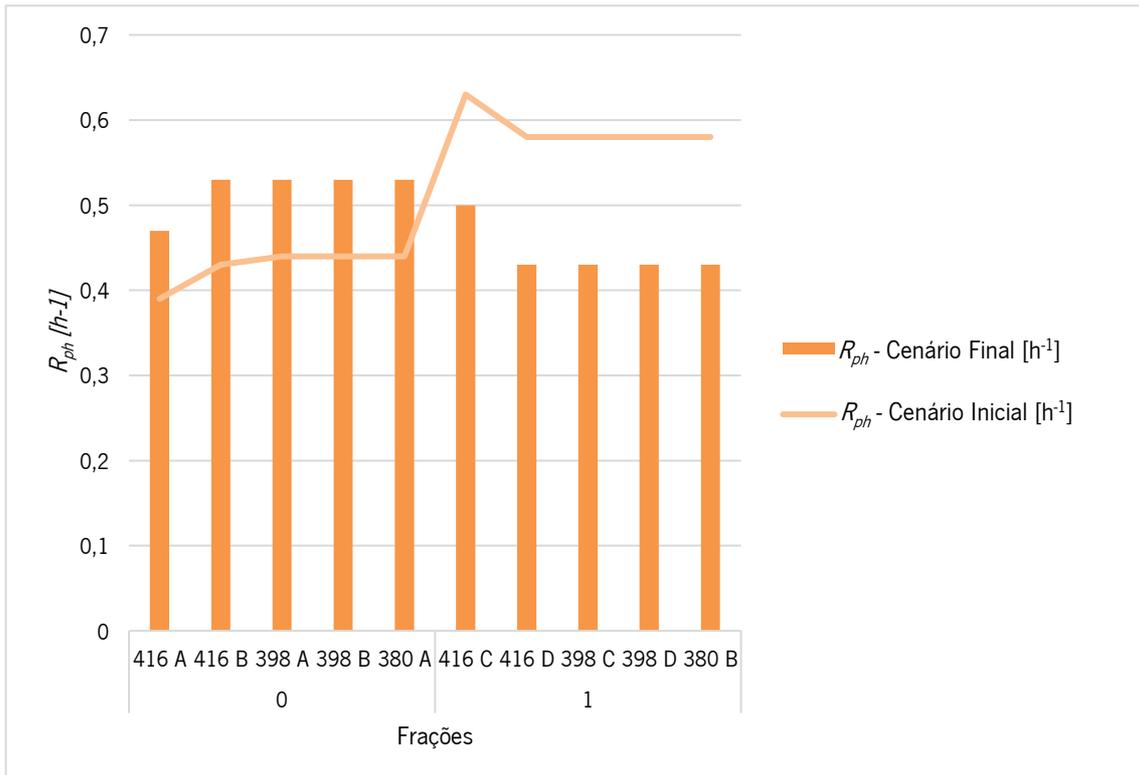


Gráfico 6.1.3.2 - Valores da R_{ph} antes e após implementar soluções nos vãos e na ventilação das habitações.

No que respeita à R_{ph} destas habitações, pode-se constatar que em todas as habitações foi cumprido o requisito mínimo, 0,40 renovações por hora. Relativamente ao cenário inicial em comparação com o pós-implementação observa-se que nas habitações do piso 0 a R_{ph} aumentou e nas habitações do piso 1 diminuiu substancialmente, apesar de continuar a cumprir os valores definidos na legislação. A única habitação que inicialmente tinha R_{ph} com valor abaixo de 0,40 era a 416 A, mas após implementar estas soluções a sua R_{ph} subiu para 0,47. Dado o facto de que após a implementação das grelhas, o valor da R_{ph} ter sido ajustado para o intervalo correto, enquadrado na condição de estar entre os valores de 0,4 e 0,6 renovações por hora, por consequência, tem-se as seguintes condicionantes [26]:

- a. caso o valor de R_{ph} após esta implementação baixe, comparativamente ao cenário inicial, o parâmetro N_i também vai baixar;
- b. contrariamente, na situação de o valor de R_{ph} do cenário final ser superior face ao cenário inicial, então desta forma, o parâmetro N_i tende a acompanhar esta subida, aumentando também.

Já os valores de N_v não registam alterações face ao cenário inicial.

Para finalizar a análise destes últimos dois gráficos, importa frisar que estas medidas só teriam, de facto, efeito quando combinadas com as restantes propostas para este estudo. Daí que os valores dos indicadores acima referidos só se tornarão mais evidentes no cenário final.

6.1.4. Medida de Melhoria no Sistema de Aquecimento e Arrefecimento Ambiente

Outra medida de melhoria estudada foi um sistema de aquecimento e arrefecimento ambiente. Para isso foram seleccionados equipamentos *multisplit*, de acordo com as tipologias em questão e, foram registados, também, os valores de N_{ic} e de N_{vc} , bem como os seus valores de $E_{ren,p}$ e de poupanças de energia, antes e após a implementação destes equipamentos. Depois disto, geraram-se dois gráficos dinâmicos (gráfico 6.1.4.1 e gráfico 6.1.4.2) que sintetizam as diferenças destes valores para os três indicadores de desempenho.

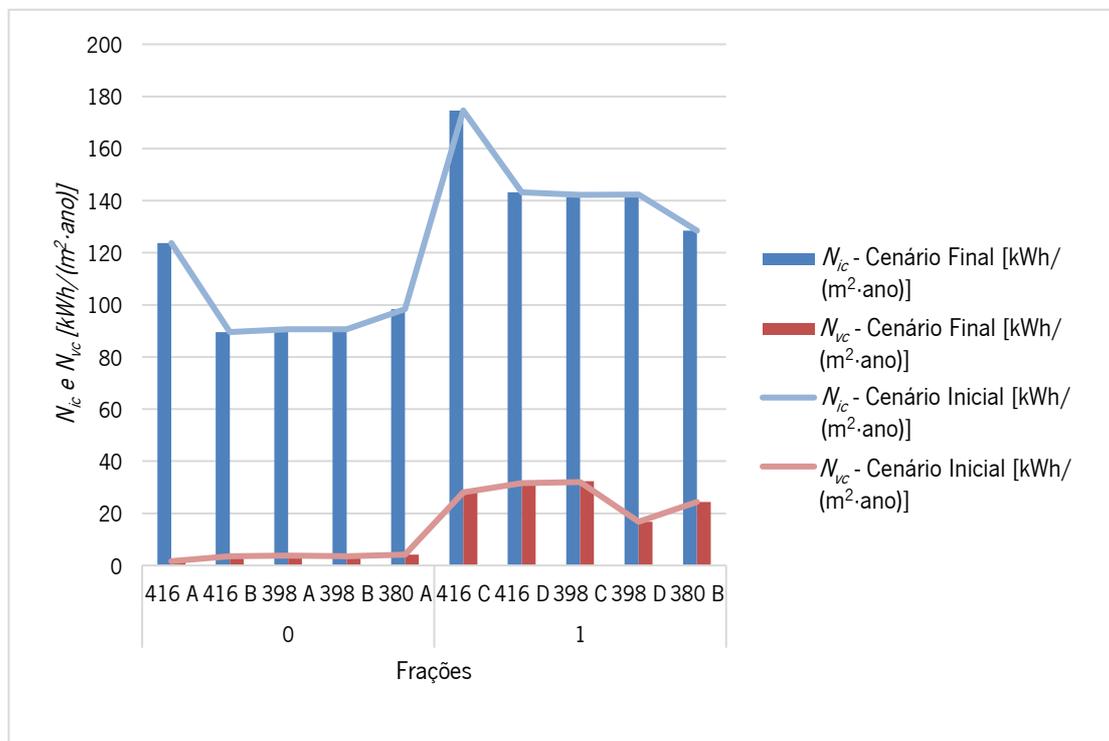


Gráfico 6.1.4.1 - Diferenças dos indicadores N_{ic} e N_{vc} antes e após implementar equipamentos *multisplit*.

Após observação gráfica, pode-se constatar que nem as N_{ic} , nem as N_{ec} , registam variações de valores como resultado desta implementação. A única habitação que não contempla esta afirmação é a 398 C que apresenta variações residuais.

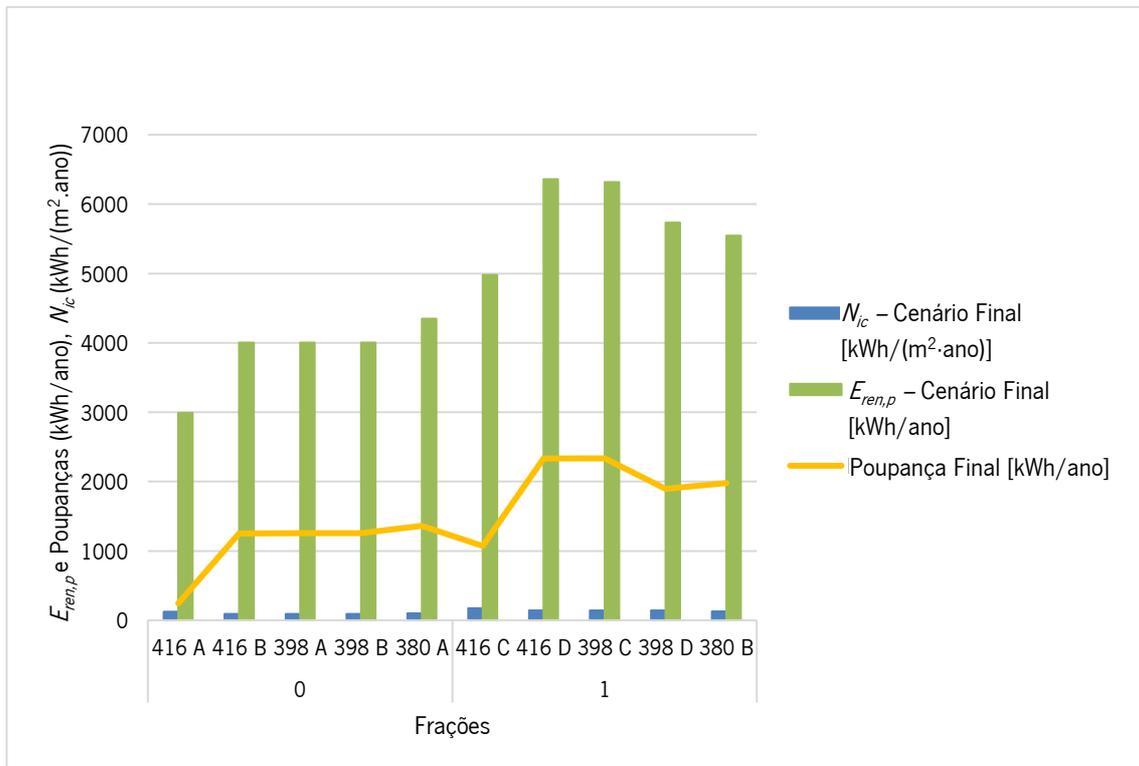


Gráfico 6.1.4.2 - Valores do $E_{ren,p}$ que cada equipamento regista ao ser implementado, consoante as habitações.

Por sua vez, neste gráfico observam-se os valores de $E_{ren,p}$ e das poupanças efetivas de energia, após implementar as máquinas exteriores, de acordo com os modelos pretendidos para as três tipologias de habitação. A diferença de valores entre as frações 416 A e 416 C, ambas com tipologia T₁, permite constatar outra diferença essencial destas implementações, em que, diferem na sua área útil por existir uma despensa na habitação 416 A, localizada debaixo das escadas de acesso às habitações do piso 1. Isto, influencia o cálculo da parcela de necessidades, porque uma área útil maior corresponde a uma parcela de necessidades menor, para as mesmas áreas a climatizar. A juntar a isto, vem também a particularidade da ausência de coberturas nesta habitação do piso 0, que corresponde a menores perdas, pelas suas envolventes, em comparação com a fração 416 C. Assim sendo, o $E_{ren,p}$ é influenciado pela natureza das envolventes e pela área total das habitações que, conseqüentemente, fará as máquinas trabalharem mais para compensarem perdas maiores na fração 416 C. O mesmo raciocínio aplica-se às diferenças observadas entre as restantes habitações dos dois pisos, onde havendo maior área útil nas frações do piso 0 e, ainda, mais áreas a climatizar, as parcelas de necessidades terão valores maiores nas habitações do piso 1 do que no piso 0 e, portanto, $E_{ren,p}$ muito superiores. Outro argumento para

estas diferenças, igualmente preponderante é o facto das áreas de coberturas e de fachadas serem muito superiores no piso 1.

O mesmo gráfico permitiu, ainda, deduzir a poupança de energia que se poderá concretizar após a implementação desta medida isolada. Para isso, subtraiu-se em cada fração, o somatório dos consumos de eletricidade para aquecimento e arrefecimento desta medida (cujos valores constavam no separador consumos da folha PTnZEB), ao $E_{ren,p}$ registado pela implementação destes sistemas. Obteve-se um indicador, denominado “poupanças”, que mesmo não entrando para os cálculos dos balanços de desempenho energético destas frações, permitiu quantificar quanto se poderá reduzir nos consumos energéticos ao implementar um sistema *multisplit*.

Após observação gráfica, é possível constatar que as poupanças energéticas foram maiores no piso 1, devido aos valores de $E_{ren,p}$ maiores, e devido aos consumos na estação de arrefecimento observados. Esta análise deve-se ao facto de que, nas habitações do piso 0, contrariamente ao observado no piso 1, não se registam consumos de energia na estação de arrefecimento. De um modo geral, as poupanças são tanto maiores quanto maiores forem os valores de $E_{ren,p}$, sendo as frações de tipologia T₁ com poupanças e valores de $E_{ren,p}$ mais baixos.

Esta medida, tal como se tem explicado anteriormente só denotará o seu efeito na sua plenitude aquando da implementação conjunta. E, tal como se tem verificado anteriormente, também evidencia valores de N_c muito superiores aos valores das N_{c*} .

6.1.5. Medida de Melhoria no Sistema de Preparação de AQS

Para os sistemas de AQS implementados, foram registados, os valores de $E_{ren,p}$ dos equipamentos pretendidos e de Q_s destas habitações, para os dois cenários. Após isto, gerou-se um gráfico dinâmico (gráfico 6.1.5.1) que sintetiza as diferenças destes valores para os dois indicadores de desempenho.

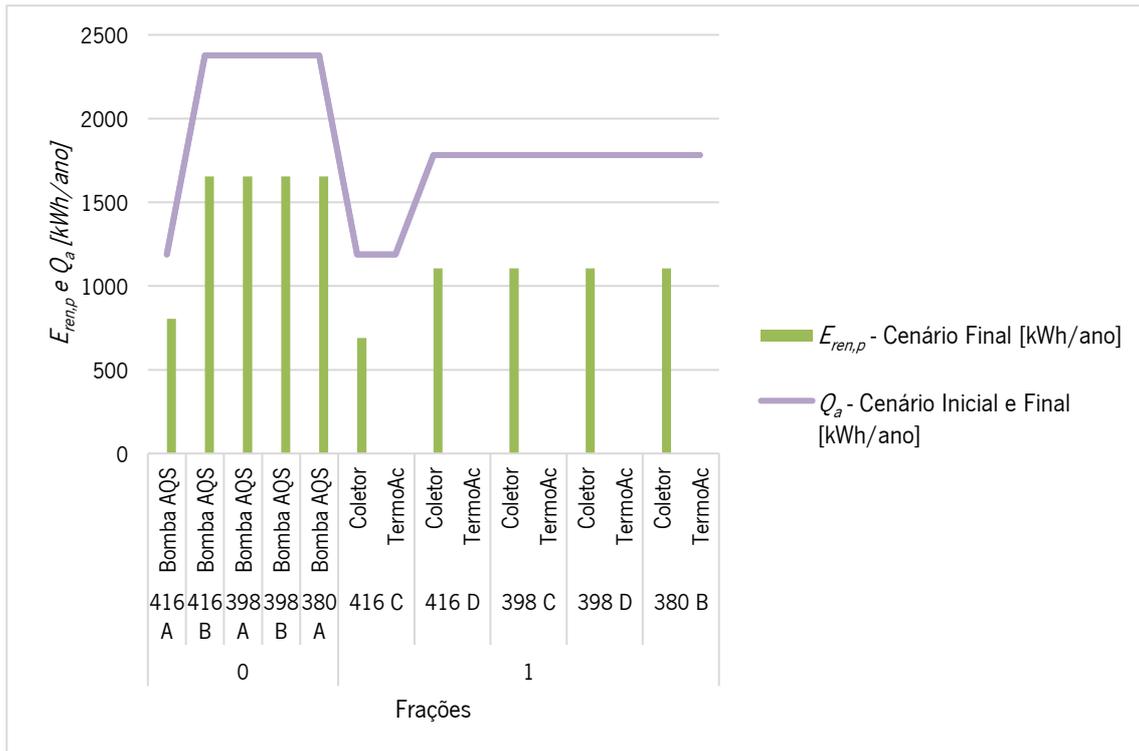


Gráfico 6.1.5.1 - Valores do $E_{ren,p}$ e de Q_a após implementar diferentes equipamentos de AQS para cada fração.

Os valores de Q_a são os mesmos antes e após a implementação destas soluções, dado que em termos deste indicador não existem alterações, isto é, o número de ocupantes de cada tipologia de habitação é o mesmo para os dois cenários. Conforme foi evidenciado nos cálculos anteriores, o $E_{ren,p}$ das habitações do piso 0 é superior ao $E_{ren,p}$ no piso 1. Um aspeto evidente é o $E_{ren,p}$ dos equipamentos, onde se comprova que os $E_{ren,p}$ das bombas de calor são superiores aos $E_{ren,p}$ dos coletores solares, independentemente da tipologia das frações.

Em jeito de observação geral aos últimos gráficos, nota-se que, ao nível das envolventes a medida com maior impacto energético é a lã de rocha por registar maiores diferenças entre os valores do cenário inicial e o pós-implementação. Por sua vez, ao nível dos sistemas, a implementação de equipamentos *multisplit* registou maiores aumentos de $E_{ren,p}$ do que os equipamentos destinados a produção de AQS. Por isso, considera-se como sendo a medida de melhoria com maior impacto energético dos sistemas.

6.1.6. Medidas de Melhoria Conjuntas (Cenário Final)

A análise dos indicadores de desempenho energético, é também essencial para o cenário final (ou acumulada). De seguida serão apresentados quatro gráficos (gráfico 6.1.6.1, gráfico 6.1.6.2, gráfico 6.1.6.3 e gráfico 6.1.6.4) que demonstram a evolução dos valores de N_{ic} e N_{vc} , R_{ph} , E_{ren} e Q_{a1} e ainda, o R_{nt} destas habitações antes e após implementar todas as medidas de melhoria.

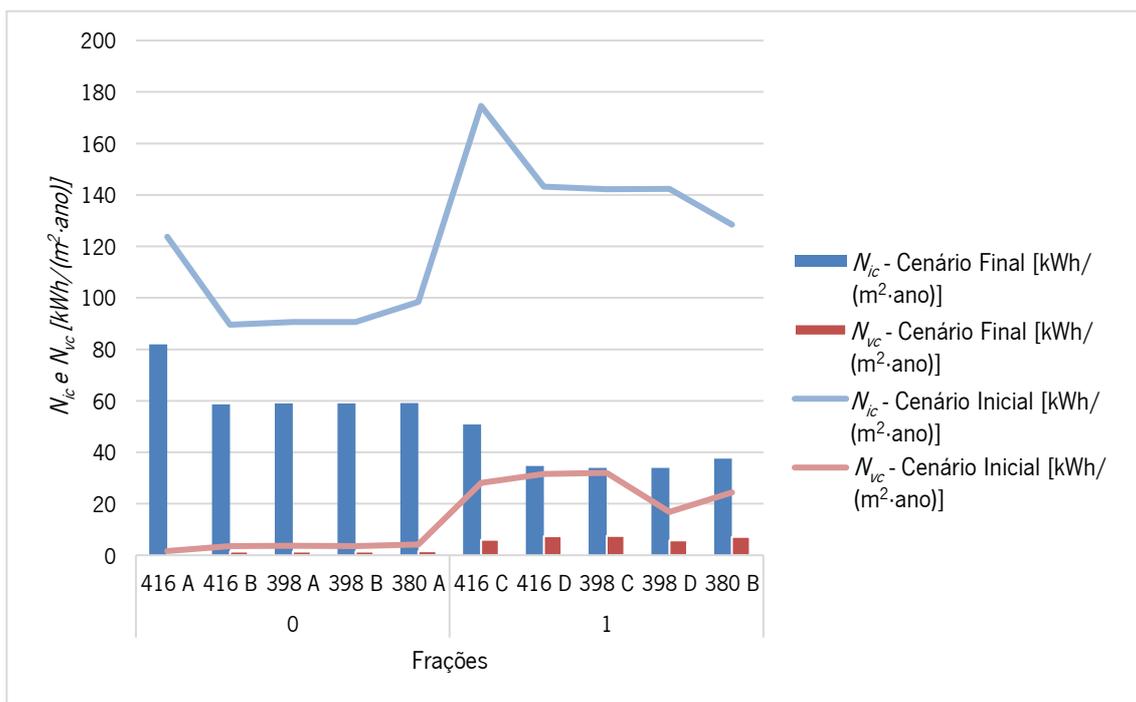


Gráfico 6.1.6.1 - Evolução dos valores de N_{ic} e N_{vc} com a implementação de todas as medidas de melhoria.

Após isolar termicamente e assegurar um sistema *multisplit* para estas habitações, pode-se constatar, que as necessidades de aquecimento se reduzem substancialmente nos seus valores após a implementação de todas as medidas de melhoria, e estas reduções são ainda mais evidentes nas habitações do piso 1 onde a área de cobertura em contacto com um espaço não útil é ainda maior do que nas habitações do piso 0. Por sua vez, as N_{vc} , registam valores residuais nas habitações do piso 0, antes e após as implementações, mas, no piso 1 esses valores são um pouco mais elevados, no cenário final, apesar das diferenças significativas em comparação com o cenário inicial. Este último facto, é explicado pelas eficiências sazonais dos equipamentos *multisplit* implementados, que possuem valores de SCOP mais elevados do que SEER e, também, pela conjugação destes equipamentos com soluções de isolamento para coberturas, fachadas, vãos e grelhas fixas.

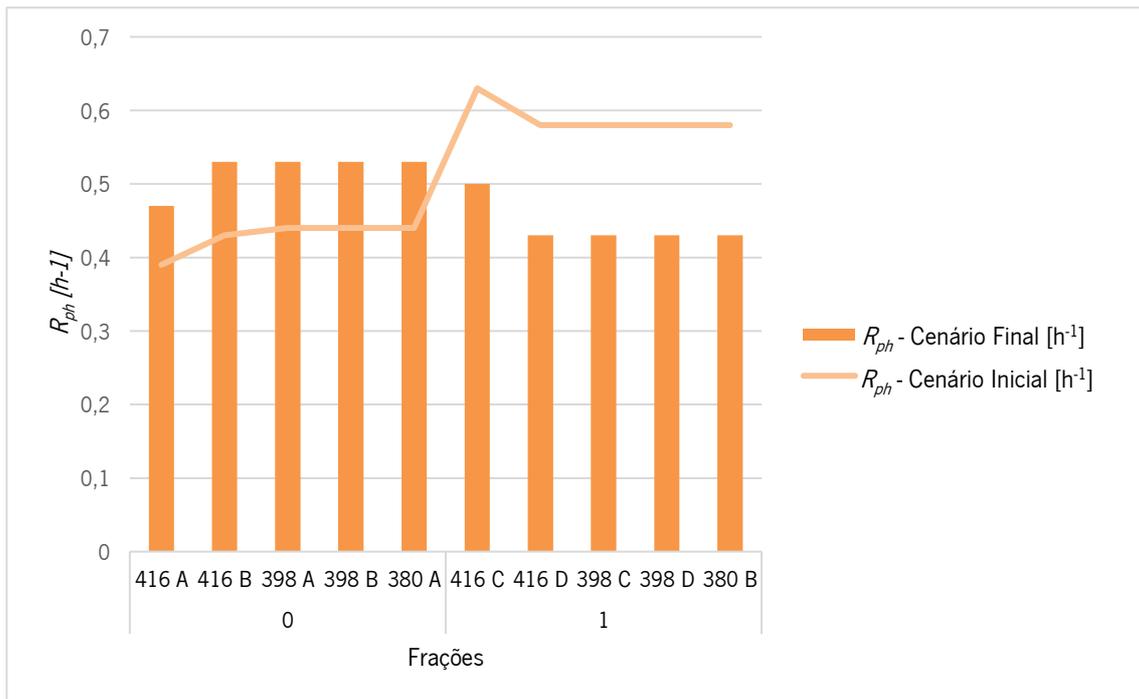


Gráfico 6.1.6.2 - Valores da R_{ph} no cenário final, com todas as medidas de melhoria implementadas.

