



# IMPACTO DA VENTILAÇÃO COM RECUPERAÇÃO DE ENERGIA NO CONSUMO ENERGÉTICO DE UMA CONSTRUÇÃO NZEB

**BRUNA ISABEL DE SOUSA TEIXEIRA**

outubro de 2024

# **IMPACTO DA VENTILAÇÃO COM RECUPERAÇÃO DE ENERGIA NO CONSUMO ENERGÉTICO DE UMA CONSTRUÇÃO NZEB**

**Bruna Isabel de Sousa Teixeira**

**Relatório de Projeto para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica, Área de Especialização em  
Energia**

**Orientador: Professora Doutora Olga dos Remédios Castro Sobral**

**Júri:**

Presidente:

Rui Filipe Neves de Araújo Rego, Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vogais:

Olga dos Remédios Sobral Castro, Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vitor Manuel da Silva Leal, Professor Auxiliar, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, setembro 2024



# Agradecimentos

A concretização da presente dissertação não seria possível sem o inestimável apoio e dedicação de algumas pessoas. Aqui deixo breves palavras, acompanhadas de um profundo sentido de gratidão, respeito e admiração que eternamente preservo.

À Professora Olga Castro, manifesto o meu agradecimento pela aceitação do convite para orientação deste trabalho, e pela sua colaboração e disponibilidade demonstrada ao longo de todo o trabalho.

À minha família, dedico um agradecimento imensurável. Ao meu namorado Pedro, por toda a motivação e apoio incondicional. Aos meus pais e ao meu irmão, por serem os meus pilares, e, a quem eu espero um dia poder retribuir todo o amor e esforço que sempre fizeram por mim e pela nossa família. Aos meus pais agradeço ainda o facto de terem investido e acreditado sempre em mim.



# Resumo

O consumo energético e as emissões de gases com efeito de estufa têm vindo a receber uma crescente atenção. O sector dos edifícios, um dos maiores consumidores de energia, representa um forte contributo para as emissões de gases com efeito de estufa.

A presente dissertação foca-se no impacto da ventilação com recuperação de energia no consumo energético de uma construção NZEB, considerando um caso prático do estudo do desempenho energético de uma moradia unifamiliar em Caldas de Aregos.

Para avaliar a eficiência deste tipo de ventilação, realizou-se um levantamento detalhado das características da construção e posteriormente implementaram-se diferentes , nomeadamente ventilação simples fluxo e duplo fluxo com recuperação. O desempenho energético da moradia foi simulado utilizando a interface de programa de aplicação de código aberto Openstudio que por sua vez recorre ao modelo de cálculo EnergyPlus, permitindo a análise detalhada das cargas térmicas e do impacto da ventilação com recuperação de energia. O programa Revit foi utilizado para modelar a arquitetura e as características de construção da moradia.

Os resultados obtidos mostraram que a ventilação com recuperação de energia pode reduzir significativamente as perdas térmicas no inverno e os ganhos térmicos no verão, reduzindo a carga de aquecimento do espaço de  $61,43 \text{ W/m}^2$  para  $59,69 \text{ W/m}^2$ , e a carga de arrefecimento do espaço de  $49,11 \text{ W/m}^2$  para  $33,76 \text{ W/m}^2$ , correspondendo a uma redução de cerca de 31%, em cerca de 3%, respetivamente. O valor das necessidades nominais anuais de energia para aquecimento ( $N_{ic}$ ) diminuiu 24,31%, resultando numa melhoria da eficiência global do edifício.

**Palavras-chave:** Ventilação, Recuperação de Energia, NZEB, Consumo energético



# Abstract

Energy consumption and greenhouse gas emissions have been receiving increasing attention. The building sector, one of the largest consumers of energy, significantly contributes to greenhouse gas emissions.

This dissertation focuses on the impact of energy recovery ventilation on the energy consumption of an NZEB, considering a practical case study on the energy performance of a single-family home in Caldas de Aregos.

To assess the efficiency of this type of ventilation, a detailed survey of the building's characteristics was conducted, followed by the implementation of different ventilation systems, namely single-flow and double-flow ventilation with heat recovery. The energy performance of the house was simulated using the open-source application interface OpenStudio, which in turn relies on the EnergyPlus calculation model, allowing for a detailed analysis of thermal loads and the impact of energy recovery ventilation. Revit was used to model the architecture and construction characteristics of the house.

The results showed that energy recovery ventilation can significantly reduce thermal losses in winter and thermal gains in summer, reducing the space heating load from 61,43 W/m<sup>2</sup> to 59,69 W/m<sup>2</sup>, and the space cooling load from 49,11 W/m<sup>2</sup> to 33,76 W/m<sup>2</sup>, corresponding to a reduction of about 31% and around 3%, respectively. Additionally, it improved the nominal annual energy needs for heating (N<sub>ic</sub>) by 24,31%, resulting in an overall improvement in the building's efficiency.

**KEYWORDS:** Ventilation, Energy Recovery, NZEB, Energy Consumption



# Índice

Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xv
Acrónimos e Símbolos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização .....	1
1.2. Objetivos .....	3
1.3. Metodologia .....	3
1.4. Estrutura.....	3
1.5. Empresa de Parceria de Projeto.....	4
2. Revisão Bibliográfica .....	5
2.1. Qualidade do Ar Interior .....	5
2.2. Importância da Ventilação nos Edifícios .....	7
2.3. Tipos de Ventilação .....	8
2.3.1. Ventilação Natural .....	8
2.3.2. Ventilação Mecânica Controlada .....	11
2.3.3. Ventilação Híbrida.....	12
2.4. NZEB, ZEB e Passivhaus .....	14
2.4.1. Medidas de Eficiência Energética: Soluções Passivas.....	14
2.4.2. Medidas de Eficiência Energética: Soluções Ativas .....	17
2.4.3. Regulamentação de exigências NZEB .....	18
2.4.4. Conceito ZEB .....	22
2.4.5. Passivhaus.....	22
3. Métodos e Aplicação.....	27
3.1. Caracterização da construção – Caso de Estudo .....	28
3.1.1. Zonamento Climático.....	29
3.1.2. Levantamento dimensional .....	29
3.1.3. Soluções Construtivas.....	31
3.2. Verificação das exigências regulamentares .....	31
3.2.1. Desempenho dos Elementos opacos.....	31
3.2.2. Desempenho dos Elementos em contacto com o solo.....	33
3.2.3. Desempenho dos Elementos envidraçados.....	33
3.2.4. Coeficiente de Transmissão Linear .....	34
3.2.5. Inércia Térmica.....	35
3.2.6. Requisitos de Produção de Água Quente Sanitária .....	35
3.2.7. Requisitos de ventilação .....	37

3.3. Climatização dos espaços.....	39
3.3.1. Parametrização Temperatura interior de conforto .....	39
3.3.2. Cálculo das cargas térmicas .....	40
3.4. Sistema de Ventilação Mecânica Duplo Fluxo .....	42
3.4.1. Dimensionamento da Rede de Condutas .....	42
3.4.2. Perda de carga na rede aerúlica .....	43
3.4.3. Elementos terminais de difusão .....	44
3.4.4. Seleção Equipamento de Ventilação .....	45
3.5. Sistema de Ventilação Mecânica Simples Fluxo.....	46
3.5.1. Dimensionamento da Rede de Condutas .....	46
3.5.2. Perda de carga na rede aerúlica .....	47
3.5.3. Aeradores acústicos auto-ajustáveis .....	47
3.5.4. Seleção Ventilador .....	48
4. Resultados e Discussão .....	51
4.1. Apresentação de resultados.....	51
4.1.1. Cargas Térmicas - Software Revit .....	51
4.1.2. Cargas Térmicas - Software OpenStudio (EnergyPlus) .....	52
4.1.3. Consumo elétrico Ventiladores.....	54
4.1.4. Sistema de Produção de AQS.....	55
4.1.5. Sistema de Climatização .....	55
4.1.6. Quantificação do Desempenho Energético do Edifício .....	56
4.1.7. Classificação Energética .....	59
4.2. Discussão de Resultados .....	61
5. Conclusão .....	65
5.1. Conclusões finais .....	65
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	66
Referências.....	69
Declaração de Integridade .....	72
Apêndice A – Caracterização da Envolvente.....	74
Apêndice B – Cálculo do Coeficiente de Transmissão Térmica.....	75
Apêndice C – Definição da Envolvente – Folha de Cálculo ITECONS .....	80
Apêndice D – Cálculo Inércia Térmica – Folha de Cálculo ITECONS.....	98
Apêndice E – Dimensionamento Diâmetro Condutas .....	102
Apêndice F – Balanço Energético ITECONS – VMC Duplo Fluxo com recuperação de energia	104
Apêndice G – Balanço Energético ITECONS – VMC Simples Fluxo.....	126

Apêndice H – Relatório de Perda de Carga – VMC Duplo Fluxo com recuperação de energia - Software Revit.....	148
Apêndice I – Relatório de Perda de Carga – VMC Simples Fluxo- Software Revit .....	154
Apêndice J – Peças Desenhadas-Sistema VMC Duplo Fluxo com recuperação de energia .....	156
Apêndice K – Peças Desenhadas-Sistema VMC Simples Fluxo .....	168
Apêndice L – Relatório de Cargas Térmicas- Software Revit .....	174
Apêndice M – Cargas Térmicas obtidas no OpenStudio .....	190
Apêndice N – Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico.....	192
Anexo A – Ficha Técnica VMC Duplo Fluxo .....	193
Anexo B – Ficha Técnica Ventilador TD-Silent Ecowatt .....	199
Anexo C – Ficha Técnica Daikin Multisplit.....	203



# Lista de Figuras

Figura 1 - Articulação dos aspetos da qualidade do ar interior com outras especialidades relacionadas com o conforto ambiental em edifícios (Júlio, 2020).....	5
Figura 2 - Fatores relevantes no projeto de um sistema de ventilação (Júlio, 2020) .....	7
Figura 3 - Diferentes estratégias de ventilação (Júlio, 2020) .....	8
Figura 4 - Tipos de Ventilação Natural (Ventilação Natural e Seu Uso Em Diferentes Contextos, 2023) .....	10
Figura 5 - Sistema VMC Fluxo Duplo (Soler&Palau, 2023) .....	11
Figura 6 - S&P ALTAIR – Unidade de recuperação de calor duplo fluxo (Soler&Palau, 2023) ...	12
Figura 7 - Unidade de ventilação descentralizada com recuperação de calor (Soler&Palau, 2023) .....	12
Figura 8 - Sistema VMC simples fluxo – Ventilação híbrida (Soler&Palau, 2023).....	13
Figura 9 - Comparativo de sistemas VMC(Soler&Palau, 2023) .....	14
Figura 10 - Green Roof ( Robert C. Brears   Mark and Focus   Nov, 2023) .....	16
Figura 11 - Requisitos dos edifícios de habitação novos (Tabela 1 retirada do Despacho n.o 6476-E/2021).....	18
Figura 12 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação - Portugal Continental, Umáx [W/(m <sup>2</sup> .°C)] (Tabela 1 retirada da Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de Julho, 2021) .....	19
Figura 13 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente envidraçada dos edifícios de habitação, Uw,máx [W/(m <sup>2</sup> .°C)] (Tabela 6 retirada da Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de Julho, 2021).....	19
Figura 14 - Vista Sul da primeira Casa Passiva em Darmstadt – Fotografia de Wolfgang Feist – Fonte:(The world’s first Passive House, Darmstadt-Kranichstein, Germany [Passipedia EN]) .....	23
Figura 15 - Princípios PassivHaus (Fonte: International Passive House Association   Criteria) 23	
Figura 16 - Vista em corte do projeto piloto Passivhaus Fonte: (Feist et al., 2020) .....	25
Figura 17 - Resultados das medições de consumo de energia na Casa Passiva em Darmstadt-Kranichstein;(Feist et al., 2020) .....	26
Figura 18 - Alçado Principal.....	28
Figura 19 - Planta Piso 0, Planta do Piso 1, Piso 2 e <i>Roof top</i> .....	28
Figura 20 - Dados Climáticos .....	29
Figura 21 - Coeficiente de redução. (Tabela 16 retirada do Manual SCE) .....	31
Figura 22 - Delimitação da Envolvente – Piso -1, Piso 0, Piso 1 e <i>Roof top</i> .....	32
Figura 23 - Fator de redução de massa superficial útil (Tabela 40 retirada do Manual SCE) ....	35
Figura 24 - Definição do consumo de água quente sanitária .....	36
Figura 25 - Sistema Solar Térmico: Consumo AQS.....	36
Figura 26 - Diagrama de Conforto - Estação de arrefecimento. Fonte: Tartarini et al., 2020 ...	40
Figura 27 - Diagrama de Conforto - Estação de aquecimento. Fonte: Tartarini et al., 2020 .....	40
Figura 28 - Modelação da habitação Revit.....	41
Figura 29 - Tabela de Espaços Térmicos – Revit .....	41

Figura 30 - Sistema de VMC Duplo Fluxo .....	42
Figura 31 - Caminho Crítico VMC Duplo Fluxo Ar – Novo .....	43
Figura 32 - Caminho Crítico VMC Duplo Fluxo – Extração .....	44
Figura 33 - Boca de Extração / Impulsão Borea - S&P.....	44
Figura 34 - Terminal de admissão de ar novo .....	44
Figura 35 - Terminal de exaustão de ar.....	44
Figura 36 - VMC de duplo Fluxo – SABIK 500 E S&P.....	45
Figura 37 - Gráfico de Desempenho – SABIK 500 E.....	45
Figura 38 - Sistema de VMC Duplo Fluxo .....	46
Figura 39 - Caminho Crítico VMC Simples Fluxo Ar Novo .....	47
Figura 40 - Aeradores autorreguláveis com moldura acústica altamente atenuante - ECA-RA - S&P .....	47
Figura 41 - TD-500/150-160 SILENT ECOWATT (230V 50/60) NE – S&P.....	48
Figura 42 - Gráfico de Desempenho – TD-500-7150-160 SILENT ECOWATT .....	49
Figura 43 - Vista 3D da Habitação – OpenStudio .....	52
Figura 44 – Zonas Térmicas - OpenStudio.....	52
Figura 45 - Configuração Sistema de Ventilação com recuperação de Energia - EnergyPlus....	53
Figura 46 - Análise mensal do consumo elétrico do ventilador – OpenStudio.....	55
Figura 47 - Transferência de calor na estação de Aquecimento - VMC Simples Fluxo .....	58
Figura 48 - Transferência de calor na estação de Aquecimento - VMC Duplo Fluxo Com Recuperação .....	58
Figura 49 - Transferência de calor na estação de Arrefecimento - VMC Simples Fluxo .....	59
Figura 50 - Transferência de calor na estação de Arrefecimento - VMC Duplo Fluxo Com Recuperação .....	59
Figura 51 - Gráfico Comparativo Cargas Térmicas .....	61
Figura 52 - $U_{bf}$ de pavimentos em contacto com o solo (Tabela 27 retirada do Manual SCE)...	75
Figura 53 $U_{bw}$ de paredes em contato com o terreno. (Tabela 30 retirada do Manual SCE).....	75
Figura 54 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares, $g_{tot, max}$ . (Tabela 8 retirada da Portaria n.o 138-I/2021 de 1 de julho).....	78

# Lista de Tabelas

Tabela 1 – Fatores e fontes que afetam a QAI e o conforto (APA,2010).....	6
Tabela 2 – Características Conceito Passivhaus.....	24
Tabela 3 – Requisitos Conceito Passivhaus.....	24
Tabela 4 – Levantamento dimensional .....	30
Tabela 5 – Materiais usados na construção.....	31
Tabela 6 – Determinação do valor de bztu. ....	32
Tabela 7 –Verificação de cumprimento de requisitos térmicos da envolvente opaca do edifício .....	33
Tabela 8 – Valor do coeficiente de transmissão térmica (U) do elemento em contacto com o solo da moradia em estudo .....	33
Tabela 9 – Verificação de cumprimento de requisitos térmicos .....	34
Tabela 10 – Pontes Térmicas Lineares .....	34
Tabela 11 – Caudal Mínimo de Ventilação - Método Simplificado.....	37
Tabela 12 – Caudais obtidos Norma NP 1037:2 - Compartimentos Principais .....	38
Tabela 13 – Caudais obtidos Norma NP 1037:2 - Compartimentos de Serviço.....	38
Tabela 14 – Caudais de ventilação preconizados.....	39
Tabela 15 – Condições Interiores de Conforto .....	40
Tabela 16 – Diâmetros comerciais obtidos VMC DUPLO FLUXO .....	42
Tabela 17 – Pontos de Funcionamento Equipamento Ventilação Duplo Fluxo.....	45
Tabela 18 – Diâmetros comerciais obtidos VMC SIMPLES FLUXO .....	46
Tabela 19 – Aeradores autorreguláveis .....	48
Tabela 20 – Ponto de Funcionamento Ventilador .....	48
Tabela 21 – Cargas Térmicas de Arrefecimento e Aquecimento - Parâmetro Ventilação - Revit .....	51
Tabela 22 – Cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento - Revit.....	52
Tabela 23 – Cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento – OpenStudio (EnergyPlus) [W] .....	53
Tabela 24 - Cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento-OpenStudio (EnergyPlus)[W/m <sup>2</sup> ] .....	53
Tabela 25 – Cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento – Ventilação com recuperação de energia - OpenStudio (EnergyPlus) [W] .....	54
Tabela 26 - Cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento- Ventilação com recuperação de energia - OpenStudio (EnergyPlus) [W/m <sup>2</sup> ] .....	54
Tabela 27 – Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores .....	55
Tabela 28 – Parâmetros bomba de calor produção água quente sanitária (Daikin) .....	55
Tabela 29 – Parâmetros do sistema de climatização .....	56
Tabela 30 – Coeficientes de transferência de calor .....	56
Tabela 31 – Valores de $Q_{tr, i}$ , $Q_{ve, i}$ e $Q_{gu, i}$ obtidos .....	57
Tabela 32 – Valores de $Q_{tr, v}$ , $Q_{ve, v}$ e $Q_{g, v}$ obtidos .....	58
Tabela 33 – Requisitos Conforto Térmico – Valores de $N_{ic}$ e $N_{vc}$ - VMC Simples Fluxo.....	59

Tabela 34 – Requisitos Conforto Térmico – Valores de $N_{ic}$ e $N_{vc}$ - VMC Duplo Fluxo Com Recuperação .....	59
Tabela 35 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária – VMC SIMPLES FLUXO .....	60
Tabela 36 – Indicadores de desempenho – VMC SIMPLES FLUXO .....	60
Tabela 37 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária - VMC DUPLO FLUXO COM RECUPERAÇÃO .....	60
Tabela 38 – Requisitos Desempenho Energético - VMC DUPLO FLUXO COM RECUPERAÇÃO..	61
Tabela 39 – Comparativo Cargas Térmicas .....	61
Tabela 40 – Comparativo Requisitos Conforto Térmico – Valores de $N_{ic}$ e $N_{vc}$ .....	62
Tabela 41 – Comparativo Desempenho Energético.....	63
Tabela 42 – Comparativo Desempenho Energético vs Passivhaus .....	63
Tabela 43 – Caraterização das soluções construtivas da Evolvente Opaca Vertical.....	74
Tabela 44 – Caraterização das soluções construtivas da Evolvente Opaca Horizontal .....	74
Tabela 45 – Constituição da Laje de Pavimento Térrea.....	75
Tabela 46 – Constituição da Parede da Fachada Exterior.....	76
• Tabela 47 – Localização, áreas e orientações dos vãos envidraçados.....	76
Tabela 48 – Caraterização vãos envidraçados .....	77
Tabela 49 – Valores de $UW_{DN}$ obtidos.....	77
Tabela 50 – Valor de $g_{tot}$ para os vãos envidraçados .....	79
Tabela 51 – Verificação de cumprimento de requisitos vãos envidraçados.....	79

# Acrónimos e Símbolos

## Lista de Acrónimos

ADENE	Agência para a Energia
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
EM	Estado Membro
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
XPS	<i>Expanded Polystyrene</i>
ETICS	<i>External Thermal insulation composite system</i>
GEE	Gases de Efeito de Estufa
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
MW	<i>Mineral Wool</i>
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i>
PH	<i>PassivHaus</i>
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
QAI	Qualidade do Ar Interior
REHVA	<i>Federation of European Heating, Ventilation and Air conditioning Associations</i>
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos edifícios.
UE	União Europeia
VMC	Ventilação Mecânica Controlada
XPS	<i>Extruded Polystyrene</i>
ZEB	<i>Zero Energy Building</i>

## Lista de Símbolos

$A$	Área da Secção	$m/s^2$
$A_{env,espaço}$	Soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares que servem o espaço, com exceção dos vãos orientados no quadrante norte, inclusive	$m^2$
$A_f$	Área do caixilho	$m^2$
$A_i$	Área do elemento $i$ da envolvente, medida pelo interior do edifício	$m^2$
$A_g$	Área transparente	$m^2$
$A_p$	Área interior útil de pavimento	$m^2$
$A_{pav}$	Área útil de pavimento do espaço servido pelos vãos envidraçados	$m^2$
$A_{p,solo}$	Área útil de pavimento em contacto com o solo	$m^2$
$A_u$	Somatório das áreas de envolvente que separa o espaço não útil do ambiente exterior	$m^2$
$A_W$	Área do vão envidraçado	$m^2$
$B_j$	Desenvolvimento linear da ponte térmica linear $j$ , medido pelo interior do edifício	$m$
$b_{ve,i}$	Fator de correção de temperatura na estação de aquecimento	
$D$	Diâmetro da conduta	$m$
$\Delta P_{tot}$	Diferença de pressão total no ventilador	$Pa$
$\Delta R$	Acréscimo da resistência térmica devido ao dispositivo de proteção solar e ao espaço de ar	$(m^2 \cdot ^\circ C)/W$
$F_f$	Fator de sombreamento por elementos opacos verticais adjacentes ao envidraçado, designadamente palas, outros corpos ou partes de um edifício;	
$F_o$	Fator de sombreamento por elementos opacos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, designadamente palas, varandas, outros corpos ou partes de um edifício;	
$F_{pu,j}$	Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia $j$ , excluindo renovável	$kWh_{EP}/kwh$
$G_D$	Número de graus-dias na estação de aquecimento, na base de $18^\circ C$	$^\circ C$

$G_{sul}$	Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento	kWh/ (m <sup>2</sup> .mês)
$g_{tot}$	Fator solar dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção totalmente ativados	
$g_{tot,max}$	Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares.	
$H_{adj}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes	W/°C
$H_{enu}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente em contacto com espaços interiores não úteis	W/°C
$H_{ext}$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente em contacto com o exterior	W/°C
$H_f$	Número de horas anuais de funcionamento do ventilador	h/ano
$H_{tr,i}$	Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento	W/°C
$H_{ve,i}$	Coeficiente de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento	W/°C
$I_t$	massa superficial útil por metro quadrado de área interior de pavimento	kg/m <sup>2</sup>
$l_g$	Desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho	m
$l_{gb}$	Desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho	m
$M$	Duração da estação de aquecimento	meses
$M_{si}$	massa superficial útil do elemento i	kg/m <sup>2</sup>
$N_i$	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
$N_{ic}$	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

$N_t$	Necessidades nominais anuais de energia primária de referência	kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
$N_{tc}$	Necessidades nominais globais de energia primária	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
$N_v$	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
$N_{vc}$	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
$n_{ocup}$	Número de ocupantes	
$P$	Perímetro exposto dado como o desenvolvimento total de parede medido pelo interior que divide o espaço interior útil do exterior, de espaços não úteis, do solo ou de edifícios adjacentes	m
$P_d$	Pé direito médio ponderado	m
PE	<i>Primary Energy</i>	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
PER	<i>Renewable Primary Energy</i>	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
$\psi$	Coefficiente de transmissão térmica linear	W/(m.°C)
$\psi_g$	Coefficiente de transmissão térmica linear da ligação da área transparente com o caixilho	W/(m <sup>2</sup> .°C)
$\psi_{gb}$	Coefficiente de transmissão térmica linear que traduz o efeito da quadrícula inserida no espaço de ar	W/(m <sup>2</sup> .°C)
$\psi_j$	Coefficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear $j$	W/(m.°C)
$R_{ph}$	Número de renovações horárias	h <sup>-1</sup>
$Q$	Caudal volúmico	l/s
$Q_{AN}$	Caudal de ar novo	m <sup>3</sup> /h
$Q_{aref}$	Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS de referência	kWh/ano
$Q_{Extração}$	Caudal de extração	m <sup>3</sup> /h
$Q_{gu,i}$	Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes	kWh/ano

$Q_{gu,i,ref}$	Ganhos térmicos úteis de referência na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes	kWh/ano
$Q_{g,v}$	Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento	kWh/ano
$Q_{g,v,ref}$	Ganhos térmicos brutos de referência na estação de arrefecimento	kWh/ano
$Q_{Sol,i,ref}$	Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar de referência na estação de aquecimento	kWh/ano
$Q_{tr,i}$	Energia calorífica transmitida através da envolvente do edifício na estação de aquecimento	kWh/ano
$Q_{tr,i,ref}$	Energia calorífica transmitida através da envolvente do edifício de referência na estação de aquecimento	kWh/ano
$Q_{tr,v}$	Energia calorífica transmitida através da envolvente do edifício na estação de arrefecimento	kWh/ano
$Q_{ve,i}$	Energia calorífica transmitida por ventilação na estação de aquecimento	kWh/ano
$Q_{ve,i,ref}$	Energia calorífica transmitida por ventilação de referência na estação de aquecimento	kWh/ano
$Q_{ve,v}$	Energia calorífica transmitida por ventilação na estação de arrefecimento	kWh/ano
$R_{NT}$	Rácio de classe energética em edifícios de habitação	
$R_{ph,i}$	Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento	$h^{-1}$
$r_i$	fator de redução da massa superficial útil do elemento i;	
$S_i$	área da superfície interior do elemento i	$m^2$
$T$	Temperatura	$^{\circ}C$
$U$	Coeficiente de transmissão térmica	$W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$
$U_f$	Coeficiente de transmissão térmica do caixilho	$W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$
$U_g$	Coeficiente de transmissão térmica da área transparente	$W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$

$U_i$	Coeficiente de transmissão térmica do elemento $i$ da envolvente	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
$U_W$	Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado não considerando dispositivos de proteção solar	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
$U_{WS}$	Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar ativados	$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$
$V_{enu}$	Volume do espaço interior não útil	$m^3$
$V_f$	Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador	$m^3/h$
$\dot{V}_{ins}$	Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor	$m^3/h$
$Vol$	Volume interior do compartimento	$m^3$
$v$	Velocidade de escoamento	$m/s$
$W_{vm}$	Consumo de energia elétrica do funcionamento do ventilador	$kWh/ano$
$\eta_{RC}$	Rendimento do sistema de recuperação de calor	
$\eta_{tot}$	Eficiência da unidade de ventilação baseada na pressão total	

# 1. Introdução

Neste capítulo é realizado um enquadramento sobre o tema do trabalho de projeto desenvolvido, definidos os objetivos que se pretendem alcançar, apresentada a metodologia utilizada, e a estrutura do presente documento.

## 1.1. Contextualização

O aumento das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, resultante das ações do Homem, origina efeitos nefastos na vida humana e do planeta. Assim, ao longo das últimas décadas, têm surgido medidas para contrariar o efeito de estufa, promovendo a sustentabilidade, de forma a preservar o planeta e a garantir a continuidade da vida humana,

De acordo com o Parlamento Europeu e do Conselho (2018) na Diretiva (UE) 2018/ 844, o parque imobiliário é responsável por cerca de 36% das emissões de gases com efeito de estufa (GEE), e aproximadamente 40% do consumo de energia da União de Europeia (UE). O setor residencial representa 26.1% do consumo final de energia e 16.6% do consumo interno bruto de energia. Assim sendo, a UE, tem vindo a publicar e implementar políticas de eficiência energética e produção de energia renovável relativa ao desempenho energético dos edifícios, objetivando a diminuição das emissões de gases com efeito de estufa e a descarbonização do parque imobiliário a longo prazo até 2050. Uma análise do impacto da implementação das Diretivas Europeias por parte dos Estados Membros, relativamente às metas traçadas para 2030 e 2050, indicaram uma potencial redução de 41% no consumo energético do parque imobiliário até 2050 atingindo um estatuto quase livre de carbono, e uma redução de cerca de 94% de GEE em comparação com 2019. (Maduta et al., 2023)

Segundo a Comissão Europeia (2023), as emissões líquidas totais de GEE diminuíram em cerca de 3.0% numa base anual, mantendo a tendência descendente dos últimos 30 anos, contudo para alcançar uma redução de 55% das emissões até ao final da década, é necessário acelerar o ritmo de redução das emissões de modo a quase triplicar a redução média anual alcançada na última década.