Relativamente à evolução dos valores de R_{ph} nestas frações, pode-se afirmar que se mantêm em comparação com o gráfico apresentado para a implementação isolada dos vãos com as grelhas fixas. Esta evolução de valores do R_{ph} é explicada porque a implementação de soluções nos vãos, só por si, não respeitaria a R_{ph} , tendo-se sugerido a implementação de grelhas fixas para que estes valores cumprissem a legislação em vigor. No que concerne a esta medida de melhoria, confirma-se que, de facto, deveriam ser também intervencionados os sistemas de ventilação, uma vez que a implementação de vidros duplos e caixilharia com corte térmico não resolveriam tais questões de ventilação. Uma ocorrência capaz de comprovar isto são os valores de N_c e N_{vc} no gráfico anterior, que resolve a questão da habitação 380 B exposta no gráfico 6.1.3.1, onde a diferença dos valores de N_c e N_{vc} antes e após implementar esta medida de melhoria dá valores negativos, ou seja, piora os valores destes dois indicadores de desempenho com esta implementação isolada de soluções nos vãos. As N_c mantiveram os seus valores do cenário inicial, mas as N_{vc} comportaram-se consoante descrito anteriormente devido à implementação de grelhas fixas nas fachadas.

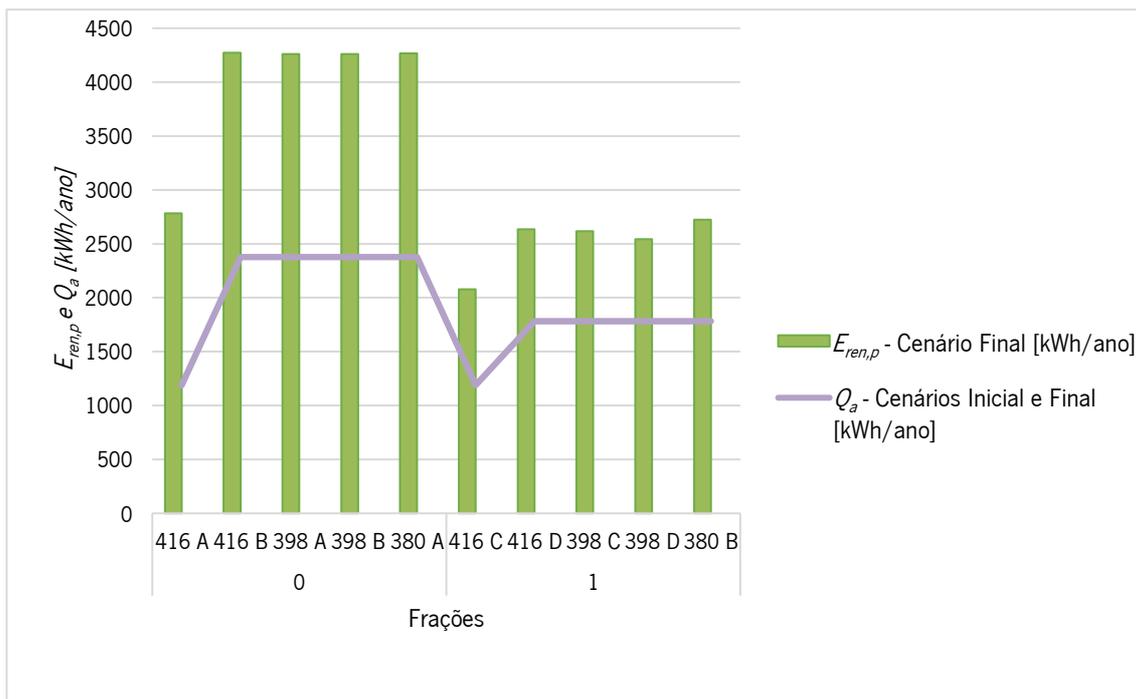


Gráfico 6.1.6.3 - Valores do $E_{ren,p}$ e de Q_a após implementar todas as medidas de melhoria, nomeadamente sistemas renováveis.

Neste último gráfico (gráfico 6.1.6.3) pode-se ver que os $E_{ren,p}$ representados aqui pelos equipamentos destinados a AQS e climatização das habitações, possuem valores superiores comparativamente à implementação isolada dos mesmos. Nas habitações do piso 0 as diferenças nos valores do $E_{ren,p}$ conseguem ser mais contrastantes em comparação com os $E_{ren,p}$ das habitações do piso 1. Tudo isto está traduzido no comportamento expresso no gráfico 6.1.5.1 e no gráfico 6.1.4.2, que demonstram que as bombas de calor conseguem ter melhores valores de $E_{ren,p}$ comparativamente com os coletores solares, e ainda, os equipamentos *multisplit* das habitações do piso 1, com melhores $E_{ren,p}$ do que as habitações do piso 0. Factos que se devem às diferentes tipologias das habitações e diferentes valores dos seus indicadores de desempenho entre todas as habitações.

Desta forma, na implementação conjunta de todas as medidas, verifica-se que, de forma geral, as necessidades energéticas das dez habitações estudadas foram supridas. Ainda sobre o gráfico 6.1.6.3, apresenta-se os valores de Q_a para os dois cenários.

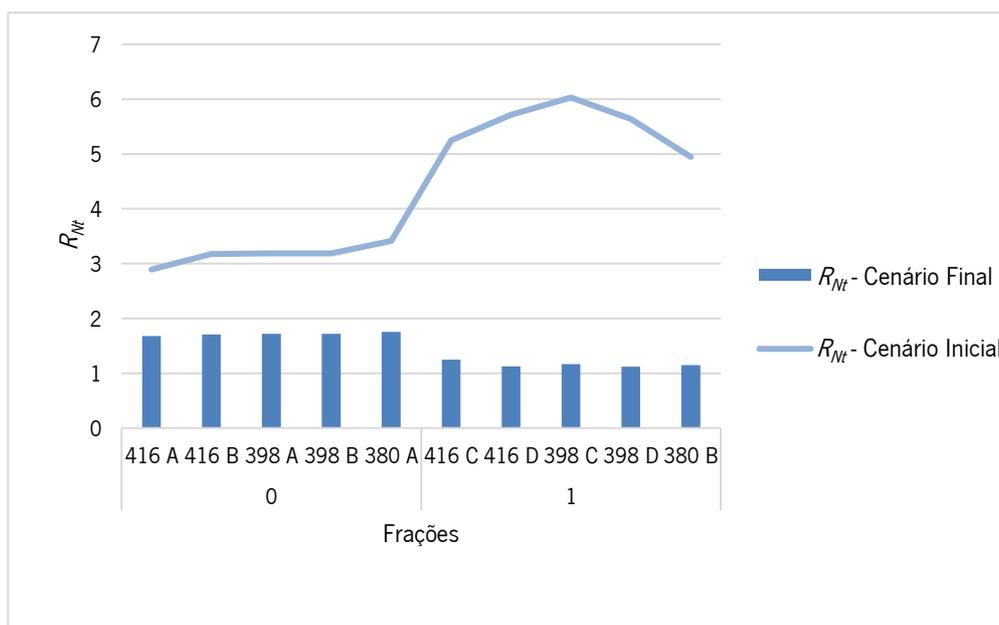


Gráfico 6.1.6.4 – Diferenças registadas relativamente ao R_{Nt} para os dois cenários estudados.

Quanto ao R_{Nt} (gráfico 6.1.6.4), pode-se constatar que reduziu os seus valores substancialmente, do cenário inicial para o final. Esta redução é ainda mais notória nas frações do piso 1, onde as habitações tinham piores rácios do que as habitações do piso 0. Após estas implementações, as mesmas ficaram com melhores valores de R_{Nt} , comparativamente com as habitações do piso inferior. Ou seja, tinham classes mais baixas do que as habitações do piso 0, mas após implementar todas as medidas de melhoria, obtiveram-se classes mais elevadas do que as habitações do piso 0, também alvo de intervenção.

Por fim apresenta-se a tabela 6.1.6.1, onde constam as classes energéticas, antes e após implementar estas medidas de melhoria, bem como, as percentagens associadas a cada classe (que representam o R_{Nt} multiplicado por 100).

Tabela 6.1.6.1 - Classes energéticas e respetivas percentagens registadas para cada fração.

Piso	Fração	Antes da implementação		Após a implementação	
		Classe	Percentagem	Classe	Percentagem
0	416 A	D	200	C	116
	416 B	D	200	C	108
	398 A	D	200	C	107
	398 B	D	200	C	107
	380 A	D	195	B-	100
1	416 C	F	272	B	65
	416 D	F	285	B	56
	398 C	F	286	B	55
	398 D	F	278	B	55
	380 B	E	247	B	57

Para finalizar esta análise energética, pode-se afirmar que a informação apresentada mostra, perfeitamente, que a implementação isolada de medidas de melhoria não supre na totalidade as necessidades destas habitações, e que, só de forma conjunta se obtém mais valias da implementação associada das medidas quer em termos de isolamento térmico quer em termos de sistemas de climatização e/ou AQS. Isto reflete-se nos valores do R_{nt} e, posteriormente, nas classes obtidas para todas as habitações.

6.2. Análise às Emissões de CO₂

Por forma a analisar a evolução das emissões de CO₂, antes e após a implementação das medidas foi elaborado o gráfico 6.2.1, tendo por base uma tabela que apresenta as emissões de todas as habitações em ambos os cenários (tabela 5.2.2).

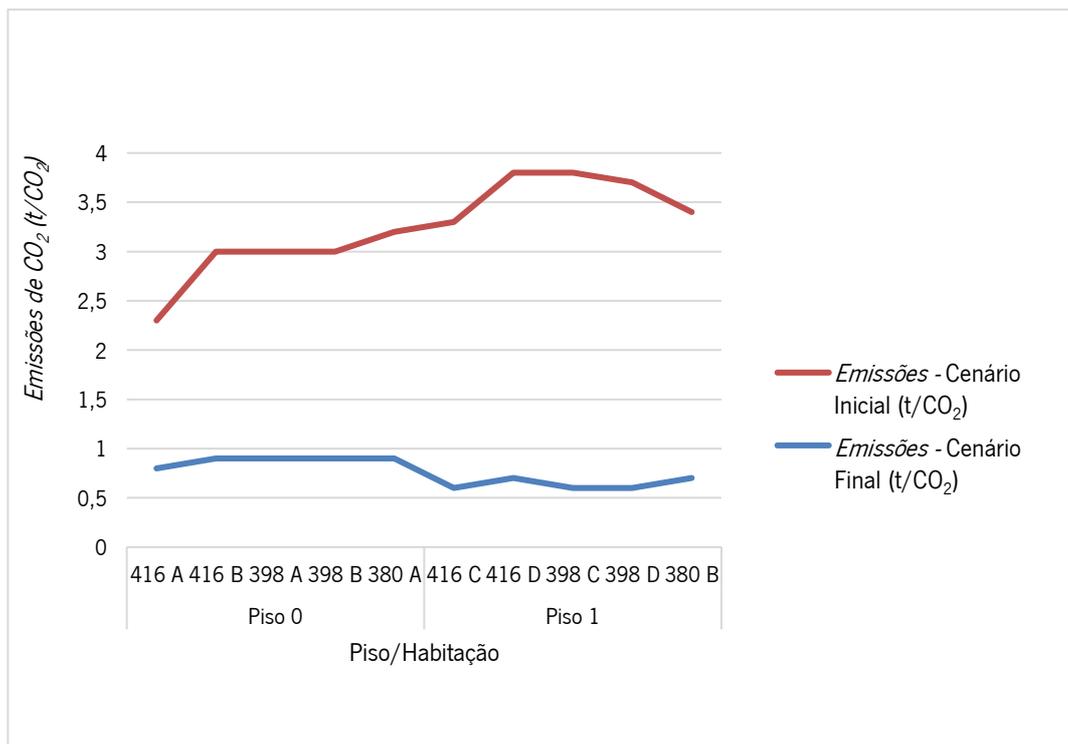


Gráfico 6.2.1 - Valores das emissões de CO₂ para os cenários inicial e final de todas as habitações.

O presente gráfico, compara a evolução dos valores dos cenários inicial e final, observando-se um aumento notório entre as habitações dos dois pisos em estudo. A redução dos valores destas emissões é bastante evidente. Analisando o gráfico, tendo em conta a natureza dos dois pisos, verifica-se que no piso 1 existe uma redução mais acentuada do que no piso 0. Este facto é explicado pela superfície de contacto do piso 1 com um espaço não útil, um desvão. Ou seja, toda a área do espaço não útil está em contacto com a cobertura interior das habitações do piso 1. Por este facto, considerando

a título de exemplo a medida de implementação das coberturas, quer exteriores quer interiores, no piso 1 a área a intervir é maior do que no piso 0, resultando numa aplicação de maior quantidade de lâ de rocha em comparação com a área a implementar no piso 0. Por isto, as N_c e as $N_{c'}$ são muito contrastantes com as necessidades do piso 0.

Também importa referir que as necessidades são parcialmente influenciadas pela implementação de XPS, grelhas de ventilação natural nas fachadas e vidro duplo com caixilharia em alumínio com corte térmico nos vãos. Daqui advém a importância, de implementar sistemas capazes de suprir estas necessidades, nomeadamente sistemas de climatização, onde se inclui o *multisplit*.

Outros sistemas capazes de reduzir estas emissões, são os sistemas preparados para suprir as necessidades de AQS, designadamente bombas de calor para as habitações do piso 0, e sistemas de circulação forçada com apoio de termoacumuladores elétricos nas habitações do piso 1. Por serem tecnologias mais eficientes do que as implementadas originalmente, nomeadamente esquentadores a gás butano, conseguem aumentar os valores de $E_{ren,p}$ drasticamente. Desta forma, o que de facto ajuda à redução das emissões, são as implementações dos sistemas técnicos considerados acima, porque recorrem ao uso de equipamentos que, sendo mais eficientes, irão gastar menos energia. Além disso, associando ao facto de usarem fontes de energia renováveis, como as energias solar e aerotérmica, permitem aumentar os $E_{ren,p}$, resultando por consequência em menores emissões de CO_2 .

A variação entre os valores de emissões por fração, deve-se ao facto de existirem diferentes tipologias (T_1 , T_2 e T_3), o que obriga a uma seleção de equipamentos diferentes, consoante a área a climatizar, valores de Q_d também diferentes, e ainda, diferentes áreas de envolventes a intervencionar.

O PNEC 21-30, sendo um plano que apresenta um modelo que rumo à neutralidade carbónica, estabelece, nas suas metas nacionais, uma redução nas emissões de CO_2 entre 45 e 55% de CO_2 [5].

No que concerne aos valores de emissões de CO_2 , regista-se uma redução de 77% em relação ao cenário inicial (32,50 t CO_2 /ano).

Desta forma, uma proposta de intervenção nas habitações, considerando cinco medidas de melhoria em cada uma, já surtiu um efeito considerável nos valores das emissões de CO_2 . Assim sendo, em caso de se propor medidas de melhoria noutras valências destas frações, tais como implementação de sistemas solares fotovoltaicos, a variação dos valores das emissões entre os dois cenários, seria ainda mais notória.

6.3. Análise Económica

A tabela abaixo (tabela 6.3.1) apresenta para todas as habitações as respetivas tipologias, custos totais de investimento e poupanças anuais, que permitiram obter o PRS.

Tabela 6.3.1 - Custos totais de investimento, poupanças anuais e período de retorno simples, após a implementação conjunta das medidas de melhoria, por piso, fração e tipologia.

Piso	Fração	Tipologia	Custo total do investimento (€)	Poupança anual (€/ano)	PRS (anos)
0	416 A	T ₁	10 296,52 €	894,00 €	11,52
0	416 B	T ₃	11 451,46 €	1 281,00 €	8,94
1	416 C	T ₁	11 050,51 €	1 437,00 €	7,69
1	416 D	T ₂	10 337,18 €	1 747,00 €	5,92
0	398 A	T ₃	11 451,46 €	1 283,00 €	8,93
0	398 B	T ₃	11 451,46 €	1 283,00 €	8,93
1	398 C	T ₂	10 337,18 €	1 758,00 €	5,88
1	398 D	T ₂	10 337,18 €	1 690,00 €	6,12
0	380 A	T ₃	12 696,21 €	1 385,00 €	9,17
1	380 B	T ₂	11 583,68 €	1 568,00 €	7,39

Após elaborar esta tabela, foram calculadas a poupança anual e a poupança acumulada de cada habitação, conforme sintetiza a tabela 6.3.2 para a fração 416 A. A mesma tabela detalhada para as restantes habitações, com os mesmos valores e com o período temporal considerado na secção 5.3 deste trabalho, consta no anexo 1.14. A partir daqui foram gerados gráficos, que estabelecem comparações entre:

- Duas frações de tipologia T₁;
- Duas frações com tipologias e PRS muito diferentes entre si, mas valores de investimento semelhantes;
- Duas frações com igual tipologia e diferenças de PRS residuais, mas valores de investimento ligeiramente díspares;
- Três frações com tipologias diferentes, os valores de PRS mais baixos de cada tipologia e valores de investimento inicial com diferenças evidentes.

Tabela 6.3.2 - Valores das poupanças anual e acumulada, para a habitação 416 A.

Piso	Fração	Tipologia	Poupanças	Ano 0	Ano 1	Ano n	Ano 11	Ano 12
0	416 A	T ₁	Anual (€) - 416 A	-10 296 €	894 €	X €	894 €	894 €
			Acumulada (€) - 416 A	-10 296 €	-9 402 €	X €	-462 €	431 €

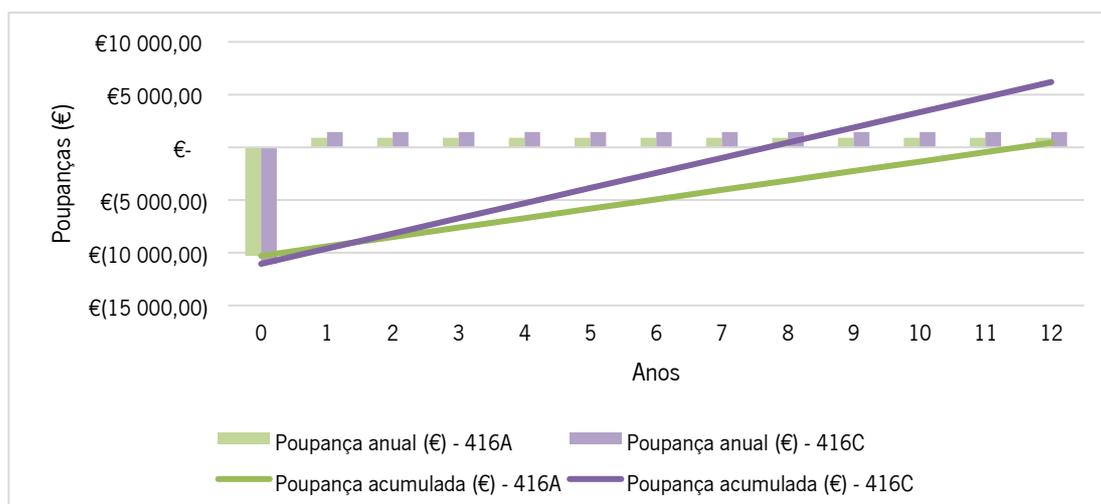


Gráfico 6.3.1 - Valores das poupanças anuais e acumuladas, após a implementação das medidas de melhoria conjuntas, para as frações de tipologia semelhante, 416 A e 416 C.

O presente gráfico (gráfico 6.3.1) apresenta as poupanças anual e acumulada, para duas habitações muito semelhantes em tipologia, mas diferentes no que respeita às medidas implementadas. Assim sendo, neste gráfico verifica-se um investimento ligeiramente maior para a habitação 416 C, mas um PRS muito inferior (uma diferença de 3,83 anos entre os respetivos PRS), em comparação com a habitação 416 A. Esta diferença de investimento regista um valor de 753,99 € entre as duas frações. Além disso, o maior investimento (416 C), é também o que traz maiores poupanças, ao longo dos anos, sendo que a menor poupança anual é a da 416 A. Nesta comparação constata-se também que a fração 416 C, tendo um PRS menor, corresponde a um custo de investimento maior. Outra observação é a poupança acumulada ao fim de doze anos, em que a fração 416 C (piso 1) obtém uma poupança acumulada de 6 183,49 € e a 416 A (piso 0) uma poupança acumulada de apenas 431,48 €, resultando numa diferença de 5 762,01 € de uma fração face à outra. Todas estas observações, são explicadas pela quantidade e tipo de medidas, que foram implementadas nestas duas habitações. Mais concretamente, por um lado, a fração 416 A não tinha área disponível para implementar lã de rocha, já que não possuía coberturas nas suas envolventes ao contrário da fração 416 C. Por outro lado, os sistemas de AQS implementados, sendo igualmente equipamentos alimentados a energias renováveis, são tecnologias diferentes, sendo que na habitação do piso 0 existem bombas de calor aerotérmicas e no piso 1 existem sistemas de circulação forçada.

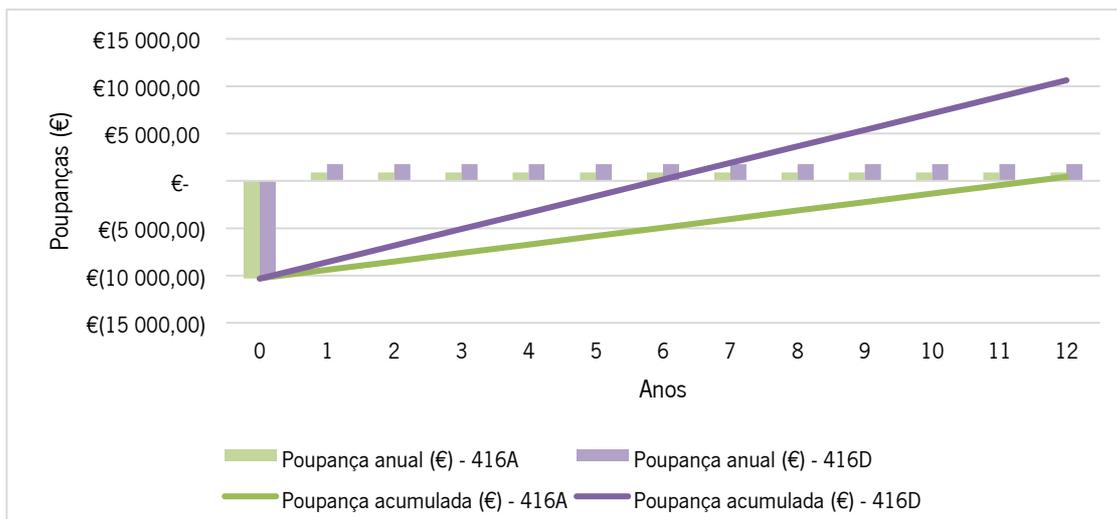


Gráfico 6.3.2 - Valores das poupanças anuais e acumuladas, após a implementação das medidas de melhoria conjuntas, para as frações com tipologias diferentes, 416 A e 416 D.

No que respeita ao gráfico 6.3.2, observa-se que as poupanças anual e acumulada apresentam valores diferentes para duas habitações com tipologias diferentes, e medidas de melhoria implementadas também diferentes. Os investimentos têm valores idênticos, sendo que o investimento é moderadamente maior na fração 416 D. Pela análise do gráfico, observa-se também que a maior poupança ano-a-ano corresponde à fração de maior investimento, ou seja, à 416 D.

Comprova-se também, que a fração com PRS mais baixo comporta um menor custo de investimento, estando a diferença entre as duas habitações avaliada em 5,60 anos, conforme explicita a tabela 6.3.1. Esta última diferença, é explicada pelo tipo de equipamentos pretendidos e quantidades de materiais instalados nas envolventes, nomeadamente as dimensões das grelhas, dos vãos, devido à existência de um vão adicional na sala da habitação 416 D em relação à 416 A, e ainda, áreas das envolventes, para as duas habitações em questão. Salienta-se também, a evidência de que a poupança acumulada ao fim de doze anos, para a fração 416 D (piso 1) é de 10 626,83 € e para a 416 A (piso 0) é de 431,48 €, resultando numa diferença de 10 195,34 € de uma fração face à outra.

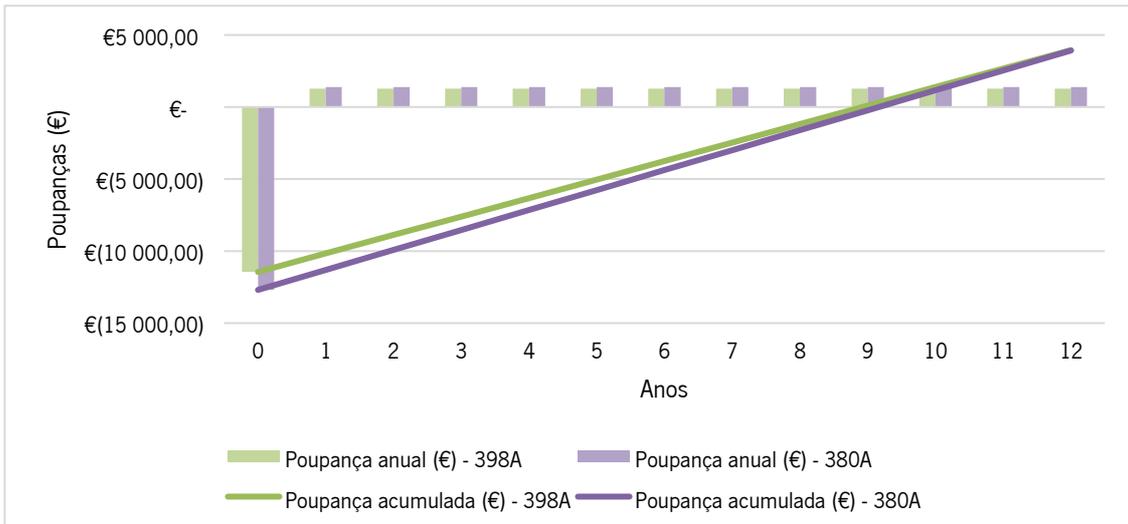


Gráfico 6.3.3 - Valores das poupanças anuais e acumuladas, após a implementação das medidas de melhoria conjuntas, para as frações com PRS diferente, 398 A e 380 A.

Em termos de análise comparativa, a escolha destas duas frações para o gráfico 6.3.3 deve-se ao facto de estas diferirem na quantidade de material aplicado nas suas envolventes, e por terem valores de PRS ligeiramente diferentes. Na observação deste gráfico, pode-se constatar que os investimentos não diferem significativamente, registando 1 244,75 € de diferença. Em termos de investimento inicial, verifica-se que na fração 380 A, o investimento é maior do que na fração 398 A. Nesta comparação entre as duas habitações, concretamente, observa-se que a poupança acumulada de ano para ano se mantém, sendo que a fração 380 A regista sempre valores superiores aos valores da fração 398 A. Uma diferença não tão visível neste gráfico, mas evidente na tabela 6.3.1, são os valores de PRS destas habitações, que diferem em cerca de três meses. Contudo, por detrás desta diferença residual está a quantidade de material aplicado nas fachadas, que se revela pelos valores de custo total de investimento e poupança anual, descritos na tabela anterior, onde valores destes mais elevados denotam um PRS mais alto, e valores destes mais baixos demonstram um PRS mais baixo. Ao final dos doze anos de análise, verifica-se que a fração 398 A regista um valor de poupança acumulada ligeiramente mais elevado, 3 944,54 €, face à habitação 380 A com uma poupança acumulada de 3 923,79 €, ou seja, uma ligeira diferença, mas que em termos práticos e tendo em conta o intervalo temporal de análise, resulta num valor idêntico.

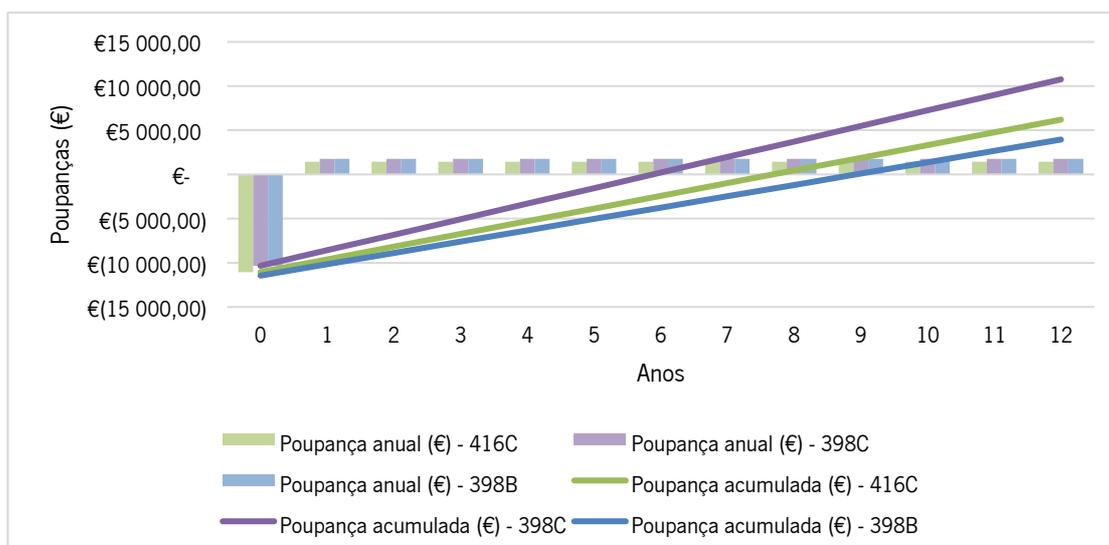


Gráfico 6.3.4 - Valores das poupanças anuais e acumuladas, após a implementação das medidas de melhoria conjuntas, para as frações com valores mais favoráveis por tipologia, 416 C, 398 C e 398 B.

Analisando, mais uma vez, os valores do PRS da tabela 6.3.1, e optando pelos valores mais baixos, ou seja, os valores mais favoráveis por tipologia, estabeleceu-se uma comparação por via do gráfico 6.3.4. Aí se pode constatar que, para esta situação diferem notoriamente, registando uma diferença de 1 114,29 €. Em termos de investimento inicial, verifica-se que na fração 398 B o investimento é maior do que na fração 398 C. A fração 416 C situa-se num ponto intermédio deste valor.

Nesta comparação entre as três habitações, especificamente, nota-se que a poupança acumulada a cada ano se mantém, sendo que a fração 398 C regista sempre valores superiores aos valores das frações 416 C e 398 B. Uma diferença abrupta neste gráfico, conforme a tabela referida, é devida aos valores de PRS destas habitações, que apesar de estarem dentro dos melhores valores por tipologia, analisando o melhor valor face ao pior, resulta que a diferença seja de 3,05 anos. Este diferencial deve-se às várias soluções propostas para cada medida e, por sua vez, às quantidades referentes a estas soluções.

Comparativamente, tendo em conta os valores do custo total de investimento mais elevado e de poupança anual mais baixo, descritos na tabela anterior, resultam num PRS mais alto e, pelo contrário, com valores do custo total de investimento mais baixo e de poupança anual mais elevados ter-se-á um PRS mais baixo. No final do período de análise (ano 12) constata-se que a fração com um valor mais elevado de poupança é a 398 C, com um valor associado de 10 758,82 €. Seguidamente, a fração 416 C apresenta uma poupança acumulada de 6 193,49 € e, por último, a fração 398 B com um valor igual a 3 944,54 €. A diferença mais notável é entre as tipologias T_1 e T_2 – 4 565,33€.

Numa análise global desta secção, pode-se verificar que, o custo de intervenção total da implementação de todas as medidas propostas para todas as habitações é de 110 992,84 €. Este valor resultou do somatório dos valores individuais do custo total de investimento por cada fração. No que respeita à poupança anual global, constatou-se que efetuando o cálculo do somatório das poupanças anuais por habitação, atingiu-se um considerável valor de 14 326 €. Ao fim de doze anos, o valor final das poupanças anuais, considerando as dez habitações, é de 114 608 €. De referir ainda que a média do PRS, calculada pelo quociente entre as somas dos custos totais de investimento e das poupanças anuais por fração, é de 7,75 anos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pobreza energética afeta uma parte significativa da população portuguesa, resultando, no essencial, de uma incapacidade de pessoas e famílias suportarem os custos associados ao consumo energético necessário para suprir as necessidades de aquecimento/arrefecimento das suas habitações. Tendo em conta o elevado preço das diversas formas de energia, em Portugal, uma estratégia para ajudar a mitigar o problema estará na promoção da eficiência energética, especialmente no setor residencial. Atendendo a que grande parte do parque habitacional existente não foi edificado levando em conta critérios hoje tidos como essenciais para a minimização do consumo energético associado ao seu uso, o campo de intervenção existente é vasto, com ganhos potenciais elevadíssimos.

Considerando a diversidade de situações existentes, as conclusões de um trabalho deste tipo estarão sempre condicionadas pelas circunstâncias particulares do mesmo. No entanto, quer a abordagem, quer essas mesmas conclusões acabam por ser transversais a um grande número de situações potenciais. Assim, mesmo não podendo generalizar, podemos dizer que grande parte das conclusões que se seguem poderão ser comuns a muitas outras situações semelhantes.

Primeiramente serão apresentadas as conclusões acerca da implementação isolada de cada medida proposta, sendo que posteriormente se irá aferir qual a melhor e a pior medida em termos de envolventes e de sistemas. Depois disto, serão apresentadas as considerações sobre o cenário final, comparando sempre que possível com a implementação isolada. Far-se-á o balanço sobre a evolução das emissões de CO₂, que pela sua relevância em termos ambientais, se tornaram num ponto essencial a tratar em qualquer intervenção deste tipo. A nível económico, também serão retiradas as principais ideias sobre as questões avaliadas em cada um dos quatro gráficos analisados. Será, também, feita a discussão da aplicabilidade do conceito nZEB ao caso estudado. Terminando com uma discussão sobre a implementação isolada *versus* implementação conjunta destas medidas e, ainda, uma proposta de trabalhos futuros, tendo em conta a melhor classe energética obtida (B) numa das habitações.

Analisando de forma isolada a implementação das medidas, a presença de coberturas tem grande influência sobre as N_{ce} , as N_{vc} e o E_{ren} de qualquer habitação, já que existem habitações que registam valores mais baixos de N_{ce} e de N_{vc} após implementar a lã de rocha. De outra forma, a implementação isolada de vãos com melhores soluções e grelhas fixas em fachadas, na generalidade, não surtiu grande efeito nos valores de N_{ce} e de N_{vc} destas frações. Quanto à implementação de equipamentos *multisplit*, apesar de existirem modelos diferentes para as três tipologias consideradas,

observou-se que o mesmo modelo em pisos diferentes resulta em impactos também diferentes, sendo maior no piso 1. Isto pode ser justificado pelo facto da área total da habitação 416 C, ser menor, comparativamente à fração 416 A sendo, portanto, o E_{ren} maior, para uma área menor. O mesmo se verifica, comparando as restantes frações, em que as habitações de tipologia T₂, por terem menor área a climatizar, registam melhores valores de E_{ren} em comparação com as habitações de tipologia T₃. Em termos de poupanças de energia, após implementar sistemas *multisplit*, as mesmas são tanto maiores quanto maiores forem os valores de $E_{ren,p}$ registados num piso, considerando valores mais elevados no piso 1. No que respeita aos valores de R_{ph} , regista-se uma oscilação nos valores entre os dois cenários, isto é, nas habitações do piso 0, estes valores aumentaram e nas habitações do piso 1 diminuíram consideravelmente. Todavia, conseguiu-se assegurar que, com esta medida, todas as habitações ficariam a cumprir o requisito mínimo de $R_{ph} - 0,40$ renovações por hora. Por sua vez, a implementação isolada de sistemas dedicados à preparação de AQS, não tem um impacto tão significativo nos valores de E_{ren} como os *multisplit*, mas as bombas de calor conseguem registar maiores valores, comparativamente aos coletores solares. Recorde-se que os valores de Q_s se mantêm nos dois cenários porque as tipologias de habitação são as mesmas.

Assim sendo, das medidas propostas para a envolvente deste edifício, a melhor é a implementação da lâ de rocha, e a que apresenta menor impacto é a implementação de vidro duplo e caixilharia em alumínio com corte térmico, juntamente com as grelhas fixas. No que respeita às medidas propostas para os sistemas, o *multisplit* destaca-se sobre os sistemas dedicados à preparação de AQS. Relativamente aos indicadores de desempenho estudados, observou-se que diferentes medidas de melhoria, podem ter impactos muito distintos no mesmo indicador. Desta forma, tendo em conta os factos acima apresentados, conclui-se que há medidas com maior impacto (positivo) do que outras.

Quanto à implementação conjunta das medidas propostas neste trabalho, ou seja, o cenário final, nota-se uma redução evidente nos valores de N_{ic} e de N_{ic} na globalidade destas frações, sendo esta diferença ainda mais evidente no piso 1, que dispõe de maior área com coberturas, já que a lâ de rocha tem maior impacto nestes indicadores de desempenho. Todavia, a evolução dos valores de R_{ph} é a mesma já observada na medida de melhoria proposta para os vãos e grelhas fixas, ou seja, não se observa qualquer impacto nos valores de R_{ph} entre a medida isolada e o cenário final. Por sua vez, os valores de E_{ren} no cenário final, são moldados pelos valores de E_{ren} verificados na medida isolada dos sistemas dedicados à preparação de AQS, uma vez que, analisando a evolução do comportamento das barras do gráfico, as dimensões das barras do cenário final são muito semelhantes, apesar de os equipamentos

multisplit terem maior impacto no piso 1 do que no piso 0. Quanto ao R_{in} , verifica-se um impacto maior destas medidas conjuntas, no piso 1, em que as suas classes energéticas passam de F para B.

A análise das emissões de CO₂ mostrou que, face à área de cada espécie considerada no estudo, no território nacional, se registou uma redução das emissões entre os dois cenários de 24,90 t CO₂ /ano. Isto representa 77% de redução de emissões entre os dois cenários.

Quanto à análise económica, pôde-se constatar que para o mesmo piso, os PRS são muito diferentes, dependendo da área das envolventes a intervencionar e das características de cada equipamento. Após avaliar quatro situações muito distintas, concluiu-se que:

a. Habitações com igual tipologia, mas considerando pisos diferentes, e diferenças consideráveis no PRS, tinham valores de investimento inicial semelhantes. Isto deveu-se às características de cada habitação, que levou à seleção de diferentes medidas, não sendo utilizados materiais para uma cobertura;

b. Habitações com tipologias diferentes e em diferentes pisos, tinham valores de PRS ainda mais distintos, mas investimentos iniciais semelhantes, tendo em conta a mesma justificação apresentada anteriormente. O gráfico respetivo permite validar, também, que os tipos de materiais e equipamentos selecionados para as medidas têm influência nos valores do PRS;

c. Habitações com igual tipologia e piso, tinham PRS muito semelhantes, mas os valores de investimento eram bastante diferentes. Esta situação permitiu constatar que, para duas habitações muito semelhantes, o valor de investimento pode ser muito diferente;

d. Habitações com três tipologias diferentes entre si, tinham PRS muito diferentes entre si, e investimentos iniciais também muito diferentes, já que as mesmas têm particularidades que as distinguem entre si, pelos modelos de sistemas adotados para cada tipologia e pelas áreas da envolvente a intervencionar.

Outra conclusão bastante evidente neste trabalho, é que apesar da implementação das medidas consideradas, as habitações não atingem o conceito nZEB, apresentado na introdução. Todavia, estão bastante mais próximas de o atingir do que antes da intervenção. Pelo PNEC 21-30, para atingir este conceito em edifícios existentes, deverão ser envolvidos os agentes da construção, sendo estudado e divulgado um portfólio de soluções técnicas, que devem também ser base de reabilitação.

A implementação das medidas deve ser vista como um todo, e não apenas a implementação de uma só medida isolada. A título de exemplo, não adianta instalar um sistema *multisplit* para climatizar uma habitação, se a mesma não tiver um bom isolamento nas coberturas, fachadas e vãos. O ar quente e frio climatizado será desperdiçado se a casa não tiver um isolamento que permita reter o ar climatizado

dentro do espaço. Posto isto, só a implementação conjunta de várias medidas, possibilita a melhoria da classe energética da habitação, dado que a implementação de apenas uma só medida isolada será infrutífera.

Tendo em consideração que a melhor classe energética obtida nesta implementação, foi a B (55%), então por forma a atingir a classe A+, teriam que se implementar ainda mais medidas de eficiência energética, tais como instalação de módulos solares fotovoltaicos, entre outras. Contudo, dado o foco do trabalho ser só sobre o estudo do impacto destas medidas (envolventes e sistemas) não se consideraram medidas adicionais. Todavia, como possível trabalho futuro, sugere-se a implementação de mais medidas por forma a atingir a classe A+ nas habitações.

Tal como já foi referido anteriormente, apesar de não ser possível estabelecer com absoluta generalidade um conjunto de conclusões completamente transversais ao problema tratado, o trabalho aqui apresentado permitiu estabelecer e verificar um conjunto de soluções que poderão ajudar a melhorar significativamente o desempenho energético das habitações e, conseqüentemente, a qualidade de vida dos seus habitantes.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. H. Brundtland, "Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development," 1987.
- [2] "Causas das Alterações Climáticas," *World Wide Fund For Nature*, 2020. [Online]. Available: https://www.natureza-portugal.org/o_nosso_planeta/alteracoes_climaticas/causas/. [Accessed: 03-Jan-2021].
- [3] "Objetivos de Desenvolvimento Sustentável," *BCSD*, 2021. [Online]. Available: <https://www.ods.pt/objectivos/objectivos/?portfolioCats=24>. [Accessed: 03-Jan-2021].
- [4] "Políticas-Protocolo de Quioto," *Agência Portuguesa do Ambiente*, 2021. [Online]. Available: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=119&sub3ref=500>. [Accessed: 03-Jan-2021].
- [5] "PLANO NACIONAL ENERGIA E CLIMA (PNEC 2030)," 2019, p. 189.
- [6] ADENE, "Conceitos e Definições (REH)," in *Guia SCE*, ADENE., 2020, p. 35.
- [7] "Eficiência Energética nos Edifícios-Certificação Energética dos Edifícios (SCE)," *ADENE*, 2019. [Online]. Available: https://www.adene.pt/edificios/?fbclid=IwAR09iqRx-hCRHmMcVQhzvdxTWSGZdJ3jDh2584jjJbt_k41vNnTxj5v7zGY. [Accessed: 03-Jan-2021].
- [8] D. da República, *Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto*. Portugal, 2013, pp. 4988–5005.
- [9] ADENE, "Comportamentos-Boas Práticas," 2019. [Online]. Available: <https://www.adene.pt/comportamentos/?fbclid=IwAR2KZklofTCoyW-2460keyow5wDbKssPzAZ8rfkxW5ldOxVgU4ior2LACQk>. [Accessed: 15-Dec-2020].
- [10] ADENE, *Energia para Poupar*, ADENE. 2019.
- [11] ADENE, "Certificação Energética dos Edifícios," in *Guia SCE*, ADENE, Ed. 2020, p. 63.
- [12] ADENE, "Medidas de Melhoria (REH)," in *Guia SCE*, ADENE., 2020, p. 34.
- [13] ADENE, "Recolha de Informação," in *Guia SCE*, ADENE., 2020, p. 50.
- [14] ITEcons, "Ferramenta de cálculo de aplicação do REH." [Online]. Available: https://adaptis.uc.pt/articles/11?fbclid=IwAR3n98FLybbQczT902cMer1xlhvpr6deBjx5JIT_RkjcQhSRWGCQDtu1U. [Accessed: 21-Dec-2020].
- [15] E. S. da C. Maia, "Análise do Desempenho Térmico de Soluções Construtivas na Reabilitação de Edifícios de Habitação." p. 159, 2018.
- [16] S. M. E. Rodrigues, "Análise de metodologias para determinação da classe energética de edifícios de habitação no âmbito do Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE)." ULFC, Lisboa, p. 103, 2020.
- [17] D. da República, *Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, de 3 de dezembro de 2013*, vol. 2.ª série, no. 234. Portugal, 2013, pp. 26–31.
- [18] ADENE, "Parâmetros de Cálculo," in *Guia SCE*, ADENE., 2020, p. 97.
- [19] D. da República, *Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, de 3 de dezembro de 2013*. Portugal, 2013, pp. 58–87.
- [20] D. da República, *Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013, de 3 de dezembro de 2013*, no. 14. Portugal, 2013, pp. 14–29.
- [21] "Questão SCE K14 - Como determinar o coeficiente de transmissão térmica de um vão envidraçado U_w ou U_{wdn} quando se conhece o valor do U do vidro (U_g) e o U do caixilho (U_f)," *ADENE*, 2019. [Online]. Available: <https://www.sce.pt/k14-como-determinar-o-coeficiente-de-transmissao-termica-de-um-vao-envidracado-uw-ou-uwdn-quando-se-conhece-o-valor-do-u-do-vidro-ug-e-o-u-do-caixilho-uf/>. [Accessed: 24-Jan-2021].
- [22] P. J. Correia, "Desempenho Térmico e Energético de Edifícios." Universidade de Aveiro, Aveiro,

- p. 336, 2015.
- [23] ADENE, “Sistemas de Ventilação,” in *10 Soluções de Eficiência Energética*, ADENE., Lisboa, 2016, p. 12.
- [24] D. da República, *Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro de 2013*. Portugal, 2013, pp. 18–29.
- [25] Junkers, “Catálogo de Esquentadores e Termoacumuladores,” 2014, p. 35.
- [26] ADENE, “Indicadores de Desempenho Energético (REH),” in *Guia SCE*, ADENE., 2020, p. 50.
- [27] D. da República, *Despacho (extrato) n.º15793-J/2013, de 3 de dezembro de 2013*, no. 234. Portugal, 2013, pp. 55–57.
- [28] ADENE, “Proteções Solares,” in *10 Soluções de Eficiência Energética*, Adene., Lisboa, 2016, p. 8.
- [29] A. M. G. D. Ganhão, “Construção Sustentável - Propostas de melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação.” FTC-UNL, p. 130, 2011.
- [30] ADENE, “Isolamento de Paredes,” in *10 Soluções de Eficiência Energética*, ADENE, Ed. Lisboa, 2016, p. 8.
- [31] A. S. G. de Castro, “Manual de Seleção Exigencial de Materiais de Isolamento Térmico.” 2017.
- [32] ADENE, “Isolamento de Coberturas,” in *10 Soluções de Eficiência Energética*, ADENE., Lisboa, 2016, p. 8.
- [33] ADENE, “Janelas Eficientes,” in *10 Soluções de Eficiência Energética*, ADENE., Lisboa, 2016, p. 8.
- [34] V. M. R. da S. Pinho, “Caracterização Térmica de Vãos Envidraçados e Respetivas Protecções Solares.” FEUP, p. 60, 2013.
- [35] ADENE, “Ar Condicionado Doméstico,” in *10 Soluções de Eficiência Energética*, ADENE., Lisboa, 2016, p. 12.
- [36] ADENE, “Avaliação de Requisitos,” in *Guia SCE*, ADENE., 2020, p. 45.
- [37] ADENE, “Sistemas Solares Térmicos,” in *10 Soluções de Eficiência Energética*, ADENE., Lisboa, 2016, p. 8.
- [38] R. van G. E. Boeker, *Environmental Science: Physical Principles and Applications*, John Wiley. 2001.
- [39] ADENE, “Águas Quentes e Sanitárias,” in *Manual de Eficiência Energética ECO.AP*, ADENE., 2019, p. 181.
- [40] ADENE, “Esquentadores e Caldeiras,” in *10 Soluções de Eficiência Energética*, ADENE., Lisboa, 2016, p. 12.
- [41] Vulcano, “Termoacumulador Elétrico NaturaAqua - Informações Técnicas,” 2021. [Online]. Available: https://www.vulcano.pt/pt/pt/ocs/vulcano/termoacumulador-eletrico-naturaaqua-1098465-p/?fbclid=IwAR3s0gXWg7D3ssutCOyseqVpy9-9IfLqomQaPWqNOegHUVncWyWfPc_OrcM.
- [42] JUNKERS, “O que é uma Bomba de Calor,” 2014. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=kPmW2VbwuU>. [Accessed: 04-Mar-2020].
- [43] Vaillant, “Bombas de Calor para produção de AQS,” 2020. [Online]. Available: <https://www.vaillant.info/clientes/aconselhamento-informacao/como-funcionam-diferentes-tecnologias/bombas-de-calor/>. [Accessed: 04-Mar-2020].
- [44] ADENE, “Perguntas & Respostas,” in *Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)*, ADENE., 2018, p. 87.
- [45] D. M. M. do Vale, “Sequestro de Carbono Pela Floresta Portuguesa: Possíveis Cenários de Valorização Económica.” p. 63, 2014.