Os edifícios Nearly Zero Energy Building (NZEB), “edifícios com necessidades quase nulas de energia”, surgiram como uma medida, para alcançar as metas traçadas pela UE, com vista a melhorar a eficiência energética no setor dos edifícios. A legislação portuguesa, tem sido alvo de sucessivas atualizações, para promover a construção destes edifícios.

## Introdução

Uma análise recente sobre informações energéticas de edifícios, identifica a parcela dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) como os principais consumidores de energia nos edifícios, refletindo-se em 38% do consumo global de energia final. (Krajčík et al., 2023). O sexto relatório de avaliação do painel intergovernamental sobre as Alterações Climáticas, prevê que a temperatura global média nos próximos 20 anos aumente mais de 1.5°C comparativamente o período pré-industrial. Este aumento de temperatura irá inequivocamente afetar os parâmetros de conforto do ambiente interior, conduzindo a um aumento significativo de consumo de energia dos sistemas AVAC. (IPCC, 2023)

A seleção de medidas técnicas é fulcral para perfazer um equilíbrio entre os requisitos energéticos e o nível de conforto térmico, uma vez que se estima que cerca de 80-90 % do tempo das pessoas é passado dentro de locais fechados, quer nas suas habitações, nos seus locais de trabalhos, meios de transporte, ou atividades de lazer. Torna-se assim imperativo que nesses espaços o ar se encontre livre de poluentes. Para tal é necessário garantir a ventilação dos espaços, sem comprometer o conforto dos ocupantes. (Seitablaiev & Umaroğulları, 2018).

Com a evolução das construções dos edifícios, e da estanquidade dos mesmos, caminhamos para uma redução significativa da taxa de infiltrações, o que resulta em reduzidas taxas de ventilação natural e, conseqüentemente são potenciadas situações de desenvolvimento de bolores e de condensações no interior dos edifícios. Como resultado, os sistemas de ventilação mecânica têm sido cada vez mais instalados em novos edifícios residenciais e na reabilitação de edifícios. Um estudo liderado pela UE prevê um aumento desta tendência num futuro próximo. (Rob van Holsteijn et al., 2020)

As exigências de ventilação e conforto térmico, resultam num aumento de perdas energéticas, uma vez que a temperatura a que se encontra o ar dentro dos espaços é diferente à do ar novo que se pretende introduzir, e que, provém normalmente do exterior, levando assim a uma necessidade de previamente este ar ser tratado e climatizado, o que resulta num aumento do consumo energético.

Um estudo realizado em cinco Estados Membros da União Europeia estimou que a melhoria dos sistemas de ventilação num edifício pode resultar numa redução de 14% e 19% no consumo de energia, no caso de ser residencial e não residencial, respetivamente. (Mata et al., 2018) Segundo Liu et al. (2023) em edifícios com elevados níveis de isolamento térmico, as perdas térmicas por ventilação podem representar mais de 50% da perda total de energia se não for utilizada recuperação de calor. Foi demonstrado que os sistemas de recuperação de calor podem recuperar entre 60 e 95% das perdas de energia por ventilação em climas frios. (Bai et al., 2022)

A estimulação de uma transição energética eficiente, numa época de constante mudança e desenvolvimento tecnológico promove o desenvolvimento de equipamentos, que permitam a renovação do ar interior com consumos energéticos mais baixos. Assim, o presente estudo pretende demonstrar o impacto da instalação de equipamentos de ventilação com recuperação de energia no consumo energético em edifícios residenciais NZEB, e de que forma esta medida vai de encontro às metas traçadas pela União Europeia.

## 1.2. Objetivos

A Ventilação é fundamental para promover uma boa Qualidade do Ar Interior nos edifícios, contudo, envolve consumos de energia consideráveis. No âmbito da melhoria da eficiência energética no setor dos edifícios, têm surgido novos equipamentos para diferentes tipos de ventilação, e, pretende-se com este trabalho comparar os consumos energéticos das diversas soluções de ventilação, e perceber de que forma a aplicação de ventilação com recuperação de energia poderá ou não ser vantajosa para redução do consumo energético de uma construção NZEB. Optou-se por estudar dois tipos de configuração de ventilação, ventilação mecânica de simples fluxo e ventilação mecânica de duplo fluxo com recuperação de energia, numa moradia.

## 1.3. Metodologia

Para a realização da presente dissertação optou-se por, numa primeira fase, reunir informação de bibliografia consultada que serviu como suporte para o desenvolvimento do trabalho, e possivelmente servirá também para balizar os resultados obtidos e a validação dos mesmos.

De seguida, realizou-se uma análise detalhada de um caso de estudo real, considerando duas configurações diferentes de sistemas de ventilação mecânica, uma de simples fluxo, e outra com duplo fluxo com recuperação de energia. Recorrendo a diversas ferramentas computacionais, nomeadamente a folha de cálculo da ITECONS, a folha de cálculo do SCE e a softwares como o Revit e o EnergyPlus através da interface gráfica OpenStudio, analisou-se o desempenho energético do edifício nas duas configurações.

## 1.4. Estrutura

Este documento encontra-se dividido em cinco capítulos, nomeadamente Introdução, Revisão Bibliográfica, Métodos e Aplicação, Resultados e Discussão e Conclusão.

No 1º Capítulo – Introdução, faz-se um breve enquadramento e contextualização do âmbito do trabalho, expondo os objetivos e as diversas metodologias aplicadas.

No 2º Capítulo, apresenta-se uma breve revisão bibliográfica. Introduzem-se alguns conceitos básicos para compreensão e solidificação do presente trabalho, nomeadamente a descrição dos diversos tipos de ventilação utilizadas nos edifícios, e as tipologias de construção de edifícios.

No 3º Capítulo – Métodos e Aplicação, apresenta uma abordagem descritiva da metodologia utilizada com o objetivo de caracterizar o desempenho energético do edifício caso de estudo, e o dimensionamento do sistema de ventilação.

No 4º Capítulo – Resultados e Discussão, são apresentados e discutidos os resultados obtidos pelos diferentes métodos, numericamente e nas simulações.

O Capítulo 5 – Conclusão – são apresentadas as conclusões gerais do estudo desenvolvido.

Por último, são apresentados os apêndices e anexos que serviram de suporte para a realização deste trabalho

## **1.5. Empresa de Parceria de Projeto**

Este trabalho de projeto foi proposto pela empresa Soler&Palau, uma empresa líder mundial em ventilação, com foco em desenvolver soluções energeticamente eficientes e inovadoras para melhorar a qualidade do ar interior. Fundada em 1951, a S&P é conhecida pela sua tecnologia própria, com mais de 120 patentes, e pela sua presença global, com fábricas e filiais nos cinco continentes. A oferece uma vasta gama de produtos para os setores residencial, comercial e industrial. No desenvolvimento deste projeto, a Soler&Palau colocou à disposição os equipamentos de ventilação utilizados como soluções de ventilação para o caso de estudo a ser analisado ao longo do relatório.

## 2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo abordam-se alguns conceitos essenciais, que servem de suporte para a realização do relatório de projeto, assim como se descreve informação atualizada sobre o estado da arte.

### 2.1. Qualidade do Ar Interior

De acordo com Wyon & Wargocki (2005), uma má qualidade do ar interior nos espaços, gera efeitos negativos nos ocupantes de um espaço, tais como dor de cabeça, cansaço, irritações, secura das vias respiratórias e falta de concentração. O ambiente interior dos edifícios pode ser contaminado por diversas fontes, nomeadamente através dos materiais utilizados na sua construção e da atividade humana, uma vez que o corpo humano ao respirar não só consome o oxigénio como produz e liberta CO<sub>2</sub>, vapor de água e odores.

A norma 62.2 da ANSI/ASHRAE (2022) define uma qualidade do ar interior aceitável como aquela para a qual uma maioria significativa dos ocupantes não expressa qualquer insatisfação relativamente ao odor e à irritação sensorial, e no qual não é provável existirem contaminantes em concentrações que representem um risco para a saúde.

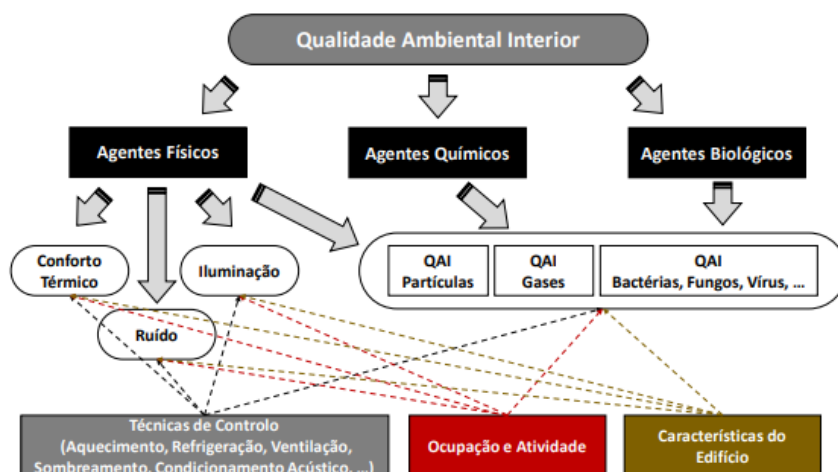


Figura 1 - Articulação dos aspetos da qualidade do ar interior com outras especialidades relacionadas com o conforto ambiental em edifícios (Júlio, 2020)

Os poluentes podem ser encontrados em espaços inadequadamente ventilados e onde a renovação de ar interior é baixa, e não devem atingir determinados valores limite considerados

nocivos para a saúde humana. Os poluentes que comprometem a QAI numa habitação são provenientes de uma diversidade de fontes emissoras, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Fatores e fontes que afetam a QAI e o conforto (APA,2010)

AGENTES	FATOR	FONTE
FÍSICOS	Temperatura e Valores Extremos de Humidade	Colocação inadequada dos dispositivos de medição (termostatos), deficiente controlo de humidade, incapacidade do edifício de compensar extremos climáticos, quantidade de equipamentos instalados e densidade ocupacional.
	Radão	Solo de zonas graníticas, materiais de construção.
QUÍMICOS	Dióxido de Azoto	Processos de combustão (aquecimento e confeção de alimentos).
	Dióxido de Carbono	Número de ocupantes, queima de combustíveis fósseis, (gás, aquecedores, etc.), fumo do tabaco.
	Monóxido de Carbono	Emissões de veículos (garagens, entradas de ar), produtos de combustão, fumo do tabaco.
	Material Particulado (PM)	Fumo do tabaco, processos de combustão (aquecimento e confeção de alimentos), entradas de ar exterior, papel, isolamento de tubagens, resíduos de água, carpetes e alcatifas, filtros de AVAC, limpezas.
	Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Equipamento eletrónico (Fotocopiadoras, impressoras e computadores), revestimentos (carpetes, alcatifas, isolamentos acústicos e térmicos), mobiliário (aglomerados de madeira, espumas, material plástico), produtos de acabamento (tintas, adesivos, calafetagem, solventes) materiais de construção, produtos de limpeza/ desinfeção, produtos de higiene pessoal (perfumes, laca), aromatizantes (velas, incensos, sprays, óleos), processos de combustão (sistemas de aquecimento, fumo do tabaco), pesticidas.
	Benzeno	Produtos derivados da madeira, fumo do tabaco.
	Naftaleno	Fumo do tabaco, naftalina.
	Ozono	Fotocopiadoras, impressor laser, aparelhos de limpeza
	Formaldeído	Desinfetantes, pesticidas, madeira prensada, contraplacado não selado, isolamento de espuma de ureia - formaldeído, materiais de construção, mobiliário, material têxtil, isolantes, adesivos, colas, tintas, carpetes, fumo do tabaco, papel químico, solventes de lacas e resinas.
BIOLÓGICOS	Matéria microbiana	Água estagnada em sistemas de AVAC, materiais molhados e húmidos, desumidificadores, condensadores das torres de arrefecimento, torres de refrigeração, pólen, alcatifas, bolores e ácaros, animais domésticos (cão e gato).

Os sintomas associados à exposição ao ar contaminado são vários, como por exemplo boca e nariz secos, febre, tremores, dores musculares, espasmos, dor de cabeça, náusea, alergia, dermatite, tosse, produção excessiva de catarro, aperto no peito, bronquite, asma, legionella, febre de Pontiac e até mesmo riscos mais graves, como cancro do pulmão. (Seitablaiev & Umaroğulları, 2018)

## 2.2. Importância da Ventilação nos Edifícios

A norma 62.2 da ANSI/ASHRAE (2022), define ventilação como o processo através do qual se fornece ar exterior e/ou remove ar de um espaço, por meio de ventilação natural ou mecânica. Ou seja, a ventilação consiste na troca do ar viciado e poluído, por ar novo proveniente do exterior, com a finalidade de remover/diluir os poluentes gerados no interior do edifício e garantir os níveis de oxigénio suficientes, quer para os ocupantes dos espaços, quer para dispositivos de combustão.

A prevenção dos problemas de qualidade do ar interior deve ser conseguida através da utilização de regras de boas práticas, nomeadamente um ajustamento das taxas de ventilação dos espaços interiores. Taxas de ventilação mais altas asseguram uma melhor qualidade do ar interior, mas podem significar um aumento no consumo de energia, devido à necessidade de tratar o ar novo, para proporcionar condições de conforto aos ocupantes. A definição dos requisitos de ventilação para espaços interiores com ocupação humana é um problema delicado que exige um equilíbrio entre vários fatores, como a Qualidade do ar Interior (QAI), o conforto térmico e acústico, o consumo de energia e os custos de construção, instalação e posterior manutenção. O dimensionamento do sistema de ventilação deverá então ter em conta estes fatores, esquematizados na Figura 2.

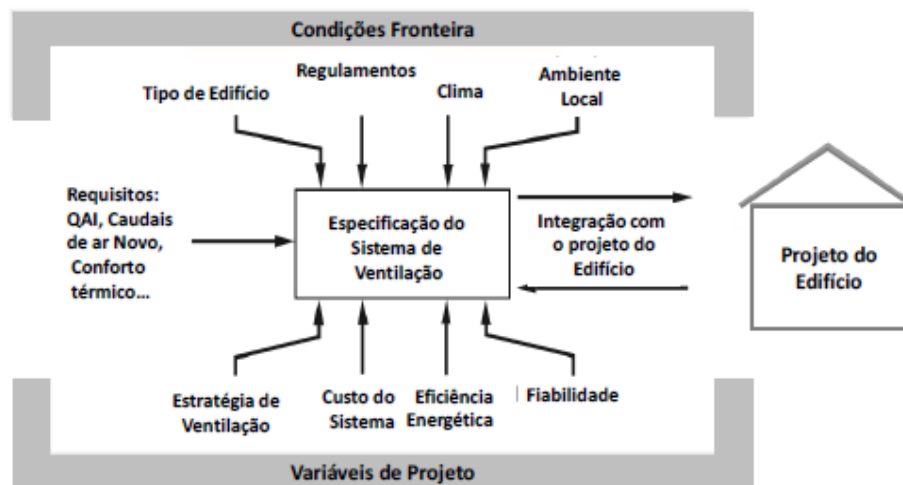


Figura 2 - Fatores relevantes no projeto de um sistema de ventilação (Júlio, 2020)

A importância de uma ventilação adequada foi reforçada pela crise da COVID-19, no “*REHVA COVID-19 guidance document*”, (REHVA, 2020) as recomendações para edifícios existentes concentraram-se no uso de ventilação natural, sempre que possível, e o uso da ventilação mecânica para garantir as taxas mínimas de renovação do ar do espaço.

Os caudais de ventilação necessários para assegurar a QAI dependem do tipo de poluentes libertados no espaço, da sua taxa de libertação e do poluente predominante. Sabendo estes parâmetros, é possível determinar os caudais de ventilação necessários para garantir que a concentração dos poluentes não excede os limites recomendados, consultando normas e regulamentos, nomeadamente na Portaria nº138-I/2021.

## 2.3. Tipos de Ventilação

A renovação do ar interior de um edifício por ar exterior dá-se como resultado da diferença de pressão entre o interior e o exterior, provocando escoamentos em todos os pontos da envolvente em que há aberturas ou frinchas que permitem a movimentação do ar. No caso de a renovação do ar resultar da existência de aberturas criadas propositadamente na envolvente, o processo designa-se por Ventilação Natural, Mecânica ou Híbrida, enquanto quando resulta da existência involuntária e não controlável, de frinchas/fendas, o processo designa-se por Infiltração. Neste capítulo descreve-se, detalhadamente, os diferentes tipos de estratégias de ventilação, e enumeram-se as suas vantagens e desvantagens.

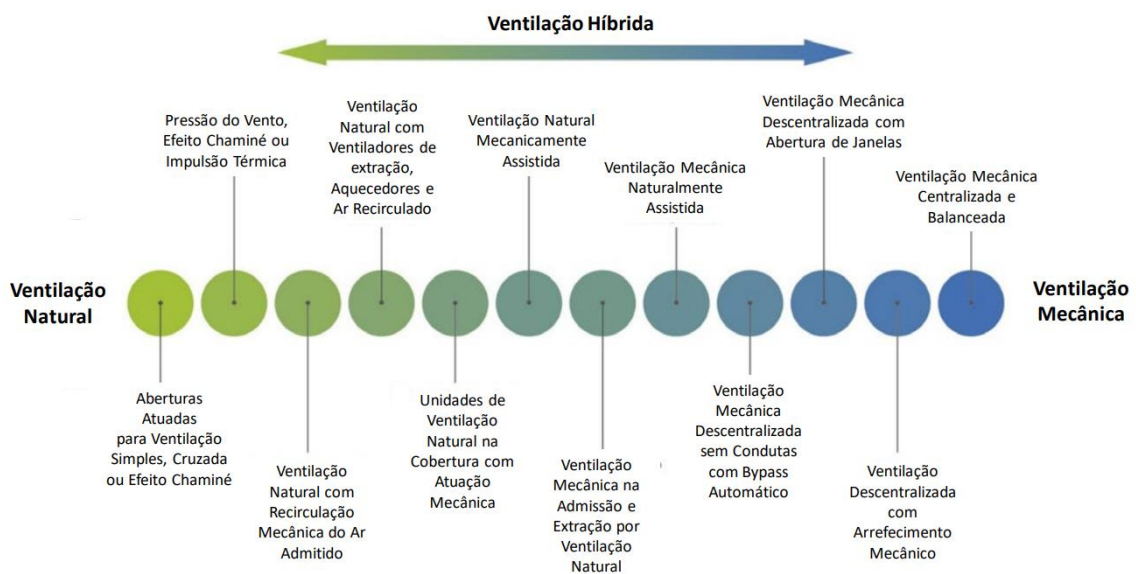


Figura 3 - Diferentes estratégias de ventilação (Júlio, 2020)

### 2.3.1. Ventilação Natural

A ventilação natural consiste no aproveitamento do fluxo de ar que atravessa portas, janelas, grelhas e outras penetrações da envolvente do edifício, resultante das diferenças de pressão causadas pela ação desse ar exterior nas superfícies do edifício. Extensas pesquisas demonstram que um bom projeto de ventilação natural pode ajudar na prevenção eficaz da contaminação do ar interior e na redução dos riscos da Síndrome do Edifício Doente. Está também comprovado que a produtividade dos ocupantes aumenta com ventilação natural devido à menor concentração de dióxido de carbono e ao melhor conforto térmico. O modelo de conforto térmico adaptativo comprova que em edifícios com ventilação natural, os ocupantes conseguem tolerar um intervalo maior de temperaturas em comparação a edifícios com ar condicionado. (Gupta et al., 2020)

Dado que o ar novo provém do exterior, um fator com extrema importância no processo de decisão de adoção de um sistema de ventilação natural é o zonamento climático onde está inserido o edifício. Em climas temperados, com amplitudes térmicas significativas, o recurso à ventilação natural é particularmente eficiente durante o período noturno, devido ao

decréscimo da temperatura do ar exterior, o sistema retira partido das amplitudes elevadas dia/noite e utiliza a ventilação para arrefecer o edifício. Esta é uma boa estratégia no contexto climático português, que mesmo no pico da estação de arrefecimento (Verão), a temperatura média é, habitualmente, inferior à temperatura de conforto.

Em climas amenos, o impacto económico de uma solução de ventilação natural nos custos energéticos associados à garantia de um ambiente termicamente confortável no interior de um edifício, é muito menor do que em climas mais severos. A abertura de uma janela num edifício implantado numa zona onde a temperatura é próxima da temperatura interior de conforto não tem praticamente custos energéticos nem consequências no ambiente térmico, o mesmo não se pode afirmar se o ambiente exterior for muito frio ou muito quente.

Nas estações de transição, pode substituir a ventilação mecânica, uma vez que é uma opção mais económica, destacando-se pela sua eficiência energética. O uso de ventilação natural consegue poupar entre 20% a 40% do consumo de energia de acordo com o clima local. No caso de países com clima tropical, a ventilação natural pode garantir um ambiente interior confortável termicamente durante 20% do ano, e estima-se que pode reduzir até 90% das horas de ventilação mecânica durante o verão em climas temperados. (Jiang et al., 2023)

Trata-se de uma técnica frequentemente utilizada, uma vez que o investimento inicial é de baixo custo, envolve baixos custos de operação e manutenção e não necessita de grandes áreas técnicas, no entanto é uma ventilação dispendiosa pela perda do conforto térmico; Num contexto urbano, a ventilação natural pode ser acompanhada por efeitos adversos, como deterioração da qualidade do ar ambiente, ruído proveniente da rua, ganho ou perda excessivo de calor em condições climáticas extremas, tem ainda a desvantagem de não ser filtrada, pelo que permite a entrada de contaminantes.

A ventilação natural é de difícil controlo sendo praticamente impossível assegurar as taxas de ventilação mínimas recomendadas, durante todo o ano. Durante o Verão, por exemplo, como o gradiente de temperaturas entre o interior e o exterior é pequeno e a velocidade do vento é reduzida, os caudais de ar circulados no edifício são reduzidos. Podem assim existir situações, em que ocorrem inversões do fluxo de ar e até mesmo períodos em que os caudais são exageradamente elevados. As necessidades energéticas, no Inverno, aumentarão, diretamente, com as taxas de ventilação que, na ventilação natural, varia com a velocidade e direção do vento e com as diferenças de temperatura entre o interior e o exterior do edifício.

Nos últimos anos tem-se testemunhado complicações como o aquecimento global, crises energéticas e problemas de saúde, que poderiam ser moderados por sistemas de ventilação natural devidamente concebidos nos edifícios. A tendência futura do uso de ventilação natural pode ser afetada pelas mudanças climáticas, que deverá resultar em temperaturas globais ou locais mais elevadas. Estes fatores podem contribuir para incertezas adicionais que podem limitar potencialmente a usabilidade da ventilação natural.

A ventilação natural pode ser classificados em três tipos, conforme ilustrado na Figura 4.



Figura 4 - Tipos de Ventilação Natural (Ventilação Natural e Seu Uso Em Diferentes Contextos, 2023)

**Ventilação unilateral (*Single Side Ventilation (SSV)*, uma ou várias aberturas na mesma parede)**

Este tipo de ventilação natural é o mais usual, sendo a diferença de temperaturas o parâmetro responsável pela circulação do ar. É uma estratégia de fácil aplicabilidade em edifícios com apenas uma fachada, e demonstra ser vantajosa quando comparada com a ventilação cruzada particularmente naqueles cujo espaço perimetral é profundo. (Jiang et al., 2023)

Todavia, edifícios com aberturas numa única fachada são de ventilação difícil, mesmo nos períodos em que o vento incide diretamente nas mesmas, devido à probabilidade do escoamento ficar limitado à área mais próxima das aberturas, fazendo uma espécie de curto-circuito. Assim sempre que possível, é desejável a colocação das aberturas o mais espaçadas possível, como forma de melhorar o escoamento. (Zhong et al., 2022)

**Ventilação Cruzada (*Cross Ventilation*, aberturas nas diferentes paredes)**

Na ventilação cruzada o fluxo de ar é impulsionado pelo vento, como resultado da diferença de pressão em aberturas de fachadas opostas. Esta estratégia revela uma boa capacidade em garantir a qualidade do ar interior, e satisfazer um ambiente térmico confortável em 70% do tempo. (Jiang et al., 2023)

A desvantagem desta estratégia reside no facto de ocasionalmente ocorrerem rajadas de vento que resultam em altas taxas de ventilação que provocam correntes de ar e ruídos indesejados.

A bibliografia consultada reconhece que a ventilação cruzada supera a ventilação unilateral nos seguintes aspetos: Oferece taxas de ventilação mais altas, melhor qualidade do ar interior e maior capacidade de arrefecimento, isto deve-se à maior diferença de pressão entre as diferentes fachadas, o que elimina o efeito de curto-circuito observado na ventilação natural. (Jiang et al., 2023)

**Ventilação Stack (*Stack Ventilation*, aberturas em diferentes alturas)**

O fluxo de ar é impulsionado principalmente pelas diferenças de temperatura nas várias alturas do edifício. O ar mais frio e denso entra pela abertura inferior e é posteriormente aquecido por fontes de calor internas. Como resultado, o ar mais quente torna-se menos denso e sobe dentro do espaço vertical do edifício, acabando por ser exaurido pela abertura superior. Este processo de ventilação é, portanto, resultado das diferenças na densidade do ar criadas pelas variações de temperatura. Esta técnica é vulgarmente conhecida como efeito de chaminé.

### 2.3.2. Ventilação Mecânica Controlada

Um sistema de ventilação mecânica utiliza um ou mais ventiladores, para gerar gradientes de pressões dentro de um edifício. Este sistema permite o controlo dos caudais de insuflação/extração, que são conduzidos até aos elementos de difusão através de uma rede de condutas. No caso da extração de ar, provoca-se uma depressão no interior do edifício, para remoção do ar, que deverá ser depois repostos pela insuflação de ar novo.

Quando um sistema de ventilação transposta ar novo para um espaço, deverá tratar o ar para as condições desejáveis. A ventilação com recuperação de energia permite que o calor ou o frio do ar a ser extraído seja recuperado e transferido para o ar novo, permitindo uma redução significativa das perdas/ganhos de energia térmica quando comparada com a ventilação natural, em situações de aquecimento/ arrefecimento, respetivamente.

Segundo Mustafa et al.(2023) em climas mais amenos 90% do tempo a ventilação mecânica com recuperação de calor não é necessária. A ventilação mecânica com recuperação de calor é mais adequada para regiões climáticas mais frias em comparação com a ventilação natural, uma vez que proporciona mais horas de conforto térmico em regiões mais frias quando comparado com os sistemas de ventilação.

- **Sistemas de duplo fluxo - Ventilação com recuperação de energia**

Nos sistemas de ventilação de duplo fluxo, o processo de extração é nas zonas húmidas das casas, ou seja, cozinhas e casas de banho, e a insuflação nas zonas secas da casa, ou seja, quartos e sala. Os sistemas de duplo fluxo incluem um permutador de calor, que recupera parte da energia do ar de extração para o ar de admissão, reduzindo o consumo de energia dos sistemas e do ar condicionado, podendo a poupança gerada alcançar cerca de 90%, em certas circunstâncias. A diferença de temperaturas entre o ar do interior da habitação que se está a extrair e a do ar exterior que está a ser insuflado, permite que o equipamento funcione com eficiências consideravelmente elevadas, ao longo do ano. No inverno, o ar admitido é aquecido, e no verão é arrefecido, através do aproveitamento térmico do permutador de calor, para reduzir o consumo de energia gasto na climatização.(Soler&Palau, 2023).