ANEXOS

Anexo 1 - Tabelas	2
Anexo 2 - Cálculo da Ventilação do FC_LNEC para a fração 416 A	17
Anexo 3 - Cálculos relativos à fração 416 A, efetuados pela folha PTnZEB	19
Anexo 4 - Cálculos do Solar-Padrão	34
Anexo 5 - Folhas SCE.ER	38
Anexo 6 - Fichas técnicas dos materiais e dos sistemas utilizados	47
Anexo 7 - Certificados dos coletores solares elegeridos para as frações	75

ANEXO 1 – *Tabelas*

Anexo 1.1 - Valores de U por defeito, para pavimentos e coberturas.

<i>SOLUÇÃO</i>	
<i>Pavimentos (fluxo descendente)</i>	
Pavimento Leve ⁽¹⁾	2,20
Pavimento Pesado ⁽²⁾	3,10
<i>Coberturas (fluxo ascendente)</i>	
Cobertura Leve Inclinada ⁽³⁾	3,80
Cobertura Pesada Inclinada ⁽²⁾	3,40
Cobertura Pesada Horizontal ⁽²⁾	2,60

⁽¹⁾ Pavimento de madeira do tipo barrotes e soalho sem tecto interior
⁽²⁾ Betão
⁽³⁾ Cobertura de madeira fortemente ventilada

Anexo 1.2 - Valores do produto $F_s \cdot F_g$ para o cálculo das necessidades de aquecimento em edifícios existentes, pelo despacho n.º15793-E/2013.

Parâmetro	Regra de Simplificação	Regras de Aplicação
Produto $F_s \cdot F_g$	Sem Sombreamento $F_s \cdot F_g = 0,63$ ($F_s=0,90$; $F_g=0,70$)	-Envidraçados orientados a Norte; -Envidraçados nas restantes orientações, sem obstruções do horizonte e sem palas.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s \cdot F_g = 0,32$ ($F_s=0,45$; $F_g=0,70$)	-Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior a 45°.
	Fortemente Sombreado $F_s \cdot F_g = 0,19$ ($F_s=0,27$; $F_g=0,70$)	-Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45°.

Anexo 1.3 - Valores do produto $F_s \cdot F_g$ para o cálculo das necessidades de arrefecimento em edifícios existentes, pelo despacho n.º 15793-E/2013.

Parâmetro	Regra de Simplificação	Regras de Aplicação
Produto $F_s \cdot F_g$	Sem Sombreamento $F_s \cdot F_g = 0,63$	-Envidraçados orientados a Norte; -Envidraçados nas restantes orientações, sem palas horizontais.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s \cdot F_g = 0,56$	-Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45°.
	Fortemente Sombreado $F_s \cdot F_g = 0,50$	-Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45°.

Anexo 1.4 - Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação do N_n , pela portaria n.º 349-B/2013.

Tipo de Sistema	Soluções de Referência
Sistemas para Aquecimento Ambiente	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela I.16 a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível. O valor de eficiência da(s) correspondente(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela I.10, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado. Um valor de eficiência igual a 1, no caso de o edifício prever ou dispor de “outros sistemas” com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).
Sistemas para Arrefecimento Ambiente	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> O valor de eficiência da(s) correspondente(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela I.10, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado. Um sistema de ar condicionado do tipo <i>split</i> ou <i>multisplit</i>, com permuta ar-ar e com um valor de eficiência igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela I.10 e no caso de “outros sistemas” que não se enquadrem na situação anterior, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).

Tipo de Sistema	Soluções de Referência
Preparação de AQS	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela I.16, referente a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso. • Um valor de coeficiente de desempenho (COP) igual a 2,8, no caso de o edifício prever ou dispor de sistemas com produção térmica por bomba(s) de calor. • Um valor de eficiência igual a 0,95, no caso de o edifício prever ou dispor de outros sistemas com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício não disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso. • Existência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição de AQS.

Anexo 1.5 - Áreas dos compartimentos úteis e não-úteis de cada habitação.

		Áreas dos compartimentos (m²)											
		Espaços Úteis									ENU		
Piso	Tipologia	Sala	Quartos			I.S.	Corredor	Cozinha	Despensa	Arrumo	Coretes		Lavandaria
			1	2	3						I.S.	Cozinha	
0	T ₁	16,35	11,81	-	-	4,17	3,79	7,99	1,27	0,96	0,09	0,11	3,28
	T ₃	20,02	10,60	9,75	12,20	4,18	7,64/6,82	7,99	1,27	1,76	0,08	0,11	3,28
1	T ₁	16,35	11,81	-	-	4,15	3,80	7,99	-	0,96	0,08	0,11	3,28
	T ₂	20,02	10,60	9,75	-	4,17	6,82	7,99	-	1,76	0,09	0,11	3,28

Anexo 1.6 - Perdas de carga para os intervalos de diâmetro das condutas de ventilação natural, pelo despacho n.º 15793-K/2013.

Perda de Carga	Conduta	Constante C
Baixa	$D \geq 200 \text{ mm}$ e $A_{livre}/A_{conduta} \geq 70\%$	$\frac{113}{\sqrt{2,03 + 0,14 L}}$
Média	$125 \text{ mm} \leq D < 200 \text{ mm}$ e $A_{livre}/A_{conduta} \geq 70\%$	$\frac{44,2}{\sqrt{1,93 + 0,14 L}}$
Alta	$D < 125 \text{ mm}$ ou $A_{livre}/A_{conduta} < 70\%$	$\frac{28,3}{\sqrt{3,46 + 0,21 L}}$
-	$A_{livre}/A_{conduta} < 10\%$	0

Anexo 1.7 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica, pela portaria n.º 349-B/2013.

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após...	
	entrada em vigor	31 dez 2015
Split, multissplit, VRF e compacto	C	B
Unidades do tipo <i>Rooftop</i>		
Unidades do tipo <i>Chiller</i> de compressão (Bomba de calor)		

Anexo 1.8 - Classificação de desempenho de unidades *split*, *multisplit*, *VRF* e compactas, com permuta ar-ar, pela portaria n.º 349-B/2013.

Classe	Unidades com permuta exterior a ar			
	Arrefecimento		Aquecimento	
	Unidades split, multissplit e VRF	Unidades compactas	Unidades split, multissplit e VRF	Unidades compactas
A	$EER > 3,20$	$EER > 3,00$	$COP > 3,60$	$COP > 3,40$
B	$3,20 \geq EER > 3,00$	$3,00 \geq EER > 2,80$	$3,60 \geq COP > 3,40$	$3,40 \geq COP > 3,20$
C	$3,00 \geq EER > 2,80$	$2,80 \geq EER > 2,60$	$3,40 \geq COP > 3,20$	$3,20 \geq COP > 3,00$
D	$2,80 \geq EER > 2,60$	$2,60 \geq EER > 2,40$	$3,20 \geq COP > 2,80$	$3,00 \geq COP > 2,60$
E	$2,60 \geq EER > 2,40$	$2,40 \geq EER > 2,20$	$2,80 \geq COP > 2,60$	$2,60 \geq COP > 2,40$
F	$2,40 \geq EER > 2,20$	$2,20 \geq EER > 2,00$	$2,60 \geq COP > 2,40$	$2,40 \geq COP > 2,20$
G	$EER \leq 2,20$	$EER \leq 2,00$	$COP \leq 2,40$	$COP \leq 2,20$

Anexo 1.9 - Valores limite de perdas estáticas de termoacumuladores Q_{pr} [kWh/24h], pela portaria n.º349-B/2013.

Volume V [l]	Dispersão Térmica Q_{pr} [kWh/24h]
$V \leq 200$ l	$Q_{pr} \leq (21 + 10,33.V^{0,4}).24/1000$
$200 < V \leq 500$ l	$Q_{pr} \leq (26 + 13,66.V^{0,4}).24/1000$
$500 < V \leq 1000$ l	$Q_{pr} \leq (31 + 16,66.V^{0,4}).24/1000$
$1000 < V \leq 2000$ l	$Q_{pr} \leq (38 + 16,66.V^{0,4}).24/1000$

Anexo 1.10 - Valores de eficiência de termoacumuladores em função de Q_{pr} , pela portaria n.º349-B/2013.

Intervalos de Q_{pr} [kWh/24h]	Eficiência
$Q_{pr} < 1$	0,97
$1 \leq Q_{pr} < 1,5$	0,95
$Q_{pr} \geq 1,5$	0,93

Anexo 1.11 - Consumo diário (Q_{ref}) para cada Perfil de Carga declarado na ficha técnica de um aparelho.

Perfil de consumo de extração diário	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	3XL	4XL
Q_{ref} (kWh/dia)	0,345	2,10	2,10	2,10	5,845	11,655	19,07	24,53	46,76	93,52

Anexo 1.12 - Custos-Padrão estabelecidos no anexo II do Portugal 2020.

Tipo de intervenção	Descrição da solução técnica	Caraterística dos elementos	Custo unitário máximo (€/m ²) ¹	Vida útil (anos)
Envolvente opaca	Aplicação de isolamento térmico contínuo em paredes (ETICS) com EPS 100	Até 80 mm de isolamento	42,2	25
	Aplicação de isolamento térmico contínuo em paredes (ETICS) com EPS 150	Até 80 mm de isolamento	46,2	25
	Aplicação de isolamento térmico no pavimento com EPS 150	Até 100 mm de isolamento	13,9	25
	Aplicação de isolamento térmico na cobertura com EPS 150	Até 100 mm de isolamento	13,9	25
	Aplicação de isolamento térmico na cobertura com lajetas térmicas XPS	Até 100 mm de isolamento	25,8	25
Envolvente envidraçada	Substituição de vãos envidraçados por soluções mais eficientes com caixilharia de PVC	Vidro duplo incolor	267,8	35
	Substituição de vãos envidraçados por soluções mais eficientes com caixilharia de alumínio com corte térmico	Vidro duplo low-e	391,4	35
	Dispositivos de sombreamento (estore veneziano ou equivalente)	-	103,0	10
	Dispositivos de sombreamento (estores de lâminas de cor média)	-	72,1	10

¹ Os valores do custo unitário máximo aplicável podem ser acrescidos em 20% aos seguintes valores, caso se verifiquem a apresentação de despesas relacionadas com remoção, transporte e entrega para tratamento adequado dos resíduos dos elementos existentes, arduários ou outros meios de demolição, localização e separação, estalagem de obra e quaisquer outras taxas necessárias à implementação da operação. Os custos relacionados com a remoção do antigo não são contabilizados para efeito de custo público, sendo o valor considerado totalmente dejetado.

Anexo 1.13 - Custos por habitação de cada medida de melhoria.

Piso	0		1		0		1		0	1
	T ₁	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₂	T ₃	T ₂	T ₃	T ₂
Tipologia										
Porta	416 A	416 B	416 C	416 D	398 A	398 B	398 C	398 D	380 A	380 B
Coberturas	0,00 €	74,13 €	353,73 €	470,72 €	74,13 €	74,13 €	470,72 €	470,72 €	74,13 €	470,72 €
Fachadas	4920,98 €	3901,27 €	4920,98 €	4715,28 €	3901,27 €	3901,27 €	4715,28 €	4715,28 €	5146,02 €	5961,78 €
Vãos	2483,04 €	3563,31 €	2483,04 €	3023,17 €	3563,31 €	3563,31 €	3023,17 €	3023,17 €	3563,31 €	3023,17 €
Grelhas fixas	37,50 v	48,00 €	69,00 €	69,00 €	48,00 €	48,00 €	69,00 €	69,00 €	48,00 €	69,00 €
Climatização	1170,00 €	2005,00 €	1170,00 €	1345,00 €	2005,00 €	2005,00 €	1345,00 €	1345,00 €	2005,00 €	1345,00 €
AQS (TermoAC)	-	-	194,00 €	225,00 €	-	-	225,00 €	225,00 €	-	225,00 €
AQS (Bomba de calor)	1685,00 €	1859,76 €	-	-	1859,76 €	1859,76 €	-	-	1859,76 €	-
AQS (Coletores)	-	-	1859,76 €	489,00 €	-	-	489,00 €	489,00 €	-	489,00 €
Custo total	10296,52 €	11451,46 €	11050,51 €	10337,18 €	11451,46 €	11451,46€	10337,18 €	10337,18 €	12696,21 €	11583,68 €

Anexo 1.14 - Poupanças anuais e acumuladas de todas as habitações para os doze anos de estudo.

Fração	Piso	Tipologia	Poupanças	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	
416 A	0	T ₁	Anual (€) - 416A	-10 296 €	894 €	894 €	894 €	894 €	894 €	894 €	894 €	894 €	894 €	894 €	894 €	894 €	
			Acumulada (€) - 416A	-10 296 €	-9 402 €	-8 508 €	-7 614 €	-6 720 €	-5 826 €	-4 932 €	-4 038 €	-3 144 €	-2 250 €	-1 356 €	-462 €	431 €	
416 B	0	T ₃	Anual (€) - 416B	-11 451 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €	1 281 €
			Acumulada (€) - 416B	-11 451 €	-10 170 €	-8 889 €	-7 608 €	-6 327 €	-5 046 €	-3 765 €	-2 484 €	-1 203 €	77 €	1 358 €	2 639 €	3 920 €	
416 C	1	T ₁	Anual (€) - 416C	-11 050 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €	1 437 €
			Acumulada (€) - 416C	-11 050 €	-9 613 €	-8 176 €	-6 739 €	-5 302 €	-3 865 €	-2 428 €	-991 €	445 €	1 882 €	3 319 €	4 756 €	6 193 €	
416 D	1	T ₂	Anual (€) - 416D	-10 337 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €	1 747 €
			Acumulada (€) - 416D	-10 337 €	-8 590 €	-6 843 €	-5 096 €	-3 349 €	-1 602 €	144 €	1 891 €	3 638 €	5 385 €	7 132 €	8 879 €	10 626 €	
398 A	0	T ₃	Anual (€) - 398A	-11 451 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €
			Acumulada (€) - 398A	-11 451 €	-10 168 €	-8 885 €	-7 602 €	-6 319 €	-5 036 €	-3 753 €	-2 470 €	-1 187 €	95 €	1 378 €	2 661 €	3 944 €	
398 B	0	T ₃	Anual (€) - 398B	-11 451 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €	1 283 €
			Acumulada (€) - 398B	-11 451 €	-10 168 €	-8 885 €	-7 602 €	-6 319 €	-5 036 €	-3 753 €	-2 470 €	-1 187 €	95 €	1 378 €	2 661 €	3 944 €	
398 C	1	T ₂	Anual (€) - 398C	-10 337 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €	1 758 €
			Acumulada (€) - 398C	-10 337 €	-8 579 €	-6 821 €	-5 063 €	-3 305 €	-1 547 €	210 €	1 968 €	3 726 €	5 484 €	7 242 €	9 000 €	10 758 €	
398 D	1	T ₂	Anual (€) - 398D	-10 337 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €	1 690 €
			Acumulada (€) - 398D	-10 337 €	-8 647 €	-6 957 €	-5 267 €	-3 577 €	-1 887 €	-197 €	1 492 €	3 182 €	4 872 €	6 562 €	8 252 €	9 942 €	
380 A	0	T ₃	Anual (€) - 380A	-12 696 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €	1 385 €
			Acumulada (€) - 380A	-12 696 €	-11 311 €	-9 926 €	-8 541 €	-7 156 €	-5 771 €	-4 386 €	-3 001 €	-1 616 €	-231 €	1 153 €	2 538 €	3 923 €	
380 B	1	T ₂	Anual (€) - 380B	-11 583 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €	1 568 €
			Acumulada (€) - 380B	-11 583 €	-10 015 €	-8 447 €	-6 879 €	-5 311 €	-3 743 €	-2 175 €	-607 €	52 €	600 €	1 297 €	2 045 €	2 842 €	3 684 €

Anexo 1.15 - Valores de N_{ic} , N_v , N_c e N_i para a implementação isolada em fachadas.

		Fachada							
		N_i [kWh/ (m ² ·ano)]		N_c [kWh/ (m ² ·ano)]		N_v [kWh/ (m ² ·ano)]		N_{ic} [kWh/ (m ² ·ano)]	
Piso	Fração	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas
0	416 A	54,01	54,01	123,77	85,4	9,13	9,13	1,64	1,11
	416 B	35,85	35,85	89,57	72,82	9,13	9,13	3,53	3,04
	398 A	36,47	36,47	90,58	73,64	9,13	9,13	3,73	3,09
	398 B	36,47	36,47	90,58	80,54	9,13	9,13	3,55	3,64
	380 A	41,86	41,86	98,39	73,77	9,13	9,13	4,11	3,25
1	416 C	57,96	57,96	174,6	128,94	9,13	9,13	28,07	30,16
	416 D	43,32	43,32	143,25	111,73	9,13	9,13	31,59	32,95
	398 C	42,75	41,4	142,27	109,68	9,13	9,13	32	33,61
	398 D	42,72	42,72	142,39	110,91	9,13	9,13	16,81	16,99
	380 B	45,37	45,37	128,47	93,36	9,13	9,13	24,4	25,32

Anexo 1.16 - Valores de N_{ic} , N_v , N_c e N_i para a implementação isolada em coberturas interiores ou exteriores.

		Cobertura							
		N_i [kWh/ (m ² ·ano)]		N_c [kWh/ (m ² ·ano)]		N_v [kWh/ (m ² ·ano)]		N_{ic} [kWh/ (m ² ·ano)]	
Piso	Fração	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas
0	416 B	35,85	35,85	89,57	76,71	9,13	9,13	3,53	2,61
	398 A	36,47	36,47	90,58	77,57	9,13	9,13	3,73	2,78
	398 B	36,47	36,47	90,58	77,57	9,13	9,13	3,55	2,62
	380 A	41,86	41,86	98,39	85,36	9,13	9,13	4,11	3,15
1	416 C	57,96	57,96	174,6	105,65	9,13	9,13	28,07	7,13
	416 D	43,32	43,32	143,25	74,57	9,13	9,13	31,59	8,7
	398 C	42,75	41,4	142,27	72,57	9,13	9,13	32	9,21
	398 D	42,72	42,72	142,39	73,73	9,13	9,13	16,81	7,25
	380 B	45,37	45,37	128,47	79,72	9,13	9,13	24,4	8,87

Anexo 1.17 - Valores de N_{vc} , N_v , N_{ec} , N_e e da R_{ph} para a implementação isolada de vãos e grelhas fixas.

Piso	Fração	Vãos									
		N_v [kWh/ (m ² ·ano)]		N_{ec} [kWh/ (m ² ·ano)]		N_e [kWh/ (m ² ·ano)]		N_{vc} [kWh/ (m ² ·ano)]		R_{ph} (h ⁻¹)	
		Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas
0	416 A	54,01	55,9	123,77	120,31	9,13	9,13	1,64	1,28	0,39	0,47
	416 B	35,85	38,55	89,57	88,25	9,13	9,13	3,53	2,72	0,43	0,53
	398 A	36,47	38,98	90,58	88,94	9,13	9,13	3,73	2,9	0,44	0,53
	398 B	36,47	38,89	90,58	88,94	9,13	9,13	3,55	2,74	0,44	0,53
	380 A	41,86	44,28	98,39	96,78	9,13	9,13	4,11	3,26	0,44	0,53
1	416 C	57,96	55,27	174,6	165,02	9,13	9,13	28,07	26,89	0,63	0,5
	416 D	43,32	39,28	143,25	134,3	9,13	9,13	31,59	30,25	0,58	0,43
	398 C	42,75	38,7	142,27	133,52	9,13	9,13	32	30,66	0,58	0,43
	398 D	42,72	38,67	142,39	133,44	9,13	9,13	16,81	15,45	0,58	0,43
	380 B	45,37	41,32	128,47	140,91	9,13	9,13	24,4	29,98	0,58	0,43

Anexo 1.18 - Valores de N_{vc} , N_v , N_{ic} , N_i e do $E_{ren,p}$ para a implementação isolada de sistema *multisplit*.

Piso	Fração	<i>Multisplit</i>									
		N_{vc} [kWh/ (m ² ·ano)]		N_v [kWh/ (m ² ·ano)]		N_{ic} [kWh/ (m ² ·ano)]		N_i [kWh/ (m ² ·ano)]		$E_{ren,p}$ (kWh/ano)	
		Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas
0	416 A	1,64	1,64	9,13	9,13	123,77	123,77	54,01	54,01	0	2989,89
	416 B	3,53	3,53	9,13	9,13	89,57	89,57	35,85	35,85	0	4003,6
	398 A	3,73	3,73	9,13	9,13	90,58	90,58	36,47	36,47	0	4004,59
	398 B	3,55	3,55	9,13	9,13	90,58	90,58	36,47	36,47	0	4004,59
	380 A	4,11	4,11	9,13	9,13	98,39	98,39	41,86	41,86	0	4350,26
1	416 C	28,07	28,07	9,13	9,13	174,6	174,6	57,96	57,96	0	4978,53
	416 D	31,59	31,59	9,13	9,13	143,25	143,25	43,32	43,32	0	6360,72
	398 C	32	32,37	9,13	9,13	142,27	141,22	42,75	41,4	0	6319,7
	398 D	16,81	16,81	9,13	9,13	142,39	142,39	42,72	42,72	0	5734,89
	380 B	24,4	24,4	9,13	9,13	128,47	128,47	45,37	45,37	0	5545,94

Anexo 1.19 - Valores do $E_{ren,p}$ e do Q_a para a implementação isolada de sistema de AQS.

Piso	Fração	Medidas	AQS			
			$E_{ren,p}$ (kWh/ano)		Q_a (kWh/ano)	
			Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas	Soma de Cenário inicial	Soma de Valores Medidas
0	416 A	Bomba AQS	0	805,21	1188,64	1188,64
	416 B	Bomba AQS	0	1654,71	2377,29	2377,29
	398 A	Bomba AQS	0	1654,71	2377,29	2377,29
	398 B	Bomba AQS	0	1654,71	2377,29	2377,29
	380 A	Bomba AQS	0	1654,71	2377,29	2377,29
1	416 C	Coletor	0	689,41	1188,64	1188,64
		TermoAc	0	0	1188,64	1188,64
	416 D	Coletor	0	1105,44	1782,96	1782,96
		TermoAc	0	0	1782,96	1782,96
	398 C	Coletor	0	1105,44	1782,96	1782,96
		TermoAc	0	0	1782,96	1782,96
	398 D	Coletor	0	1105,44	1782,96	1782,96
		TermoAc	0	0	1782,96	1782,96
	380 B	Coletor	0	1105,44	1782,96	1782,96
		TermoAc	0	0	1782,96	1782,96

Anexo 1.20 - Valores dos indicadores de desempenho destacados para a análise ao cenário final.

Piso	Fração	Cenário Final													
		N_i [kWh/ (m ² ·ano)]		N_{re} [kWh/ (m ² ·ano)]		N_c [kWh/ (m ² ·ano)]		N_{vc} [kWh/ (m ² ·ano)]		R_{ph} (h ⁻¹)		Q_s (kWh/ano)		$E_{ren,p}$ (kWh/ano)	
		Soma de Cenário Inicial	Soma de Cenário Final	Soma de Cenário Inicial	Soma de Cenário Final	Soma de Cenário Inicial	Soma de Cenário Final	Soma de Cenário Inicial	Soma de Cenário Final	Soma de Cenário Inicial	Soma de Cenário Final	Soma de Cenário Inicial	Soma de Cenário Final	Soma de Cenário Inicial	Soma de Cenário Final
0	416 A	54,01	55,9	123,77	81,89	9,13	9,13	1,64	0,77	0,39	0,47	1188,64	1188,64	0	2783,33
	416 B	35,85	38,55	89,57	58,59	9,13	9,13	3,53	1,41	0,43	0,53	2377,29	2377,29	0	4273,73
	398 A	36,47	38,59	90,58	58,96	9,13	9,13	3,73	1,44	0,44	0,53	2377,29	2377,29	0	4261,51
	398 B	36,47	38,89	90,58	58,96	9,13	9,13	3,55	1,41	0,44	0,53	2377,29	2377,29	0	4261,51
	380 A	41,86	44,28	98,39	59,1	9,13	9,13	4,11	1,56	0,44	0,53	2377,29	2377,29	0	4267,62
1	416 C	57,96	55,27	174,6	50,75	9,13	9,13	28,07	5,98	0,63	0,5	1188,64	1188,64	0	2077,73
	416 D	43,32	39,28	143,25	34,72	9,13	9,13	31,59	7,39	0,58	0,43	1782,96	1782,96	0	2636,4
	398 C	42,75	38,7	142,27	33,95	9,13	9,13	32	7,56	0,58	0,43	1782,96	1782,96	0	2615,98
	398 D	42,72	38,67	142,39	33,93	9,13	9,13	16,81	5,74	0,58	0,43	1782,96	1782,96	0	2541,83
	380 B	45,37	41,32	128,47	37,5	9,13	9,13	24,4	7,13	0,58	0,43	1782,96	1782,96	0	2724,83

Anexo 1.21 - Cálculo do R_{N_e} para os dois cenários, com base nos valores de N_{e_i} e N_{e_f} .

Cálculo do R_{N_e} dos Cenários Inicial e Final							
Piso	Frações	$N_{e_i \text{ Inicial}}$ [kWh _{EP} / (m ² ·ano)]	$N_{f \text{ Inicial}}$ [kWh _{EP} / (m ² ·ano)]	$R_{N_e \text{ Inicial}}$	$N_{e_i \text{ Final}}$ [kWh _{EP} / (m ² ·ano)]	$N_{f \text{ Final}}$ [kWh _{EP} / (m ² ·ano)]	$R_{N_e \text{ Final}}$
0	416 A	343,35	118,68	2,89	171,46	102,19	1,68
	416 B	265,62	83,61	3,18	132,67	77,71	1,71
	398 A	268,6	84,25	3,19	134,59	78,39	1,72
	398 B	268,6	84,25	3,19	134,59	78,39	1,72
	380 A	288,14	84,39	3,41	148,06	84,26	1,76
1	416 C	494,79	94,31	5,25	182,15	145,95	1,25
	416 D	423,05	74,04	5,71	148,7	131,86	1,13
	398 C	421,43	69,89	6,03	147,26	126,18	1,17
	398 D	408,59	72,43	5,64	147,19	131,17	1,12
	380 B	380,11	76,83	4,95	153,81	134,19	1,15

ANEXO 2 – *Cálculo da Ventilação do
FC_LNEC para a fração 416 A*



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS

Aplicação desenvolvida por:
Armando Pinto.
apinto@lneec.pt

Ferramenta de cálculo citada no
n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.

Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2018. v2.0b, 2018-04-20

1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habitação existente
Local (município)	Vila do Conde
Região	A
Rugosidade	II
Altitude do local (m)	50
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não
Altura do edifício (H_{edif}) em m	6
Altura da fração (H_{fa}) em m	3

Área útil (m ²):	46,3
Pd (m):	2,80
N.º de pisos da fração	1
Velocidade vento	Defeito REH
Vento (u_{10REH} : 3,8) (m/s)	
Vol (m ³):	130
Texteior (°C)	10,2
Zref (m)	94
Aenv/Áu:	6%
Proteção do edifício:	Desprotegido
Zona da fachada:	Inferior

2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:				
Área dos vãos (m ²)	2,76			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem Classificação			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Alta			

3. Aberturas de admissão de ar na envolvente

Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não			
Tipo de abertura				
Área livre das aberturas fixas (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)				

4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta

Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	sim	não	não	não
Escoamento de ar	Exaustão			
Perda de carga	Alta			
Altura da conduta (m)	6			
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)			
Número de condutas semelhantes	1			

5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m ³ /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
Tem sistema de recuperação de calor				
Rendimento da recuperação de calor (%)				

6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)

Existem meios híbridos	não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m ³ /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				

7. Verão - Recuperador de calor

Existe by-pass ao recuperador de calor no verão	
---	--

8. Resultados

8.1 - Balanço de Energia - Edifício

R_{ph} (h-1) - Aquecimento	0,40
$R_{ph,v}$ (h-1) - Arrefecimento	0,60
Wwm (kWh)	0,0

8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência

$R_{ph, REF}$ (h-1)	0,40
---------------------	------

8.3 - Caudal mínimo de ventilação

R_{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,39
Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1)	0,40
Critério R_{ph} mínimo	Ponderar medidas de melhoria do sistema de ventilação.

Nota: No Cálculo de R_{ph} mínimo edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.

Técnico: _____

Data: 15/06/2020

ANEXO 3 – *Cálculos relativos à fração 416*
A, efetuados pela folha PTnZEB

Folha de Cálculo A			
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO			
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES	Área A (m ²)	U [W/(m ² ·C)]	U.A (W/C)
<i>Paredes em contacto com o exterior</i>			
ParE1	27,86	1,49	41,37
ParE1	8,08	1,49	12,00
ParE1	6,04	1,49	8,97
ParE1	11,28	1,49	16,75
TOTAL			79,09
TOTAL			
TOTAL (fluxo do interior para o exterior)			79,09
TOTAL (fluxo do exterior para o interior)			79,09
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A (m ²)	U [W/(m ² ·C)]	U.A (W/C)
<i>Verticais</i>			
VenE1-Quarto 1 (rés do chão)	1,38	4,10	5,66
VenE1-Sala (rés do chão)	1,38	4,10	5,66
TOTAL (fluxo do interior para o exterior)			11,32
TOTAL (fluxo do exterior para o interior)			11,32
PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comprimento B (m)	ψ [W/(m·C)]	ψ.B (W/C)
Duas paredes verticais em ângulo saliente			
Fachada com caixilharia	9,40	0,30	2,82
Zona da caixa de estore	2,40	0,30	0,72
Fachada com pavimentos térreos	17,94	0,70	12,56
Fachada com pavimento de nível intermédio	21,52	0,70	15,06
TOTAL			37,46
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{tr,i} (fluxo do interior para o exterior)			127,87 W/C
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{tr,e} (fluxo do exterior para o interior)			127,87 W/C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A (m ²)	U [W/(m ² ·C)]	b _e	U.A.b _e (W/C)
<i>Paredes em contacto com espaços não úteis</i>				
Parll	2,07	2,19	0,30	1,36
Parll	3,39	2,19	0,30	2,23
Parll	6,61	2,19	0,80	11,58
TOTAL				15,17

TOTAL	
TOTAL (fluxo do interior para ENU's)	15,17
TOTAL (fluxo de ENU's para o interior)	15,17

VÃOS ENVIDRAÇADOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS	Área A (m ²)	U [W/(m ² ·C)]	b _e	U.A.b _e (W/C)
<i>Verticais (solâricas)</i>				
<i>Verticais (não solâricas)</i>				
Cozinha (rés do chão)	1,88	3,90	0,80	5,87
Cozinha (rés do chão)	1,71	4,00	0,80	5,47

TOTAL (fluxo do interior para ENU's)	11,34
TOTAL (fluxo de ENU's para o interior)	11,34

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO ÚTEIS COM b _e > 0,7)	Comprimento (m)	ψ [W/(m·C)]	b _e	ψ.A.b _e (W/C)
Duas paredes verticais em ângulo saliente	1,40	0,50	0,80	0,56
Fachada com caixilharia	12,16	0,30	0,80	2,92
Fachada com pavimento de nível intermédio	3,64	0,70	0,80	2,04
Fachada com pavimentos térreos	3,64	0,70	0,80	2,04
TOTAL				7,56

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com espaços não-úteis H _{int} (fluxo do interior para ENU's)	34,06	W/C
Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com espaços não-úteis H _{ext} (fluxo de ENU's para o interior)	34,06	W/C

A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO			
PAREDES ENTERRADAS	Área A (m ²)	U _{te} [W/(m ² ·C)]	A·U _{te} (W/C)
ParS1	6,14	2,70	16,58
TOTAL			16,58
PAVIMENTOS ENTERRADOS	Área A (m ²)	U _{te} [W/(m ² ·C)]	A·U _{te} (W/C)
Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z > 0).			
PavS1	46,34	1,00	46,34
TOTAL			46,34
PAVIMENTOS TÉRREOS	Área A m ²	U _e W/m ² ·C	A·U _e W/C
Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.			
TOTAL			
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{so}		62,92	W/C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO			
INVERNO			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{te}	127,87	W/C	
(da folha de cálculo A.1)	+		
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H _{ti} + H _{te}	34,06	W/C	
(da folha de cálculo A.2)	+		
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{so}	62,92	W/C	
(da folha de cálculo A.3)	=		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _{tr}	224,85	W/C	
VERÃO			
Δθ = (θ _{ext} - θ _{int})	4,10	°C	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H _{te}	127,87	W/C	
(da folha de cálculo A.1)	+		
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior H _{ti} + H _{te}	34,06	W/C	
(da folha de cálculo A.2)	+		
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{so}	62,92	W/C	
(da folha de cálculo A.3)	=		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H _{tr}	224,85	W/C	

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA			
A.5 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES	Área A (m ²)	U _{ref} [W/(m ² ·C)]	U _{ref} ·A (W/C)
<i>Paredes em contacto com o exterior</i>			
ParE1	27,86	0,50	13,93
ParE1	8,08	0,50	4,04
ParE1	6,04	0,50	3,02
ParE1	11,28	0,50	5,64
TOTAL			26,63
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A (m ²)	U _{ext} [W/(m ² ·C)]	U _{ext} ·A (W/C)
<i>Verticais</i>			
VenE1-Quarto 1 (rés do chão)	1,38	2,80	3,86
VenE1-Sala (rés do chão)	1,38	2,80	3,86

			TOTAL	7,73
PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comprimento B (m)	ψ_{\dots} [W/(m·C)]	$\psi_{\dots} \cdot B$ (W/C)	
Duas paredes verticais em ângulo saliente	12,60	0,40	5,04	
Fachada com caixilharia	9,40	0,20	1,88	
Zona da caixa de estore	2,40	0,20	0,48	
Fachada com pavimentos térreos	17,94	0,50	8,97	
Fachada com pavimento de nível intermédio	21,52	0,50	10,76	
			TOTAL	27,13
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{\dots,ext}$			61,49	W/C

A.6 - ENVOLVENTE INTERIOR					
ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A (m ²)	U_{\dots} [W/(m ² ·C)]	b_{\dots}	$U_{\dots} \cdot A \cdot b_{\dots}$ (W/C)	
<i>Paredes em contacto com espaços não úteis</i>					
Parf1	2,07	0,80	0,30	0,50	
Parf1	3,39	0,80	0,30	0,81	
Parf1	6,61	0,50	0,80	2,64	
				TOTAL	3,95

VÃOS ENVIDRAÇADOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO ÚTEIS	Área A (m ²)	U_{\dots} [W/(m ² ·C)]	b_{\dots}	$U_{\dots} \cdot A \cdot b_{\dots}$ (W/C)	
<i>Verticais (solâricas)</i>					
<i>Verticais (não solâricas)</i>					
Cozinha (rés do chão)	1,88	2,80	0,80	4,21	
Cozinha (rés do chão)	1,71	2,80	0,80	3,83	
				TOTAL	8,04

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO ÚTEIS COM $b_{\dots} > 0,7$)	Comprimento o (m)	ψ_{\dots} [W/(m·C)]	b_{\dots}	$\psi_{\dots} \cdot A \cdot b_{\dots}$ (W/C)	
Duas paredes verticais em ângulo saliente	1,40	0,40	0,80	0,45	
Fachada com caixilharia	12,16	0,20	0,80	1,95	
Fachada com pavimento de nível intermédio	3,64	0,50	0,80	1,46	
Fachada com pavimentos térreos	3,64	0,50	0,80	1,46	
				TOTAL	5,31
Coeficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com espaço não-úteis $H_{\dots,ext}$			17,30	W/C	

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com edifícios adjacentes $H_{i,j,REF}$ W/C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior $H_{i,i,REF}$ W/C

A.7 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO

PAREDES ENTERRADAS	Área A (m ²)	U _{ext} [W/(m ² ·C)]	A·U _{ext} (W/C)
ParS1	6,14	0,50	3,07
TOTAL			3,07

PAVIMENTOS ENTERRADOS	Área A (m ²)	U _{ext} [W/(m ² ·C)]	A·U _{ext} (W/C)
Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z > 0).			
PavS1	46,34	0,50	23,17
TOTAL			23,17

PAVIMENTOS TÉRREOS	Área A (m ²)	U _{ext} [W/(m ² ·C)]	A·U _{ext} (W/C)
Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.			
TOTAL			

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo $H_{...REF}$ W/C

A.8 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{e,REF}$ (da folha de cálculo A.5)	<input type="text" value="61,49"/> W/C	+
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{i,REF} + H_{i,j,REF}$ (da folha de cálculo A.6)	<input type="text" value="17,30"/> W/C	+
Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo $H_{...REF}$ (da folha de cálculo A.7)	<input type="text" value="26,24"/> W/C	=
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,REF}$	<input type="text" value="105,03"/> W/C	

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

	1	
Rendimento do sistema de recuperação de calor η_{RC}	<input type="text" value=""/>	
	*	
Caudal médio diário insuflado $V_{i,ext}$	<input type="text" value=""/>	m ³ /h
	÷	
$R_{v,i} \cdot A_v \cdot P_d$	<input type="text" value="51,90"/>	m ³ /h
	=	
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{v,i}$	<input type="text" value="1,00"/>	
	*	
	0,34	
	*	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{v,i}$	<input type="text" value="0,40"/>	h ⁻¹
	*	
Área interior útil de pavimento A_v	<input type="text" value="46,34"/>	m ²
	*	
Pé direito médio da fração P_d	<input type="text" value="2,80"/>	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{v,i}$	<input type="text" value="17,65"/>	W/C

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & 1 \\
 & - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC} & \boxed{} \\
 & \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{i,d} & \boxed{} \text{ m}^3/\text{h} \\
 & + \\
 R_{i,i}, A_v, P_d & \boxed{77,85} \text{ m}^3/\text{h} \\
 & = \\
 \text{Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{i,i} & \boxed{1,00} \\
 & \times \\
 & 0,34 \\
 & \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{i,i} & \boxed{0,60} \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área interior útil de pavimento } A_v & \boxed{46,34} \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d & \boxed{2,80} \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{i,i} & \boxed{26,47} \text{ W/C}
 \end{aligned}$$

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & 0,34 \\
 & \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{i,i,ref} & \boxed{0,40} \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área interior útil de pavimento } A_v & \boxed{46,34} \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d & \boxed{2,80} \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{i,i,ref} & \boxed{17,65} \text{ W/C}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

Designação do envidraçado	Orientação θ	Fator Solar inverno g_i	Área A_w (m ²)	Fator de Obstrução $F_{o,i} = F_{s,i} \cdot F_{a,i} \cdot F_{r,i}$	Fração Envidraçada F_v	Área efetiva coletora $A_{e,i} = A_w \cdot F_{o,i} \cdot F_v \cdot g_i$ (m ²)	Fator de Orientação χ	Área Efetiva coletora a Sul $\chi \cdot A_{e,i}$ (m ²)
<i>Verticais</i>								
VenE1-Quarto 1 (rés do chão)	E	0,79	1,38	0,46	0,70	0,35	0,56	0,21
VenE1-Sala (rés do chão)	W	0,79	1,38	0,46	0,70	0,35	0,56	0,21

Em nenhum caso o produto $X_i \cdot F_i \cdot F_r \cdot F_s$ deve ser menor que 0,27; TOTAL

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_r \cdot F_s$ deve ser inferior ou igual a 0,9.

VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.

Designação do envidraçado	Orientação θ	Fator Solar inverno $g_{i,i} \cdot g_{i,znu}$	Área A_w (m ²)	Fator de Obstrução $F_{o,i} = F_{o,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{r,i}$	Fração Envidraçada $F_e \cdot F_{e,znu}$	Área efetiva coletora $A_{e,i} = A_w \cdot F_{o,i} \cdot F_{e,i} \cdot g$ (m ²)	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ (m ²)

No cálculo de $g_{i,i}$ e $g_{i,znu}$ não deverão ser considerados os dispositivos de proteção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; Caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_i será igual ao fator solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{i,n}$, afetado do fator de seletividade angular $F_{o,i}$.

Área efetiva total equivalente na orientação a Sul $\Sigma X \cdot A_{e,i}$ m²

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul $G_{s,i}$ kWh/(m²·mês)

Duração da estação de aquecimento M meses

Ganhos solares brutos $Q_{s,i}$ kWh/ano

C.2 - GANHOS INTERNOS

Ganhos internos médios $q_{i,i}$ W/m²

Duração da estação de aquecimento M meses

Área interior útil de pavimento A_p m²

Ganhos internos brutos $Q_{i,i}$ kWh/ano

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos solares provenientes de sistemas solares passivos (estufas) $Q_{s,ss}$ kWh/ano

Ganhos solares brutos $Q_{s,i}$ kWh/ano

Ganhos internos brutos $Q_{i,i}$ kWh/ano

Ganhos térmicos brutos $Q_{t,i}$ kWh/ano

GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos solares brutos $Q_{s,i}$ kWh/ano

Ganhos internos brutos $Q_{i,i}$ kWh/ano

Ganhos térmicos brutos $Q_{t,i,ref}$ kWh/ano

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

Designação do envidraçado	Orientação θ	Área A_w (m ²)	Tipo de vidro	Fração Envidraçada F_e	Fator de correção da Seletividade Angular $F_{o,i}$	Fração Tempo Proteções Móveis ativas $F_{e,i}$	FS Global Proteções Móveis e Permanentes g_r	FS Global Proteções Permanentes g_p	FS de verão $g_v = F_{o,i} \cdot g_r \cdot (1 - F_{e,i}) \cdot g_p$	Área efetiva $A_{e,i} = A_w \cdot F_{o,i} \cdot g$ (m ²)	Fator de Obstrução $F_{o,i} = F_{o,i} \cdot F_{r,i} \cdot F_{s,i}$	Intensidade da Radiação $I_{s,i}$ (kWh/(m ² ·ano))	$I_{s,i} \cdot F_{o,i} \cdot A_{e,i}$ (kWh/ano)
Vertical													
VenEI-Quarto I (rés do chão)	E	1,38	simplex	0,70	0,90	0,60	0,07	0,79	0,36	0,35	0,80	490	135,87
VenEI-Sala (rés do chão)	V	1,38	simplex	0,70	0,90	0,60	0,07	0,79	0,36	0,35	0,80	490	135,87

VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.													TOTAL	271,74
Designação do envidraçado	Orientação	Área $A_{e,ext}$ (m ²)	Tipo de vidro	Fração Envidraçada F_{ext}	Fator Seletividade Angular $F_{s,ext}$	Fração Tempo Proteções Móveis ativas $F_{t,ext}$	FS de verão do vão interior g_{int}	FS de verão do vão do ENU g_{enu}	$g_{int} \cdot g_{enu}$	Área efetiva $A_{e,ext} \cdot F_{ext} \cdot F_{s,ext} \cdot F_{t,ext} \cdot g_{int} \cdot g_{enu}$ (m ²)	Fator de Obstrução $F_{o,ext} \cdot F_{s,ext} \cdot F_{t,ext} \cdot F_{o,int}$	Intensidade da Radiação I_{ext} [kWh/(m ² ·ano)]	$I_{ext} \cdot F_{o,ext} \cdot A_{e,ext}$ (kWh/ano)	
Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o fator de obstrução dos vãos interiores $F_{o,int}$ é igual a 1; Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o fator solar g_{enu} é igual a 1.													TOTAL	

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA										
PAREDES, COBERTURAS EXTERIORES, VÃOS OPACOS EXTERIORES E COBERTURAS SOB DESVÃO	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_w (m ²)	U [W/(m ² ·C)]	R_w (m ² ·C/W)	Área efetiva $A_{e,ext} = U \cdot A_w \cdot R_w$ (m ²)	Fator de Obstrução $F_{o,ext} \cdot F_{s,ext} \cdot F_{t,ext} \cdot F_{o,int}$	Intensidade da Radiação I_{ext} [kWh/(m ² ·ano)]	$I_{ext} \cdot F_{o,ext} \cdot A_{e,ext}$ (kWh/ano)	
<i>Paredes exteriores</i>										
ParE1	N	0,40	27,86	1,49	0,04	0,66	1,00	220	145,63	
ParE1	S	0,40	8,08	1,49	0,04	0,19	1,00	425	81,59	
ParE1	E	0,40	6,04	1,49	0,04	0,14	1,00	490	70,32	
ParE1	W	0,40	11,28	1,49	0,04	0,27	1,00	490	131,33	

VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.													TOTAL	271,74
Designação do envidraçado	Orientação	Área $A_{e,ext}$ (m ²)	Tipo de vidro	Fração Envidraçada F_{ext}	Fator Seletividade Angular $F_{s,ext}$	Fração Tempo Proteções Móveis ativas $F_{t,ext}$	FS de verão do vão interior g_{int}	FS de verão do vão do ENU g_{enu}	$g_{int} \cdot g_{enu}$	Área efetiva $A_{e,ext} \cdot F_{ext} \cdot F_{s,ext} \cdot F_{t,ext} \cdot g_{int} \cdot g_{enu}$ (m ²)	Fator de Obstrução $F_{o,ext} \cdot F_{s,ext} \cdot F_{t,ext} \cdot F_{o,int}$	Intensidade da Radiação I_{ext} [kWh/(m ² ·ano)]	$I_{ext} \cdot F_{o,ext} \cdot A_{e,ext}$ (kWh/ano)	
Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o fator de obstrução dos vãos interiores $F_{o,int}$ é igual a 1; Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o fator solar g_{enu} é igual a 1.													TOTAL	

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA										
PAREDES, COBERTURAS EXTERIORES, VÃOS OPACOS EXTERIORES E COBERTURAS SOB DESVÃO	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_w (m ²)	U [W/(m ² ·C)]	R_w (m ² ·C/W)	Área efetiva $A_{e,ext} = U \cdot A_w \cdot R_w$ (m ²)	Fator de Obstrução $F_{o,ext} \cdot F_{s,ext} \cdot F_{t,ext} \cdot F_{o,int}$	Intensidade da Radiação I_{ext} [kWh/(m ² ·ano)]	$I_{ext} \cdot F_{o,ext} \cdot A_{e,ext}$ (kWh/ano)	
<i>Paredes exteriores</i>										
ParE1	N	0,40	27,86	1,49	0,04	0,66	1,00	220	145,63	
ParE1	S	0,40	8,08	1,49	0,04	0,19	1,00	425	81,59	
ParE1	E	0,40	6,04	1,49	0,04	0,14	1,00	490	70,32	
ParE1	W	0,40	11,28	1,49	0,04	0,27	1,00	490	131,33	

GANHOS TÉRMICOS ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

D.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios q_{int}	4	W/m ²	×	
Duração da Estação de Arrefecimento L_e	2928	horas	÷	1000
Fator solar de verão de referência g_{ref}	0,43		+	
$(A_w/A_e)_{ref}$	0,2		×	
Radiação solar média de referência $I_{ext,ref}$	490	kWh/(m ² ·ano)	=	53,85 kWh/(m ² ·ano)
Área interior útil de pavimento A_p	46,34	m ²	×	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,ref}$	2495,50	kWh/ano		

Folha de Cálculo E
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1180	°C-dias
	x	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,i}$	224,85	W/C
	=	(da folha de cálculo A.4)
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,i}$	6367,69	kWh/ano

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1180	°C-dias
	x	
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{r,i}$	17,65	W/C
	=	(da folha de cálculo B.1)
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,i}$	499,74	kWh/ano

E.3 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	Média	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	1140,89	kWh/ano
	+	(da folha de cálculo C.3)
$Q_{g,i} + Q_{r,i}$	6867,43	kWh/ano
	=	(das folhas de cálculo E.1 e E.2)
parâmetro γ_i	0,17	
		parâmetro a_i align="right">2,60
		Fator de utilização dos ganhos η_i align="right">0,99
		Fator de utilização dos ganhos η_i align="right">0,99
		x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	1140,89	kWh/ano
	=	(da folha de cálculo C.3)
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i}$	1131,94	kWh/ano

E.4 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,i}$	6367,69	kWh/ano
	+	(da folha de cálculo E.1)
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,i}$	499,74	kWh/ano
	-	(da folha de cálculo E.2)
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i}$	1131,94	kWh/ano
	=	(da folha de cálculo E.3)
Necessidades anuais na estação de aquecimento	5735,50	kWh/ano
	+	
Área interior útil de pavimento A_v	46,34	m ²
	=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{u,i}$	123,77	kWh/(m ² ·ano)