Figura 5 - Sistema VMC Fluxo Duplo (Soler&Palau, 2023)

As unidades de ventilação com recuperação de energia são dispositivos compactos que desempenham funções cruciais, incluindo ventilação mecânica e tratamento do ar, recuperando calor e/ou humidade entre correntes de ar distintas. Compostas por ventiladores, permutadores de calor, filtros e sistemas de controlo, essas unidades são extremamente eficientes em termos energéticos, reduzindo o consumo total de sistemas AVAC e assegurando a Qualidade do Ar Interior.



Figura 6 - S&P ALTAIR – Unidade de recuperação de calor duplo fluxo (Soler&Palau, 2023)

As unidades de ventilação de recuperação de calor (HRV) integradas na parede, descentralizadas e sem dutos com um trocador de calor regenerativo de cerâmica podem igualar a eficácia de recuperação de calor sensível dos sistemas de ventilação central com recuperação de calor sensível convencional. Através da alta taxa de recuperação de calor sensível e da alta capacidade de calor da pedra cerâmica, a perda de calor por ventilação pode ser efetivamente reduzida. (Niemia & Jadwiszczak, 2023)



Figura 7 - Unidade de ventilação descentralizada com recuperação de calor (Soler&Palau, 2023)

### 2.3.3. Ventilação Híbrida

A ventilação híbrida conjuga as estratégias de ventilação natural e mecânica, usando diferentes recursos desses sistemas em diferentes momentos do dia ou estação do ano, com o objetivo de minimizar o consumo energético, mantendo a qualidade de ar interior e o conforto térmico dos ocupantes. A principal diferença entre um sistema de ventilação convencional e um sistema híbrido é o facto de o último possuir um sistema de controlo inteligente, que pode alternar automaticamente entre modos naturais e mecânicos, de modo a minimizar o consumo de energia, criando oportunidades para maior otimização e melhoria da qualidade geral da ventilação.

A ventilação híbrida cumpre os altos requisitos de desempenho, mostrando-se como uma estratégia equilibrada relativamente ao consumo de energia e desenvolvimento sustentável, permitindo otimizar o equilíbrio entre a qualidade do ar interno, o conforto térmico, o uso de energia e o impacto ambiental. Conclui-se que é uma estratégia que bem controlada promove

a ventilação natural que é conveniente para manter espaços interiores saudáveis e, ao mesmo tempo, poupa energia. (Tognon et al., 2023)

- **Sistemas de simples fluxo**

Estes sistemas possibilitam a ventilação da habitação como um todo, considerando as necessidades de cada divisão de acordo com o seu uso, sempre com o objetivo de garantir a qualidade do ar em cada uma delas.



Figura 8 - Sistema VMC simples fluxo – Ventilação híbrida (Soler&Palau, 2023)

A admissão faz-se através dos arejadores colocados nas fachadas e a extração através de ventilação mecânica. A rede de condutas permite conduzir o ar viciado para o exterior. Estes sistemas distinguem-se pela capacidade de renovar permanentemente o ar, eliminando humidades e maus odores. Dentro dos sistemas simples fluxo existem dois tipos com diferentes características: autorreguláveis e higrorreguláveis.

**1) Sistema simples fluxo autorregulável:**

As bocas de extração das áreas húmidas e os arejadores nas fachadas das zonas secas modificam a área de passagem de ar, em função da pressão disponível à qual são submetidos, a fim de equilibrar a instalação e limitar uma admissão excessiva de ar, mantendo assim o fluxo constante.

**2) Sistema simples fluxo higrorregulável:**

A superfície de passagem de ar, tanto dos arejadores como das bocas de extração, é ajustada automaticamente com base na humidade da divisão em que estão localizados, adaptando os caudais em função das necessidades deste parâmetro. Havendo variação de caudal, este sistema consegue obter alguma poupança energética face ao sistema autorregulável. Com este sistema a renovação do ar é permanente, garantindo sempre um fluxo de ventilação mínima, e como o caudal é regulado em função da humidade, o risco de condensação é reduzido ao máximo.

	Poupança energética	Isolamento acústico	Ruído gerado	Filtragem ar novo	Conforto térmico	Proteção contra humidades	Simplicidade montagem	Manutenção	Custo aquisição
SIMPLES FLUXO AUTO			•			•	••	••	•••
SIMPLES FLUXO HIGRO	••	•	••	•	••	•••	••	••	••
DUPLO FLUXO	•••	•••	•	•••	•••	•••	••		•

Figura 9 - Comparativo de sistemas VMC(Soler&Palau, 2023)

A Figura 9, compara resumidamente em termos de poupança energética, isolamento acústico, ruído gerado, conforto térmico, proteção contra humidades, facilidade de montagem, manutenção e custo de aquisição as diferentes soluções apresentadas. (Soler&Palau, 2023)

## 2.4. NZEB, ZEB e Passivhaus

### 2.4.1. Medidas de Eficiência Energética: Soluções Passivas

As soluções passivas constituem medidas relativas ao edifício e à sua envolvente, tendo em conta, entre outras coisas, os seus aspetos construtivos, essencialmente, relacionadas com o seu isolamento térmico, os vãos envidraçados e com sistemas de revestimento de telhados

**Forma, Localização e Orientação do Edifício:** A forma, a localização e a orientação de um edifício são cruciais no desempenho energético do mesmo.

- A forma porque se verifica que é, quanto maior for a superfície que envolve o volume do edifício, maior será a transferência de calor para o exterior, portanto a relação superfície/volume, deve ser o mais baixa possível.
- A localização porque as condições climáticas impactam fortemente as necessidades térmicas de um edifício. Em Portugal, o zonamento climático divide-se em três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3), correspondendo as zonas I1 a locais com menores necessidades de aquecimento no inverno, enquanto as zonas I3 terão necessidades mais elevadas. Analogamente, as zonas V1 correspondem a locais com menores necessidades de arrefecimento no verão, sendo as zonas V3 correspondentes a locais com necessidades mais elevadas.
- A orientação, uma vez que o aproveitamento da radiação solar permite melhorar consideravelmente o seu desempenho energético. (Mohammed et al., 2023)

**Envolvente opaca:** A eficiência térmica da envolvente é fortemente afetada pelo isolamento térmico, uma vez que não só aumenta a sua eficiência energética, como reduz drasticamente os custos associados ao aquecimento e arrefecimento do mesmo. Os isolantes térmicos são materiais de baixa densidade, caracterizados pela sua elevada resistência térmica, podendo ser de diversas origens (sintética, mineral ou vegetal). Os mais frequentemente utilizados são o poliestireno expandido, o poliestireno extrudido (XPS), a espuma de poliuretano, o aglomerado de cortiça, entre outros. Novas soluções técnicas têm surgido e destacam-se os aerogéis,

painéis de isolamento a vácuo (VIP, do inglês *Vacuum Insulated Panels*) e materiais de mudança de fase (PCM, do inglês *Phase Change Materials*).

- A condutibilidade térmica do aerogel toma valores entre 0,013 e 0,014 W/m.°C, e tem uma alta transmissibilidade da luz do dia e da energia solar, no entanto, devido ao seu custo elevado, tem uma baixa taxa de aplicabilidade.
- Os VIP caracterizam-se por uma condutibilidade térmica na ordem dos 0,004 W/m.°C, permitindo a utilização de camadas isolantes muito finas, sendo a sua utilização igualmente limitada pelos custos de implementação.
- Os PCM, exploram a inércia térmica, para armazenar e libertar ao longo do tempo, permitindo evitar fenómenos de sobreaquecimento no verão e manter as condições interiores no inverno, reduzindo os requisitos energéticos para aquecimento/arrefecimento. A inércia térmica de um material funciona, assim, contrariando os picos climáticos exteriores, e é uma característica dos materiais pesados e densos. A eficácia dos sistemas baseados nesses materiais depende de fatores como as condições climáticas, as características intrínsecas do material, como a sua condutibilidade térmica, e as características de instalação. O ponto de fusão e as condições de ventilação são essenciais para garantir o correto processo de mudança de fase, permitindo uma redução considerável de situações de sobreaquecimento.
- As paredes de Trombe exploram o mecanismo de inércia térmica, possuindo uma grande capacidade de armazenar calor sendo uma tecnologia solar passiva e são utilizadas tanto para situações de aquecimento/ arrefecimento, dependendo da configuração da superfície envidraçada e das suas aberturas. Conciliando a parede de Trombe com os PCM, é possível melhorar a inércia térmica do sistema, assim como melhorar o seu desempenho em situações de aquecimento.

As coberturas são as superfícies da envolvente de um edifício que contribuem mais significativamente para as trocas de calor com o exterior, uma vez que são o elemento construtivo com maior nível de exposição solar, sendo, por isso, crucial aumentar a eficiência das mesmas, de modo a diminuir as necessidades energéticas do edifício. Uma solução para a melhoria do desempenho de edifícios passa pela implementação de green roofs (coberturas verdes) e cool roofs (coberturas frias), cuja eficácia depende essencialmente do clima e das características do edifício.

- Os green roofs consistem numa camada de vegetação, plantada sobre um sistema de impermeabilização instalado no telhado de um edifício. Essa vegetação permite reduzir a temperatura do telhado, para além de possibilitar o arrefecimento através do processo de evapotranspiração. Deste modo, a radiação solar que, de outra forma, aqueceria a superfície do telhado e aumentaria a temperatura do ar ambiente, é utilizada nesse processo, resultando na perda de calor latente, que reduz a temperatura do ar. Os green roofs apresentam então diversas vantagens como a redução das emissões de GEE e da energia utilizada para o arrefecimento de um edifício, assim como os custos associados; a redução do escoamento de águas pluviais, uma vez que estas ficam retidas na vegetação; entre outros.



Figura 10 - Green Roof ( Robert C. Brears | Mark and Focus | Nov, 2023)

- Os cool roofs são coberturas que absorvem uma menor quantidade de radiação solar, face às coberturas convencionais, uma vez que refletem grande parte dessa radiação. Enquanto os telhados convencionais podem atingir temperaturas de cerca de 65 °C na estação de verão, os cool roofs, sob as mesmas condições, podem atingir temperaturas de 10 °C a menos. Estes telhados permitem então a redução dos ganhos de calor solar no verão, podendo ser aplicados com sucesso em climas quentes e amenos, possibilitando a redução dos custos relativos à climatização. (Raquel Santos Mendes de Carvalho et al., 2022)

**Vãos Envidraçados, Sistemas de Proteção e Sombreamento:** Os vãos envidraçados de um edifício desempenham um papel importante na gestão da eficiência energética do mesmo, uma vez que, permitem a entrada de luz e calor no interior do edifício, sem custos associados. Contudo, se forem projetados de forma inadequada, permitem a dissipação de calor para o exterior, estimando-se que entre 25 e 30% das necessidades de aquecimento de um edifício, resultem desse efeito. Deve-se dimensionar estes elementos de modo a permitir a captação de ganhos de calor no inverno e a reforçar a proteção da radiação solar no verão, aproveitando mecanismos de ventilação natural. A seleção deste tipo de elementos deve ter em conta características térmicas como o coeficiente global de transmissão de calor ( $U$ ) ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ), que traduz a quantidade de calor que atravessa a superfície do vão, e o fator solar,  $g_{tot}$ , relativo à quantidade de energia solar que é transmitida através da superfície do envidraçado para o interior, face à energia solar incidente. Assim sendo, quanto menor for o valor de  $U$  e  $g_{tot}$ , menor será a transmissão de calor e, portanto, menores serão os ganhos térmicos associados. Relativamente ao tipo de vidro, verifica-se que os vidros duplos possuem uma maior capacidade de isolamento do que os vidros simples, uma vez que o espaço entre os dois vidros permite reduzir as perdas de calor. Relativamente ao tipo de caixilharia dos vãos envidraçados, é habitualmente constituída por materiais com uma condutibilidade térmica superior à do vidro, como as caixilharias em PVC (Policloreto de Vinil) ou alumínio com corte térmico a apresentarem melhores propriedades térmicas. Sistemas de proteção, como estores, cortinas, persianas ou portadas, limitam entrada de energia solar através dos vãos envidraçados, sendo solução de fácil instalação e custos viáveis. Sistemas de sombreamento, como palas horizontais ou verticais instaladas no exterior, reduzem ganhos solares, interceptando raios solares no verão e permitindo entrada no inverno, contribuindo para aquecimento interno. (D'Agostino & Parker, 2018)

**Ventilação Natural:** aproveita o fluxo de ar exterior, contribui para a eficiência energética, reduzindo fenômenos de humidade e melhorando o conforto térmico, sendo uma opção de baixo custo e tecnologicamente viável. Diversas tecnologias exploram esta técnica, devendo a seleção da melhor solução ter em conta os limites estruturais e tecnológicos, relacionados com a forma e a morfologia do edifício, assim como os requisitos energéticos, ambientais e económicos

**Iluminação Natural:** As necessidades energéticas para a iluminação estão intimamente ligadas à envolvente transparente do edifício, portanto, o balanço ideal de energia para aquecimento, arrefecimento e iluminação do edifício só pode ser alcançado através de uma abordagem conjunta, combinando aspetos térmicos e de iluminação. O custo relativo ao consumo de energia devido à iluminação aumenta com a melhoria do desempenho energético do edifício, podendo a necessidade energética de iluminação ser minimizada através da otimização da iluminação natural, da redução da potência de iluminação e do tempo de ativação da mesma.

#### 2.4.2. Medidas de Eficiência Energética: Soluções Ativas

**Sistemas de Climatização:** Quase metade do consumo total de energia de um edifício está ligado aos sistemas AVAC. Para aprimorar a eficiência energética, é essencial melhorar o desempenho destes sistemas, seja através de melhorias no controle ou da implementação de medidas específicas, como armazenamento de energia térmica, recuperação de calor e tecnologias evaporativas. Os sistemas de AVAC são frequentemente integrados com sistemas de recuperação de energia, visando reduzir o consumo de energia para aquecimento e arrefecimento, aproveitando a energia residual. Contudo, a economia de energia deve ser equilibrada com o consumo elétrico dos ventiladores. A escolha da tecnologia de recuperação é influenciada pelas condições climáticas, e o projeto do sistema deve incluir sistemas de ar forçado e controladores de humidade para preservar a QAI.(Belussi et al., 2019)

**Ventilação Mecânica:** Uma parte significativa das necessidades energéticas de edifícios NZEB, especialmente relacionada ao sistema de ar condicionado, está associada aos sistemas de ventilação. A ventilação mecânica consiste no movimento forçado do ar usando ventiladores e condutas, controlando o fluxo, e prevenindo a degradação da Qualidade do Ar Interior.

**Iluminação Artificial:** No que diz respeito ao gasto de energia associado à iluminação, as lâmpadas LED são a tecnologia mais eficiente em termos de luminosidade. Comparadas com as lâmpadas incandescentes convencionais, as lâmpadas LED apresentam um fluxo luminoso cerca de 6 vezes maior e geram menos calor devido à ausência de radiação infravermelha (IV) e ultravioleta (UV), reduzindo as necessidades de arrefecimento interno. No contexto de edifícios NZEB, o consumo relacionado a aparelhos e outras cargas elétricas constitui uma parcela significativa do consumo total, podendo ser otimizado com sistemas eficientes que maximizam o uso de energia proveniente de fontes renováveis.(Belussi et al., 2019)

### 2.4.3. Regulamentação de exigências NZEB

A Diretiva (UE) 2018/ 844 do Parlamento Europeu e do Conselho (2018) estabelece um quadro bastante geral na implementação dos NZEB - *Nearly Zero Energy Building*, “edifícios com necessidades quase nulas de energia”, pelo que foi responsabilidade de cada Estado-Membro (EM) definir de forma quantitativa os critérios para a classificação de um edifício como NZEB, para promover um parque edificado descarbonizado e elevada eficiência energética. Segundo a mesma Diretiva o desempenho energético de um edifício é expresso por um indicador numérico da utilização de energia primária em kWh/(m<sup>2</sup>.ano) para efeitos de certificação do desempenho energético, de acordo com o cumprimento dos requisitos mínimos de desempenho energético.

Em Portugal foi publicada a Portaria n.º 98/2019 de 2 de abril que impõem os requisitos mínimos para um edifício ser classificado NZEB nos edifícios de habitação. É com base nestes requisitos que surge a necessidade de análise e estudo das melhores soluções, do ponto de vista técnico, económico, sustentável e eficiente.

O Decreto-Lei nº 101-D/2020 de 7 de dezembro estabelece os requisitos aplicáveis a edifícios para a melhoria do seu desempenho energético e regula o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, transpondo a Diretiva (UE) 2018/ 844. Esta legislação define um NZEB, como um edifício com um desempenho energético muito elevado, e no qual as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas são cobertas, em grande medida, por energia proveniente de fontes renováveis preferencialmente locais ou com origens nas proximidades do edifício, quando aquela não seja suficiente, e estabelece a obrigação de os novos edifícios serem construídos como edifícios de energia quase nula a partir de 1 de julho de 2021.

O Despacho n.º 6476-E/2021 de 1 de julho (2021), aprova os requisitos mínimos de conforto térmico e de desempenho energético aplicáveis à conceção e renovação de edifícios de comércio e serviços ou de habitação. Para o estudo deste trabalho interessa a conceção de novos edifícios de habitação, que devem verificar o cumprimento dos requisitos de conforto térmico e de desempenho energético previstos na Figura 11:

**Tabela 1 — Requisitos dos edifícios de habitação novos**

Tipo de requisito	Zona climática		
	I1	I2	I3
<b>Conforto térmico</b>			
Necessidades de aquecimento .....	$N_{ic}/N_i \leq 0,75$	$N_{ic}/N_i \leq 0,85$	$N_{ic}/N_i \leq 0,90$
Necessidades de arrefecimento .....	$N_{vc}/N_v \leq 1,00$		
<b>Desempenho energético</b>			
Classe energética .....	Igual ou superior a A		
Energia primária total .....	$R_{NT} \leq 0,50$		
Energia primária renovável .....	$Ren_{Hab} \geq 0,50$		

Figura 11 - Requisitos dos edifícios de habitação novos (Tabela 1 retirada do Despacho n.º 6476-E/2021)

A Portaria nº 138-I/2021, de 1 de julho, regulamenta os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos e a respetiva aplicação em função do tipo de utilização e específicas características técnicas.

Segundo a mesma Portaria, o coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) refere-se ao valor característico de um elemento da envolvente que traduz a quantidade de calor que atravessa uma superfície de área unitária deste por unidade de tempo e por unidade de diferença de entre os ambientes que este separa, este valor varia de acordo com a zona climática e não pode ser superior aos valores indicados na Figura 12.

**Tabela 1 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação — Portugal Continental,  $U_{máx}$  [W/(m<sup>2</sup>.°C)]**

Portugal Continental			Zona Climática		
Tipo de elemento	Condição fronteira	I1	I2	I3	
Zona corrente da envolvente.	Verticais . . . . .	Exterior ou interior com $b_{zlu} > 0,7$ . . . . .	0,50	0,40	0,35
		Interior com $b_{zlu} \leq 0,7$ . . . . .	2,00	2,00	1,90
	Horizontais . . . . .	Exterior ou interior com $b_{zlu} > 0,7$ . . . . .	0,40	0,35	0,30
		Interior com $b_{zlu} \leq 0,7$ . . . . .	1,65	1,30	1,20
Zona de PTP . . . . .	Verticais . . . . .	Exterior . . . . .	0,90		
		Interior com $b_{zlu} > 0,7$ . . . . .	1,75	1,60	1,45
		Interior com $b_{zlu} \leq 0,7$ . . . . .	2,00	2,00	1,90
	Horizontais . . . . .	Exterior . . . . .	0,90		
		Interior com $b_{zlu} > 0,7$ . . . . .	1,25	1,00	0,90
		Interior com $b_{zlu} \leq 0,7$ . . . . .	1,65	1,30	1,20

Figura 12 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação - Portugal Continental,  $U_{máx}$  [W/(m<sup>2</sup>.°C)] (Tabela 1 retirada da Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de Julho, 2021)

**Tabela 6 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente envidraçada,  $U_{w,máx}$  [W/(m<sup>2</sup>.°C)]**

	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Portugal Continental:			
Edifícios de habitação . . . . .	2,80	2,40	2,20

Figura 13 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente envidraçada dos edifícios de habitação,  $U_{w,máx}$  [W/(m<sup>2</sup>.°C)] (Tabela 6 retirada da Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de Julho, 2021)

O Despacho n.º 6476-H/2021 de 1 de julho, aprova o Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (Manual SCE), que contém um conjunto de regras e orientações para a instrução, condução e conclusão dos processos de avaliação do desempenho energético dos edifícios, tendo em conta as especificidades de cada edifício. Através das fórmulas apresentadas no despacho obtém-se o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para

aquecimento,  $N_{ic}$ , que se entende como “a quantidade de energia necessária para manter a habitação a uma temperatura de 18°C durante 24 horas e durante toda a estação de aquecimento. Estas necessidades são determinadas contabilizando a transferência de calor pela envolvente, a transferência de calor por ventilação e os ganhos de calor úteis, os últimos provenientes dos ganhos solares pelos vãos envidraçados e dos ganhos devido às cargas internas no edifício.”, e o seu valor é determinado através da seguinte equação (1):

$$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} \text{ [kWh/ (m}^2 \cdot \text{ano)]} \quad (1)$$

Em que:

$N_{ic}$  → Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/ (m<sup>2</sup>. ano)]

$Q_{tr,i}$  → Energia calorífica transmitida por transmissão através da envolvente do edifício na estação de aquecimento [kWh/ano];

$Q_{ve,i}$  → Energia calorífica transmitida por ventilação na estação de aquecimento [kWh/ano];

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

$A_p$  → Área interior útil de pavimento [m<sup>2</sup>].

Ao longo da estação de aquecimento, e devido à diferença de temperatura entre o espaço interior útil e os demais ambientes, dá-se transferência de calor por transmissão através da envolvente do edifício ( $Q_{tr,i}$ ), e calcula-se acordo com a equação (2):

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} \text{ [kWh/ ano]} \quad (2)$$

Em que:

$Q_{tr,i}$  → Energia calorífica transmitida por transmissão através da envolvente do edifício na estação de aquecimento [kWh/ano];

$GD$  → Número de graus-dias na estação de aquecimento, na base de 18°C;

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

O coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento ( $H_{tr,i}$ ), traduz-se como o somatório dos coeficientes de transferência de calor por transmissão pelos vários elementos da envolvente, compreendendo paredes, envidraçados, coberturas, pavimentos, pontes térmicas planas e lineares, conforme a equação (3):

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \text{ [W/}^{\circ}\text{C]} \quad (3)$$

Em que:

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

$H_{ext}$  → Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente em contacto com o exterior [W/°C];

$H_{enu}$  → Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente em contacto com espaços interiores não úteis [W/°C];

$H_{adj}$  → Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes [W/°C];

$H_{ecs}$  → Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo [W/°C].

O coeficiente de transferência de calor por transmissão através da envolvente exterior ( $H_{ext}$ ), é determinado conforme a equação (4):

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\psi_j \cdot B_j] \quad [W/^\circ C] \quad (4)$$

Em que:

$H_{ext}$  → Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente em contacto com o exterior [ $W/^\circ C$ ];

$U_i$  → Coeficiente de transmissão térmica do elemento  $i$  da envolvente [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ];

$A_i$  → Área do elemento  $i$  da envolvente, medida pelo interior do edifício [ $m^2$ ];

$\psi_j$  → Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear  $j$  [ $W/(m \cdot ^\circ C)$ ];

$B_j$  → Desenvolvimento linear da ponte térmica linear  $j$ , medido pelo interior do edifício [ $m$ ].

A transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento ( $Q_{ve,i}$ ), é obtida através da equação (5). Quando a ventilação é assegurada por meios providos de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído, o cálculo deve ser efetuado através da equação (6) e (7).

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times H_{ve,i} \quad [kWh/ano] \quad (5)$$

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times b_{ve,i} \times H_{ve,i} \quad [kWh/ano] \quad (6)$$

$$b_{ve,i} = 1 - \eta_{RC} \cdot \frac{\dot{V}_{ins}}{R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d} \quad [kWh/ano] \quad (7)$$

Em que:

$Q_{ve,i}$  → Energia calorífica transmitida por ventilação na estação de aquecimento

$GD$  → Número de graus-dias na estação de aquecimento, na base de  $18^\circ C$ ;

$H_{ve,i}$  → Coeficiente de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento [ $W/^\circ C$ ];

$b_{ve,i}$  → Fator de correção de temperatura na estação de aquecimento;

$\eta_{RC}$  → Rendimento do sistema de recuperação de calor;

$\dot{V}_{ins}$  → Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor [ $m^3/h$ ];

$R_{ph,i}$  → Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento [ $h^{-1}$ ];

$A_p$  → Área interior útil de pavimento [ $m^2$ ];

$P_d$  → Pé direito médio ponderado [ $m$ ].

Em edifícios de habitação com sistemas mecânicos de ventilação com funcionamento contínuo ou cujo funcionamento não dependa da ação do utilizador, quer seja de caudal variável ou constante, o consumo de energia elétrica do funcionamento do ventilador  $W_{vm}$  é determinado de acordo com a equação (8):

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \cdot \frac{\Delta P_{tot}}{\eta_{tot}} \cdot \frac{H_f}{1000} \quad [kWh/ano] \quad (8)$$

Em que:

$W_{vm}$  → Consumo de energia elétrica do funcionamento do ventilador [ $kWh/ano$ ];

$V_f$  → Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador [ $m^3/h$ ];

$\Delta P_{tot}$  → Diferença de pressão total no ventilador [ $Pa$ ];

$\eta_{tot}$  → Eficiência da unidade de ventilação baseada na pressão total;

$H_f$  → Número de horas anuais de funcionamento do ventilador [ $h/ano$ ].

De seguida, o despacho define  $N_i$  como “a quantidade de energia necessária para manter o edifício de referência a uma temperatura de 18 °C durante 24 horas e durante toda a estação de aquecimento. Estas necessidades são determinadas tendo em consideração as condições de referência na transferência de calor pela envolvente, a transferência de calor por ventilação e os ganhos de calor úteis.”. O valor de  $N_i$  obtém-se através da equação (9):

$$N_i = \frac{Q_{tr,i,ref} + Q_{ve,i,ref} - Q_{gu,i,ref}}{A_p} [kWh/m^2. ano] \quad (9)$$

Em que:

$N_i$  → Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência [kWh/ (m<sup>2</sup>. ano)]

$Q_{tr,i,ref}$  → Energia calorífica transmitida por transmissão através da envolvente do edifício de referência na estação de aquecimento [kWh/ano];

$Q_{ve,i,ref}$  → Energia calorífica transmitida por ventilação de referência na estação de aquecimento [kWh/ano];

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

$A_p$  → Área interior útil de pavimento [m<sup>2</sup>].

A metodologia de cálculo para as necessidades de arrefecimento é semelhante, pelo que não se irá apresentar neste relatório de forma a não o tornar extenso.

#### 2.4.4. Conceito ZEB

Os edifícios Zero Energy Buildings (ZEBs) fundamentam-se num balanço energético, no qual as necessidades energéticas do edifício são supridas por energia proveniente de fontes de energias renováveis, ao longo de um período. Utilizam fontes de energia e vetores energéticos convencionais, tais como eletricidade e gás natural, quando a transformação de energia no local não consegue igualar a sua necessidade. Caso a transformação de energia seja superior à necessidade do edifício, a eletricidade produzida em excesso pode ser exportada para a rede. Ou seja, se se contabilizar as trocas de energia entre o edifício e a rede como balanço energético, a produção de eletricidade em excesso pode compensar a utilização da energia proveniente da rede e atingir-se, assim, o conceito ZEB.

#### 2.4.5. Passivhaus

Passivhaus é um conceito construtivo que assenta unicamente no desempenho do edifício, e teve origem na Alemanha no final dos anos 80, com base num projeto piloto em Darmstadt (Figura 14). Esta tipologia de edifícios define-se pela construção baseada em estratégias passivas, que resulta no baixo consumo de energia, garantindo um elevado conforto térmico dos espaços interiores através de um "pulmão" que estabelece um caudal de ar mínimo constante, necessário para manter a qualidade e salubridade do ar interior. Este método construtivo resulta da otimização do exercício da engenharia e arquitetura, articulados, utilizando os recursos disponíveis da forma mais inteligente possível para conseguir tirar o melhor proveito dos mesmos. (Sobre - Associação Passivhaus Portugal, 2023)



Figura 14 - Vista Sul da primeira Casa Passiva em Darmstadt – Fotografia de Wolfgang Feist – Fonte:(The world's first Passive House, Darmstadt-Kranichstein, Germany [Passipedia EN])

Nestas construções o nível de isolamento é superior, há uma preocupação maior com a inércia térmica garantida sobretudo pelos pavimentos, e a utilização de ganhos solares é maior, sendo obrigatória a orientação a Sul. Neste conceito de edifício, há uma maior preocupação com a mitigação da necessidade de energia, mais do que a preocupação de implementação de dispositivos de consumo de energia mais eficientes. (Helena Maria Neto Alves Dias et al., 2017)

Os princípios fundamentais PassivHaus (Figura 15) e encontram-se descritos abaixo:

- 1) Bom nível de isolamento térmico da envolvente opaca;
- 2) Minimizar pontes térmicas na envolvente do edifício;
- 3) Estanquidade ao ar;
- 4) Ventilação mecânica com recuperação de calor;
- 5) Envidraçados eficientes.

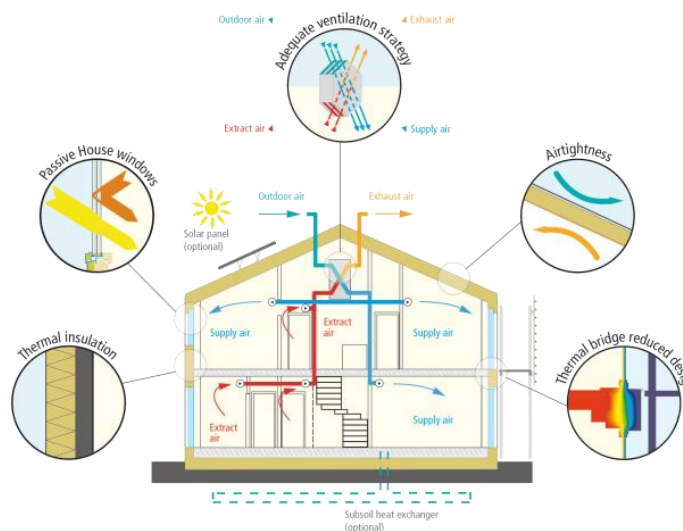


Figura 15 - Princípios PassivHaus (Fonte: International Passive House Association | Criteria)

Os principais objetivos a atingir são (International Passive House Association | Criteria, 2023):

- 1) Excelente qualidade do ar interior;
- 2) Conforto térmico sem estratificação de temperaturas em altura ou junto de elementos sensíveis (envidraçados e pontes térmicas);
- 3) Reduzido consumo energético (que se traduz em poupança na fatura elétrica);

- 4) Ausência de anomalias de origem térmico-higrotérmica;
- 5) Durabilidade e qualidade da construção.

A PassivHaus define, assim, um padrão de elevado desempenho que é eficiente, sob o ponto de vista energético, saudável, confortável, economicamente acessível e sustentável. (ENERGUIA, 2018).

Na Tabela 2 apresenta-se uma caracterização dos pontos-chave que se pretendem atingir com as construções Passivhaus. (Sobre - Associação Passivhaus Portugal, 2023).

Tabela 2 – Características Conceito Passivhaus

	DESCRIÇÃO
SAÚDE E CONFORTO	Contribui para o bem-estar e saúde dos seus ocupantes. O ambiente interior é caracterizado pela boa qualidade do ar, pelo conforto térmico (temperatura mínima 20°C, temperatura máxima 25°C) e acústico.
EDÍFICIO SAUDÁVEL	Respeita os princípios da física dos edifícios evitando o surgimento de patologias e otimizando o desempenho do edifício.
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	É o mais elevado padrão de eficiência energética a nível mundial: as poupanças energéticas atingem os 75% em comparação com os edifícios convencionais. É uma solução testada e com provas dadas que corresponde inteiramente à definição do NZEB.
ACESSÍVEL	Pode ser construída ao mesmo preço que um edifício convencional. O eventual acréscimo do custo de construção não ultrapassa, em média, os 5 % em relação a uma construção convencional. Os custos de operação são substancialmente mais baixos que um edifício convencional devido às reduzidas necessidades energéticas e de manutenção.
SUSTENTÁVEL	Há uma redução drástica das emissões de CO <sub>2</sub> , devido à eficiência energética. Contribui para a proteção climática pela menor dependência de combustíveis fósseis. As baixas necessidades energéticas podem ser facilmente supridas por fontes renováveis de energia.

Na Tabela 3, apresentam-se das necessidades de aquecimento, arrefecimento, Energia Primária, e das taxas de renovação horárias que garantem a estanquidade de ar e o conforto térmico, para um edifício ser classificado Passivhaus.

Tabela 3 – Requisitos Conceito Passivhaus

	DESCRIÇÃO
AQUECIMENTO	necessidade anuais <15 kWh/m <sup>2</sup> .ano ou Carga Térmica <10 W/m <sup>2</sup>
ARREFECIMENTO	necessidade anuais <15 kWh/m <sup>2</sup> .ano + necessidades de desumidificação ou Carga Térmica <10 W/m <sup>2</sup>
ENERGIA PRIMÁRIA	PE <120 kWh/m <sup>2</sup> .ano ou PER <60 kWh/m <sup>2</sup> .ano
ESTANQUIDADE DO AR	resultado blower door test(n50) < 0,6 rph
CONFORTO TÉRMICO	temperatura entre 20 e 25°C excesso de temperatura < 10% do tempo

A certificação Passivhaus, em função das necessidades e do uso de fontes de energia renovável do edifício, divide-se em três classes: Classic, Plus ou Premium. (Universidade de Aveiro, n.d.)

- Para obter a certificação de *Passive House Classic* a necessidade de energia para aquecimento e/ou arrefecimento é limitada aos 15 kWh/m<sup>2</sup>.ano e a necessidade de Energia Primária Renovável não deve exceder os 60 kWh/m<sup>2</sup>.ano, conforme os dados da Tabela 3.
- Para obter a certificação da classe *Passive House Plus*, além de garantir os requisitos básicos, não deve exceder o valor de 45 kWh/m<sup>2</sup>.ano para o consumo de Energia Primária Renovável. Além desta limitação, que torna o edifício mais eficiente, este deve produzir pelo menos 60 kWh/m<sup>2</sup>.ano de energia, em relação à área construída total do edifício.
- Para a certificação mais exigente, a classe *Passive House Premium*, o edifício deve garantir o consumo de Energia Primária Renovável abaixo dos 30 kWh/m<sup>2</sup>.ano e deve produzir pelo menos 120 kWh/m<sup>2</sup>.ano.

A Passivhaus em Kranichstein (Figura 16) foi concluída em outubro de 1991 e desde então é habitada por quatro famílias. Os materiais de acabamento interior foram selecionados para criar o mínimo possível de poluição do ar interior. A boa qualidade do ar foi confirmada por uma investigação separada no contexto de um estudo de ciências sociais, que objetivou a aceitação do usuário.

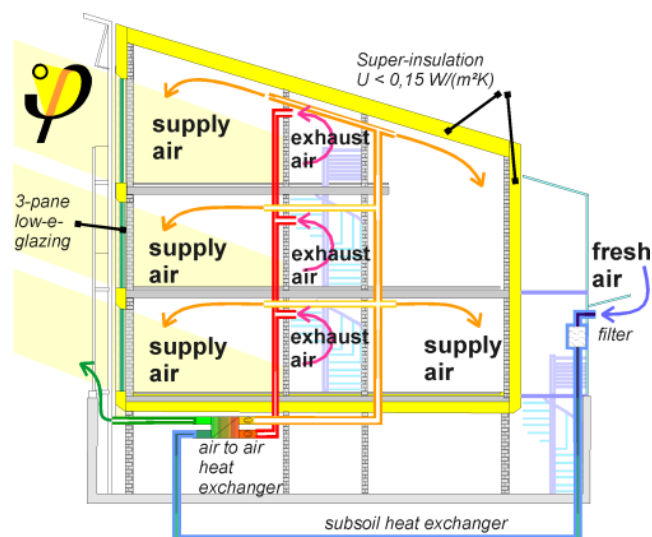


Figura 16 - Vista em corte do projeto piloto Passivhaus Fonte: (Feist et al., 2020)

Segundo um estudo realizado por Feist et al. (2020), os sistemas de ventilação do projeto piloto, ainda estão limpos e a funcionar corretamente após 25 anos de uso constante. Não há razão para que os componentes do sistema (condutos, caixas, caixas de filtros e permutador de calor de contra fluxo) não possam ser usados por 50 anos. Apenas os ventiladores devem ser substituídos, uma vez que têm uma vida útil de 15 a 20 anos. O edifício mostrou consumo de energia insignificante, estabilidade ao longo do tempo e durabilidade prolongada. A qualidade do ar interior e o conforto foram excelentes. Em resumo, o conceito de Passivhaus revelou-se sustentável, eficiente e econômico ao longo do tempo.

No projeto protótipo, foi utilizado um sistema de ventilação de ar de insuflação e de exaustão, com um permutador de calor ar-ar contra fluxo. Durante a operação, uma taxa de recuperação de calor superior a 80%. (Feist et al., 2020)

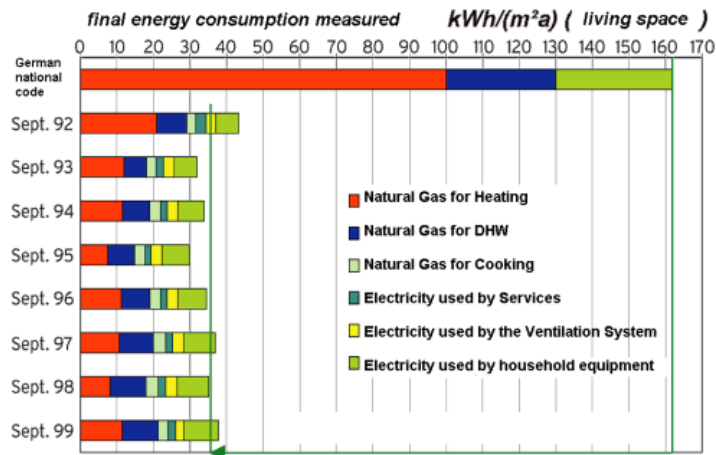


Figura 17 - Resultados das medições de consumo de energia na Casa Passiva em Darmstadt-Kranichstein;(Feist et al., 2020)

Apesar do gráfico representar medições antigas, permite concluir que já há cerca de 3 décadas, este conceito era exequível, e trazia benefícios efetivos em comparação às construções convencionais. No mesmo ano o consumo de energia de aquecimento foi drasticamente reduzido em mais de 90% em comparação com um novo edifício “normal”. O consumo de aquecimento foi 19,8 kWh/(m²a) em 1991/92, o primeiro ano de operação, o que representou apenas 8% do consumo em residências comuns comparáveis, 11,8 kWh/(m²a) em 1992/93, o segundo ano de operação, isto representava apenas 5,5% do consumo em residências comparáveis menos de 10 kWh/(m²a) em média nos anos seguintes. (The world’s first Passive House, Darmstadt-Kranichstein, Germany [Passipedia EN])

### **3. Métodos e Aplicação**

Este capítulo iniciar-se-á com uma apresentação e descrição da moradia em estudo, através da identificação de todos os seus elementos construtivos e sistemas técnicos, posteriormente verifica-se o cumprimento das exigências regulamentares NZEB. Para obter uma análise detalhada do comportamento energético da moradia utilizaram-se várias ferramentas e softwares.

O SCE.ER é um programa informático desenvolvido através da metodologia estabelecida pelas disposições regulamentares em vigor, para a definição de requisitos mínimos e a verificação regulamentar de sistemas de aproveitamento de fontes de energia renováveis. Foi este o software utilizado para o cálculo dos requisitos energéticos mínimos do edifício em estudo.

O software da ITECONS avalia o comportamento térmico da envolvente opaca e envidraçada da moradia, considerando a transferência de energia por condução, convecção e radiação, bem como a contribuição solar. Foi o software utilizado para analisar o desempenho energético da moradia.

No software Revit, procedeu-se à modelação da moradia em estudo, onde foram introduzidas todas as características do edifício, nomeadamente, localização, orientação, ganhos internos e externos, perfis de funcionamento e ocupação.

Utilizou-se o software OpenStudio que usa o EnergyPlus como motor de cálculo, para analisar o comportamento energético e térmico da habitação nomeadamente no que respeita às cargas térmicas e à análise do consumo elétrico do ventilador com recuperação de energia. O modelo geométrico do edifício foi importado do Revit.

### 3.1. Caracterização da construção – Caso de Estudo

A habitação em estudo situa-se num loteamento de seis moradias unifamiliares, tipologias T3, localizadas em Caldas de Aregos, no Município de Resende, distrito de Viseu. A moradia selecionada para análise é a primeira, da esquerda para a direita.

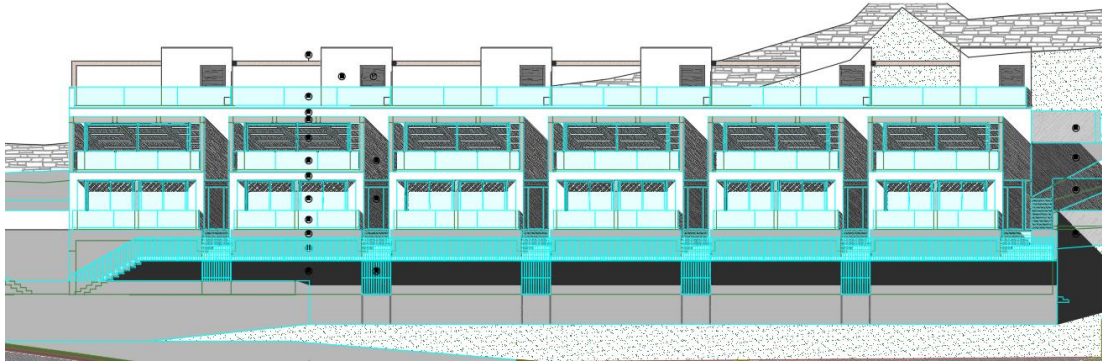


Figura 18 - Alçado Principal

A moradia é constituída por três pisos, piso 0, piso 1, piso 2 e também por um *rooftop*.

- No piso 0, as moradias têm uma garagem privada com 2 lugares à qual se tem acesso através de uma área de circulação comum a todas as moradias, um acesso à habitação para pessoas com mobilidade reduzida, um elevador, escadas de acesso ao primeiro piso, uma lavandaria, um espaço de arrumo e uma área técnica.
- No piso 1, encontram-se três suítes, escadas de acesso aos pisos inferior e superior a este, elevador, e uma varanda.
- No piso 2 encontra-se um *openspace* com a cozinha, sala de jantar e sala de estar, uma casa de banho de serviço, elevador, e escadas de acesso ao rés do chão e ao *rooftop*.

Na Figura 19, apresenta-se a planta dos pisos da moradia em estudo.



Figura 19 - Planta Piso 0, Planta do Piso 1, Piso 2 e Rooftop

### 3.1.1. Zonamento Climático

Para determinar a temperatura exterior e o zonamento climático, recorreu-se à aplicação “CLIMAS-SCE” (Versão 1.05), software para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios (SCE) providenciado pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG). Na Figura 20 encontram-se ilustrados os resultados obtidos para as zonas climáticas de verão e inverno, V2 e I2, respetivamente.

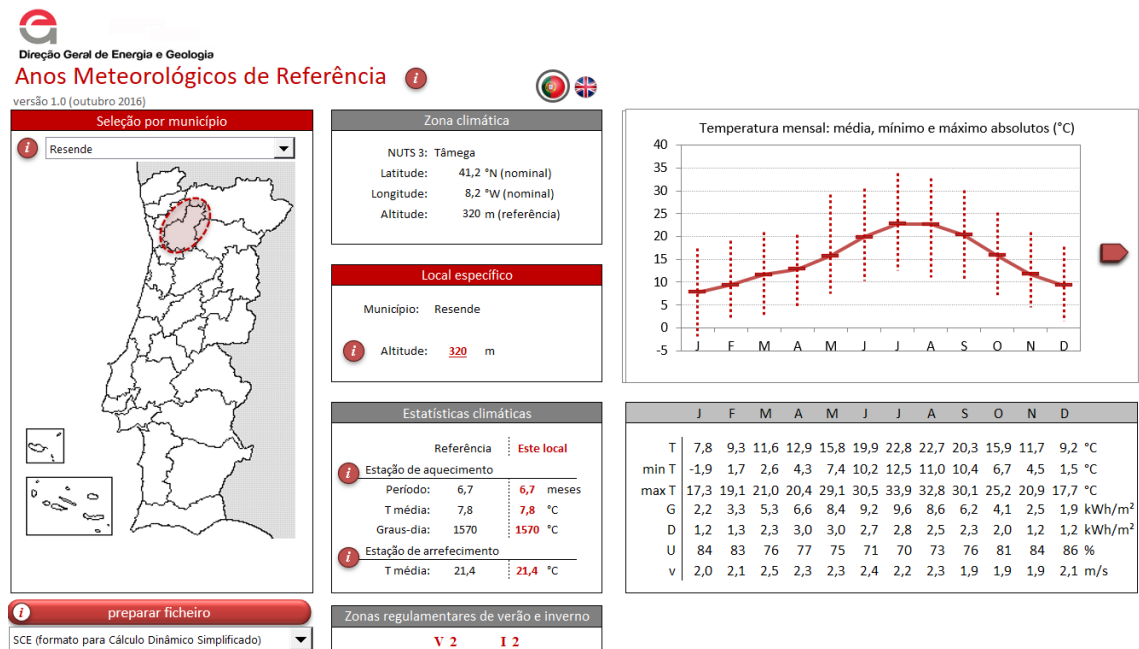


Figura 20 - Dados Climáticos

### 3.1.2. Levantamento dimensional

Para quantificar as necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento da habitação, procedeu-se ao levantamento dimensional das suas compartimentações, e à classificação dos seus espaços como espaços interiores úteis ou não úteis. Essa classificação foi feita de acordo com o manual do SCE, (DGEG & ADENE, 2021), e com as situações particulares descritas no mesmo. Constatou-se que a área total da habitação é 243,73 m<sup>2</sup>, e área útil é 193,10 m<sup>2</sup>. A lavandaria foi considerada como um espaço útil porque, em edifícios de habitação, na inexistência de possibilidade de ventilação para o exterior ou para um espaço interior não útil, seja por infiltrações através de janelas, condutas, aberturas ou outros componentes, deve ser tratada como um espaço interior útil. Os resultados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Levantamento dimensional

	COMPARTIMENTO	ÁREA [m <sup>2</sup> ]	PÉ DIREITO [m]	VOLUME [m <sup>3</sup> ]	TIPO DE ESPAÇO
PISO 0	Lavandaria	6,73	2,55	17,16	Espaço interior útil
	Arrumos	2,81	2,27	6,38	Espaço interior útil
	Área Técnica	8,46	2,55	21,57	Espaço interior não útil
	Garagem	42,17	2,68	113,02	Espaço interior não útil
	Circulação de Serviço	10,65	2,55	27,16	Espaço interior útil
	Escadas	9,47	3,42	32,39	Espaço interior útil
	Hall de Entrada	6,01	2,30	13,82	Espaço interior útil
	Hall de Distribuição	4,60	2,30	10,58	Espaço interior útil
PISO 1	Quarto Esquerda	15,12	2,55	38,56	Espaço interior útil
	Instalação Sanitária Privativa Esquerda	4,23	2,55	9,92	Espaço interior útil
	Quarto Direita	15,12	2,55	38,56	Espaço interior útil
	Instalação Sanitária Privativa Direita	3,89	2,55	38,56	Espaço interior útil
	Quarto Principal (Suite)	15,45	2,55	39,40	Espaço interior útil
	Instalação Sanitária Quarto Principal (Suite)	5,99	2,55	15,27	Espaço interior útil
	Escadas	8,21	3,06	25,12	Espaço interior útil
	Cozinha	12,44	2,60	32,34	Espaço interior útil
PISO 2	Sala de Jantar	23,77	2,60	61,80	Espaço interior útil
	Espaço de Transição	5,23	2,30	12,03	Espaço interior útil
	Sala de Estar	20,03	2,60	52,08	Espaço interior útil
	Instalação Sanitária Serviço	2,99	2,30	6,88	Espaço interior útil
	Hall de distribuição	2,53	2,60	6,58	Espaço interior útil
	Escadas	6,14	3,42	21,00	Espaço interior útil
	Arrumos	1,38	2,25	3,11	Espaço interior útil
	Hall de acesso ao terraço	1,53	2,25	3,44	Espaço interior útil
ROOFTOP	Escadas	8,78	2,25	19,75	Espaço interior útil

### 3.1.3. Soluções Construtivas

Na Tabela 5 apresentam-se um resumo dos materiais a ser usados na construção.

Tabela 5 – Materiais usados na construção

DESIGNAÇÃO	MATERIAIS	ESPESSURA (mm)
PAREDES EXTERIORES	Bloco de Betão leve	250
	Isolamento externo – ETICS (EPS)	80
PAREDE ENTRE HABITAÇÕES	Bloco de Betão leve	250
	Lã mineral	40
LAJE	Laje aligeirada blocos de betão leve	330
	Isolamento em XPS	100
COBERTURA COM TERRAÇO	Laje maciça	200
	Isolamento térmico EPS	100
COBERTURA	Laje maciça	200
	Isolamento térmico EPS	100
PAREDE INTERIOR	Tijolo	110
	Reboco	20

## 3.2. Verificação das exigências regulamentares

De seguida serão descritas as restrições regulamentares aplicadas a cada elemento da envolvente da moradia em estudo, e verificar-se-á o cumprimento das exigências regulamentares para cada um desses elementos.

### 3.2.1. Desempenho dos Elementos opacos

Para garantir a conformidade das soluções propostas para a envolvente opaca com os valores regulamentares do coeficiente de transmissão térmica (U), apresentados no capítulo anterior, procedeu-se inicialmente ao cálculo do coeficiente de redução de perdas das fronteiras do edifício,  $b_{ztu}$  de acordo com a metodologia descrita no Manual do SCE. Começou-se por estabelecer as condições de fronteira e recorreu-se à tabela apresentada na Figura 21.

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

Figura 21 - Coeficiente de redução. (Tabela 16 retirada do Manual SCE)

## Métodos e Aplicação

Em que:

$A_i$  → Somatório das áreas de envolvente que separa o espaço interior útil do espaço não útil;

$A_u$  → Somatório das áreas de envolvente que separa o espaço não útil do ambiente exterior;

$V_{enu}$  → Volume do espaço interior não útil [m<sup>3</sup>];

$f$  → Respeita ao espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas;

$F$  → Representa o espaço não útil permeável ao ar devido á presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas

Considerou-se o caso “F”. Na Tabela 6 apresenta-se o cálculo de  $b_{ztu}$ .

Tabela 6 – Determinação do valor de  $b_{ztu}$ .

ESPAÇO INTERIOR NÃO ÚTIL	$V_{enu}$ [m <sup>3</sup> ]	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$A_u$ [m <sup>2</sup> ]	$A_i/A_u$	$b_{ztu}$
ÁREA TÉCNICA	21,57	10,28	6,13	1,68	0,6
GARAGEM	113,02	15,13	15,09	1,00	0,7

Para edifícios adjacentes deve ser considerado um  $b_{ztu}$  igual a 0,6

Assim, de acordo com o código de cores para marcação da envolvente do Manual SCE delimitou-se a envolvente.

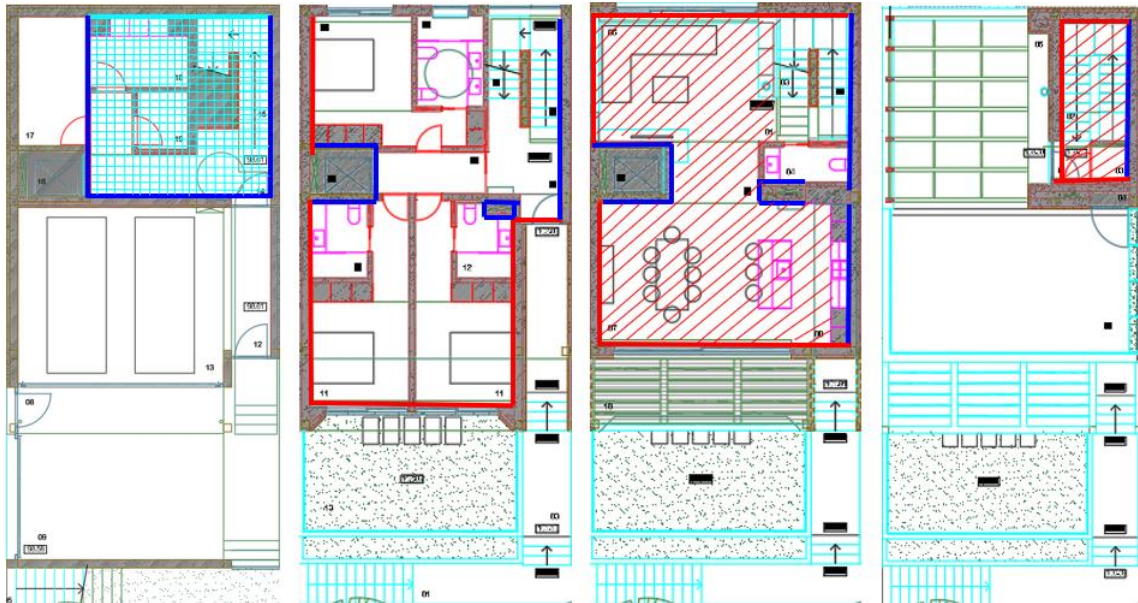


Figura 22 - Delimitação da Envolvente – Piso -1, Piso 0, Piso 1 e Rooftop

Na Tabela 7 apresenta-se os valores de  $U$  obtidos para cada solução construtiva, bem como os respetivos limites regulamentares, considerando a zona climática do edifício determinada previamente, I2.

Tabela 7 –Verificação de cumprimento de requisitos térmicos da envolvente opaca do edifício

IDENTIFICAÇÃO DO ELEMENTO	$U_{\text{Solução}}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	$U_{\text{Máx}}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
Parede exterior de Fachada	0,37	0,40
Parede meeira – entre habitações	0,59	2,00
Cobertura – CBE2	0,29	0,35
Cobertura com terraço – CBE1	0,30	0,35
Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural com 10 cm de espessura	0,30	0,90

### 3.2.2. Desempenho dos Elementos em contacto com o solo

As características específicas do elemento em contacto com o solo desta habitação, apresentam-se, no Apêndice B, onde se encontra a metodologia de cálculo dos coeficientes  $U_{bf}$  e  $U_w$  obtidos, e apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valor do coeficiente de transmissão térmica (U) do elemento em contacto com o solo da moradia em estudo

LAJE DE PAVIMENTO TÉRREO - PVT1	$U_{bf} = 0,23$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
PAREDE FACHADA POSTERIOR	$U_w = 0,21$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]

### 3.2.3. Desempenho dos Elementos envidraçados

Consideram-se vãos envidraçados aqueles cuja área envidraçada é igual ou superior a 25% da sua área total. No Apêndice B, encontram-se descritas as composições dos elementos envidraçados, e o cálculo dos respetivos coeficientes de transmissibilidade térmica, considerando a presença de dispositivos de proteção solar. O valor de  $U_{w,máx}$  dos elementos da envolvente envidraçada na zona climática I2 é de 2,40 W/(m<sup>2</sup>.°C), conforme ilustrado na Figura 13. Para edifícios de habitação, esse valor pode ser avaliado tendo em conta o contributo dos dispositivos de proteção solar ( $U_{WDN}$ ), o coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado médio dia-noite, calculado através da média entre os coeficientes de térmica com e sem dispositivos de proteção solar ativados ( $U_w$  e  $U_{ws}$ ).

Outro aspeto a analisar é o valor máximo do fator solar imposto para os vãos envidraçados, em função da zona climática de verão e da inércia térmica do edifício. Para edifícios de habitação situados na zona climática V2, e com inércia térmica média ou forte o **fator solar máximo é 0,56**. Na Tabela 9, apresentam-se os valores dos coeficientes obtidos, e verifica-se que de facto os coeficientes calculados cumprem a restrição.