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.5 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ref}$	105,03	W/C
	+	(da folha de cálculo A.8)
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{r,ref}$	17,65	W/C
	=	(da folha de cálculo B.3)
Coefficiente de transferência de calor $H_{t,ref}$	122,68	W/C

E.6 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA		
	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1180	°C-dias
	x	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ref}$	105,03	W/C
(da folha de cálculo A.8)	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,ref}$	2974,44	kWh/ano

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA		
	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1180	°C-dias
	x	
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{r,ref}$	17,85	W/C
(da folha de cálculo B.3)	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,ref}$	499,74	kWh/ano

E.8 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA		
Ganhos totais úteis		
Fator de utilização dos ganhos $\eta_{g,ref}$	0,60	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,ref}$	1618,87	kWh/ano
(da folha de cálculo C.4)	=	
Ganhos totais úteis $Q_{u,ref}$	971,32	kWh/ano

E.9 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{t,ref}$	2974,44	kWh/ano
(da folha de cálculo E.6)	+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{r,ref}$	499,74	kWh/ano
(da folha de cálculo E.7)	-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{u,ref}$	971,32	kWh/ano
(da folha de cálculo E.8)	=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	2502,86	kWh/ano
	÷	
Área interior útil de pavimento A_v	46,34	m ²
	=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_v	54,01	kWh/(m ² -ano)

Folha de Cálculo F		
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO		
F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR		
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,a}$	224,85	W/C
(da folha de cálculo A.4)	+	
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{r,a}$	28,47	W/C
(da folha de cálculo B.2)	=	
Coefficiente de transferência de calor $H_{t,a}$	251,32	W/C
F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO		
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,a}$	224,85	W/C
(da folha de cálculo A.4)	x	
$\Delta\theta = (\theta_{i,ref} - \theta_{e,ref})$	4,10	°C
	x	
Duração da Estação de Arrefecimento L_a	2928	horas
	÷	
	1000	
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{t,a}$	2699,25	kWh/ano

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{r,a}$	26,47	W/C
(da folha de cálculo B.2)	x	
$\Delta\theta = (\theta_{a,ext} - \theta_{a,int})$	4,10	°C
	x	
Duração da Estação de Arrefecimento L_a	2928	horas
	÷	
	1000	
	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento $Q_{r,a}$	317,76	kWh/ano

F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	Média	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,b}$	1243,34	kWh/ano
(da folha de cálculo D.3)	÷	
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{t,a} + Q_{r,a}$	3017,01	kWh/ano
(das folhas de cálculo F.2 e F.3)	=	
parâmetro γ	0,41	
parâmetro α	2,60	
Fator de utilização dos ganhos η_a	0,94	

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_a)$	0,06	
	x	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,a}$	1243,34	kWh/ano
(da folha de cálculo D.3)	÷	
Área interior útil de pavimento A_v	46,34	m ²
	=	
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{a,e}$	1,64	kWh/(m ² .ano)

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.6 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Fator de utilização dos ganhos $\eta_{a,ref}$ 0,83

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_{a,ref})$	0,17	
	x	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,a,ref}$	2495,50	kWh/ano
(da folha de cálculo D.4)	÷	
Área interior útil de pavimento A_v	46,34	m ²
	=	
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{a,e,lim}$	9,13	kWh/(m ² .ano)

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA			Energia Útil N_{L} [kWh/(m ² .ano)]	Fator n_{ZEB} F_{ZEB}	Energia Final			Energia Final _{ac}			Energia Final [kWh/(m ² .ano)]	Energia Primária [kWh _{ep} /(m ² .ano)]	Emissões de CO ₂ [t/ano]
DESIGNAÇÃO	Eficiência Nominal ou SCOP η	f_s			$F_{ZEB} \cdot f_s \cdot N_{L} \cdot \eta$	Fonte de Energia	Fator de Conversão para Energia Primária $F_{p,ac}$ [kWh _{ep} /kWh]	$F_{ZEB} \cdot E_{ZEB}$	Fonte de Energia	Fator de Conversão para Energia Primária $F_{p,ac}$ [kWh _{ep} /kWh]			
Resistência elétrica-Sistema por defeito	1,00	1,00	123,77	1	123,77	Eletricidade	2,5			123,77	309,42	2,06	
		1,00			123,77					123,77	309,42	2,06	

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO													
SISTEMA			Energia Útil N_u [kWh/(m ² .ano)]	δ	Energia Final			Energia Final _{ec}			Energia Final [kWh/(m ² .ano)]	Energia Primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	Emissões de CO ₂ [t/ano]
DESIGNAÇÃO	Eficiência Nominal ou SEER η_s	f_s			$f_s \cdot \delta \cdot N_u \cdot h_s$ [kWh/(m ² .ano)]	Fonte de Energia	Fator de Conversão para Energia Primária $F_{p...}$ (kWh _{EP} /kWh)	$E_{p...ec}$ [kWh/(m ² .ano)]	Fonte de Energia	Fator de Conversão para Energia Primária $F_{p...}$ (kWh _{EP} /kWh)			
Split-Sistema por defeito	3,00	1,00	1,64		Eletricidade	2,5							
		1,00											

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQ5													
$M_{ref} = 80 \text{ [Wdia]}$ $\times 4187$ $\times 2$ $\times 35 \text{ }^\circ\text{C}$ $\times 365$ $\times 1$ $\times 80 \text{ [Wdia]}$ $= 3600000$ $+ 46,34$ $= 25,65 \text{ kWh/(m}^2\text{.ano)}$													
SISTEMA			Energia Útil Q_u/A_u [kWh/(m ² .ano)]	$f_s \cdot Q_u/A_u \cdot h_s$ [kWh/(m ² .ano)]	Energia Final			Energia Final _{ec}			Energia Final [kWh/(m ² .ano)]	Energia Primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	Emissões de CO ₂ [t/ano]
SISTEMA	Eficiência Nominal ou COP _{p...} η_s	f_s			Fonte de Energia	Fator de Conversão para Energia Primária $F_{p...}$ (kWh _{EP} /kWh)	$E_{p...ec}$ [kWh/(m ² .ano)]	Fonte de Energia	Fator de Conversão para Energia Primária $F_{p...}$ (kWh _{EP} /kWh)				
Esquentador-Vulcano-VRD 11-2 G	0,76	1,00	25,65	33,93	Gás butano	1				33,93	33,93	0,27	
Termoacumulador-Sistema por defeito	0,86		25,65		Eletricidade	2,5				33,93	33,93	0,27	
				33,93						33,93	33,93	0,27	

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA													
$E_{anual} = \dots \text{ kWh/ano}$ $+ 46,34 \text{ m}^2$ $\times 2,50 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$ $= \dots \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2\text{.ano)}$													
SISTEMA			Energia Útil Q_u/A_u [kWh/(m ² .ano)]	$f_s \cdot Q_u/A_u \cdot h_s$ [kWh/(m ² .ano)]	Energia Final			Energia Final _{ec}			Energia Final [kWh/(m ² .ano)]	Energia Primária [kWh _{EP} /(m ² .ano)]	Emissões de CO ₂ [t/ano]
SISTEMA	Eficiência Nominal ou COP _{p...} η_s	f_s			Fonte de Energia	Fator de Conversão para Energia Primária $F_{p...}$ (kWh _{EP} /kWh)	$E_{p...ec}$ [kWh/(m ² .ano)]	Fonte de Energia	Fator de Conversão para Energia Primária $F_{p...}$ (kWh _{EP} /kWh)				

ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOV.				
SISTEMA	Fonte de Energia	$E_{p...}/A_u$ [kWh/(m ² .ano)]	Fator de Conversão $F_{p...}$ (kWh _{EP} /kWh)	Energia primária $(E_{p...}/A_u) \cdot F_{p...}$ [kWh _{EP} /(m ² .ano)]

AQS				
Esquentador-Vulcano-WRD 11-2 G	Gás butano		1	
VENTILAÇÃO				

TOTAL DE ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES RENOVÁVEIS [kWh_{EP}/(m²·ano)]

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA		
Energia primária para aquecimento (da folha de cálculo G.1)	<input type="text" value="309,42"/>	kWh _{EP} /(m ² ·ano)
	+	
Energia primária para arrefecimento (da folha de cálculo G.2)	<input type="text"/>	kWh _{EP} /(m ² ·ano)
	+	
Energia primária para a preparação de AQS (da folha de cálculo G.3)	<input type="text" value="33,93"/>	kWh _{EP} /(m ² ·ano)
	+	
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica (da folha de cálculo G.4)	<input type="text"/>	kWh _{EP} /(m ² ·ano)
	-	
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável (da folha de cálculo G.5)	<input type="text"/>	kWh _{EP} /(m ² ·ano)
	=	
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N _a	<input type="text" value="343,35"/>	kWh _{EP} /(m ² ·ano)

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA DE REFERÊNCIA							
G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA							
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Energia Útil N _i [kWh/(m ² ·ano)]	f _i	Eficiência Nominal η _i	Fator de Conversão F _{conv} (kWh _{EP} /kWh)	Energia Final f _i N _i η _i kWh/m ² ·ano	Energia Primária f _i N _i F _{conv} η _i [kWh _{EP} /(m ² ·ano)]
					2,50		

ANEXO 4 – *Cálculos do Solar-Padrão*

Anexo 4.1 - Cálculo de coletores solares-padrão relativos a habitações de tipologia T₁.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH		1/2
Sumário		
Instalação em Vila do Conde (Vila do Conde) 2 coletores Padrão REH		
» painel de 1,30 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 100 l, modelo típico (100 L)		Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 188 kWh - satisfeitas por origem solar: 630 kWh (53% de fração solar) - satisfeitas pelo apoio: 557 kWh (47%)
Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 40% produtividade: 485 kWh/m ² perdas: 51%		
Local e clima		
NUTS III:	Grande Porto	Município: Vila do Conde
Local:	Vila do Conde	
elevação:	50 m	albedo: 20%
obstruções do horizonte		
azimute:	E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S	
altura angular:		
azimute:	S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W	
altura angular:		
Configuração do sistema solar		
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 1,3 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 100 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.		
Circuito primário com 24 m de comprimento, tubagens de calibre 10 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m ³ por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.		
2 coletores de modelo Padrão REH. Características principais: área de abertura 0,65 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,12 W/m ² K e a2 = 0,014 W/m ² K, rendimento óptico = 73%.		
1 depósito de modelo típico (100 L), com capacidade 100 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 3,3 W/ ² C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.		
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (l) com eficiência nominal 100%.		
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.		
Necessidades de energia		
Águas quentes sanitárias - padrão REH		
edifício:	Residências	T1
	nº fracções desta tipologia	1
	nº ocupantes por fracção	2
	consumo diário por ocupante (litros)	40
temperaturas	jan fev mar abr mai jun jul ago set out nov dez	
abastecimento de água	13 14 15 15 16 18 19 19 18 17 15 14	°C
pretendida no consumo	51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51	°C
energia diária	jan fev mar abr mai jun jul ago set out nov dez	
segunda-feira	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
terça-feira	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
quarta-feira	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
quinta-feira	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
sexta-feira	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
sábado	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
domingo	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
perfil de consumo	hora 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	
(período diurno)	15% 15% 10% . . . 5% 5% . . . 10%	
hora 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6		
(período nocturno)	15% 15% 10%	

14/02/2020 09:22

software SCE ER - versão 1.6.4

Anexo 4.2 - Cálculo de coletores solares-padrão relativos a habitações de tipologia T₂.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH		1/2																																																																																																								
Sumário																																																																																																										
Instalação em Vila do Conde (Vila do Conde) 3 coletores Padrão REH » painel de 1,95 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 150 l, modelo típico (150 L)																																																																																																										
Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 782 kWh - satisfeitas por origem solar: 991 kWh - satisfeitas pelo apoio: 791 kWh																																																																																																										
Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 40% produtividade: 508 kWh/m ² perdas: 43%																																																																																																										
Local e clima																																																																																																										
NUTS III: Grande Porto Município: Vila do Conde Local: Vila do Conde elevação: 50 m altitude: 20%																																																																																																										
obstruções do horizonte azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S altura angular:																																																																																																										
azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W altura angular:																																																																																																										
Configuração do sistema solar																																																																																																										
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,0 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 150 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.																																																																																																										
Circuito primário com 24 m de comprimento, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m ³ por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																																																																																																										
3 coletores de modelo Padrão REH. Características principais: área de abertura 0,65 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,12 W/m ² K e a2 = 0,014 W/m ² K, rendimento óptico = 73%.																																																																																																										
1 depósito de modelo típico (150 L), com capacidade 150 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 4,0 W/°C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.																																																																																																										
Apoio energético fornecido por sistema elétrico () com eficiência nominal 100%.																																																																																																										
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.																																																																																																										
Necessidades de energia																																																																																																										
Águas quentes sanitárias - padrão REH																																																																																																										
edifício: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="text-align: right;">Residências</td> <td style="text-align: right;">12</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">nº fracções desta tipologia</td> <td style="text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">nº ocupantes por fracção</td> <td style="text-align: right;">3</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">consumo diário por ocupante (litros)</td> <td style="text-align: right;">40</td> </tr> </table>				Residências	12		nº fracções desta tipologia	1		nº ocupantes por fracção	3		consumo diário por ocupante (litros)	40																																																																																												
	Residências	12																																																																																																								
	nº fracções desta tipologia	1																																																																																																								
	nº ocupantes por fracção	3																																																																																																								
	consumo diário por ocupante (litros)	40																																																																																																								
temperaturas <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>abastecimento de água</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>18</td> <td>17</td> <td>15</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>pretendida no consumo</td> <td>51</td> </tr> </tbody> </table>				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	abastecimento de água	13	14	15	15	16	18	19	19	18	17	15	14	pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51																																																																	
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																														
abastecimento de água	13	14	15	15	16	18	19	19	18	17	15	14																																																																																														
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51																																																																																														
energia diária <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>segunda-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>terça-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>quarta-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>quinta-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>sexta-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>sábado</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>domingo</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> </tbody> </table>				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	segunda-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	terça-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	quarta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	quinta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	sexta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	sábado	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	domingo	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																														
segunda-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
terça-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
quarta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
quinta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
sexta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
sábado	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
domingo	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
perfil de consumo <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>hora</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(período diurno)</td> <td>15%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>5%</td> <td>5%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <th>hora</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> <tr> <td>(período nocturno)</td> <td>15%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> </tbody> </table>			hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%	hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	(período nocturno)	15%	15%	10%																																																				
hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																														
(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%																																																																																														
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6																																																																																														
(período nocturno)	15%	15%	10%																																																																																														
21/02/2020 12:08 software SCE ER - versão 1.7.0																																																																																																										

Anexo 4.3 - Cálculo de coletores solares-padrão relativos a habitações de tipologia T₃.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH		1/2											
<i>Sumário</i>													
Instalação em Vila do Conde (Vila do Conde) 4 coletores Padrão REH » painel de 2,60 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 200 l, modelo típico (200 L)													
Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 2 376 kWh - satisfeitas por origem solar 1 362 kWh 57% - satisfeitas pelo apoio 1 014 kWh 43%		Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 39% produtividade: 524 kWh/m ² perdas: 38%											
<i>Local e clima</i>													
NUTS III: Grande Porto Município: Vila do Conde Local: Vila do Conde elevação: 50 m albedo: 20%													
obstruções do horizonte azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S altura angular: azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W altura angular:													
<i>Configuração do sistema solar</i>													
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,6 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 200 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado. Circuito primário com 24 m de comprimento, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m ³ por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante. 4 coletores de modelo Padrão REH. Características principais: área de abertura 0,65 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,12 W/m ² K e a2 = 0,014 W/m ² K, rendimento óptico = 73%. 1 depósito de modelo típico (200 L), com capacidade 200 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 4,6 W/°C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C. Apoio energético fornecido por sistema elétrico (l) com eficiência nominal 100%. Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.													
<i>Necessidades de energia</i>													
Águas quentes sanitárias - padrão REH edifício: Residências T3 nº fracções desta tipologia 1 nº ocupantes por fracção 4 consumo diário por ocupante (litros) 40													
temperaturas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
abastecimento de água	13	14	15	15	16	18	19	19	18	17	15	14	
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	
energia diária	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
segunda-feira	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	6,0	6,1	6,4	6,7	6,9	
terça-feira	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	6,0	6,1	6,4	6,7	6,9	
quarta-feira	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	6,0	6,1	6,4	6,7	6,9	
quinta-feira	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	6,0	6,1	6,4	6,7	6,9	
sexta-feira	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	6,0	6,1	6,4	6,7	6,9	
sábado	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	6,0	6,1	6,4	6,7	6,9	
domingo	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,1	5,9	6,0	6,1	6,4	6,7	6,9	
perfil de consumo	hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	10%
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	
(período nocturno)	15%	15%	10%

14/02/2020 11:37

software SCE ER - versão 1.6.4

ANEXO 5 – *Folhas SCE.ER*

Anexo 5.1 - Cálculo SCE do coletor *Sigma Energy MED 1.5* a implementar na fração T₁.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico		1/2											
Sumário													
Instalação em Vila do Conde (Vila do Conde) 1 coletores Sigma Energy MED 1.5 » painel de 1,35 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 100 l, modelo típico (100 L)													
Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 188 kWh - satisfeitas por origem solar 693 kWh 58% de fração solar - satisfeitas pelo apoio 495 kWh 42%		Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 42% produtividade: 513 kWh/m ² perdas: 51%											
Local e clima													
NUTS III:	Grande Porto	Município: Vila do Conde											
Local:	Vila do Conde	elevação: 50 m											
albedo:	20%												
obstruções do horizonte													
azimute:	E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S												
altura angular:													
azimute:	S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W												
altura angular:													
Configuração do sistema solar													
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 1,4 m ² de colectores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 100 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.													
Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 10 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 41 l/m ³ por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.													
1 coletores Sigma Energy MED 1.5 - certificado 011-752649 F de DIN CERTCO (DE), dados inseridos por DGE (válido até 2021-05-31). Área de abertura 1,35 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,95 W/m ² K e a2 = 0,008 W/m ² K ² , rendimento óptico = 77%.													
1 depósito de modelo típico (100 L), com capacidade 100 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 3,3 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.													
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.													
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.													
Necessidades de energia													
Águas quentes sanitárias - padrão REH													
edifício:	Residências	T1											
	nº fracções desta tipologia	1											
	nº ocupantes por fracção	2											
	consumo diário por ocupante (litros)	40											
temperaturas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
abastecimento de água	13	14	15	15	16	18	19	19	18	17	15	14	°C
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	°C
energia diária	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
segunda-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
terça-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
quarta-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
quinta-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
sexta-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
sábado	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
domingo	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
perfil de consumo	hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	10%
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	
(período nocturno)	15%	15%	10%

21/02/2020 09:55

software SCE-ER - versão 1.6.4

Anexo 5.2 - Cálculo SCE do coletor *Termicol T20 US*, estudado para a fração T₁.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico		1/2
Sumário		
Instalação em Vila do Conde (Vila do Conde) 1 coletores Termicol T1 20us » painel de 1,90 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 100 l, modelo típico (100 L)		
Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 188 kWh - satisfeitas por origem solar: 795 kWh - satisfeitas pelo apoio: 393 kWh		Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 37% produtividade: 418 kWh/m ² perdas: 48%
Local e clima		
NUTS III: Grande Porto Município: Vila do Conde Local: Vila do Conde elevação: 50 m altitude: 20%		
obstruções do horizonte azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S altura angular:		
azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W altura angular:		
Configuração do sistema solar		
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 1,9 m ² de colectores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 100 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.		
Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 50 l/m ³ por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.		
1 coletores Termicol T1 20us - certificado 078/000032 de AENOR (ES), dados inseridos por (válido até 2022-01-11). Área de abertura 1,90 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,93 W/m ² K e a2 = 0,026 W/m ² K ² , rendimento óptico = 80%.		
1 depósito de modelo típico (100 L), com capacidade 100 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 3,3 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.		
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.		
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.		
Necessidades de energia		
Águas quentes sanitárias - padrão REH		
edifício:	Residências	T1
	nº frações desta tipologia	1
	nº ocupantes por fração	2
	consumo diário por ocupante (litros)	40
temperaturas	jan fev mar abr mai jun jul ago set out nov dez abastecimento de água 13 14 15 15 16 18 19 19 18 17 15 14 °C pretendida no consumo 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 °C	
energia diária	jan fev mar abr mai jun jul ago set out nov dez segunda-feira 3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5 kWh terça-feira 3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5 kWh quarta-feira 3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5 kWh quinta-feira 3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5 kWh sexta-feira 3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5 kWh sábado 3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5 kWh domingo 3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5 kWh	
perfil de consumo	hora 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 (período diurno) 15% 15% 10% - - - 5% 5% - - - 10% hora 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6 (período nocturno) 15% 15% 10% - - - - - - - - -	

20/02/2020 16:21

software SCE-ER - versão 1.6.4

Anexo 5.3 - Cálculo SCE do coletor *Baxi Sol 200*, estudado para a fração T₁.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico		1/2
Sumário		
Instalação em Vila do Conde (Vila do Conde) 1 coletores Baxi Sol 200 » painel de 2,01 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 100 l, modelo típico (100 L)		
Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 188 kWh - satisfeitas por origem solar: 829 kWh - satisfeitas pelo apoio: 358 kWh		Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 37% produtividade: 413 kWh/m ² perdas: 48%
Local e clima		
NUTS III: Grande Porto	Município: Vila do Conde	Local: Vila do Conde
		elevação: 50 m
		albedo: 20%
obstruções do horizonte		
azimute:	E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S	
altura angular:		
azimute:	S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W	
altura angular:		
Configuração do sistema solar		
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,0 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 100 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.		
Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 10 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 41 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.		
1 coletores Baxi Sol 200 - certificado 078/000159 de AENOR (ES), dados inseridos por DGE (válido até 24/07/2022). Área de abertura 2,01 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,50 W/m ² K e a2 = 0,017 W/m ² K, rendimento óptico = 77%.		
1 depósito de modelo típico (100 L), com capacidade 100 litros, em posição vertical, coeficiente de perdas térmicas global = 3,3 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.		
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.		
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.		
Necessidades de energia		
Águas quentes sanitárias - padrão REH		
edifício:	Residências	I1
	nº fracções desta tipologia	1
	nº ocupantes por fracção	2
	consumo diário por ocupante (litros)	40
temperaturas	jan fev mar abr mai jun jul ago set out nov dez	
abastecimento de água	13 14 15 15 16 18 19 19 18 17 15 14	°C
pretendida no consumo	51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51 51	°C
energia diária	jan fev mar abr mai jun jul ago set out nov dez	
segunda-feira	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
terça-feira	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
quarta-feira	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
quinta-feira	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
sexta-feira	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
sábado	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
domingo	3,5 3,5 3,4 3,3 3,2 3,1 3,0 3,0 3,0 3,2 3,4 3,5	kWh
perfil de consumo	hora 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	
(período diurno)	15% 15% 10% . . . 5% 5% . . . 10%	
hora 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6		
(período nocturno)	15% 15% 10%	

20/02/2020 12:37

software SCE.ER - versão 1.6.4

Anexo 5.4 - Cálculo SCE do coletor *Baxi Sol 200 H*, estudado para a fração T₁.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico												1/2							
Sumário																			
Instalação em Vila do Conde (Vila do Conde) 1 coletores Baxi Sol 200 H » painel de 2,01 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 100 l, modelo típico (100 L)			Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 188 kWh - satisfeitas por origem solar: 814 kWh 69% de fração solar - satisfeitas pelo apoio: 374 kWh 31%				Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 36% produtividade: 405 kWh/m ² perdas: 48%												
Local e clima																			
NUTS III: Grande Porto			Município: Vila do Conde			Local: Vila do Conde			elevação: 50 m		albedo: 20%								
abstruções do horizonte																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:																		
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:																		
Configuração do sistema solar																			
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,0 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 100 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.																			
Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 10 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 43 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																			
1 coletores Baxi Sol 200 H - certificado 078/000162 de AENOR (ES), dados inseridos por DGE (válido até 24/07/2022). Área de abertura 2,01 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,76 W/m ² K e a2 = 0,016 W/m ² K ² , rendimento óptico = 76%.																			
1 depósito de modelo típico (100 L), com capacidade 100 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 3,3 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.																			
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.																			
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.																			
Necessidades de energia																			
Águas quentes sanitárias - padrão REH																			
edifício:																			
	Residências											T1							
	nº fracções desta tipologia											1							
	nº ocupantes por fracção											2							
	consumo diário por ocupante (litros)											40							
temperaturas																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez							
abastecimento de água	13	14	15	15	16	18	19	19	18	17	15	14	°C						
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	°C						
energia diária																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez							
segunda-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh						
terça-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh						
quarta-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh						
quinta-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh						
sexta-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh						
sábado	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh						
domingo	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh						
perfil de consumo																			
	hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
(período diurno)		15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%						
	hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6						
(período nocturno)		15%	15%	10%						