Tabela 9 – Verificação de cumprimento de requisitos térmicos

VÃO	$U_{WDN}$ [W/ (m <sup>2</sup> . C)]	$g_{tot}$
VE 1 E VE 2 (QUARTOS)	2,04	Sem requisito
VE 3 (SUITE)	2,22	0,04
VE 4 (WC SUITE)	1,63	0,37
VE 5 (CAIXA ESCADAS)	1,77	0,04
VE 6 (COZINHA)	1,92	Sem requisito
VE 7 (SALA DE ESTAR)	1,74	0,04
VE 8 (SALA DE ESTAR)	1,64	0,04

### 3.2.4. Coeficiente de Transmissão Linear

As Pontes Térmicas Lineares (PTL) correspondem à concentração de fluxo de calor que ocorre nas ligações entre elementos construtivos com geometria diferente ou diferentes propriedades térmicas. A caracterização das PTL deve ser realizada mediante o coeficiente de transmissão térmica linear ( $\psi$ ). A determinação do coeficiente de transmissão térmica linear ( $\psi$ ) das pontes térmicas lineares exteriores foi efetuada com recurso à aplicação online do ITECONS – Catálogo Online de Pontes Térmicas Lineares. O cálculo e Caracterização das pontes térmicas encontra-se na integra no Apêndice C. Na Tabela 10 encontram-se os resultados obtidos para as pontes térmicas lineares.

Tabela 10 – Pontes Térmicas Lineares

IDENTIFICAÇÃO DO ELEMENTO	DESCRIÇÃO	$\psi$	FONTE
PTLE1	Ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo exterior e pilar a zona do cunhal. Paredes em blocos de betão normal.	0,18	ITECONS
PVT1	Fachada com pavimentos térreos	0,70	Manual SCE
PTLE4	Ligação entre fachada e pavimento intermédio. Parede simples com bloco térmico com isolamento pelo exterior e correcção da PTP com forra térmica	0,21	ITECONS
PTLE5	Ligação entre fachada de varanda. Parede simples com bloco térmico e PTP isolada pelo exterior com forra térmica.	0,90	ITECONS
PTLE6	Ligação entre fachada de cobertura com platibanda. Parede simples com bloco térmico. Isolamento pelo exterior da laje de cobertura e pela exterior platibanda com forra térmica.	0,83	ITECONS
PTLE8	Ligação da fachada a cobertura. Parede simples com bloco térmico. Laje de cobertura isolada pelo exterior e ponte térmica plana isolada pelo exterior com forra térmica.	0,36	ITECONS
PTLE9	Ligação entre fachada e caixa de estore. Parede simples com bloco térmico e caixa de estore.	0,11	ITECONS

### 3.2.5. Inércia Térmica

De acordo com Despacho n.º 6476-H/2021 a inércia térmica ( $I_t$ ) de um edifício reflete a capacidade dos elementos construtivos de armazenar calor, e varia em função da massa superficial útil por metro quadrado de área interior de pavimento. Calcula-se através da equação (10):

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \times r_i \times S_i}{A_p} \quad (10)$$

Em que:

$I_t$  → massa superficial útil por metro quadrado de área interior de pavimento [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ];

$M_{si}$  → massa superficial útil do elemento  $i$  [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ];

$r_i$  → fator de redução da massa superficial útil do elemento  $i$ ;

$S_i$  → área da superfície interior do elemento  $i$  [ $\text{m}^2$ ];

$A_p$  → Área interior útil de pavimento [ $\text{m}^2$ ].

A massa superficial útil ( $M_{si}$ ) de cada elemento de construção que afeta a inércia térmica depende de sua localização no edifício e da sua composição, especialmente em relação ao posicionamento do isolamento térmico e dos revestimentos. As massas superficiais foram obtidas do ITE50 Pina dos Santos & Matias (2006), multiplicando a massa volúmica aparente seca pela espessura do material correspondente.

O fator de redução da massa superficial útil ( $r_i$ ) avalia como o tipo de revestimento influencia a capacidade de um material de absorver calor. O valor de  $r_i$  depende das propriedades do material usado no revestimento, especialmente a sua resistência térmica. Quanto maior for a resistência térmica do revestimento, menor capacidade de armazenamento e restituição de calor do elemento construtivo. Este valor foi consultado na Figura 23, retirada do Manual do SCE. DGEG & ADENE (2021)

Resistência do revestimento [ $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$ ]	$r_i$
$R < 0,14$	1
$0,14 \leq R \leq 0,30$	0,5
$R > 0,30$	0

Figura 23 - Fator de redução de massa superficial útil (Tabela 40 retirada do Manual SCE)

O cálculo da inércia térmica do edifício em estudo foi efetuado através do software do ITECONS, cálculo esse que se encontra no Apêndice D. Obteve-se um resultado de  $I_t = 402,80 \text{ kg}/\text{m}^2$ , que corresponde a uma inércia Forte.

### 3.2.6. Requisitos de Produção de Água Quente Sanitária

O programa do SCE considera como fontes de energia renovável para um edifício todas as formas de energia produzidas por sistemas de energia renovável como sistemas solares térmicos (AQS e/ou climatização), biomassa (combustão), bombas de calor, e painéis fotovoltaicos.

## Métodos e Aplicação

Inicialmente é necessário introduzir a zona onde se localiza o edifício a estudar, de forma que o programa tenha em conta vários aspetos do local, tal como a sua zona climática. Além disso, especifica-se o número e a tipologia do edifício para simular os consumos referência dos utilizadores. Com base nessa informação, o programa estima o consumo de águas quentes e sanitárias. Apresenta-se na Figura 24, a interface de cálculo do consumo de água quente sanitária.

### Definição de um consumo de água quente sanitária do tipo regulamentar



Figura 24 - Definição do consumo de água quente sanitária

O consumo de água quente sanitária mínimo obtido para a moradia em estudo corresponde a um consumo global de 160 l.

Sabendo o consumo de água quente sanitária mínimo, a ferramenta simula o dimensionamento do sistema solar térmico. Para o caso de estudo selecionou-se o padrão mínimo que cumpra os requisitos regulamentares. Os resultados obtidos desta simulação, detalham que o sistema solar garante 63% das necessidades de consumo de energia de AQS, ou seja 1505,7 kWh em 2 375,6 kWh, conforme se pode verificar na Figura 25.

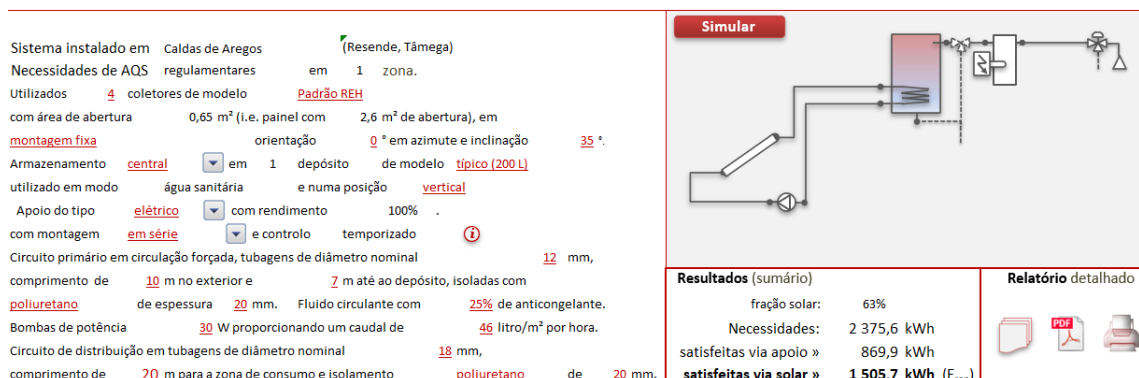


Figura 25 - Sistema Solar Térmico: Consumo AQS

O relatório detalhado com as características do sistema e consumos encontra-se no Apêndice N.

### 3.2.7. Requisitos de ventilação

De acordo com a Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho, 2021), para edifícios de habitação, a taxa de renovação de ar horária ( $R_{ph}$ ) deverá ser igual ou superior a 0,5 renovações por hora. Em edifícios de habitação, a avaliação do desempenho energético e a verificação do cumprimento de requisitos relativos aos caudais de ar novo, devem ser realizadas utilizando o método simplificado. Para efeitos de verificação do requisito mínimo associado à taxa de renovação de ar, recorreu-se à Folha LNEC. Para o cálculo dos caudais mínimos de ventilação considerou-se área útil total do edifício, 193,10 m<sup>2</sup>. Na Tabela 11 encontram-se o resultado obtido:

Tabela 11 – Caudal Mínimo de Ventilação - Método Simplificado

VOLUME ÚTIL [m <sup>3</sup> ]	Rph [h <sup>-1</sup> ]	CAUDAL MÍNIMO DE VENTILAÇÃO [m <sup>3</sup> /h]
496,00	0,5	248,13

Para definir as taxas de ventilação recomendadas para cada espaço interior consultou-se também a NP 1037-2:2009. Esta norma tem como objetivo estabelecer as regras a que devem obedecer as instalações de ventilação mecânica centralizada dos edifícios de habitação, de modo a garantir uma qualidade do ar interior satisfatória, através da admissão de ar novo e da evacuação de ar viciado, e em condições de conforto térmico e acústico e de eficiência energética. De acordo com a NP 1037-2, o ar novo deve ser admitido nos compartimentos principais, escoado para os compartimentos de serviço e daí evacuado para o exterior.

Para promover a qualidade do ar interior nos compartimentos principais, quartos e salas, deve ser admitido o caudal de ar novo mínimo resultante do cálculo através das equações (11) e (12) proveniente da norma. Considerou-se que os materiais de construção são classificados com baixa emissão de poluentes para o ar interior.

$$Q_{quarto} = \text{MAX}\left(\frac{0,5 \times \text{Vol}}{3,6}; 5 \times n_{ocup}\right) \text{ [l/s]} \quad (11)$$

$$Q_{sala} = \text{MAX}\left(\frac{0,5 \times \text{Vol}}{3,6}; 6 \times n_{ocup}\right) \text{ [l/s]} \quad (12)$$

Em que:

$\text{Vol}$  → Volume interior do compartimento [m<sup>3</sup>]

$n_{ocup}$  → Número de ocupantes

Os caudais de base mínimos nos compartimentos de serviço são calculados através das equações (13) e (14).

$$Q_{instalação\ sanitária} = \text{MAX}\left(\frac{4 \times \text{Vol}}{3,6}; 12,5\right) \text{ [l/s]} \quad (13)$$

$$Q_{cozinha} = \frac{2 \times \text{Vol}}{3,6} \text{ [l/s]} \quad (14)$$

## Métodos e Aplicação

Em que:

$Vol \rightarrow$  Volume interior do compartimento [ $m^3$ ]

Definiu-se a ocupação de acordo com a taxa de ocupação e referência dos compartimentos principais por tipologia constantes na norma, no caso para tipologia T3. Na área da Sala de Estar considerou-se também a área de transição para a cozinha. Considerando a área de pavimento de cada espaço e o número máximo de ocupantes

O caudal de ar novo mínimo resultante do cálculo através das equações (11) e (12) encontra-se na Tabela 12.

Tabela 12 – Caudais obtidos Norma NP 1037:2 - Compartimentos Principais

COMPARTIMENTO	VOLUME [ $m^3$ ]	OCUPAÇÃO	CAUDAL MÍNIMO DE AR NOVO [ $m^3/h$ ]
QUARTO ESQUERDA	38,56	1	19,28
QUARTO DIREITA	38,56	1	19,28
QUARTO PRINCIPAL (SUITE)	39,40	2	36,00
SALA DE ESTAR	52,08	4	86,40
SALA DE JANTAR	61,80	4	86,40

Obteve-se um caudal mínimo total de ar novo de 247,36  $m^3/h$ .

Os caudais de base mínimos obtidos encontram-se na Tabela 13. Tabela 13 – Caudais obtidos Norma NP 1037:2 - Compartimentos de Serviço

Tabela 13 – Caudais obtidos Norma NP 1037:2 - Compartimentos de Serviço

COMPARTIMENTO	VOLUME [ $m^3$ ]	CAUDAL MÍNIMO DE EXTRAÇÃO [ $m^3/h$ ]
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO ESQUERDA	10,79	45,00
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO DIREITA	9,92	45,00
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO PRINCIPAL	15,27	61,10
INSTALAÇÃO SANITÁRIA DE SERVIÇO	6,88	45,00
COZINHA	32,34	64,69

Perfazendo um caudal mínimo de extração de 260,79  $m^3/h$ .

Se os caudais totais a serem extraídos nos compartimentos de serviço forem diferentes dos caudais totais a serem admitidos nos compartimentos principais, o menor desses valores deve ser ajustado. Isto é, incrementando o caudal de admissão de ar nos compartimentos principais ou o caudal de extração nos compartimentos de serviço, de modo a equilibrar os caudais e garantir a adequada ventilação do edifício. Nesse sentido como o caudal mínimo a extrair é superior ao caudal mínimo a admitir na instalação, distribui-se a diferença destes valores pelos compartimentos principais. Como a lavandaria não tem nenhuma abertura para o exterior, previu-se também a extração de ar neste local.

Os caudais de ventilação preconizados para o projeto encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14 – Caudais de ventilação preconizados

COMPARTIMENTO	$Q_{AN}$ [m <sup>3</sup> /h]	$Q_{Extração}$ [m <sup>3</sup> /h]
QUARTO ESQUERDA	45,00	
QUARTO DIREITA	45,00	
QUARTO PRINCIPAL (SUITE)	50,00	
SALA DE ESTAR	90,00	
SALA DE JANTAR	90,00	
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO ESQUERDA		45,00
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO DIREITA		45,00
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO PRINCIPAL		75,00
INSTALAÇÃO SANITÁRIA SERVIÇO		45,00
COZINHA		75,00
LAVANDARIA		35,00
TOTAL	320,00	320,00

### 3.3. Climatização dos espaços

#### 3.3.1. Parametrização Temperatura interior de conforto

De acordo com o COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION (2006), na norma prEN15251, os ambientes térmicos são classificados em quatro categorias, os edifícios de habitação enquadram-se na segunda categoria. A norma define uma temperatura mínima de conforto térmico de 16,0°C na estação de aquecimento (inverno), não estabelecendo nenhum valor máximo para a estação de arrefecimento (verão).

Para determinar a temperatura de conforto, utilizou-se o *CBE Thermal Comfort Tool* (Tartarini et al., 2020), em conformidade com a norma ASHRAE 55-2023. Considerou-se a atividade física "sentado quieto", correspondente a uma taxa metabólica de 1 Met, e uma resistência térmica do vestuário de 0,9 Clo no inverno e 0,5 Clo no verão, pressupondo que os ocupantes estarão vestidos de acordo com a estação.

Para a humidade relativa do ar optou-se por um intervalo entre 40% e 60%, que reflete um ambiente termicamente confortável, e adotou-se 50% como valor representativo. Os diagramas de conforto obtidos encontram-se representado nas Figura 26 e Figura 27, para a estação de arrefecimento e estação de aquecimento, respetivamente.

## Métodos e Aplicação

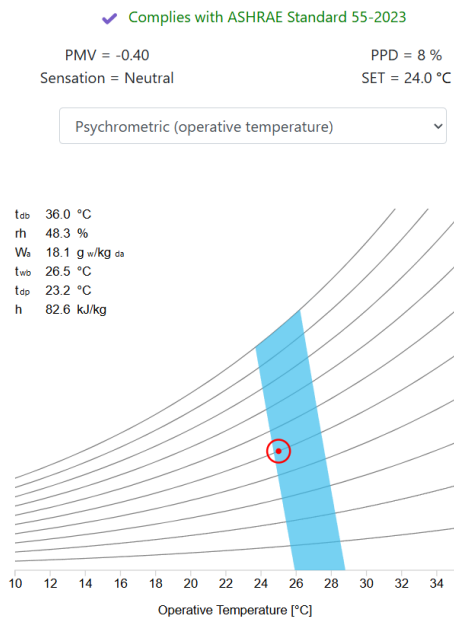


Figura 26 - Diagrama de Conforto - Estação de arrefecimento. Fonte: Tartarini et al., 2020

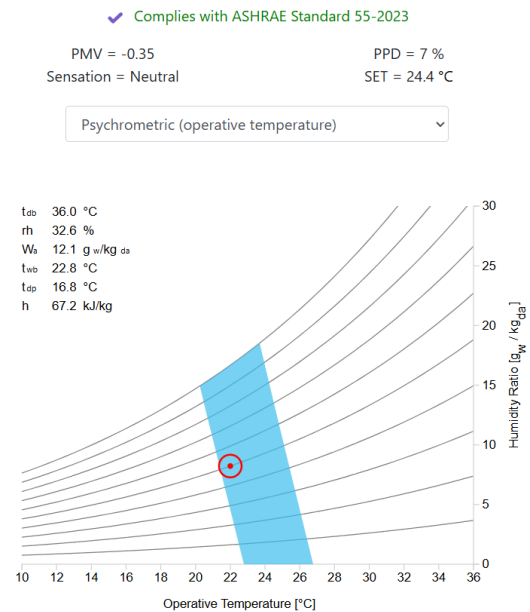


Figura 27 - Diagrama de Conforto - Estação de aquecimento. Fonte: Tartarini et al., 2020

A temperatura obtida no diagrama de conforto corresponde à temperatura operativa, não à temperatura do ar. Sabe-se que na realidade os espaços contemplam assimetrias térmicas, no entanto, neste trabalho por conveniência, desprezou-se o efeito destas, o que permitiu efetuar uma aproximação da temperatura do ar à temperatura média radiante. Conclui-se que a temperatura do ar interior é equivalente à temperatura operativa. As condições interiores obtidas apresentam-se na Tabela 15.

Tabela 15 – Condições Interiores de Conforto

ESTAÇÃO	TEMPERATURA INTERIOR DE CONFORTO [°C]	HUMIDADE RELATIVA [%]
INVERNO	22	50
VERÃO	25	50

### 3.3.2. Cálculo das cargas térmicas

O cálculo das cargas térmicas é essencial para que se proceda ao cálculo das necessidades nominais anuais de aquecimento e arrefecimento. Para realizar o cálculo foi utilizado o software Revit, após a modelação do edifício, ilustrada na Figura 28, definiram-se as soluções construtivas e introduziram-se os dados relativos à localização e orientação da habitação.

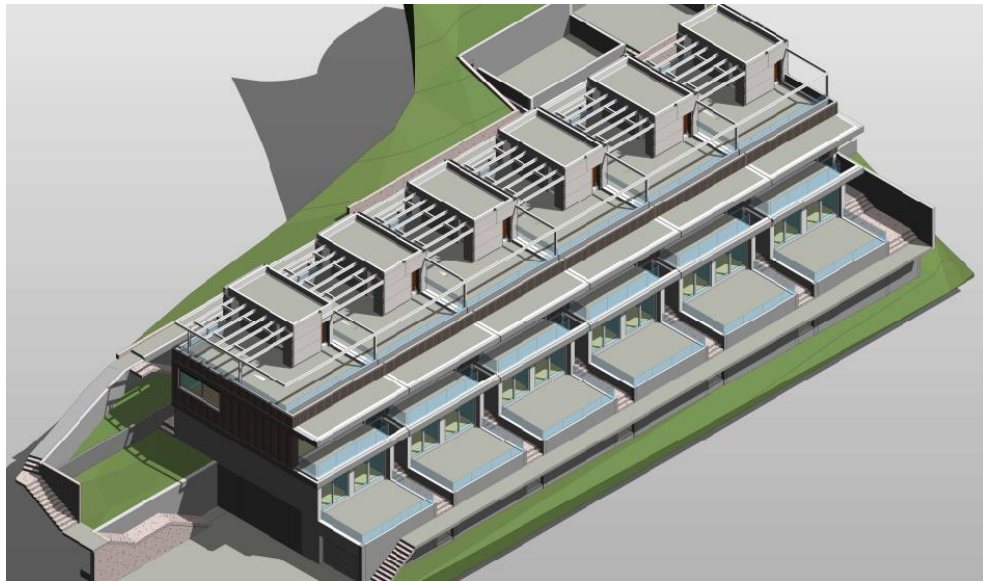


Figura 28 - Modelação da habitação Revit

Após a introdução destes parâmetros, procedeu-se à definição das zonas e espaços térmicos, conforme a Figura 29, de acordo com a utilização e ocupação de cada espaço. As ocupações para os espaços climatizados foram definidas de acordo com a norma NP 1037-2:2009, para os restantes espaços, para cada “Tipo de espaço” o Revit por defeito assume uma densidade de ocupação.

Número	Zona	Nível	Nome	Área	Plenu	Ocupação	Tipo de condição	Tipo de espaço	Número de pessoas
1	Climatizado	Piso 0	00 Quarto Esq	16 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aquecido e resfriado	Quarto de dormir	1
2	Ventilação	Piso 0	00 WC QESQ	5 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ventilado	WC ESQ	1
3	Ventilação	Piso 0	00 WC QDIR	4 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ventilado	WC DIR	1
4	Climatizado	Piso 0	00 Quarto Dir	15 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aquecido e resfriado	Quarto de dormir	1
5	Climatizado	Piso 0	00 Hall	13 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sem ar condicionado	Corredor/Transição	0
6	Climatizado	Piso 0	00 Quarto Prncipal	16 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aquecido e resfriado	SUITE	2
7	Ventilação	Piso 0	00 WC Principal	6 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ventilado	WC SUITE	1
8	Climatizado	Piso 1	01 Open Space	67 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aquecido e resfriado	OPEN SPACE	4
9	Ventilação	Piso 1	01 WC Serviço	3 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ventilado	WC SERV	1
11	Sem	Piso -1	-1 Garagem	42 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sem ar condicionado	Área de Estaciona	0
12	Sem	Piso -1	-1 Corredor	15 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sem ar condicionado	Corredor/Transição	0
13	Sem	Piso -1	-1 Arrumo	3 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sem ar condicionado	Armazenagem inati	0.092055
14	Ventilação	Piso -1	-1 Lavandaria	7 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ventilado	Lavandaria - Passar	0
15	Sem	Piso -1	-1 Area Tecnica	9 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sem ar condicionado	Armazenagem inati	0.26705
16	Ventilação Natural	Piso -1	-1 Escadas	6 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aquecido e resfriado	Escadaria	0.638853
17	Plenum	Piso -1	-1 Elevador	3 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sem ar condicionado	Saguão de Elevador	0.320699
18	Sem	Piso 2	02 Arrumos	1 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sem ar condicionado	Armazenagem inati	0.040617
19	Plenum	Piso 2	02 Plenum	0 m <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Sem ar condicionado	Plenum	0
20	Plenum	Piso 0	00 Plenum	0 m <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Sem ar condicionado	Plenum	0
21	Plenum	Piso 1	01 Plenum	1 m <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	Sem ar condicionado	Plenum	0
22	Ventilação Natural	Piso 2	Espaço	4 m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Somente ventilação natural	Corredor/Transição	0.413867

Figura 29 - Tabela de Espaços Térmicos – Revit

### 3.4. Sistema de Ventilação Mecânica Duplo Fluxo

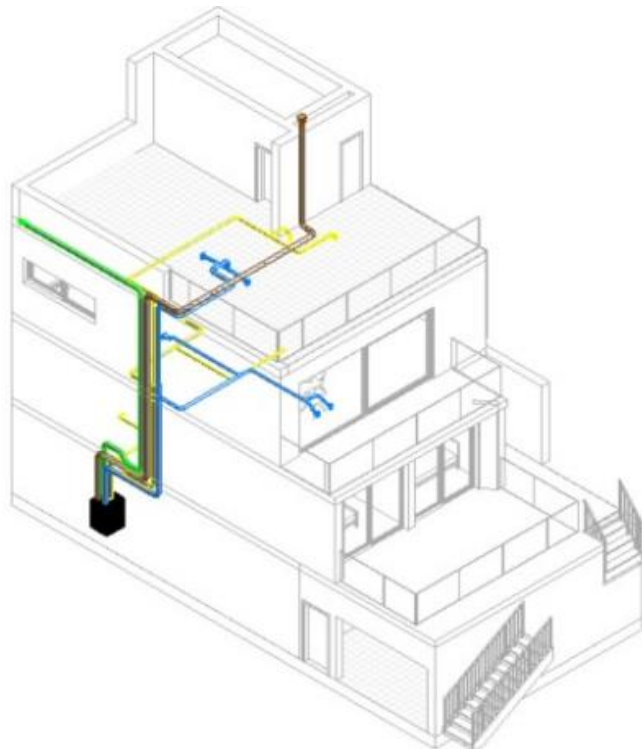


Figura 30 - Sistema de VMC Duplo Fluxo

#### 3.4.1. Dimensionamento da Rede de Conduas

O cálculo do diâmetro das condutas foi realizado através do método da perda de carga constante apresentado no Apêndice E, e encontram-se discriminado na Tabela 16 .

Tabela 16 – Diâmetros comerciais obtidos VMC DUPLO FLUXO

ESPAÇO	CAUDAL [m <sup>3</sup> /h]	DIÂMETRO COMERCIAL [mm]
QUARTO ESQUERDA	45,00	80
QUARTO DIREITA	45,00	80
QUARTO PRINCIPAL (SUITE)	45,00	80
SALA DE ESTAR	90,00	110
SALA DE JANTAR	90,00	110
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO ESQUERDA	45,00	80
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO DIREITA	45,00	80
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO PRINCIPAL	75,00	100
INSTALAÇÃO SANITÁRIA DE SERVIÇO	45,00	80
COZINHA	75,00	100
LAVANDARIA	35,00	80
ADMISSÃO DE AR NOVO	320,00	180
EXAUSTÃO DE AR	320,00	180

Segundo a Portaria n.o 138-I/2021 de 1 de Julho, 2021 o sistema de distribuição de ar deve ser isolado termicamente em toda a sua extensão incluindo acessórios. Este isolamento deve ter uma espessura mínima de 20 mm quando se trata de ar frio e 30 mm quando se trata de ar quente. Por esse motivo, todas as condutas deverão ter um isolamento térmico de 30 mm. Para a seleção das condutas circulares consultou-se o catálogo da SANDOMETAL de condutas em chapa de aço galvanizado com o sistema SpiroSystem.

### 3.4.2. Perda de carga na rede aerúlica

O caminho crítico de uma instalação é aquele que apresenta o maior valor do somatório das perdas de carga em linha com as perdas de carga localizadas, este valor é necessário para o correto dimensionamento do ventilador. No software Revit modelou-se o sistema de condutas pretendido desde a unidade ventiladora até aos elementos terminais de difusão, e através de uma análise do programa, identificaram-se os caminhos críticos, e o valor da perda de carga total dos mesmos, quer para a rede de insuflação, ilustrado com setas vermelhas na Figura 31, quer para a rede de extração, ilustrado com setas vermelhas na Figura 32. Os resultados obtidos encontram-se no Apêndice H.

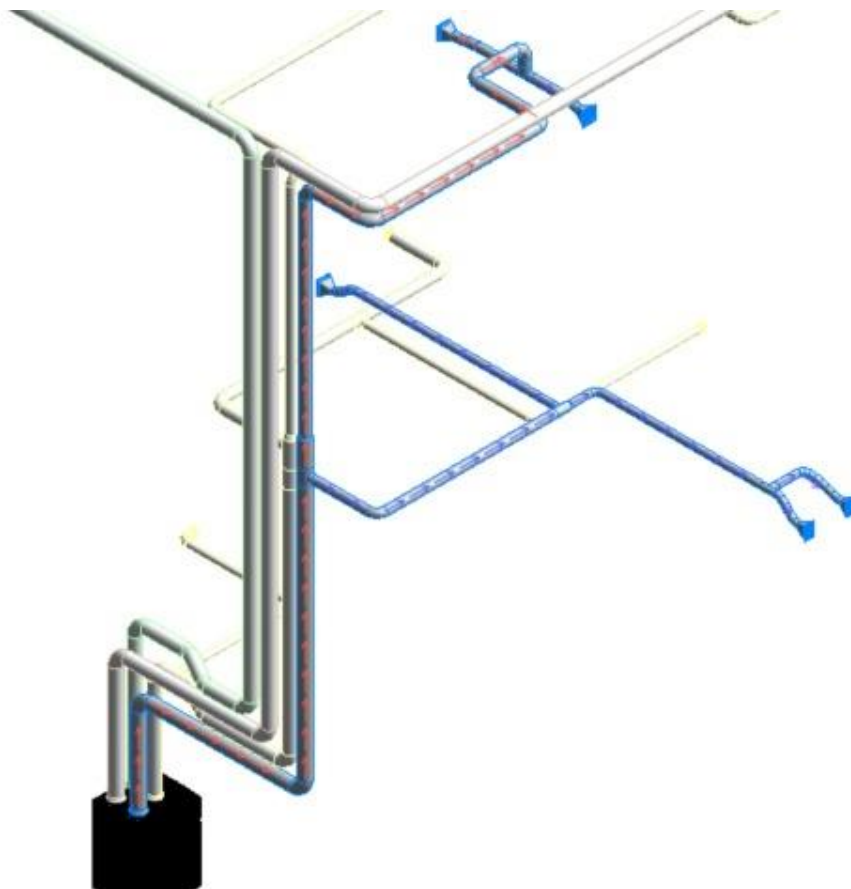


Figura 31 - Caminho Crítico VMC Duplo Fluxo Ar – Novo

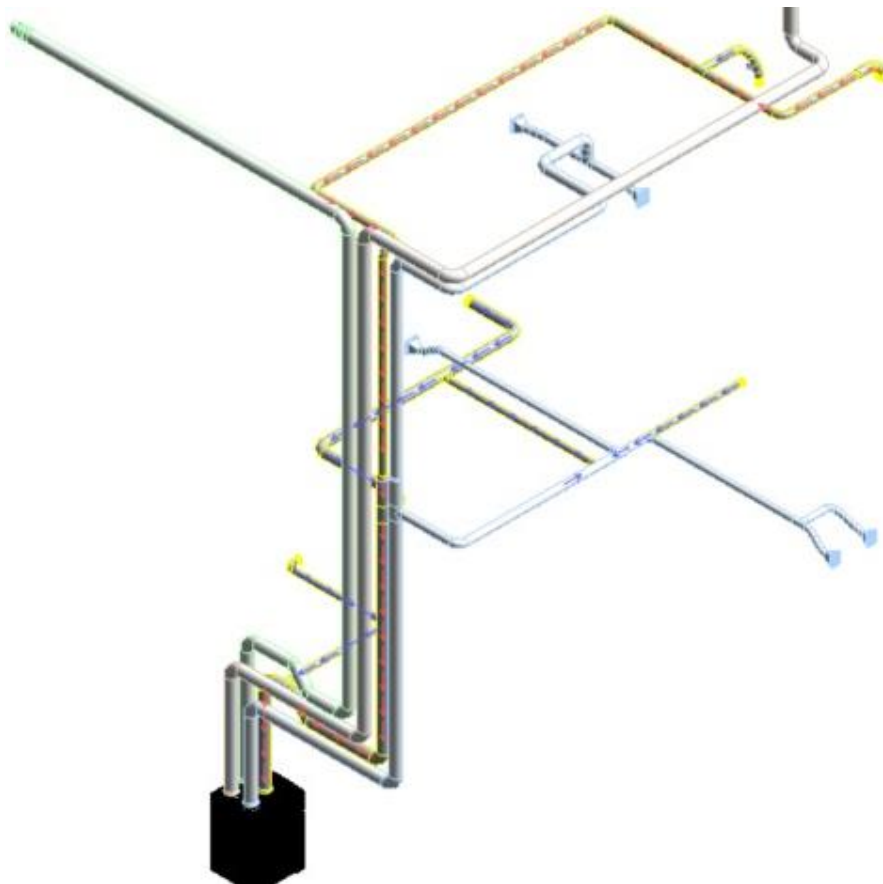


Figura 32 - Caminho Crítico VMC Duplo Fluxo – Extração

A perda de carga obtida para o caminho crítico de insuflação foi de 138,38 Pa e para o de extração 112,00 Pa.

### 3.4.3. Elementos terminais de difusão

Cada compartimento principal, deve ter pelo menos uma admissão de ar. Esta disposição visa garantir o princípio de ventilação da habitação por varrimento, desde os compartimentos principais até aos compartimentos de serviço. As Bocas de Extração/ Insuflação Borea da S&P, ilustrada na Figura 33, como o próprio nome indica, pode ser utilizada como elemento terminal de extração e insuflação, por esse motivo, foi o elemento terminal utilizado na solução preconizada. Podem ser montadas tanto em teto falso como na parede, especialmente para impulsão. Os terminais de admissão de ar novo e exaustão encontram-se representados nas Figura 34 e Figura 35, respetivamente.



Figura 33 - Boca de Extração / Impulsão Borea - S&P



Figura 34 - Terminal de admissão de ar novo

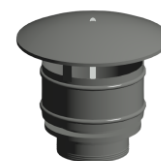


Figura 35 - Terminal de exaustão de ar

### 3.4.4. Seleção Equipamento de Ventilação

Para a seleção do equipamento, majorou-se o valor da perda de carga, para contornar possíveis erros de cálculo e garantir o funcionamento da instalação, assim a perda de carga considerada foi 150 Pa. Na Tabela 17, encontram-se os pontos de funcionamento do equipamento a selecionar, de acordo com os caudais e perdas de carga obtidas anteriormente.

Tabela 17 – Pontos de Funcionamento Equipamento Ventilação Duplo Fluxo

CAUDAL DE INSUFLAÇÃO [m <sup>3</sup> /h]	320
PERDA DE CARGA INSUFLAÇÃO [Pa]	150
CAUDAL DE EXTRAÇÃO [m <sup>3</sup> /h]	320
PERDA DE CARGA EXTRAÇÃO [Pa]	150

O equipamento selecionado é o modelo SABIK 500 do fabricante S&P, ilustrado na Figura 36. Trata-se de um equipamento que contém um ventilador mecânico equipado com motor EC de corrente contínua que assegura um baixo consumo e um baixo nível sonoro, e um permutador de calor de tipo contra fluxo de alto rendimento (até 92%). Inclui filtros de impulsão e extração Coarse 65% (G4) e dispõe de um bypass 100% automático e/ou manual. As suas características principais podem ser consultadas na sua ficha técnica que está disponível no Anexo A.



Figura 36 - VMC de duplo Fluxo – SABIK 500 E S&P

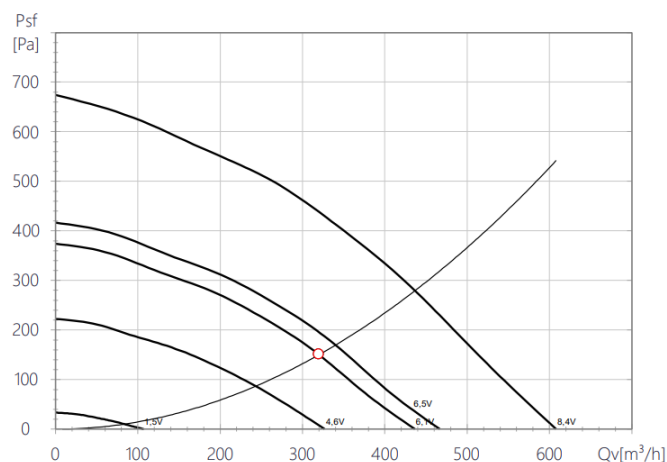


Figura 37 - Gráfico de Desempenho – SABIK 500 E

O gráfico da Figura 37, foi obtido através do software Easyvent da Soler&Palau, para um ponto de funcionamento de 320 m<sup>3</sup>/h e pressão estática 150 Pa.

### 3.5. Sistema de Ventilação Mecânica Simples Fluxo

Nos sistemas de VMC de fluxo simples a entrada de ar é realizada por depressão, através de grelhas localizadas nas fachadas, enquanto a extração do ar viciado é efetuada por um ventilador. Estes sistemas incluem uma rede de condutas que conduz o ar viciado desde o interior da habitação até ao exterior.

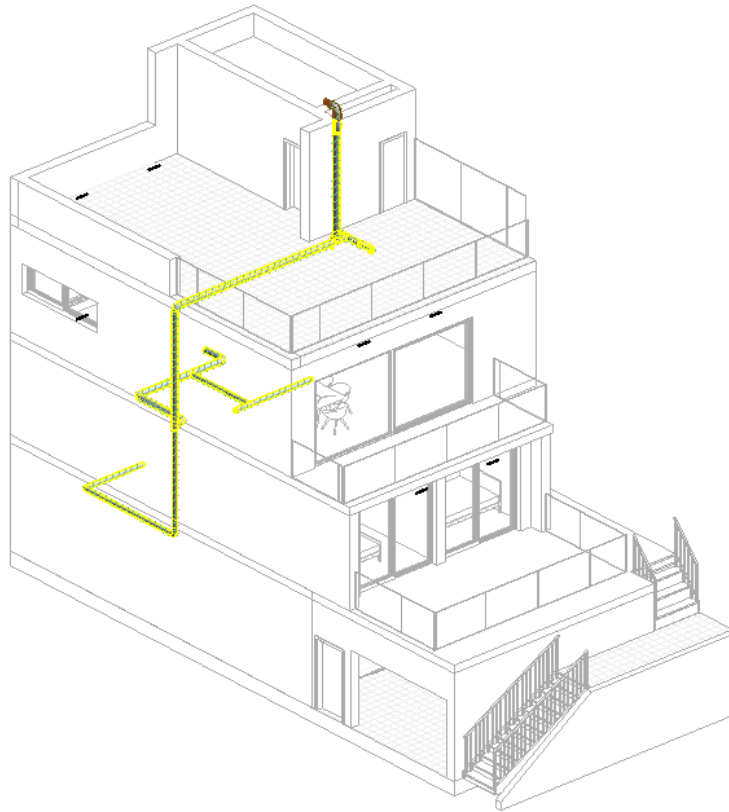


Figura 38 - Sistema de VMC Duplo Fluxo

#### 3.5.1. Dimensionamento da Rede de Condutas

O cálculo do diâmetro das condutas procedeu-se do mesmo método utilizado no capítulo 3.4.1, os resultados obtidos, e encontram-se discriminados na Tabela 18.

Tabela 18 – Diâmetros comerciais obtidos VMC SIMPLES FLUXO

ESPAÇO	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	DIÂMETRO COMERCIAL [mm]
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO ESQUERDA	45,00	80
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO DIREITA	45,00	80
INSTALAÇÃO SANITÁRIA QUARTO PRINCIPAL	75,00	100
INSTALAÇÃO SANITÁRIA DE SERVIÇO	45,00	80
COZINHA	75,00	100
LAVANDARIA	35,00	80
EXAUSTÃO DE AR	320,00	180

### 3.5.2. Perda de carga na rede aerúlica

O cálculo da Perda de Carga na rede, procedeu-se através do software Revit conforme o capítulo 3.4.2. Neste caso apenas contemos a rede de extração de ar, sendo apenas necessário calcular um caminho crítico. Os resultados obtidos apresentam-se no Apêndice I e indicam que, para a extração, o caminho crítico gera uma perda de carga de 133,00 Pa.

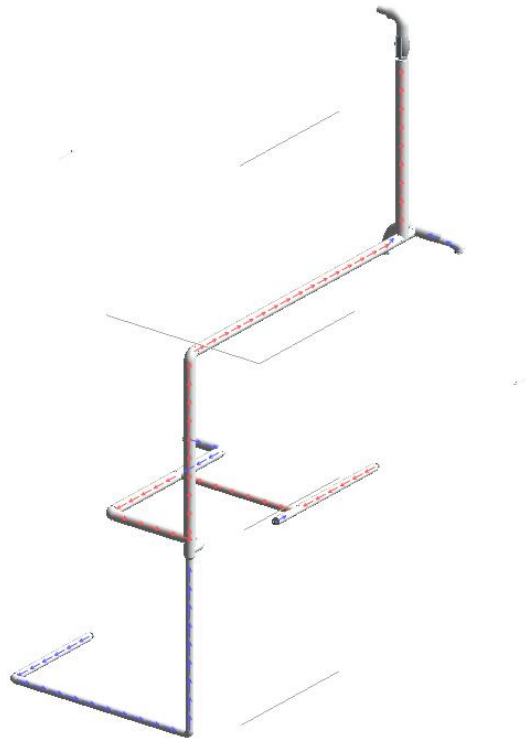


Figura 39 - Caminho Crítico VMC Simples Fluxo Ar Novo

### 3.5.3. Aeradores acústicos auto-ajustáveis

Cada compartimento principal, deve ter pelo menos uma admissão de ar. Esta disposição visa garantir o princípio de ventilação da habitação por varrimento, desde os compartimentos principais até aos compartimentos de serviço. Para a solução de Ventilação Mecânica Controlada de simples fluxo, escolheram-se os Aeradores acústicos auto-ajustáveis, representados na Figura 40, que permitem a renovação do ar numa habitação através das divisões principais ( sala de estar, quartos). Podem ser instalados em elementos de carpintaria ou fixados a um casquilho de parede.



Figura 40 - Aeradores autorreguláveis com moldura acústica altamente atenuante - ECA-RA - S&P

Na série ECA-RA, existem quatro modelos, com diferentes caudais, nomeadamente para 22, 30, 36 e 45 m<sup>3</sup>/h.

Tabela 19 – Aeradores autorreguláveis

COMPARTIMENTO	$Q_{AN}$ [m <sup>3</sup> /h]	Modelo
QUARTO ESQUERDA	45,00	ECA-RA 45
QUARTO DIREITA	45,00	ECA-RA 45
QUARTO PRINCIPAL (SUITE)	50,00	ECA-RA 30 + ECA-RA 22
SALA DE ESTAR	90,00	ECA-RA 45 – 2 unidades
SALA DE JANTAR	90,00	ECA-RA 45 – 2 unidades

### 3.5.4. Seleção Ventilador

Para a seleção do ventilador, majorou-se o valor da perda de carga, para contornar possíveis erros de cálculo e garantir o funcionamento da instalação, assim a perda de carga considerada foi 150 Pa. Na Tabela 20 encontra-se o ponto de funcionamento do ventilador a selecionar, de acordo com o caudal e perda de carga obtida.

Tabela 20 – Ponto de Funcionamento Ventilador

CAUDAL DE EXTRAÇÃO [m <sup>3</sup> /h]	320
PERDA DE CARGA EXTRAÇÃO [Pa]	150

O ventilador selecionado, Figura 41, é um ventilador do tipo *in-line*, extremamente silencioso, feito de material plástico com elementos acústicos, equipado com motor brushless DC, alto desempenho e baixo consumo de energia é indicado para resolver muitos problemas de ventilação em aplicações residenciais, comerciais e industriais onde o baixo ruído é um elemento importante de conforto, especialmente em instalações onde o extrator deve ser muitas horas em operação, o que trará importantes poupanças de energia, ou em aqueles que requerem um sistema de ventilação adaptados para exigir envolvendo o controlo sensores externos. No ANEXO B podem ser consultadas as características técnicas do ventilador.



Figura 41 - TD-500/150-160 SILENT ECOWATT (230V 50/60) NE – S&amp;P

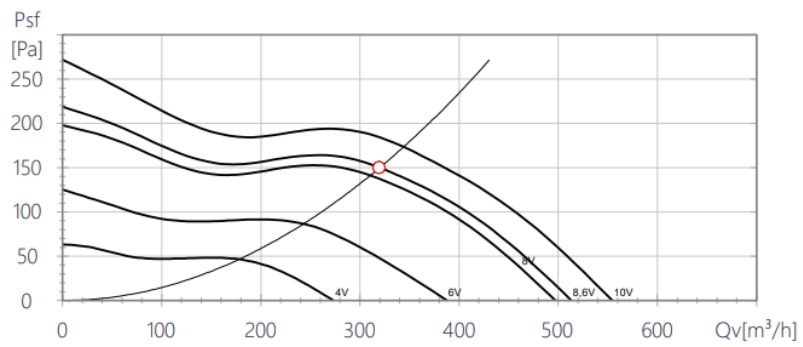


Figura 42 - Gráfico de Desempenho – TD-500-7150-160 SILENT ECOWATT

O gráfico da Figura 42, foi obtido através do software Easyvent da Soler&Palau, para um ponto de funcionamento de 320 m³/h e pressão estática 150 Pa.



## 4. Resultados e Discussão

Neste capítulo é aplicada a metodologia e demonstram-se os resultados obtidos do desempenho energético e térmico da habitação, numericamente de acordo com o Sistema de Certificação Energética, com o auxílio da folha de cálculo da ITECONS, e recorrendo aos softwares Revit e OpenStudio (EnergyPlus).

### 4.1. Apresentação de resultados

#### 4.1.1. Cargas Térmicas - Software Revit

Após a realização da metodologia descrita no capítulo 3.3.2, gerou-se uma análise das cargas térmicas detalhada de cada espaço, os relatórios obtidos encontram-se no Apêndice L. Na Tabela 21 encontra-se a carga total em [W] para cada espaço, bem como a carga resultante da ventilação.

Tabela 21 – Cargas Térmicas de Arrefecimento e Aquecimento - Parâmetro Ventilação - Revit

COMPARTIMENTO	POT. DE ARREF. [W]	POT. ARREF. VENTILAÇÃO [W]	POT. DE AQUEC. [W]	POT. AQUEC. VENTILAÇÃO [W]
QUARTO ESQUERDA	747	107	621	269
WC PRIVATIVA ESQUERDA	356	132	443	361
QUARTO DIREITA	724	52	639	273
WC PRIVATIVA DIREITA	302	115	391	323
QUARTO PRINCIPAL (SUITE)	727	116	685	335
WC PRIVATIVA PRINCIPAL (SUITE)	467	199	680	566
OPEN SPACE (COZINHA, SALA DE JANTAR, SALA DE ESTAR)	4 163	818	3 697	2 075
INSTALAÇÃO SANITÁRIA SERVIÇO	458	218	710	581
TOTAL	7 944	1 757	7 866	4 783

Na Tabela 22 encontra-se a carga térmica em [W/m<sup>2</sup>] para cada espaço.

Tabela 22 – Cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento - Revit

COMPARTIMENTO	ÁREA [m <sup>2</sup> ]	POT. ARREF. [W/m <sup>2</sup> ]	POT. ARREF. VENTILAÇÃO [W/m <sup>2</sup> ]	POT. AQUEC. [W/m <sup>2</sup> ]	POT. AQUEC. VENTILAÇÃO [W/m <sup>2</sup> ]
QUARTO ESQUERDA	15,12	49,40	7,08	41,07	17,79
WC PRIVATIVA ESQUERDA	4,23	84,16	31,21	104,72	85,34
QUARTO DIREITA	15,12	47,88	3,44	42,26	18,06
WC PRIVATIVA DIREITA	3,89	77,63	29,56	100,51	83,03
QUARTO PRINCIPAL (SUITE)	15,45	47,05	7,51	44,01	21,68
WC PRIVATIVA PRINCIPAL (SUITE)	5,99	77,96	33,22	113,52	94,49
OPEN SPACE	56,24	74,02	14,54	65,74	36,90
INSTALAÇÃO SANITÁRIA SERVIÇO	2,99	153,17	72,91	237,45	194,31

O software Revit assume que em todos os espaços ventilados é admitido ar exterior, o que na realidade não acontece, uma vez que o ar flui por arrastamento dos compartimentos principais para os dos serviços, isso justifica o facto da parcela da ventilação ser consideravelmente mais elevada nas instalações Sanitárias, como é possível observar na Tabela 22.

#### 4.1.2. Cargas Térmicas - Software OpenStudio (EnergyPlus)

Para analisar o efeito do recuperador de energia na carga térmica de ventilação foi necessário utilizar o software OpenStudio, uma vez que o Revit não permite fazer a análise de energia com este equipamento. A interface do software Energyplus, importa todas as propriedades térmicas dos materiais da construção, e das zonas térmicas previamente definidas. Na Figura 43 encontra-se a vista 3D da habitação no software EnergyPlus e na Figura 44 encontram-se ilustradas as zonas térmicas.

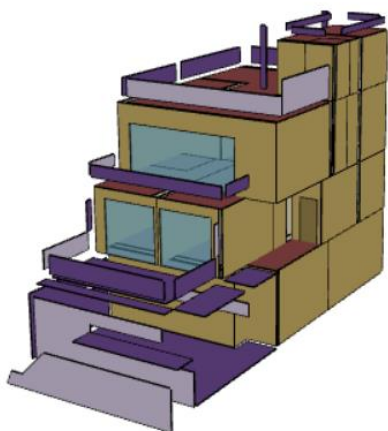


Figura 43 - Vista 3D da Habitação – OpenStudio

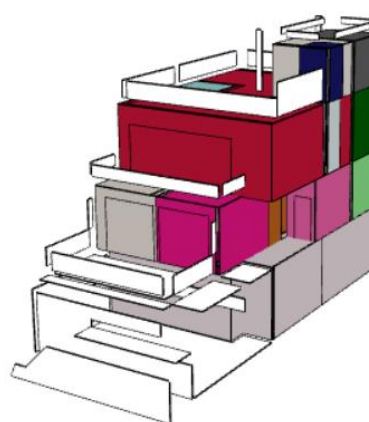


Figura 44 – Zonas Térmicas - OpenStudio

As cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento obtidas no Openstudio encontram-se detalhadas no Apêndice M. Os valores totais das cargas obtidas bem como a parcela da carga resultante da ventilação encontram-se na Tabela 23.

Tabela 23 – Cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento – OpenStudio (EnergyPlus) [W]

COMPARTIMENTO	POT. DE ARREF. [W]	POT. ARREF. VENTILAÇÃO [W]	POT. DE AQUEC. [W]	POT. AQUEC. VENTILAÇÃO [W]
QUARTO ESQUERDA	743,76	105,51	654,75	283,25
QUARTO DIREITA	719,92	50,01	636,42	276,51
QUARTO PRINCIPAL	709,54	115,1	670,65	325,26
OPEN SPACE	4 094,34	795,87	3 632,18	1 868,78
TOTAL	6 261,56	1 060,49	5 006,21	2 760,01

Na Tabela 24, encontra-se a carga térmica em [W/m<sup>2</sup>] para cada espaço.

Tabela 24 - Cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento-OpenStudio (EnergyPlus)[W/m<sup>2</sup>]

COMPARTIMENTO	ÁREA [m <sup>2</sup> ]	POT. ARREF. [W/m <sup>2</sup> ]	POT. ARREF. VENTILAÇÃO [W/m <sup>2</sup> ]	POT. AQUEC. [W/m <sup>2</sup> ]	POT. AQUEC. VENTILAÇÃO [W/m <sup>2</sup> ]
QUARTO ESQUERDA	15,12	49,19	6,98	43,30	18,73
QUARTO DIREITA	15,12	47,61	3,31	42,09	18,28
QUARTO PRINCIPAL (SUITE)	15,45	45,92	7,45	43,41	21,05
OPEN SPACE	56,24	72,80	14,15	64,58	33,23
TOTAL	101,93	61,43	10,40	49,11	27,08

Pela comparação dos valores apresentados nas Tabela 23 e Tabela 24, afere-se que as cargas obtidas nos dois softwares se encontram na mesma gama de valores.

Para analisar o efeito do recuperador na carga térmica, elaborou-se uma configuração do sistema de ventilação, retratada na Figura 45. E definiu-se que o permutador tem um rendimento de recuperação de 74,5%, conforme informação consultada na ficha técnica do equipamento (ANEXO A).

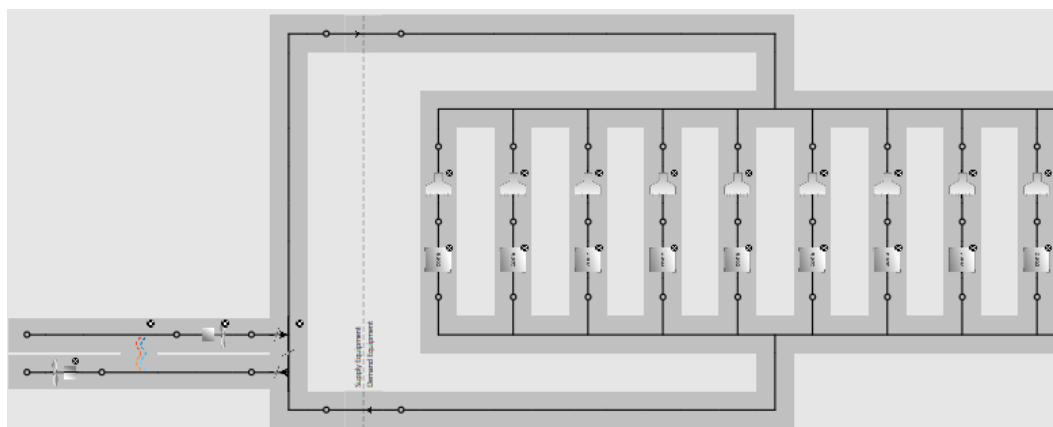


Figura 45 - Configuração Sistema de Ventilação com recuperação de Energia - EnergyPlus

Após nova simulação para análise das cargas térmicas, obtiveram-se os valores discriminados no Apêndice M. Na Tabela 25, encontram-se as cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento obtidas.

Tabela 25 – Cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento – Ventilação com recuperação de energia - OpenStudio (EnergyPlus) [W]

COMPARTIMENTO	POT. DE ARREF. [W]	CARGA VENTILAÇÃO [W]	POT. DE AQUEC. [W]	CARGA VENTILAÇÃO [W]
QUARTO ESQUERDA	726,14	87,89	419,84	48,34
QUARTO DIREITA	711,57	41,66	407,15	47,24
QUARTO PRINCIPAL	690,32	95,88	395,63	50,24
OPEN SPACE	3 961,43	662,96	2 218,37	454,97
TOTAL	6 084,46	883,39	3 440,99	600,79

Tabela 26 - Cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento- Ventilação com recuperação de energia - OpenStudio (EnergyPlus) [W/m<sup>2</sup>]

COMPARTIMENTO	ÁREA [m <sup>2</sup> ]	POT. ARREF. [W/m <sup>2</sup> ]	POT. ARREF. VENTILAÇÃO [W/m <sup>2</sup> ]	POT. AQUEC. [W/m <sup>2</sup> ]	POT. AQUEC. VENTILAÇÃO [W/m <sup>2</sup> ]
QUARTO ESQUERDA	15,12	48,03	5,81	27,77	3,20
QUARTO DIREITA	15,12	47,06	2,75	26,93	3,12
QUARTO PRINCIPAL (SUITE)	15,45	44,68	6,21	25,60	3,25
OPEN SPACE	56,24	70,44	11,79	39,44	8,09
TOTAL	101,93	59,69	8,66	33,76	5,89

Analisando os resultados obtidos nas Tabela 25 e Tabela 26, os valores de cargas térmicas calculados nos dois softwares, Revit e OpenStudio são semelhantes. Constata-se que na ventilação com recuperação de energia há uma redução nas cargas térmicas, no caso das cargas de arrefecimento reduziu-se de 6 261,56 W para 6 084,46 W, e no caso da carga de aquecimento, reduziu-se de 5 006,21 W para 3 440,99 W, ou seja, um decréscimo de 2,83% na estação de arrefecimento e 31,26% na estação de aquecimento. Isto reflete uma maior eficiência energética e uma diminuição no consumo de energia para climatização dos espaços, particularmente no Inverno.

#### 4.1.3. Consumo elétrico Ventiladores

Comparou-se o consumo elétrico do ventilador “SABIK 500 E” com o consumo elétrico da iluminação interior e dos eletrodomésticos típicos numa habitação. O gráfico da Figura 36 apresenta o consumo de eletricidade mensal em kWh, dividido em três categorias: "Iluminação Interior" (Interior Lighting), "Equipamentos Interiores" (Interior Equipment) e "Ventiladores" (Fans).