20/02/2020 16:36

software SCE ER - versão 1.6.4

Anexo 5.5 - Cálculo SCE do coletor *Termicol T20 US* a implementar na fração T₂.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico		1/2																																																																																																								
Sumário																																																																																																										
Instalação em Vila do Conde (Vila do Conde) 1 coletores Termicol T20US » painel de 1,90 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 150 l, modelo típico (150 L)																																																																																																										
Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 782 kWh - satisfeitas por origem solar: 1 110 kWh (62% de fração solar) - satisfeitas pelo apoio: 672 kWh (38%)																																																																																																										
Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 46% produtividade: 584 kWh/m ² perdas: 31%																																																																																																										
Local e clima																																																																																																										
NUTS III: Grande Porto Município: Vila do Conde Local: Vila do Conde elevação: 50 m altitude: 20%																																																																																																										
obstruções do horizonte azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S altura angular: azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W altura angular:																																																																																																										
Configuração do sistema solar																																																																																																										
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 1,9 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 150 litros, apoio de montagem em série com controlo temporizado.																																																																																																										
Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 50 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																																																																																																										
1 coletores Termicol T20US - certificado 078/000032 de AENOR (ES), dados inseridos por (válido até 2022-01-11). Área de abertura 1,90 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,93 W/m ² K e a2 = 0,026 W/m ² K ² , rendimento óptico = 80%.																																																																																																										
1 depósito de modelo típico (150 L), com capacidade 150 litros, em posição vertical, coeficiente de perdas térmicas global = 4,0 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.																																																																																																										
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.																																																																																																										
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.																																																																																																										
Necessidades de energia																																																																																																										
Águas quentes sanitárias - padrão REH																																																																																																										
edifício:	Residências nº fracções desta tipologia: 1 nº ocupantes por fracção: 3 consumo diário por ocupante (litros): 40	T2																																																																																																								
temperaturas	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>abastecimento de água</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>18</td> <td>17</td> <td>15</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>pretendida no consumo</td> <td>51</td> </tr> </tbody> </table>		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	abastecimento de água	13	14	15	15	16	18	19	19	18	17	15	14	pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	°C																																																																	
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																														
abastecimento de água	13	14	15	15	16	18	19	19	18	17	15	14																																																																																														
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51																																																																																														
energia diária	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>segunda-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>terça-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>quarta-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>quinta-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>sexta-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>sábado</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>domingo</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> </tbody> </table>		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	segunda-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	terça-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	quarta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	quinta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	sexta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	sábado	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	domingo	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	kWh
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																														
segunda-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
terça-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
quarta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
quinta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
sexta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
sábado	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
domingo	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
perfil de consumo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>hora</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(período diurno)</td> <td>15%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>5%</td> <td>5%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <th>hora</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> <tr> <td>(período nocturno)</td> <td>15%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> </tbody> </table>	hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%	hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	(período nocturno)	15%	15%	10%	%																																																				
hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																														
(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%																																																																																														
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6																																																																																														
(período nocturno)	15%	15%	10%																																																																																														

21/02/2020 12:37

software SCE.ER - versão 1.7.0

Anexo 5.7 - Cálculo SCE do coletor *Baxi Sol 200 H*, estudado para a fração T₂.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico											1/2								
Sumário																			
Instalação em Vila do Conde (Vila do Conde) 1 coletores Baxi Sol 200 H » painel de 2,01 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 200 l, modelo típico (200 L)			Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 782 kWh - satisfeitas por origem solar 1 056 kWh 59% - satisfeitas pelo apoio 726 kWh 41%				Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 42% produtividade: 525 kWh/m ² perdas: 47%												
Local e clima																			
NUTS III: Grande Porto		Município: Vila do Conde		Local: Vila do Conde			elevação: 50 m		altitude: 20%										
obstruções do horizonte																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:																		
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:																		
Configuração do sistema solar																			
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,0 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 200 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.																			
Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 10 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 43 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																			
1 coletor Baxi Sol 200 H - certificado 078/000162 de AENOR (ES), dados inseridos por DGEG (válido até 24/07/2022). Área de abertura 2,01 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,76 W/m ² K e a2 = 0,016 W/m ² K ² , rendimento óptico = 76%.																			
1 depósito de modelo típico (200 L), com capacidade 200 litros, em posição vertical, coeficiente de perdas térmicas global = 4,6 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.																			
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.																			
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.																			
Necessidades de energia																			
Águas quentes sanitárias - padrão REH																			
edifício:			Residências			T2													
			nº fracções desta tipologia			1													
			nº ocupantes por fracção			3													
			consumo diário por ocupante (litros)			40													
temperaturas																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez							
abastecimento de água	13	14	15	15	16	18	19	19	18	17	15	14							
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51							
°C																			
energia diária																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez							
segunda-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2							
terça-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2							
quarta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2							
quinta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2							
sexta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2							
sábado	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2							
domingo	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2							
kWh																			
perfil de consumo																			
hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18							
(período diurno)	15%	15%	10%	5%	5%	10%							
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6							
(período nocturno)	15%	15%	10%							

20/02/2020 16:46

software SCE.ER - versão 1.6.4

Anexo 5.8 - Cálculo SCE do coletor *Vulcano FCC-2S*, estudado para a fração T₂.



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico		1/2																																																																																																								
Sumário																																																																																																										
Instalação em Vila do Conde (Vila do Conde) 1 coletores Vulcano FCC-2S » painel de 2,09 m ² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 200 l, modelo típico (200 L)																																																																																																										
Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1 782 kWh - satisfeitas por origem solar: 1 032 kWh (58% de fração solar) - satisfeitas pelo apoio: 750 kWh (42%)																																																																																																										
Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 39% produtividade: 494 kWh/m ² perdas: 48%																																																																																																										
Local e clima																																																																																																										
NUTS III: Grande Porto Município: Vila do Conde Local: Vila do Conde elevação: 50 m azimute: 20%																																																																																																										
abstruções do horizonte azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S altura angular:																																																																																																										
azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W altura angular:																																																																																																										
Configuração do sistema solar																																																																																																										
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,1 m ² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 200 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.																																																																																																										
Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 10 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 41 l/m ³ por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																																																																																																										
1 coletores Vulcano FCC-2S - certificado 011-751925 F de DIN CERTCO (DE), dados inseridos por DGEG (válido até 31/08/2022). Área de abertura 2,09 m ² , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,78 W/m ² K e a2 = 0,011 W/m ² K ² , rendimento óptico = 71%.																																																																																																										
1 depósito de modelo típico (200 L), com capacidade 200 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 4,6 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.																																																																																																										
Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.																																																																																																										
Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.																																																																																																										
Necessidades de energia																																																																																																										
Águas quentes sanitárias - padrão REH																																																																																																										
edifício:																																																																																																										
Residências T2 nº frações desta tipologia 1 nº ocupantes por fração 3 consumo diário por ocupante (litros) 40																																																																																																										
temperaturas																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>abastecimento de água</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>18</td> <td>17</td> <td>15</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>pretendida no consumo</td> <td>51</td> </tr> </tbody> </table>				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	abastecimento de água	13	14	15	15	16	18	19	19	18	17	15	14	pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51																																																																	
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																														
abastecimento de água	13	14	15	15	16	18	19	19	18	17	15	14																																																																																														
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51																																																																																														
energia diária																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>segunda-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>terça-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>quarta-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>quinta-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>sexta-feira</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>sábado</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> <tr> <td>domingo</td> <td>5,3</td> <td>5,2</td> <td>5,1</td> <td>5,0</td> <td>4,9</td> <td>4,6</td> <td>4,5</td> <td>4,5</td> <td>4,6</td> <td>4,8</td> <td>5,0</td> <td>5,2</td> </tr> </tbody> </table>				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	segunda-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	terça-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	quarta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	quinta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	sexta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	sábado	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	domingo	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																														
segunda-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
terça-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
quarta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
quinta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
sexta-feira	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
sábado	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
domingo	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,5	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2																																																																																														
perfil de consumo																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>hora</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(período diurno)</td> <td>15%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>5%</td> <td>5%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>			hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%																																																																														
hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																														
(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>hora</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(período nocturno)</td> <td>15%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> </tr> </tbody> </table>			hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	(período nocturno)	15%	15%	10%																																																																														
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6																																																																																														
(período nocturno)	15%	15%	10%																																																																																														

20/02/2020 16:59

software SCE.ER - versão 1.6.4

ANEXO 6 – *Fichas técnicas dos materiais e
dos sistemas utilizados*

Anexo 6.1 - Dados Técnicos do esquentador *Vulcano WRD 11 2-G*, modelo WRDG 11.



Gama miniMAXX - tiragem natural e ventilados

Modelo	WRDG		WRD KME - ventilado		
	WRDG 11	WRDG 14	WRD 11 KME	WRD 14 KME	WRD 17 KME
Tipo de ignição	hidrogerador		Automática - ligação elétrica 230V		
Capacidade (l/min)	11	14	11	14	17
Potência (kW)	7,1 - 19,2	7,0 - 23,6	7,0 - 18,6	7,0 - 23,6	9,0 - 30
Pressão mín. funcionamento (bar)	0,45	0,45	0,1	0,1	0,2
Caudal de funcionamento (l/min)	2,0 - 11,0	2,0 - 14,0	2,0 - 11,0	2,0 - 14,0	2,0 - 17,0
Eficiência a 100% da carga nominal	88	87,4	85,3	86,8	88,2
Eficiência a 30% da carga nominal	80	78	75	75	75
Display Digital (LCD)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Peso (kg)	11,5	13,5	14	16	18
Dimensões mm (Alt.xLarg.xProf)	580x310x220	655x350x220	580x310x220	655x350x220	655x425x220
Diâmetro exaustão gases (mm)	110	130	95	95	95

Anexo 6.2 - Ficha técnica do XPS.



DADOS TÉCNICOS

DADOS TÉCNICOS	VALOR	UNIDADE	NORMA
Espessura	80	mm	EN 823
Tolerância de espessura	-2/+3	mm	EN 823
Comprimento	125	cm	EN 822
Tolerância de comprimento	-8/+8	mm	EN 822
Largura	60	cm	E 822
Tolerância de largura	-8/+8	mm	EN 822
Planeza	6	mm/m	EN 825
Esquadria	5	mm/m	EN 824
Condutividade térmica ⁽¹⁾	0.037	W/mK	EN 12667
Resistência térmica	2.15	m ² K/W	EN 12667
Resistência à compressão ⁽²⁾	>200	kPa	EN 826
Absorção de água a longo prazo por imersão	≤ 1.5	Vol.%	EN 12087
Fator de resistência à difusão de vapor de água (m) ⁽³⁾	≥ 80	-	EN 12086
Estabilidade dimensional	≤ 5	%	EN 1604
Reacção ao fogo	E	Euroclase	EN 13501-01
Coefficiente linear de dilatação térmica	0.07	mm/m·K	--
Intervalo de temperaturas de serviço (graus Celsius)	-50 / +75	°C	-
Calor específico	1450	J/kg·K	-
Densidade nominal	32	kg/m ³	EN 1602
Capilaridade	Nula	-	-
Corte perimetral	Corte recto	-	-
Superfície	Rugosa, sem pele	-	-

(1) Condutibilidade térmica declarada ID segundo EN 13164

(2) Ensaio a curto prazo; valor quando se alcança o limite de rotura ou 10% de deformação

(3) Em produtos com pele de extrusão depende da espessura: decresce à medida que aumenta a espessura

MEMÓRIA DESCRITIVA

___ m² isolamento térmico de fachada tipo SATE, mediante placas rígidas DANOPREN FS-P de espuma de poliestireno extruído (XPS), de ___ mm de espessura, com uma condutibilidade térmica declarada λ_D = ___ W/m·K; resistência térmica declarada R_D = ___ m²·K/W; classificação de reacção ao fogo Euroclase E, segundo a norma EN 13501-1 e código de designação XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)200-WL(T)1,5-DS(70), de acordo com as especificações da norma EN 13164.

Anexo 6.3 - Ficha técnica da lã de rocha.

MN 230
DOP 2
MW - EN 13162 - T1 - WS

RI SE
Research Institutes of Sweden

CE

TERMOLAN
ISOLAMENTOS TERMO-ACÚSTICOS, S.A.



DESCRIÇÃO:

Rolos flexíveis (entre 25 e 30 kg/m³) de espessura uniforme, constituídos por fibras de lã de rocha aglutinadas com resina sintética termo-endurecida, sem revestimento.

APLICAÇÕES:

Aplicações múltiplas, exclusivamente para o uso em posição horizontal, como isolamento térmico e/ou acústico.

VANTAGENS:

- Facilidade e rapidez de instalação;
- Fácil adaptação aos elementos estruturais;
- Melhoria do comportamento acústico;
- Segurança em caso de incêndio;
- Bom desempenho face à água;
- Produto inerte e que respeita o meio ambiente (livre de CFC e HCFC).

APRESENTAÇÃO:

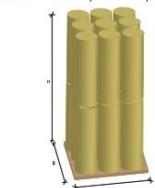
Rolos flexíveis. Opções de apresentação:

ESPESSURA (mm) [NP EN 823]	DIMENSÕES (mm) [NP EN 822]
60	8000×1200
80	6000×1200
100	4500×1200

Tolerâncias:
ESPESSURA (CLASSE T1): -5 % OU -5 mm⁻¹ A +Excesso permitido
COMPRIMENTO: ±2 %
LARGURA: ±1.5 %
* É válida a maior tolerância numérica

EMBALAGEM:

Rolos flexíveis embalados em plástico retráctil. Geometria (A×B×H):



PROPRIEDADES FÍSICAS DOS MATERIAIS

RESISTÊNCIA TÉRMICA, R_D

ESPESSURA (mm)	60	80	100
R_D (m ² .K/W)	1.60	2.15	2.70

CONDUTIBILIDADE TÉRMICA, λ_D

Valor declarado: $\lambda_D = 0.037$ W/m.K

REAÇÃO AO FOGO

Incombustível - **EUROCLASSE A1**

ABSORÇÃO DE ÁGUA

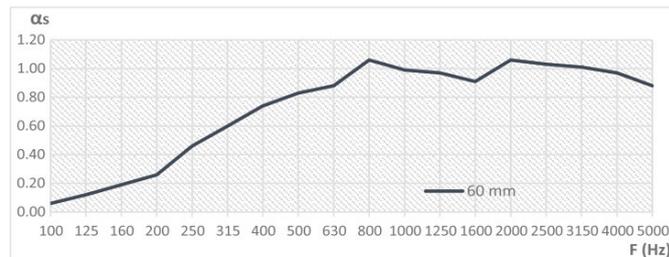
$W_S \leq 1.00$ kg/m²

FATOR DE DIFUSÃO AO VAPOR DE ÁGUA

$\mu = 1.30$

COEFICIENTE DE ABSORÇÃO ACÚSTICA, α_s

ESPESSURA 60 mm	F (Hz)									
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	
α_s	0.06	0.12	0.19	0.26	0.46	0.60	0.74	0.83	0.88	
F (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
α_s	1.06	0.99	0.97	0.91	1.06	1.03	1.01	0.97	0.88	



COEFICIENTE DE ABSORÇÃO EQUIVALENTE, α_w

$\alpha_w = 0.54$ (MH) CLASSE D

OUTRAS CARACTERÍSTICAS

ESTABILIDADE DIMENSIONAL, Δe [NP EN 1604]	23 °C / 90% HR: as variações relativas (largura e comprimento) não excedem 0.0%
RESISTIVIDADE AO FLUXO DE AR, AFr [EN 29053]	> 5 kPa.s/m ²

TERMOLAN | www.termolan.pt | www.rocterm.com | termolan@termolan.pt

Série de batente THERMOSTOP



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

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

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

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

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

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



Soluções construtivas, dimensões dos perfis e vidro

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

Classificações e caracterização

Janela 2 folhas com 1700 x 2030 mm

· Vidro duplo 4+14+6

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

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

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

Classificações e caracterização

Janela 2 folhas com 1230 x 1480 mm

· Vidro duplo 4+14+6

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

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

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

PORTALEX ALUMÍNIO SA

Apresentação e caracterização

Catálogo
07_3.12

01

Anexo 6.5 - Ficha técnica do vidro duplo.



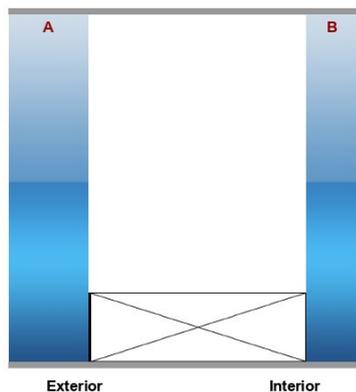
Referências do projecto

Parâmetros de selecção

Transmissão Luminosa (Tl - %): **62.1**
Factor solar (g): **0.42**

Coefficiente U (W/m².k): **1.33**
Câmara: **Ar Tratado**
Espessuras: **Todas**

Composição do vidro



SGG CLIMALIT PLUS

vidro duplo de isolamento térmico reforçado

[A] Vidro Exterior

SGG PLANITHERM 4S II (6mm de espessura)

SGG PLANITHERM inclui toda a gama de vidros de baixa emissividade e de elevada performance

[B] Vidro Interior

SGG (4mm de espessura)

SGG PLANICLEAR é um vidro float incolor

[C] Câmara: Ar Tratado (16mm de espessura)

Factores luminosos

Transmissão Luminosa (Tl - %): **66**
Reflexão Luminosa Exterior (Rle - %): **27**

Transmissão Ultra Violetas (Tuv - %): **36**
Índice de Selectividade (I.S.): **1,53**

Factores energéticos

Transmissão Energética (Te - %): **41**
Absorção Energética 1 (Ae1 - %): **17**
Absorção Energética 2 (Ae2 - %): **2**
Factor solar (g): **0,43**

Coefficiente U com Ar (W/m².k): **1,3**
Em opção
Coefficiente U com Argon (W/m².k): **1**

Factores acústicos

Atenuação Acústica (Rw - db): **33 (-1;-5)**

Notas técnicas

1. As espessuras deverão estar de acordo com o Regulamento das Acções R.S.A.E.P.
2. As dimensões de fabricação deverão seguir as recomendações do Glossário.
3. O local de aplicação dos produtos e composições, bem como o respectivo sistema de montagem podem tornar necessária a utilização de

Anexo 6.6 - Ficha técnica das grelhas fixas.

411 < Built-in wall louvres



411 with thermal insulation panel

Wall louvre, standard series, pitch 33

Material

- Made from aluminium sections: AlMgSi 0.5 (according to EN 12020-2)
- Stainless steel 304 insect screen (2.3 x 2.3 mm) or mesh (6 x 6 mm) on request
- Finishing: anodized in satin/bronze colour (20 micron) or powder-coated in any RAL or Syntha Pulvin colour (40 micron)

Dimensions

- Blade pitch: 33,3 mm
- Depth to fit: 29 mm
- Flange size: 21 mm
- Minimum dimensions: 100 x 100 mm

Fixing

- Brackets ref. 418
- Spring clips ref. 419 available on request (small dimensions)
- For louvres larger than approx. 3 m², a reinforcing mullion is required to suit span and windload

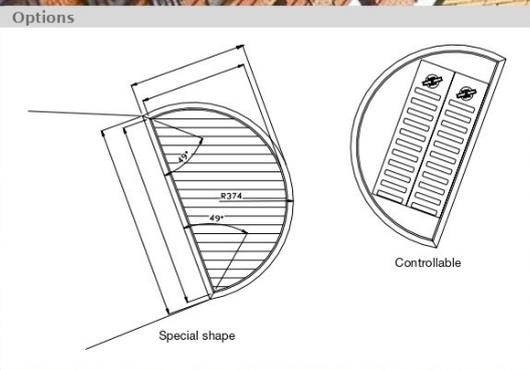
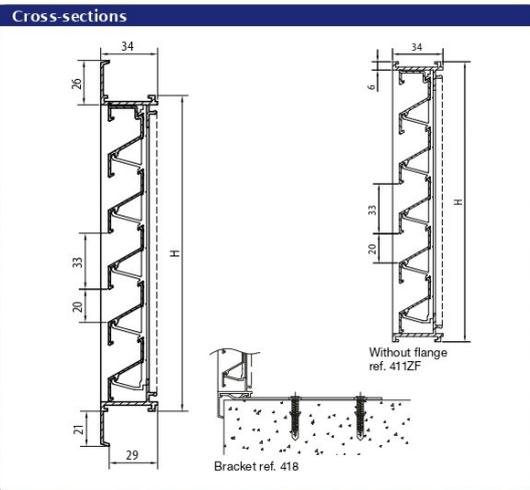
Options (page 11)

- Water channel
- Drainage profile
- Removable insect mesh
- Backframe
- Filter
- Special shape (see next page)
- Controllable (see next page)
- Without flange (see next page)

Typical applications

- Every application without specific needs

Stock models		
Dimensions	Satin anodised	RAL 9010
200 x 200	•	•
300 x 200	•	
300 x 300	•	•
400 x 200	•	•
400 x 300	•	•
400 x 400	•	•
500 x 300	•	
500 x 400	•	
500 x 500	•	•
600 x 300	•	
600 x 400	•	
600 x 600	•	•
700 x 700	•	
1000 x 500	•	
1000 x 1000	•	
142 x 142	•	



Technical specifications

	411
Airflow	(EN 13030)
K-factor (supply)	23,56
K-factor (discharge)	25,51
C _e coefficient	0,206
C _d coefficient	0,198
Technical data	
Visual free area	59 %
Physical free area	45 %
IP class (louvre with mesh; electrical installation at least 100mm from louvre)	IP2XD

Anexo 6.7 - Ficha técnica do modelo *multisplit* pretendido para as habitações T₁.