## Monthly Overview

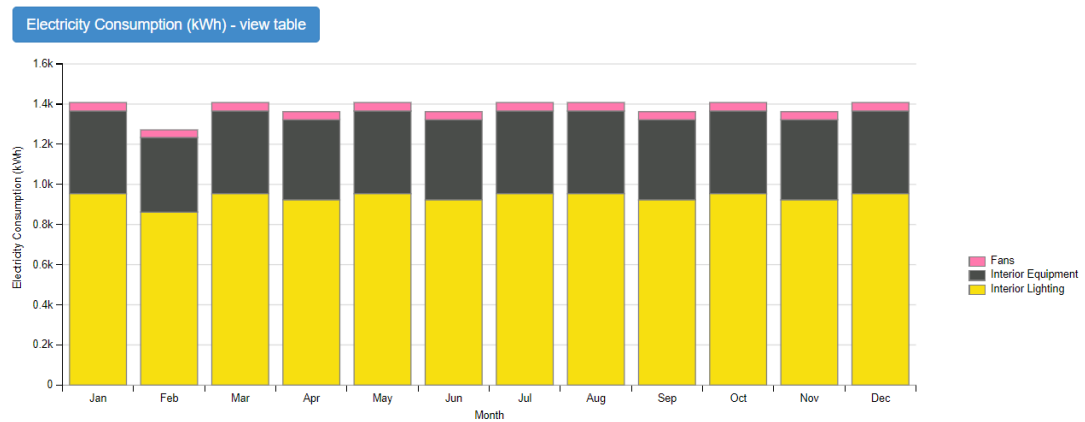


Figura 46 - Análise mensal do consumo elétrico do ventilador – OpenStudio

Conclui-se que o principal responsável pelo consumo de eletricidade é a iluminação interior, cujo consumo varia entre 800 e 1000 kWh por mês. A segunda maior categoria de consumo é a dos equipamentos básicos, que também se mantém relativamente constante ao longo do ano. Por fim, no que respeita aos ventiladores, verifica-se que o consumo é igual todos os meses, e significativamente menor em comparação com as outras categorias, demonstrando um impacto mínimo no consumo total de eletricidade, cerca de 40 kWh/mês.

Através da utilização da ferramenta de cálculo do ITECONS, obteve-se os valores energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores,  $W_{vm}$ , os resultados encontram-se na Tabela 27.

Tabela 27 – Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores

$W_{vm}$ – VMC SIMPLES FLUXO	226,36 kWh/ano
$W_{vm}$ – VMC DUPLO FLUXO COM RECUPERAÇÃO DE ENERGIA	292,00 kWh/ano

### 4.1.4. Sistema de Produção de AQS

Para o sistema produtor de água quente sanitária, preconizou-se a utilização de uma bomba de calor M AQS da marca DAIKIN, com 200l de capacidade. Apresenta-se, na Tabela 28, os resultados obtidos através da utilização da ferramenta de cálculo do ITECONS.

Tabela 28 – Parâmetros bomba de calor produção água quente sanitária (Daikin)

FUNÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL (kW)	COP	$E_{ren}$ (kWh/ano)	CONSUMO DE ENERGIA FINAL (kWh/ano)
ÁGUA QUENTE SANITÁRIA	1,34	3,89	647,31	365,74

### 4.1.5. Sistema de Climatização

Para o sistema de climatização, preconizou-se a instalação de uma bomba de calor ar-ar, do tipo *multisplit*, da marca DAIKIN, com uma unidade interior mural por cada compartimento a ser climatizado nomeadamente os quartos, e *openspace*, que permite o aquecimento e

arrefecimento dos espaços. O desempenho técnico deste sistema encontra-se no ANEXO C. Apresenta-se, na Tabela 28, os resultados obtidos através da utilização da ferramenta de cálculo do ITECONS.

Tabela 29 – Parâmetros do sistema de climatização

FUNÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL (kW)	EFICIÊNCIA SAZONAL	$E_{ren}$ (kWh/ano)	CONSUMO DE ENERGIA FINAL (kWh/ano)
AQUECIMENTO	6,46	4,64	7 912,07	2 173,65
ARREFECIMENTO	8,7	7,73	680,45	101,11

#### 4.1.6. Quantificação do Desempenho Energético do Edifício

A metodologia de cálculo das necessidades encontra-se discriminada no capítulo 2.4.3. Este cálculo foi efetuado através do software da ITECONS, para os dois casos de estudo (VMC Duplo Fluxo com recuperação de calor; VMC Simples fluxo) e apresentam-se nos Apêndices F e G respetivamente.

Os índices térmicos fundamentais a quantificar são os valores das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ), das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ), bem como das necessidades globais de energia primária ( $N_{tc}$ ). O valor de  $N_{ic}$  obtém-se através da Equação (1). Assim, é necessário calcular o valor das parcelas de  $Q_{tr,i}$ ,  $Q_{ve,i}$ ,  $Q_{ve,v}$  e  $Q_{gu,i}$ , que se obtém através do cálculo dos coeficientes de transferência de calor. Os valores de coeficiente obtidos através da folha de cálculo do ITECONS e encontram-se na Tabela 30, para as duas configurações em estudo.

Tabela 30 – Coeficientes de transferência de calor

	VENTILAÇÃO SIMPLES FLUXO	VMC DUPLO FLUXO COM RECUPERAÇÃO
$H_{ext}$ - coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior ( $W/^\circ C$ )	319,23	319,23
$H_{enu} + H_{adj}$ - coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior ( $W/^\circ C$ )	33,37	33,37
$H_{ecs}$ - coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo ( $W/^\circ C$ )	31,12	31,12
$H_{ve,i}$ - coeficiente de transferência de calor por ventilação (inverno) ( $W/^\circ C$ )	117,00	30,41
$H_{ve,v}$ - coeficiente de transferência de calor por ventilação (verão) ( $W/^\circ C$ )	130,30	48,26

Analisando os valores da Tabela 30, constata-se, que o valor de  $H_{ext} = 319,23 W/^\circ C$ ,  $H_{enu} + H_{adj} = 33,37 W/^\circ C$  e  $H_{ecs} = 31,12 W/^\circ C$  é o mesmo para os dois cenários, como é de esperar, uma vez que as soluções construtivas do edifício mantêm-se inalteradas.

O coeficiente de transferência de calor por ventilação no inverno,  $H_{ve,i}$ , diminui de  $117 W/^\circ C$  para  $30,41 W/^\circ C$  com a ventilação duplo fluxo com recuperação de energia, o que demonstra uma significativa redução das perdas térmicas, ao recuperar grande parte do calor que seria

perdido para o exterior. Na ventilação simples fluxo, o coeficiente de transferência de calor por ventilação é 74% maior em relação à ventilação de duplo fluxo com recuperação.

No verão o coeficiente de ventilação,  $H_{ve,v}$ , na ventilação de simples fluxo é de 130,30 W/°C, com a ventilação duplo fluxo com recuperação de energia, esse valor diminui para 48,26 W/°C, isto demonstra que no primeiro caso, o coeficiente de ventilação,  $H_{ve,v}$ , é 63% maior que na segunda configuração, logo, o calor transferido para o interior do edifício é menor, uma vez que o sistema recupera parte da energia, reduzindo a carga de arrefecimento.

Os valores de energia anual  $Q_{tr,i}$ ,  $Q_{ve,i}$  e  $Q_{gu,i}$ , obtidos na simulação da ventilação com simples fluo e na ventilação de duplo fluxo com recuperação para a estação de aquecimento, encontram-se na Tabela 31.

Tabela 31 – Valores de  $Q_{tr,i}$ ,  $Q_{ve,i}$  e  $Q_{gu,i}$  obtidos

	VENTILAÇÃO SIMPLES FLUXO	VMC DUPLO FLUXO COM RECUPERAÇÃO
$Q_{tr,i}$ - Energia calorífica transmitida através da envolvente do edifício na estação de aquecimento (kWh/ano)	14 458,65	14 458,65
$Q_{ve,i}$ - Energia calorífica transmitida por ventilação na estação de aquecimento (kWh/ano)	4 408,59	1 145,96
$Q_{gu,i}$ - Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes (kWh/ano)	5 542,96	5 118,89

Na Figura 47 e apresenta-se um gráfico com representação percentual dos vários fatores que contribuem para as necessidades de energia útil para aquecimento, no caso de ventilação mecânica de simples fluxo. Observa-se que a envolvente é o principal meio de transferência de calor da habitação com cerca de 59%, em segundo lugar estão as perdas térmicas devido às janelas, representando cerca de 23%. A perda de calor devido à renovação do ar não é tão significativa quando comparada com a envolvente, mas tem um peso de 18%. Na Figura 48 fez-se a mesma análise, mas para o caso de ventilação mecânica com recuperação de energia, e consta-te que a perda de calor por transferência devido à renovação de ar diminui cerca de 10%.

## Resultados e Discussão

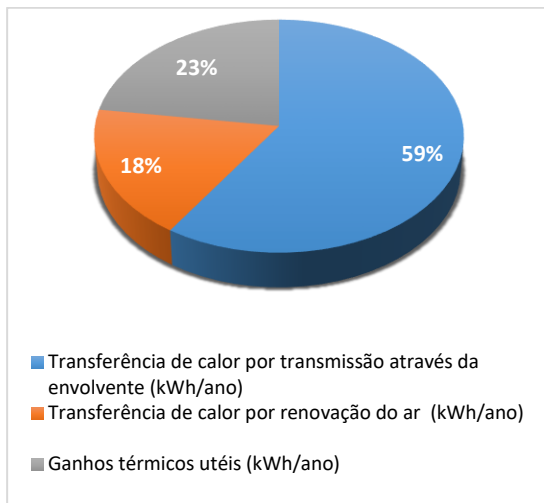


Figura 47 - Transferência de calor na estação de Aquecimento - VMC Simple Fluxo

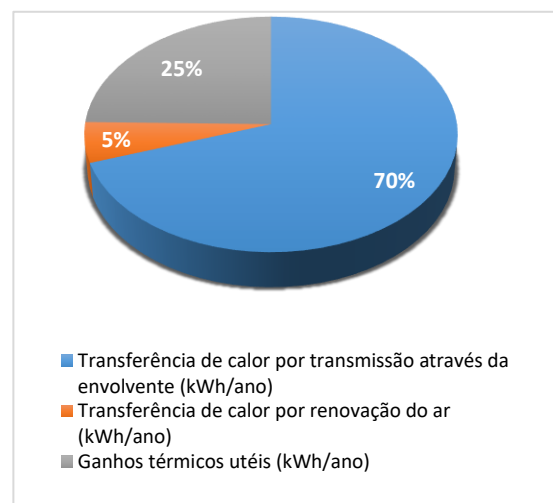


Figura 48 - Transferência de calor na estação de Aquecimento - VMC Duplo Fluxo Com Recuperação

Os valores de energia anual  $Q_{tr,v}$ ,  $Q_{ve,v}$  e  $Q_{g,v}$ , obtidos na simulação da ventilação com simples fluo e na ventilação de duplo fluxo com recuperação para a estação de arrefecimento encontram-se na Tabela 32

Tabela 32 – Valores de  $Q_{tr,v}$ ,  $Q_{ve,v}$  e  $Q_{g,v}$  obtidos

	VENTILAÇÃO SIMPLES FLUXO	VMC DUPLA FLUXO COM RECUPERAÇÃO
$Q_{tr,v}$ - Energia calorífica transmitida através da envolvente do edifício na estação de arrefecimento (kWh/ano)	4 044,74	4 044,74
$Q_{ve,v}$ - Energia calorífica transmitida por ventilação na estação de arrefecimento (kWh/ano)	1 372,42	1373,42
$Q_{g,v}$ - Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento (kWh/ano)	4 391,49	4 391,49

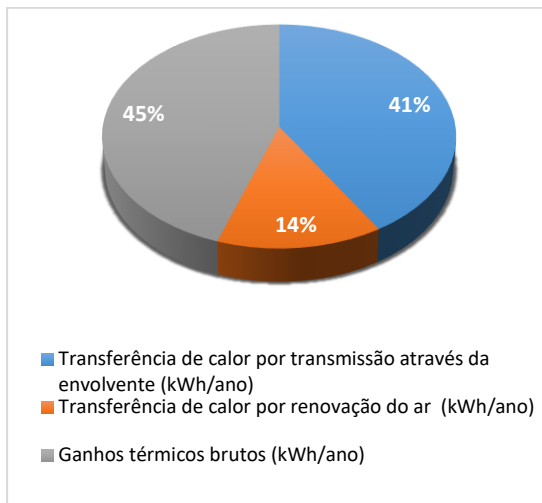


Figura 49 - Transferência de calor na estação de Arrefecimento - VMC Simples Fluxo

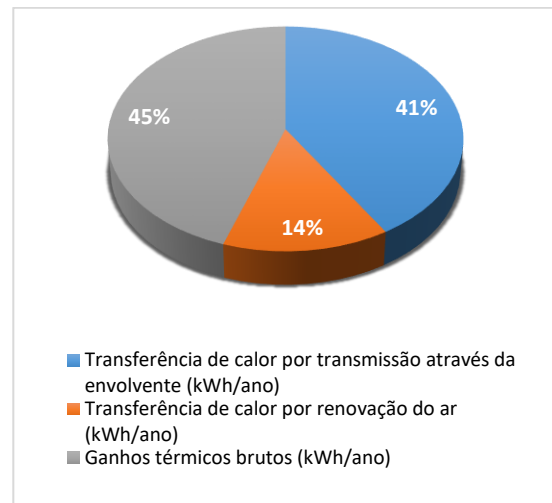


Figura 50 - Transferência de calor na estação de Arrefecimento - VMC Duplo Fluxo Com Recuperação

A Figura 49 e a Figura 50 apresentam uma análise gráfica com os vários fatores que contribuem para as necessidades de energia útil para arrefecimento. Verifica-se que os gráficos são iguais, em ambas as configurações, isto poderá dever-se ao facto de na estação de arrefecimento, o fluxo fazer um bypass ao permutador.

Através da folha de cálculo da ITECONS, obtiveram-se os valores das necessidades nominais anuais de energia. Nas Tabela 33 e Tabela 34 encontram-se resumidos os resultados obtidos para as necessidades nominais e máximas de energia útil para aquecimento e arrefecimento.

Tabela 33 – Requisitos Conforto Térmico – Valores de  $N_{ic}$  e  $N_{vc}$  - VMC Simples Fluxo

$N_{ic}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_i$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{ic}/N_i$	$N_{vc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_v$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{vc}/N_v$
54,67	64,72	0,84	2,13	10,67	0,19

Tabela 34 – Requisitos Conforto Térmico – Valores de  $N_{ic}$  e  $N_{vc}$  - VMC Duplo Fluxo Com Recuperação

$N_{ic}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_i$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{ic}/N_i$	$N_{vc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_v$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{vc}/N_v$
41,38	64,02	0,65	2,13	10,67	0,19

Analisando os resultados apresentados nas Tabela 33 e Tabela 34 conclui-se que os indicadores de aquecimento e arrefecimento se encontram-se abaixo dos requisitos mínimos exigidos nos dois cenários em análise. E que cumprem as premissas de  $N_{ic}/N_i \leq 0,85$  e  $N_{vc}/N_v \leq 1,00$ , previstas no Despacho n.º 6476-E/2021.

#### 4.1.7. Classificação Energética

A Classe energética é determinada através do rácio entre as necessidades nominais anuais de energia primária ( $N_{tc}$ ) e o seu valor máximo ( $N_i$ ). Os valores apresentados na Tabela 35 utilizam-

se para determinar as necessidades de energia primária da habitação e a classificação energética do caso de estudo de VMC Simples Fluxo.

Os indicadores de desempenho são apresentados Tabela 35

Tabela 35 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária – VMC SIMPLES FLUXO

	VALOR LIMITE (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	VALOR DO EDIFÍCIO (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano)
ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO	43,73	29,45
ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO	8,09	0,00
ENERGIA PRIMÁRIA PARA A PREPARAÇÃO DE AQS	8,71	7,67
ENERGIA PRIMÁRIA NECESSÁRIA PARA O SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA	-	2,32
ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE SISTEMAS COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	-	3,92

De acordo com dados apresentados na Tabela 35, conclui-se que na configuração em estudo a Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica, corresponde a cerca de 6,5% das necessidades nominais anuais globais de energia primária, o que corresponde a um baixo consumo.

Tabela 36 – Indicadores de desempenho – VMC SIMPLES FLUXO

Q <sub>a</sub> (kWh/ano)	N <sub>tc</sub> (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	N <sub>t</sub> (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	N <sub>tc</sub> /N <sub>t</sub>	E <sub>ren,p</sub> (kWh/ano)
2377	35,53	65,19	0,55	12 506

A classe obtida para o desempenho energético do edifício é a correspondente ao valor de  $R_{NT} = 0,55$ , ou seja, a classe energética B.

Os valores apresentados na Tabela 37 utilizam-se para determinar as necessidades de energia primária da habitação e a classificação energética do caso de estudo de VMC Duplo Fluxo com Recuperação. As folhas de cálculo usadas para o balanço energético da habitação em análise encontram-se apresentadas no Apêndice H.

Tabela 37 – Necessidades nominais anuais globais de energia primária - VMC DUPLO FLUXO COM RECUPERAÇÃO

	VALOR LIMITE (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	VALOR DO EDIFÍCIO (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano)
ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO	47,07	22,30
ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO	8,89	0,00
ENERGIA PRIMÁRIA PARA A PREPARAÇÃO DE AQS	8,71	7,67
ENERGIA PRIMÁRIA NECESSÁRIA PARA O SISTEMA DE VENTILAÇÃO MECÂNICA	-	3,00
ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE SISTEMAS COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	-	3,92

De acordo com dados apresentados na Tabela 37, conclui-se que na configuração em estudo a Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica, corresponde a cerca de 10,3% das necessidades nominais anuais globais de energia primária.

Tabela 38 – Requisitos Desempenho Energético - VMC DUPLO FLUXO COM RECUPERAÇÃO

Qa (kWh/ano)	Ntc (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	Nt (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc/Nt	Eren,p (kWh/ano)
2377	29,04	64,68	0,45	10 194

A classe obtida para o desempenho energético do edifício é a correspondente ao valor de  $R_{NT} = 0,45$ , ou seja, a classe energética A.

Assim sendo, neste cenário de simulação verifica-se que esta solução cumpre facilmente todas as necessidades de energia e eficiência energética da habitação, cumprindo os requisitos de um edifício NZEB.

## 4.2. Discussão de Resultados

- Cargas Térmicas

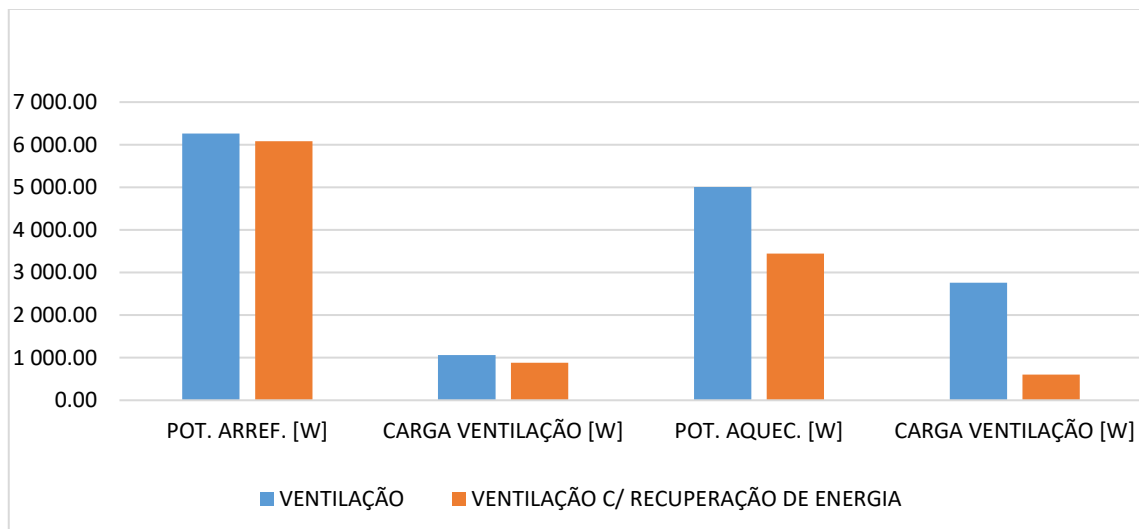


Figura 51 - Gráfico Comparativo Cargas Térmicas

Tabela 39 – Comparativo Cargas Térmicas

	POT. ARREF. [W]	CARGA TÉRMICA VENTILAÇÃO [W]	POT. AQUEC. [W]	CARGA TÉRMICA VENTILAÇÃO [W]
VMC SIMPLES FLUXO	6 261,56	1 060,49	5 006,21	2 760,01
VMC DUPLO FLUXO COM RECUPERAÇÃO DE ENERGIA	6 084,46	883,39	3 440,99	600,79

A Tabela 39 e Figura 51, compara as cargas térmicas com e sem recuperação de energia. Conclui-se que há uma redução nas cargas térmicas, ou seja, um decréscimo de 2,83% na estação de arrefecimento e 31,26% na estação de aquecimento, quando comparamos a

influência da recuperação de energia na parcela da ventilação nas cargas térmicas, com a ventilação sem recuperação. Estes resultados confirmam que efetivamente a ventilação com recuperação de energia beneficia em termos de recuperação de calor, relativamente à de simples fluxo, demonstrando um impacto benéfico nas cargas térmicas do edifício.

- **Consumo do ventilador**

Avaliou-se o consumo elétrico do ventilador no OpenStudio, no cenário de ventilação com recuperação de energia, e concluiu-se que este consumo é cerca de 40 kWh/mês, conforme o gráfico da Figura 46. Verificou-se que o consumo do ventilador é significativamente menor em comparação com as outras categorias, demonstrando um impacto mínimo no consumo total de eletricidade.

Na Tabela 27, apresentaram-se os consumos elétricos anuais necessários ao funcionamento dos ventiladores,  $W_{vm}$  de acordo com os valores obtidos nas folhas de cálculo da ITECONS. Ao comparar os consumos anuais dos ventiladores entre o sistema de VMC Simples Fluxo (226,36 kWh/ano) e o sistema VMC Duplo Fluxo com recuperação de energia (292,00 kWh/ano), observa-se que o valor é maior neste último, isto poderá ocorrer porque nesta configuração há dois ventiladores, um de insuflação e outro de extração.

No caso do sistema VMC Duplo Fluxo com recuperação de energia, constata-se uma diferença notável nos valores obtidos nas duas ferramentas de cálculo, 480 kWh/ano no OpenStudio e 292 kWh/ano na ITECONS. Esta disparidade poderá dever-se aos diferentes métodos de cálculo da, uma vez que no Openstudio foi colocado como dado a potência nominal elétrica do ventilador, consultada na ficha técnica no mesmo, e no caso da folha da ITECONS este cálculo baseada na equação (8), o cálculo é realizado de forma diferente, e não considera o parâmetro da potência nominal do ventilador.

- **Necessidades nominais anuais de energia útil**

Tabela 40 – Comparativo Requisitos Conforto Térmico – Valores de  $N_{ic}$  e  $N_{vc}$

	$N_{ic}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	$N_{vc}$ (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))
VMC SIMPLES FLUXO	54,67	2,13
VMC DUPLO FLUXO COM RECUPERAÇÃO DE ENERGIA	41,38	2,13

A Tabela 40, apresenta os valores de  $N_{ic}$  e  $N_{vc}$ . Observa-se pela sua análise que há uma melhoria no valor de  $N_{ic}$  em cerca de 24,31% com a recuperação de energia, que corresponde às necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento. Isso reflete uma melhoria substancial no desempenho de aquecimento do edifício. Por outro lado, o valor de  $N_{vc}$  que corresponde às necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, mantém-se constante, evidenciando que a ventilação com recuperação não afeta significativamente a necessidade de arrefecimento.

- **Necessidades nominais anuais de energia primária**

Tabela 41 – Comparativo Desempenho Energético

	$N_{tc}$ (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	$N_t$ (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	Classe Energética	NZEB
VMC SIMPLES FLUXO	35,53	65,19	B	Não
VMC DUPLO FLUXO COM RECUPERAÇÃO DE ENERGIA	29,04	64,68	A	Sim

Analisando a Tabela 41, que apresenta os valores obtidos para as necessidades nominais de energia primária, ou seja, o consumo energético total da habitação na configuração de simples fluxo e de duplo fluxo com recuperação de energia, conclui-se que a introdução de ventilação com recuperação de energia resulta numa diminuição de 18% no valor de  $N_{tc}$ , correspondente a 6,49 (kWhEP/m<sup>2</sup>.ano).

No caso de estudo, a ventilação mostrou-se ser o fator diferencial, no que toca à Classe energética do edifício, uma vez que influencia as necessidades de energia primária para aquecimento e consequentemente o valor de  $N_{tc}/N_t$ , assim sendo na configuração de VMC Simples Fluxo Energético a classe energética obtida foi B, e no sistema VMC Duplo Fluxo com recuperação de energia obteve-se Classe A. Conclui-se que a moradia não pode nas condições de VMC de Simples Fluxo ser considerada uma construção NZEB.

Tabela 42 – Comparativo Desempenho Energético vs Passivhaus

REQUISITO PASSIVHAUS	VMC SIMPLES FLUXO	VMC DUPLO FLUXO
necessidade anuais aquecimento <15 kWh/m <sup>2</sup> .ano ou Carga Térmica aquecimento <10 W/m <sup>2</sup>	necessidade anuais aquecimento = 54,67 kWh/m <sup>2</sup> .ano	necessidade anuais aquecimento = 41,38 kWh/m <sup>2</sup> .ano
necessidade anuais arrefecimento + necessidades de desumidificação <15 kWh/m <sup>2</sup> .ano ou Carga Térmica arrefecimento <10 W/m <sup>2</sup>	necessidade anuais arrefecimento = 2,13 kWh/m <sup>2</sup> .ano	necessidade anuais arrefecimento = 2,13 kWh/m <sup>2</sup> .ano
ENERGIA PRIMÁRIA PE <120 kWh/m <sup>2</sup> .ano Ou PER <60 kWh/m <sup>2</sup> .ano	PE = 34,07 kWh/m <sup>2</sup> .ano	PE = 29,04 kWh/m <sup>2</sup> .ano

Comparando o desempenho energético da moradia com os requisitos da certificação Passivhaus. Conclui-se que embora os valores de necessidade anuais de energia para arrefecimento e energia primária estejam de acordo com os limites da certificação Passivhaus, o valor para os requisitos de aquecimento, tanto nas necessidades anuais quanto na carga térmica, não cumpre os critérios exigidos. Isso indica que, mesmo com a ventilação de duplo fluxo e recuperação de energia, a construção não pode ser classificada como Passivhaus.

## Resultados e Discussão

## 5. Conclusão

Neste capítulo expõe-se as principais conclusões obtidos ao longo do relatório de projeto, bem como as limitações que impactaram os resultados obtidos.

### 5.1. Conclusões finais

Ao longo dos anos, Portugal tem vindo a evoluir o seu parque edificado de edifícios de habitação numa trajetória mais eficiente, devido à imposição de requisitos de desempenho energético, tanto para novos edifícios, como para edifícios sujeitos a grandes renovações. A moradia em estudo, localizada em Caldas de Aregos possui uma envolvente com um adequado desempenho energético, em linha com o cenário atual da construção em Portugal, caracteriza-se pela sua inércia forte.

Bai et al. (2022) demonstrou através da análise dos sistemas de ventilação mecânica, que os sistemas de recuperação de calor podem recuperar entre 60% e 95% das perdas energéticas devido à ventilação, revelando uma melhoria da eficiência energética da habitação, especialmente em climas frios. Um estudo da eficiência dos sistemas de ventilação com recuperação de calor demonstra que esta varia conforme a zona climática, sendo de aproximadamente 75% em áreas muito frias, 65% em áreas frias e menos de 50% em zonas de verão quente e inverno frio (Zhao & Liu, 2022). Outro estudo realizado em cinco Estados Membros da União Europeia, nomeadamente França, Alemanha, Espanha, França e Reino Unido, estimou que a melhoria dos sistemas de ventilação num edifício pode resultar numa redução de 14% no consumo de energia, no caso de ser residencial. (Mata et al., 2018) Segundo Liu et al. (2023) nos edifícios NZEB, a ventilação pode representar mais de 50% da perda total de energia se não houver recuperação de calor.