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201713-11232783

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

Product	Air Conditioners / Climatiseurs (AC)
Product type	Comfort air conditioner below 12 kW/ air-cooled/ multi-split/ reversible
Brand	DAIKIN
Range	2MXS
Product référence	2MXS50H / CTXS15K / FTXS35K

This performance certificate is delivered for the following project:

Project Name	Company	Project reference	Project location
m	m	m	Portugal

FEATURE	VALUE	UNIT
STANDARD COOLING/COOLING PL COND A		
Pc	5.00	kW
Pec	1.35	kW
EER	3.70	



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201713-11232783

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

FEATURE	VALUE	UNIT
STANDARD HEATING		
Ph	5.46	kW
Peh	1.33	kW
COP	4.09	

FEATURE	VALUE	UNIT
ACOUSTIC		
LwO env	63	dB(A)
Lw1 env	55	dB(A)
Lw2 env	59	dB(A)

FEATURE	VALUE	UNIT
COOLING PL CONDB		
Pc @ 30°C	3.69	kW
EER @ 30°C	5.95	



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201713-11232783

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

FEATURE	VALUE	UNIT
COOLING PL CONDC		
Pc @ 25°C	2.46	kW
EER @ 25°C	8.79	

FEATURE	VALUE	UNIT
COOLING PL CONDD		
Pc @ 20°C	1.89	kW
EER @ 20°C	11.81	

FEATURE	VALUE	UNIT
SEASONAL EFFICIENCY IN COOLING		
Pdesignc	5.00	kW
SEER	6.43	
Qce	273.00	kWh/annum
SEER Class	A++	



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201713-11232783

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

FEATURE	VALUE	UNIT
HEATING AVERAGE CLIMATE		
Pdesignh	4.25	kW
SCOP	4.09	
SCOP Class	A+	
Qhe	1454.00	kWh/annum

FEATURE	VALUE	UNIT
BIVALENT POINT		
Tbiv	-7	°C
COP @ Tbiv	2.49	
Ph TBiv	3.76	kW

FEATURE	VALUE	UNIT
TOL RUNING TEST		
TOL	-15.00	°C
COP @ TOL	2.02	
Ph @ TOL	2.87	kW



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201800-11232779

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

Product	Air Conditioners / Climatiseurs (AC)
Product type	Comfort air conditioner below 12 kW/ air-cooled/ multi-split/ reversible
Brand	DAIKIN
Range	3MXS
Product référence	3MXS52E / FTXS25K / FTXS25K

This performance certificate is delivered for the following project:

Project Name	Company	Project reference	Project location
m	m	m	Portugal

FEATURE	VALUE	UNIT
STANDARD COOLING/COOLING PL COND A		
Pc	5.00	kW
Pec	1.45	kW
EER	3.45	



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201800-11232779

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

FEATURE	VALUE	UNIT
STANDARD HEATING		
Ph	6.50	kW
Peh	1.86	kW
COP	3.49	

FEATURE	VALUE	UNIT
ACOUSTIC		
LwO env	59	dB(A)
Lw1 env	58	dB(A)
Lw2 env	58	dB(A)

FEATURE	VALUE	UNIT
COOLING PL CONDB		
Pc @ 30°C	3.75	kW
EER @ 30°C	5.85	



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201800-11232779

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

FEATURE	VALUE	UNIT
COOLING PL CONDC		
Pc @ 25°C	2.64	kW
EER @ 25°C	10.56	

FEATURE	VALUE	UNIT
COOLING PL CONDD		
Pc @ 20°C	2.57	kW
EER @ 20°C	11.68	

FEATURE	VALUE	UNIT
SEASONAL EFFICIENCY IN COOLING		
Pdesignc	5.00	kW
SEER	6.93	
Qce	253.00	kWh/annum
SEER Class	A++	



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201800-11232779

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

FEATURE	VALUE	UNIT
HEATING AVERAGE CLIMATE		
Pdesignh	4.77	kW
SCOP	4.08	
SCOP Class	A+	
Qhe	1636.00	kWh/annum

FEATURE	VALUE	UNIT
BIVALENT POINT		
Tbiv	-7	°C
COP @ Tbiv	2.29	
Ph TBiv	4.22	kW

FEATURE	VALUE	UNIT
TOL RUNING TEST		
TOL	-15.00	°C
COP @ TOL	1.87	
Ph @ TOL	3.22	kW



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201908-11233083

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

Product	Air Conditioners / Climatiseurs (AC)
Product type	Comfort air conditioner below 12 kW/ air-cooled/ multi-split/ reversible
Brand	DAIKIN
Range	4MXM
Product référence	4MXM68N / FTXM25N / FTXM42N

This performance certificate is delivered for the following project:

Project Name	Company	Project reference	Project location
m	m	m	Portugal

FEATURE	VALUE	UNIT
STANDARD COOLING/COOLING PL COND A		
Pc	6.70	kW
Pec	1.50	kW
EER	4.46	



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201908-11233083

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

FEATURE	VALUE	UNIT
STANDARD HEATING		
Ph	8.30	kW
Peh	2.10	kW
COP	3.95	

FEATURE	VALUE	UNIT
ACOUSTIC		
LwO env	61	dB(A)
Lw1 env	60	dB(A)
Lw2 env	60	dB(A)

FEATURE	VALUE	UNIT
COOLING PL CONDB		
Pc @ 30°C	4.93	kW
EER @ 30°C	7.48	



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201908-11233083

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

FEATURE	VALUE	UNIT
COOLING PL CONDC		
Pc @ 25°C	3.68	kW
EER @ 25°C	10.11	

FEATURE	VALUE	UNIT
COOLING PL CONDD		
Pc @ 20°C	3.91	kW
EER @ 20°C	13.12	

FEATURE	VALUE	UNIT
SEASONAL EFFICIENCY IN COOLING		
Pdesignc	6.70	kW
SEER	7.99	
Qce	294.00	kWh/annum
SEER Class	A++	



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637



PRODUCT PERFORMANCE RATING

Document ID 032620201908-11233083

Issued on 26 March 2020

This product is certified by Eurovent Certita Certification as mentioned on

Certificate N° 94.01.087

This document is valid at the date of issue - Check the current validity on www.eurovent-certification.com

FEATURE	VALUE	UNIT
HEATING AVERAGE CLIMATE		
Pdesignh	4.30	kW
SCOP	3.86	
SCOP Class	A	
Qhe	1559.00	kWh/annum

FEATURE	VALUE	UNIT
BIVALENT POINT		
Tbiv	-7	°C
COP @ Tbiv	2.51	
Ph TBiv	3.80	kW

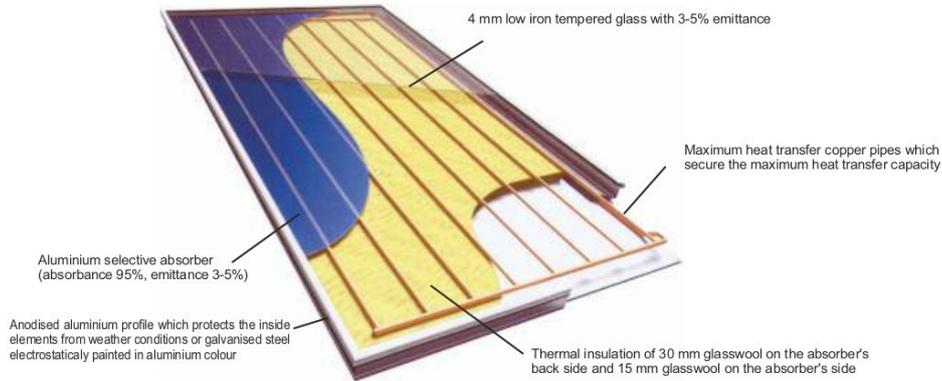
FEATURE	VALUE	UNIT
TOL RUNING TEST		
TOL	-15.00	°C
COP @ TOL	2.04	
Ph @ TOL	2.75	kW



EUROVENT CERTITA CERTIFICATION SAS au capital de 100 000 € -48-50 rue de la Victoire 75009 Paris - FRANCE
Tel. : 33 (0)1 75 44 71 71 - 513 133 637 RCS Paris - SIRET 513 133 637 000 35 - TVA FR 59513133637

Anexo 6.10 - Ficha técnica do coletor *Sigma Energy MED 1.5*.

Collector MED



Absorbing the sun

The MED 1.5 , MED2, S2.3 and MED 2.5 collectors are manufactured based on the most modern certifications and specifications in the EU.

The specific type of collectors , are destined for countries similar to Greece's climate conditions.

Every type is laser welded , securing optimum contact between the absorber and the copper pipes.

The specific collectors , can be used either for residential , commercial and industrial projects.

In the same time , they can be used in thermosiphonic and forced systems (residential use) and in commercial and industrial projects , installed in the form of banks.



Model	MED 1,5
External dimensions (mm)	1503 x 1007 x 85
Vertical copper pipes : diameter , thickness and number (mm)	Ø8 x δ 0.40 9 pieces
Horizontal copper pipes : diameter, thickness and number (mm)	Ø22 x δ 0.70 with Ø22 joints on two sides
Selective aluminium absorber thickness and number (mm)	Aluminium 110 x δ 0.40 , 9 pieces , laser welded
Spectrum absorber coating	Selective absorber with blue titanium absorbance α=95% , emittance ε=3-5%
Insulation material back / side	30mm / 20 glasswool
Frame	Anodised aluminium profile
Glass	δ=4mm low iron tempered glass with absorbance 0.90%
Backing sheet	Aluminium 0,4mm
Weight	21kg
Fluid volume	1,3L



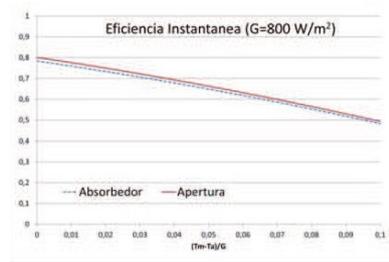
Anexo 6.11 - Ficha técnica do coletor *Termicol T20US*.



CAPG12/1.2

Termicol Energía Solar

Cap. Solar Plano T20US



Datos energéticos

Norma de ensayo EN -12975

Referida al área de apertura y T _m	
Factor óptico (η ₀)	0,801
Factor lineal pérdidas (a ₀₁) W/m²K	3,93
Factor cuadrático pérdidas (a ₀₂) W/m²K²	0,026
Referida al área del absorbedor y T _m	
Factor óptico (η ₀)	0,784
Factor lineal pérdidas (a ₀₁) W/m²K	3,84
Factor cuadrático pérdidas (a ₀₂) W/m²K²	0,002

Dimensiones

Dimensiones externas	
Largo (mm)	2130
Ancho (mm)	970
Fondo (mm)	83
Área del bruta(m²)	2,0
Área neta (m²)	1,9
Dimensiones absorbedor	
Largo (mm)	2057
Ancho (mm)	925
Área del absorbedor (m2)	1,9

Anexo 6.12 - Ficha técnica do termoacumulador *Vulcano NATURAAQUA 100L*.



NaturaAqua
 ES 100 6 2000W VU M1X- KNWVB
 7736503386

Os dados correspondem aos requisitos dos Regulamentos (UE) 812/2013 e (UE) 814/2013.

Dados do produto	Símbolo	Unidade	7736503386
Perfil de carga declarado			L
Classe de eficiência energética do aquecimento de água			C
Eficiência energética do aquecimento de água	η_{wh}	%	37
Consumo anual de eletricidade	AEC	kWh	2828
Consumo anual de combustível	AFC	GJ	-
Outros perfis de carga			-
Eficiência energética do aquecimento de água (outros perfis de carga)	η_{wh}	%	-
Consumo anual de energia (outros perfis de carga, condições climáticas médias)	AEC	kWh	-
Consumo anual de combustível (outros perfis de carga)	AFC	GJ	-
Regulação do dispositivo de controlo de temperatura (estado de fornecimento)	T_{set}	°C	65
Nível de potência sonora, no interior	L_{WA}	dB	15
Indicação sobre a capacidade de operação fora das horas de ponta			não
Medidas especiais a tomar na montagem, instalação ou manutenção (caso aplicável)	consultar documentação que acompanha o produto		
Controlo inteligente	não		
Consumo diário de energia (condições climáticas médias)	Q_{elec}	kWh	12,880
Consumo diário de combustível	Q_{fuel}	kWh	-
Emissão de óxidos de azoto (apenas para gás ou óleo)	NO_x	mg/kWh	-
Consumo semanal de combustível com controlos inteligentes	$Q_{fuel,week,smart}$	kWh	-
Consumo semanal de energia com controlos inteligentes	$Q_{elec,week,smart}$	kWh	-
Consumo semanal de combustível sem controlos inteligentes	$Q_{fuel,week}$	kWh	-
Consumo semanal de energia sem controlos inteligentes	$Q_{elec,week}$	kWh	-
Volume útil de armazenagem	V	l	100,0
Água misturada a 40 °C	V40	l	167

Medidas específicas para a instalação e manutenção, assim como reciclagem e/ou eliminação estão descritas nos manuais de instalação e de instruções. Leia e siga os manuais de instalação e de instrução.

Anexo 6.13 - Ficha técnica do termoacumulador *Vulcano NATURAAQUA 120L*.



NaturaAqua

ES 120 6 2000W VU M1X- KNWVB

7736503388

Os dados correspondem aos requisitos dos Regulamentos (UE) 812/2013 e (UE) 814/2013.

Dados do produto	Símbolo	Unidade	7736503388
Perfil de carga declarado			L
Classe de eficiência energética do aquecimento de água			C
Eficiência energética do aquecimento de água	η_{wh}	%	37
Consumo anual de eletricidade	AEC	kWh	2809
Consumo anual de combustível	AFC	GJ	-
Outros perfis de carga			-
Eficiência energética do aquecimento de água (outros perfis de carga)	η_{wh}	%	-
Consumo anual de energia (outros perfis de carga, condições climáticas médias)	AEC	kWh	-
Consumo anual de combustível (outros perfis de carga)	AFC	GJ	-
Regulação do dispositivo de controlo de temperatura (estado de fornecimento)	T_{set}	°C	60
Nível de potência sonora, no interior	L_{WA}	dB	15
Indicação sobre a capacidade de operação fora das horas de ponta			não
Medidas especiais a tomar na montagem, instalação ou manutenção (caso aplicável)	consultar documentação que acompanha o produto		
Controlo inteligente	não		
Consumo diário de energia (condições climáticas médias)	Q_{elec}	kWh	12,792
Consumo diário de combustível	Q_{fuel}	kWh	-
Emissão de óxidos de azoto (apenas para gás ou óleo)	NO_x	mg/kWh	-
Consumo semanal de combustível com controlos inteligentes	$Q_{fuel,week,sm}$ art	kWh	-
Consumo semanal de energia com controlos inteligentes	$Q_{elec,week,sm}$ ar	kWh	-
Consumo semanal de combustível com controlos inteligentes	$Q_{fuel,week}$	kWh	-
Consumo semanal de energia sem controlos inteligentes	$Q_{elec,week}$	kWh	-
Volume útil de armazenagem	V	l	120,0
Água misturada a 40 °C	V40	l	167

Medidas específicas para a instalação e manutenção, assim como reciclagem e/ou eliminação estão descritas nos manuais de instalação e de instruções. Leia e siga os manuais de instalação e de instrução.

Anexo 6.14 - Informações técnicas relativas aos termoacumuladores propostos.

Capacidade nominal	100 l	120 l
Pressão máx. do lado da água potável	8 bar	8 bar
Volume útil	100 l	120 l
Perdas pela envolvente	1,73 kW h/d	2,06 kW h/d

Anexo 6.15 - Ficha técnica da bomba de calor *UP live 120L*.

SÉRIE **BOMBA DE CALOR**



MODO DE FUNCIONAMENTO

• ECO

Funciona unicamente a bomba de calor, garantindo uma maior eficiência e máxima poupança.

• AUTO

Funciona a bomba de calor, com uma gestão otimizada do sistema de apoio elétrico de forma a garantir uma maior eficiência.

• BOOST

Funciona a bomba de calor em simultâneo com o apoio elétrico para garantir água quente num curto espaço de tempo.

• FÉRIAS

Permite configurar o número de dias de férias. No último dia de férias o sistema realiza um ciclo anti Legionella automaticamente.

• DESINFECT

Consiste num ciclo de aquecimento a altas temperaturas durante um período de tempo para evitar a formação de germes no depósito (legionella). Pode ser ativado de forma automática ou manual.

• PV

Caso exista um sistema fotovoltaico a produzir energia a bomba de calor aumenta a temperatura da água armazenada.

• LAT

Proteção da bomba de calor contra temperaturas ambiente extremamente baixas (Tamb. < -5°C). O sistema funciona unicamente com apoio elétrico.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DADOS TÉCNICOS		120IP	250I	250IM
Alimentação elétrica	V		230	
Potência de aquecimento bomba de calor	W		1800	
Potência consumida bomba de calor (méd - máx)	W		400 - 700	
Eficiência energética COP (EN16147)*		3,1	3,24	3,24
Potência de apoio elétrico	W		1500	
Corrente máxima	A	3,2 (bomba de calor) + 6,8 (apoio elétrico)		
Potência sonora	dB		51	
Diâmetro conduta de ar	mm		Ø160	
Gás refrigerante R134A	Kg		1,2	
Volume de água útil	L	120	250	245
Peso em vazio	Kg	66	83	95
Temperatura máxima sanitária (com apoio elétrico)	°C		55 (65)	
Tempo de aquecimento a 54°C (apenas bomba calor)	h:min	3:05	6:48	6:20
Temperatura de funcionamento (ar ambiente)	°C		-5 a 40	
Pressão máxima acumulador	bar		7	
Ligações hidráulicas		½"	¾"	¾"
Área permutador solar	m²			0,8
Ligações permutador solar				1"
Material do acumulador			aço inox	
Espessura isolamento alta densidade	mm		50	
Dimensões (altura x diâmetro)	mm	1220 x Ø580	1960 x Ø580	1960 x Ø580
Classe de eficiência energética		A+	A+	A+
Eficiência energética	%	111 (ciclo M)	138 (ciclo L) - 134 (ciclo XL)	
Consumo anual de energia	KWh/ano	463 (ciclo M)	741 (ciclo L) - 1252 (ciclo XL)	

*Tar=20 °C; TInicial_água=10 °C; Tfinal_água=54 °C;

As especificações incluídas neste documento podem sofrer alterações sem aviso prévio.

Anexo 6.16 - Ficha técnica da bomba de calor *Sensys 200L*.

BOMBA DE CALOR | ÁGUA QUENTE SANITÁRIA
Sensys

4

Especificações			
Produtos	Sensys 200 (sem serpentina)	Sensys 250 (sem serpentina)	Sensys 300 (sem serpentina)
Local de instalação	Interior		
Volume Nominal (L)	200	250	300
Material do depósito	DUPLEX 2205 [EN 1.4462]		
Potência calorífica sem apoio elétrico suplementar (kW)	1.5	1.5	1.5
Tipo de motor do ventilador	DC		
Caudal de ar SP1 / SP2 (sem tubagens) (m³/h)	380 / 490		
Controlador do ventilador	Ajustável (2 velocidades)		
Classe IP	21		
Material do isolamento / Espessura	Poliuretano rígido com 70mm espessura		
Diâmetro das condutas (mm)	160	160	160
Peso vazio (kg)	80	90	99
Grupo de segurança 7bar	Incluído		
Perdas (kWh/24h)	0.67	0.71	0.85
Perfil de Consumo	L	XL	XL
Classe Energética	A+	A+	A+

Especificações			
Produtos	Sensys 200S (com serpentina)	Sensys 250S (com serpentina)	Sensys 300S (com serpentina)
Local de instalação	Interior		
Volume Nominal (L)	196	244	293
Material do depósito	DUPLEX 2205 [EN 1.4462]		
Área serpentina (m²)	0.7	1.0	1.2
Potência calorífica sem apoio elétrico suplementar (kW)	1.5	1.5	1.5
Tipo de motor do ventilador	DC		
Caudal de ar SP1 / SP2 (sem tubagens) (m³/h)	380 / 490		
Controlador do ventilador	Ajustável (2 velocidades)		
Classe IP	21		
Material do isolamento / Espessura	Poliuretano rígido com 70mm espessura		
Diâmetro das condutas (mm)	160	160	160
Peso vazio (kg)	96	112	123
Grupo de segurança 7bar	Incluído		
Perdas (kWh/24h)	0.67	0.71	0.85
Perfil de Consumo	L	XL	XL
Classe Energética	A+	A+	A+

Especificações técnicas de desempenho			
Produtos	Sensys 200 / 200S	Sensys 250 / 250S	Sensys 300 / 300S
Aquecimento de água de 10°C a 51°C; Temp. ar 20°C; COP *	3.29	3.32	3.37
Temperatura de serviço (°C)		-6 / +35	
Temperatura máxima da água quente com BC (°C)		60	
Temperatura máxima da água quente com resistência elétrica de apoio(°C)		70	

* de acordo com a norma EN 16147

Especificações técnicas bomba de calor	
Para todos os produtos	
Fluído Frigorigéneo	R134a
Temperatura de funcionamento do ar (°C)	-10 / +35
Pressão máxima da cuba (bar)	6
Nível sonoro (dB)	38.5 (distância 2m a 20°C)
Temperatura máxima da água [BC + resistência elétrica / só BC] (°C)	70 / 60
Caudal de ar sem conduta [1ª velocidade / 2ª velocidade] (m³/h)	380 / 490
Caudal de ar com conduta [1ª velocidade / 2ª velocidade] (m³/h)	300 / 386
Tipo de controlo de temperatura	Eletrónico
Interface com o utilizador	LCD + botões de controlo + indicador LED Manual / Programa / Full
Modos de operação	[rápido aumento de temperatura]

Especificações elétricas	
Para todos os produtos	
Corrente (V / Hz)	230 / 50
Potência nominal absorvida (W)	600
Consumo máximo (W)	2600
Corrente nominal [só BC / BC + resistência elétrica] (A)	2.6 / 11.3
Corrente fusível (A)	16
Resistência elétrica de apoio (kW)	2.0
Tipo de ligação	E

ANEXO 7 – *Certificados dos coletores
solares elegidos para as frações*

Anexo 7.1 - Certificado do coletor solar *Sigma Energy MED 1.5*.



Summary of EN 12975 Test Results, annex to Solar KEYMARK Certificate		Licence Number		011-752649 F							
		Issued		2016-05-22							
Company holding the		Sigma Energy - Samouil M. & Co LP		Country							
Brand (optional)				Griechenland							
Street, street number		Athinon Avenue 112		Website							
Postal Code / City, province		38334 Volos		www.sigma-sa.com							
				E-mail							
				e.samouil@sigma-energy.gr							
				Tel/Fax							
				+30]24210 66551 / 24210 60091							
Collector Type (flat plate glazed/un-glazed; evacuate tubular)		Flat plate collector - glazed									
Thermal / photo voltaic hybrid collector? (PVT collector)		No									
Integration in the roof possible ? (manufacturers declaration)		No									
Collector name	Aperture area (Aa) m ²	Gross length mm	Gross width mm	Gross height mm	Gross area (AG) m ²	Power output per collector module					
						Gb = 850 W/m ² ; Gd = 150 W/m ²					
						Tm-Ta					
						0 K	10 K	30 K	50 K	70 K	
						W	W	W	W	W	
Med 1.5	1.35	1 501	1 007	85	1.51	1 036	981	866	742	609	
Med 2.0 *	1.83	2 006	1 007	85	2.02	1 404	1 330	1 174	1 006	826	
Med 2.3 *	2.03	1 893	1 183	85	2.24	1 557	1 476	1 302	1 116	916	
Med 2.5	2.31	2 008	1 258	85	2.53	1 772	1 679	1 482	1 269	1 042	
Performance test method		Liquid heating collector - quasi-dynamic - outdoor									
Performance parameters related to aperture area		η0b	c1	c2	c3	c4	c6	Kθd			
Units		-	W/(m ² K)	W/(m ² K)	J/(m ² K)	-	s/m	-			
Test results - Flow rate and fluid see note 1		0.768	3.953	0.008	0.000	0.000	0.000	0.993			
Bi-directional incidence angle modifiers?		No									
Incidence angle modifiers Kθ(θ)		Kθ values are obligatory for 50°.									
		Angle	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
		Kθ(θ)	1.00	0.99	0.98	0.96	0.92	0.86	0.73	0.34	0.00
Incidence angle modifier not bi-directional - leave fields blank											
Stagnation temperature - Weather conditions see note 2		Tstg							199		°C
Effective thermal capacity		ceff = C/Ag							12.88		kJ/(m ² K)
Max. intended operation temperature - see note 3		Tmax,op							-		°C
Max. operation pressure - see note 3		pmax,op							1600		kPa
Pressure drop table - for a collector family, the values shall be for the module with highest ΔP per m ² aperture area											
Flow rate	kg/(s m ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pressure drop, ΔP	Pa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Optional weather data		Location		Link							
Testing Laboratory		TZS, ITW University Stuttgart									
Website		http://www.itw.uni-stuttgart.de									
Test report id. number		10COL983/20EM15, 10COL934/20EM15, 10COL984Q/20EM15				Date of test report		2016.05.22			
During the test GDIF/GTOT was always between		0		and		1					
Comments of testing laboratory:											
* dimensions according to manufacturer											
Note 1	Flow rate	0.020 kg/(s m ²)		Fluid	Water						
Note 2	Irradiance, G = 1000 W/m ² ; Ambient temperature, Ta=30 °C										
Note 3	Given by manufacturer										
 Datasheet version: 4.06, 2014-01-15											
DIN CERTCO • Alboinstraße 56 • 12103 Berlin Tel: +49 30 7562-1131 • Fax: +49 30 7562-1141 • E-Mail: info@dincertco.de • www.dincertco.de											

AENOR

Keymark Certificate Solar thermal energy



078/000032

AENOR certifies that the organization

TERMICOL ENERGIA SOLAR, S.L.

registered office	PI LA ISLA - CL RIO VIEJO, 39 41703 DOS HERMANAS (Sevilla - España)
supplies	Solar collectors
in compliance with	UNE-EN 12975-1:2006 (EN 12975-1:2006)
Trade Mark	T20US, T20USH, T25US, T25USH
Technical information	Specified in Annexes to the Certificate
Production site	PI LA ISLA - CL RIO VIEJO, 39 41703 DOS HERMANAS (Sevilla - España)
Certification scheme	In order to grant this Certificate, AENOR has tested the product and has verified the quality system implemented for its manufacture. AENOR performs these tasks periodically while the Certificate has not been cancelled, in accordance with Specific Rules RP 78.01.
	This certificate supersedes 078/000032, dated 2012-03-29
First issued on	2012-03-29
Modified on	2017-01-11
Validity date	2022-01-11

Avelino BRITO
Chief Executive Officer

AENOR INTERNACIONAL SAU
Génova, 6. 28004 Madrid. España
Tel. 91 432 60 00 - www.aenor.com

Product certification body accredited by ENAC, number 01/C-PR002.078

Original Electrónico