No caso da moradia em estudo, os resultados da simulação mostraram que a instalação de um sistema de ventilação de duplo fluxo com recuperação de energia resulta numa redução de 31% na carga térmica de aquecimento e de 3% na carga térmica de arrefecimento, comparativamente a um sistema de ventilação de simples fluxo. Este resultado vem confirmar a eficácia da recuperação de calor na redução das perdas térmicas no inverno. No entanto, observou-se que na estação de arrefecimento, o consumo energético entre os dois tipos de sistemas de ventilação foi igual, o que pode ser explicado pelo uso de estratégias como o *free cooling* e a ventilação noturna, que, segundo Stasi et al. (2022) podem reduzir o consumo energético até 14,4% e 7,7%, respetivamente, e a opção de bypass ao permutador.

## Conclusão

O estudo comparativo entre a VMC de simples fluxo e a VMC de duplo fluxo com recuperação de energia indicou uma melhoria de 24,31% nas necessidades nominais anuais de energia para aquecimento (Nic), o que se traduz numa maior eficiência energética global da habitação.

Finalmente, ao comparar o desempenho da habitação com os requisitos Passivhaus, concluiu-se que, apesar de a moradia cumprir os requisitos de energia primária ( $PE < 120 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$ ) e arrefecimento ( $10 \text{ W/m}^2$ ), não atinge os valores necessários de aquecimento para ser considerada uma construção Passivhaus.

Assim, o presente estudo demonstrou que o impacto do consumo energético de equipamentos de ventilação com recuperação de energia no consumo energético de edifícios residenciais NZEB é pouco expressivo comparativamente aos outros sistemas técnicos das construções, e é benéfico uma vez que recupera parte energia térmica que se perderia por ventilação, especialmente no inverno. Mostrou também que com a implementação de ventilação com recuperação de calor, a moradia alcançou uma classe energética A, atingindo os critérios estabelecidos para construções NZEB.

A ventilação mecânica com recuperação de energia melhora o desempenho energético das construções, ajudando a reduzir o consumo de energia, além de que permite manter uma boa qualidade do ar no interior da habitação.

## 5.2. Limitações e trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento deste projeto, algumas limitações foram identificadas, as quais influenciaram a análise e os resultados obtidos.

Um dos principais desafios do projeto foi a falta de domínio dos softwares utilizados para simulação energética, como o OpenStudio e o Revit, o que pode ter influenciado a qualidade dos resultados, principalmente no que se refere à obtenção das cargas térmicas e à simulação do consumo de ventilação.

Outra limitação encontrada foi o facto de muitos dos estudos analisados como referência serem de zonas climáticas distintas da do caso de estudo. Os resultados obtidos em países com climas mais extremos, como climas muito frios ou muito quentes, que podem não ser totalmente aplicáveis à realidade de Portugal. Assim não foi possível fazer comparações efetivas dos valores obtidos.

No que se refere às restrições regulamentares, estas podem ser mais ou menos severas, de acordo com a localização e o zonamento climático. Paralelamente, com a alteração dos limites regulamentares face às zonas climáticas onde a moradia se pode localizar, a moradia teria demonstrado um desempenho energético diferente se fosse inserida noutra zona climática, o que poderia ter sido benéfico ou não para o estudo, certamente os resultados obtidos seriam diferentes.

Com base nas limitações encontradas sugerem-se os seguintes trabalhos futuros:

## Conclusão

- Estudar a alternância de ventilação mecânica com ventilação natural, e de que forma esta hipótese pode reduzir o consumo energético. Estudos como o de Jiang et al. (2023) indicam que a ventilação natural é uma opção económica e energeticamente eficiente, podendo poupar entre 20% a 40% do consumo de energia, dependendo do clima local, em climas tropicais, a ventilação natural pode garantir conforto térmico em até 20% do ano e, em climas temperados, pode reduzir até 90% das horas de operação de ventilação mecânica durante o verão.
- Analisar o desempenho de diferentes tipos de recuperadores de calor, no consumo energético do sistema de ventilação, uma vez que dependendo do tipo de permutador o rendimento da troca de calor também varia.
- Analisar o caso de estudo deste projeto em diferentes zonamento climáticos e perceber em que situações poderá ser mais benéfico o uso de ventilação com recuperação de energia ou natural, analisando os custos-benefícios das duas soluções.
- Análise económica do custo de instalação de Equipamentos de Ventilação Mecânica com recuperação de Energia e a sua influência no dimensionamento das máquinas de aquecimento e arrefecimento ambiente.

## Conclusão

## Referências

- A *nossa marca* – S&P. (n.d.). Retrieved October 2, 2024, from <https://www.solerpalau.com/pt-pt/a-nossa-marca/>
- ANSI/ASHRAE. (2022). *Standard 62.2-2022*. Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Residential Buildings. [https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE\\_PREVIEW\\_ONLY\\_STANDARDS/STD\\_62.2\\_2022](https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE_PREVIEW_ONLY_STANDARDS/STD_62.2_2022)
- Bai, H. Y., Liu, P., Justo Alonso, M., & Mathisen, H. M. (2022). A review of heat recovery technologies and their frost control for residential building ventilation in cold climate regions. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 162). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112417>
- Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devitofrancesco, A., Fanciulli, C., Ghellere, M., Guazzi, G., Meroni, I., Salamone, F., Scamoni, F., & Scrosati, C. (2019). A review of performance of zero energy buildings and energy efficiency solutions. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 25). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100772>
- Comissão Europeia. (2023). *RELATÓRIO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU E AO CONSELHO*. <https://eur-lex.europa.eu/legal->
- Cortizo. (n.d.). *Cor Vision Plus de Correr com RPT*. Retrieved October 1, 2024, from <https://www.cortizo.com/pt/sistemas/ver/93/cor-vision-plus-corredera-rpt.html>
- D'Agostino, D., & Parker, D. (2018). A framework for the cost-optimal design of nearly zero energy buildings (NZEBS) in representative climates across Europe. *Energy*, 149, 814–829. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.02.020>
- Daikin Altherma M AQS | Daikin. (n.d.). Retrieved October 1, 2024, from [https://www.daikin.pt/pt\\_pt/particular/products-and-advice/product-categories/heat-pumps/daikin-altherma-m-hw/daikin-altherma-m-hw.html](https://www.daikin.pt/pt_pt/particular/products-and-advice/product-categories/heat-pumps/daikin-altherma-m-hw/daikin-altherma-m-hw.html)
- Decreto-Lei n.º 101-D/2020, Pub. L. No. 237, Diário da República, 1ª Série (2020).
- Despacho n.º 6476-E/2021, Pub. L. No. Diário da República, 2.ª série, 126 (2021).
- Despacho n.º 6476-H/2021, Pub. L. No. Diário da República, 2.ª série, nº126, 330 (2021).
- Direção Geral de Energia e Geologia, & ADENE. (2021). *Manual SCE*.
- Diretiva (UE) 2018/ 844, Pub. L. No. L156/75, Jornal Oficial da União Europeia (2018).
- Feist, W., Pfluger, R., & Hasper, W. (2020). Durability of building fabric components and ventilation systems in passive houses. *Energy Efficiency*, 13(8), 1543–1559. <https://doi.org/10.1007/S12053-019-09781-3>
- Green Roofs: A Sustainable Solution for Urban Development* | by Robert C. Brears | Mark and Focus | Nov, 2023 | Medium. (n.d.). Retrieved January 5, 2024, from <https://medium.com/mark-and-focus/green-roofs-a-sustainable-solution-for-urban-development-f639a1a39dc1>
- Gupta, R., Howard, A., & Zahiri, S. (2020). Investigating the relationship between indoor environment and workplace productivity in naturally and mechanically ventilated

## Referências

- office environments. *Building Services Engineering Research and Technology*, 41(3), 280–304. <https://doi.org/10.1177/0143624419891568>
- Helena Maria Neto Alves Dias, Luís Fernando De Sousa Ferreira da Silva, & Pedro Alexandre Moreira Lobarinhas. (2017). *Ventilação e eficiência energética dos edifícios. International Passive House Association | Criteria*. (n.d.). Retrieved November 30, 2023, from [https://passivehouse-international.org/index.php?page\\_id=150&level1\\_id=78](https://passivehouse-international.org/index.php?page_id=150&level1_id=78)
- IPCC. (2023). *Summary for Policymakers* (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Eds.). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- ITECONS. (n.d.). *Catálogo de Pontes Térmicas Lineares*. Retrieved October 1, 2024, from <https://www.itecons.uc.pt/catalogoptl/index.php?module=catlg>
- Jiang, Z., Kobayashi, T., Yamanaka, T., & Sandberg, M. (2023). A literature review of cross ventilation in buildings. In *Energy and Buildings* (Vol. 291). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113143>
- Júlio, E. S. (2020). *Guia FNRE* (Sandra Neves, Ed.; 1ª). FUNDIESTAMO, SA. <https://www.researchgate.net/publication/349929717>
- Krajčík, M., Arıcı, M., & Ma, Z. (2023). Trends in research of heating, ventilation and air conditioning and hot water systems in building retrofits: Integration of review studies. *Journal of Building Engineering*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107426>
- Liu, P., Justo Alonso, M., & Mathisen, H. M. (2023). Global sensitivity analysis and optimal design of heat recovery ventilation for zero emission buildings. *Applied Energy*, 329. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120237>
- Maduta, C., D'Agostino, D., Tsemekidi-Tzeiranaki, S., Castellazzi, L., Melica, G., & Bertoldi, P. (2023). Towards climate neutrality within the European Union: Assessment of the Energy Performance of Buildings Directive implementation in Member States. In *Energy and Buildings* (Vol. 301). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113716>
- Mata, É., Kalagasidis, A. S., & Johnsson, F. (2018). Contributions of building retrofitting in five member states to EU targets for energy savings. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 93, pp. 759–774). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.014>
- Mohammed, B. U., Wiysahnyuy, Y. S., Ashraf, N., Mempoou, B., & Mengata, G. M. (2023). Pathways for efficient transition into net zero energy buildings (nZEB) in Sub-Sahara Africa. Case study: Cameroon, Senegal, and Côte d'Ivoire. *Energy and Buildings*, 296. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113422>
- Mustafa, M., Cook, M. J., & McLeod, R. S. (2023). Enhancing non-domestic Passivhaus auditoria ventilation design for improved indoor environmental quality. *Building and Environment*, 234. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110202>
- Niemierka, E., & Jadwiszczak, P. (2023). Experimental investigation of a ceramic heat regenerator for heat recovery in a decentralized reversible ventilation system. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2023.106899>
- Pina dos Santos, C. A., & Matias, L. (2006). *COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DE ELEMENTOS DA ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS* (LNEC, Ed.; 1ª). [www.Inec.pt](http://www.Inec.pt)
- Portaria n.º 98/2019 de 2 de Abril, Pub. L. No. Diário da República, 1.ª série, nº65 (2019).
- Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de Julho, Pub. L. No. Diário da República, 1.ª série, nº126, 128 (2021).

## Referências

- PrEN 15251 Indoor Environmental Input Parameters for Design and assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics (2006).
- Qualidade do Ar em Espaços Interiores Um Guia Técnico.* (2010).
- Raquel Santos Mendes de Carvalho, Sofia, C., Da, S., & Casaca, L. (2022). *Impacte Energético de Alterações Funcionais em Edifícios NZEB* [Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre]. INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA.
- REHVA - Federation of European Heating, V. and A. C. A. (2020). *How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces.*
- requisitospassivehouse - casapassiva - Universidade de Aveiro.* (n.d.). Retrieved September 13, 2024, from <https://www.ua.pt/en/casapassiva/page/24169>
- Rob van Holsteijn, René Kemna, Martijn van Elburg, Roy van den Boorn, & Leo Wierda. (2020). *Ventilation Units Ecodesign and Energy Labelling Preparatory Review Study Phase 1.1 and phase 1.2 Final Report TASK 2 Markets.* [www.ecoventilation-review.eu](http://www.ecoventilation-review.eu)
- SANDOMETAL SA SOB LICENÇA.* (n.d.).
- Seitablaiev, M. Ö., & Umaroğulları, F. (2018). *THERMAL COMFORT AND INDOOR AIR QUALITY.* <https://www.researchgate.net/publication/326324068>
- Sobre - Associação Passivhaus Portugal.* (n.d.). Retrieved January 4, 2024, from <https://passivhaus.pt/sobre/#pxl-page>
- Soler&Palau. (2023). *VENTILAÇÃO MECÂNICA CONTROLADA 2023.*
- Stasi, R., Ruggiero, F., & Berardi, U. (2022). The efficiency of hybrid ventilation on cooling energy savings in NZEBs. *Journal of Building Engineering*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104401>
- Tartarini, F., Schiavon, S., Cheung, T., & Hoyt, T. (2020). CBE Thermal Comfort Tool: Online tool for thermal comfort calculations and visualizations. *SoftwareX*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2020.100563>
- The world's first Passive House, Darmstadt-Kranichstein, Germany [Passipedia EN].* (n.d.). Retrieved January 4, 2024, from [https://passipedia.org/examples/residential\\_buildings/multi-family\\_buildings/central\\_europe/the\\_world\\_s\\_first\\_passive\\_house\\_darmstadt-kranichstein\\_germany?s\[\]=kranichstein](https://passipedia.org/examples/residential_buildings/multi-family_buildings/central_europe/the_world_s_first_passive_house_darmstadt-kranichstein_germany?s[]=kranichstein)
- Tognon, G., Marigo, M., De Carli, M., & Zarrella, A. (2023). Mechanical, natural and hybrid ventilation systems in different building types: Energy and indoor air quality analysis. *Journal of Building Engineering*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107060>
- Universidade de Aveiro. (n.d.). *Conceito - casapassiva.* Retrieved January 4, 2024, from <https://www.ua.pt/pt/casapassiva/page/24129>
- Ventilação natural e seu uso em diferentes contextos.* (n.d.). Retrieved January 4, 2024, from [https://www.archdaily.com.br/br/964055/ventilacao-natural-e-seu-uso-em-diferentes-contextos?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com.br/br/964055/ventilacao-natural-e-seu-uso-em-diferentes-contextos?ad_medium=gallery)
- Zhao, L., & Liu, J. (2022). Physical environmental and behavioral drivers of heat recovery ventilation system feasibility in various climate zones. *Energy Conversion and Management*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115586>
- Zhong, H. Y., Sun, Y., Shang, J., Qian, F. P., Zhao, F. Y., Kikumoto, H., Jimenez-Bescos, C., & Liu, X. (2022). Single-sided natural ventilation in buildings: a critical literature review. In *Building and Environment* (Vol. 212). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108797>

# Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

NOME: Bruna Isabel de Sousa Teixeira

ISEP, Porto, 14 de setembro de 2024



Assinado por: Bruna Isabel de  
Sousa Teixeira  
Identificação: BI15907426  
Data: 2024-10-25 às 16:01:32

## Declaração de Integridade

## Apêndice A – Caracterização da Envolvente

Tabela 43 – Caracterização das soluções construtivas da Envolvente Opaca Vertical

IDENTIFICAÇÃO DO ELEMENTO	DESIGNAÇÃO	DESCRIÇÃO	$U_{\text{solução}}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
P.EXT. FACHADA	PDE1	Parede exterior simples em bloco de betão ( $e = 25$ cm; $R = 0,24$ [(m <sup>2</sup> .°C)/W] e com isolamento térmico externo – ETICS (EPS) (8 cm; $\lambda = 0,040$ [W/m.°C])	0,37
PAREDE MEEIRA / PAREDE GARAGEM	PDE2	Parede simples em bloco de betão leve (25 cm; $\lambda = 1$ [W/m.°C]; $R = 0,24$ [(m <sup>2</sup> .°C)/W] ) com isolamento térmico de lã mineral (MW) (4 cm ; $\lambda = 0,042$ [W/m.°C])	0,59
PAREDE INTERIOR	PI1	Parede em tijolo cerâmico furado (11 cm) com reboco tradicional (2 cm)	1,80
PONTE TÉRMICA PLANA	PTPPDE1	Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural com 10 cm de espessura	0,30
CAIXA DE ESTORE	PTPPDE3	Ponte térmica plana exterior em caixa de estore pré-fabricada em betão e isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura no interior da caixa.	0,59
PORTA EXTERIOR PRINCIPAL		Porta exterior metálica, com painéis metálicos com núcleo isolante	4,50

Tabela 44 – Caracterização das soluções construtivas da Envolvente Opaca Horizontal

IDENTIFICAÇÃO DO ELEMENTO	DESIGNAÇÃO	DESCRIÇÃO	$U_{\text{solução}}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]
LAJE DE PAVIMENTO TÉRREA	PVT1	Laje de pavimento com revestimento de piso, betonilha de assentamento, camada de dessolidarização, isolamento térmico em XPS (10 cm) e laje aligeirada em bloco de betão leve (30 cm).	0,31
LAJE DE PAVIMENTO INTERIOR		Estrutura ( $e = 20$ cm); Revestimento ( $e = 22$ cm) ; Piso de carvalho ( $e = 19$ cm)	0,12
COBERTURA COM TERRAÇO	CBE2	Cobertura horizontal em terraço, com proteção exterior da cobertura (betonilha esquartelada), camada de proteção, sistema de impermeabilização, betão leve, laje maciça ( $e = 20$ cm), Isolamento térmico EPS ( $e = 10$ cm; $\lambda = 0,037$ [W/m.°C]), revestimento interior (estuque, pintura)	0,29
COBERTURA	CBE1	Proteção exterior da cobertura (autoproteção), sistema de impermeabilização, camada de forma (betão leve), laje maciça ( $e = 20$ cm), Isolamento térmico EPS (>20) ( $e = 10$ cm; $\lambda = 0,037$ [W/m.°C]), revestimento interior (estuque, pintura)	0,30

# Apêndice B – Cálculo do Coeficiente de Transmissão Térmica

- Elementos em contacto com o solo**

Para calcular o coeficiente de transmissão térmica dos elementos em contacto com o solo, determina-se a dimensão característica do pavimento em contacto com o solo ( $B'$ ) utilizando a equação (15). Sabendo a profundidade média da parede ou do pavimento em contacto com o solo ( $z_{solo}$ ) e a resistência térmica das camadas do pavimento, excluindo as resistências térmicas superficiais ( $R_f$ ), o coeficiente de transmissão térmica pode ser obtido a partir da Figura 52.

$$B' = \frac{A_{p,solo}}{0,5 \times P} [m] \tag{15}$$

$A_{p,solo}$  → Área útil de pavimento em contacto com o solo [ $m^2$ ]

$P$  → Perímetro exposto dado como o desenvolvimento total de parede medido pelo interior que divide o espaço interior útil do exterior, de espaços não úteis, do solo ou de edifícios adjacentes [m].

$B'$	$U_{bf} [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$											
	$z_{solo} \leq 0,5 \text{ m}$				$0,5 \text{ m} < z_{solo} \leq 1,0 \text{ m}$				$1,0 \text{ m} < z_{solo} \leq 2,0 \text{ m}$			
	$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$				$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$				$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$			
	0,5	1	2	$\geq 3$	0,5	1	2	$\geq 3$	0,5	1	2	$\geq 3$
3	0,65	0,57	0,32	0,24	0,57	0,44	0,30	0,23	0,51	0,41	0,29	0,22
4	0,57	0,52	0,30	0,23	0,52	0,41	0,28	0,22	0,47	0,37	0,27	0,21
6	0,47	0,43	0,27	0,21	0,43	0,35	0,25	0,20	0,40	0,33	0,24	0,19
10	0,35	0,32	0,22	0,18	0,32	0,28	0,21	0,17	0,30	0,26	0,20	0,17

Figura 52 -  $U_{bf}$  de pavimentos em contacto com o solo (Tabela 27 retirada do Manual SCE)

Tabela 45 – Constituição da Laje de Pavimento Térrea

DESCRITIVO	$U_{solução}$ [W/( $m^2 \cdot ^\circ C$ )]	$e$ [mm]	$R_f$ [( $m^2 \cdot ^\circ C$ )/W]	$A_{p,solo}$ [ $m^2$ ]	$P$ [m]	$B'$ [m]
LAJE DE PAVIMENTO COM REVESTIMENTO DE PISO, BETONILHA DE ASSENTAMENTO, CAMADA DE DESSOLIDARIZAÇÃO, ISOLAMENTO TÉRMICO E LAJE ALIGEIRADA EM BLOCO DE BETÃO LEVE	0,30	430	3,33	89,45	39,12	4,53

Cruzando os valores obtidos, de  $R_f$ , com  $z_{solo}$ , que no caso é 0, e com o valor de  $B'$ , obtém-se  $U_{bf} = 0,23 [W/m^2 \cdot ^\circ C]$

$z_{solo}$ [m]	$U_{bw} [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$						
	$R_w [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$						
	0	0,5	1	1,5	2	$\geq 3$	
0	5,62	1,43	0,82	0,57	0,44	0,30	
0,50	2,77	1,10	0,70	0,51	0,40	0,28	
1	1,97	0,91	0,61	0,46	0,36	0,26	
2	1,32	0,70	0,50	0,38	0,31	0,23	
4	0,84	0,50	0,38	0,30	0,25	0,19	
$\geq 6$	0,64	0,39	0,31	0,25	0,21	0,17	

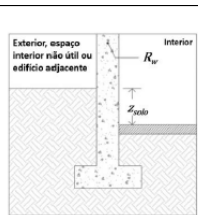


Figura 53  $U_{bw}$  de paredes em contacto com o terreno. (Tabela 30 retirada do Manual SCE)

Tabela 46 – Constituição da Parede da Fachada Exterior

DESCRIPTIVO	$U_{solução}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	$e$ [mm]	$R_w$ [(m <sup>2</sup> .°C)/W]	$Z_{solo}$ [m]
PAREDE SIMPLES EM BLOCO DE BETÃO (25 CM) COM ISOLAMENTO TÉRMICO EXTERNO – ETICS (EPS)	0,37	330	2,70	5,12

Cruzando os valores obtidos, de  $R_w$ , e  $Z_{solo}$ , obtém-se  $U_w = 0,21$  [W/m<sup>2</sup>.°C]

- **Vãos Envidraçados**

- Tabela 47 – Localização, áreas e orientações dos vãos envidraçados

VÃO	ORIENTAÇÃO	DESCRIÇÃO	TIPO DE CAIXILHO	$U_f$ [W/m <sup>2</sup> .K]
VE 1 E VE 2 (QUARTOS)	Norte	Vão com 2 folhas de correr	Cor Vision Plus de correr Fonte: Cortizo	3,8
VE 3 (SUITE)	Sul	Vão com 2 folhas de correr	Cor Vision Plus de correr Fonte: Cortizo	3,8
VE 4 (WC SUITE)	Sul	Vão com porta basculante	Cor 80 Industrial Passivhaus Fonte: Cortizo	0,94
VE 5 (CAIXA ESCADAS)	Sul	Vão com folha fixa e porta de bater	Cor 80 Industrial Passivhaus Fonte: Cortizo	0,94
VE 6 (COZINHA)	Norte	Vão com 2 folhas de correr	Cor Vision Plus de correr Fonte: Cortizo	3,8
VE 7 (SALA DE ESTAR)	Sul	Vão com folha fixa e 2 portas basculantes	Cor 80 Industrial Passivhaus Fonte: Cortizo	0,94
VE 8 (SALA DE ESTAR)	Oeste	Vão fixo com porta oscilo batente	Cor 80 Industrial Passivhaus Fonte: Cortizo	0,94

Para o cálculo dos valores do coeficiente de transmissibilidade térmica dos vãos envidraçados,  $U_w$  recorre-se à equação(16):

$$U_w = \frac{\sum A_g \times U_g + \sum A_f \times U_f + \sum l_g \times \psi_g + \sum l_{gb} \times \psi_{gb}}{A_w} \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (16)$$

$U_w$  → Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado não considerando dispositivos de proteção solar [W/(m<sup>2</sup>.°C)];

$A_w$  → Área do vão envidraçado [m<sup>2</sup>];

$A_g$  → Área transparente [m<sup>2</sup>];

$U_g$  → Coeficiente de transmissão térmica da área transparente [W/(m<sup>2</sup>.°C)];

$A_f$  → Área do caixilho [m<sup>2</sup>];

$U_f$  → Coeficiente de transmissão térmica do caixilho [W/(m<sup>2</sup>.°C)];

$l_g$  → Desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho [m]

$\psi_g$  → Coeficiente de transmissão térmica linear da ligação da área transparente com o caixilho [W/(m<sup>2</sup>.°C)];

$l_{gb}$  → Desenvolvimento linear da ligação da área transparente com o caixilho [m]

$\psi_{gb}$  → Coeficiente de transmissão térmica linear que traduz o efeito da quadrícula inserida no espaço de ar [W/(m<sup>2</sup>.°C)];

O valor de  $\psi_g$  obtém-se através do Manual do SCE, considerando tipo de vidro: “vidro duplo ou triplo não revestido (lâmina de ar ou gás)” e tipo de caixilho: “Metálica com corte térmico”, obtendo-se.  $\psi_g=0,08$ .

Devido à ausência de valores normalizados de  $U_g$  para vidro triplo, considerou-se, de acordo com o Manual do SCE, o coeficiente de 1,90 para vidro duplo refletante e baixo emissivo. Aplicando, a Equação (16), com  $l_{gb} = 0$  m e  $\psi_{gb} = 0$  W/(m.°C), calcularam-se os valores de  $U_w$ , e registaram-se na Tabela 48.

Tabela 48 – Caracterização vãos envidraçados

VÃO	$l_g$ [m]	$A_g$ [m <sup>2</sup> ]	$A_w$ [m <sup>2</sup> ]	$A_f$ [m <sup>2</sup> ]	$U_f$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$U_w$ [W/m <sup>2</sup> .°C]
VE 1 E VE 2 (QUARTOS)	14,28	5,58	6,84	1,26	3,80	2,42
VE 3 (SUITE)	9,14	2,48	3,52	1,05	3,80	2,67
VE 4 (WC SUITE)	3,40	0,71	1,20	0,49	0,94	1,74
VE 5 (CAIXA ESCADAS)	11,84	3,95	4,99	1,04	0,94	1,89
VE 6 (COZINHA)	20,18	12,67	14,61	1,94	3,80	2,26
VE 7 (SALA DE ESTAR)	17,96	6,67	8,55	1,88	0,94	1,86
VE 8 (SALA DE ESTAR)	10,16	2,71	3,59	0,88	0,94	1,89

Posteriormente, calcula-se os valores do coeficiente de transmissibilidade térmica dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção solar ativados ( $U_{ws}$ ), de acordo com a equação (17).

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{C})] \quad (17)$$

$U_{ws}$  → Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar ativados [W/(m<sup>2</sup>.°C)];

$\Delta R$  → Acréscimo da resistência térmica devido ao dispositivo de proteção solar e ao espaço de ar [(m<sup>2</sup>.°C)/W].

O coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado médio dia-noite ( $U_{WDN}$ ) deve ser obtido através da média entre os coeficientes de transmissão térmica com e sem os dispositivos de proteção solar ativados, correspondendo a metade de um dia com cada uma das situações, conforme a equação (18):

$$U_{WDN} = \frac{U_w + U_{ws}}{2} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})] \quad (18)$$

A Tabela 49 apresenta as soluções de proteção solar a instalar em cada vão, bem como os respetivos valores de acréscimo da resistência térmica, de acordo com o Manual do SCE, e os valores de  $U_{ws}$  e  $U_{WDN}$  calculados.

Tabela 49 – Valores de  $U_{WDN}$  obtidos.

VÃO	TIPO DE DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO SOLAR	$\Delta R$ [(m <sup>2</sup> .°C)/W]	$U_{ws}$ [(m <sup>2</sup> .°C)/W]	$U_{WDN}$ [(m <sup>2</sup> .°C)/W]
VE 1 E VE 2 (QUARTOS)	Persiana com régua plásticas com preenchimento de isolante	0,19	1,66	2,04

## Apêndice B

VE 3 (SUITE)	Persiana com réguas plásticas com preenchimento de isolante	0,19	1,77	2,22
VE 4 (WC SUITE)	Cortinas e lonas	0,08	1,52	1,63
VE 5 (CAIXA ESCADAS)	Cortinas e lonas	0,08	1,64	1,77
VE 6 (OPENSOURCE)	Persiana com réguas plásticas com preenchimento de isolante	0,19	1,58	1,92
VE 7 (SALA DE ESTAR)	Persiana com réguas plásticas com preenchimento de isolante	0,19	1,62	1,74
VE 8 (SALA DE ESTAR)	Persiana com réguas plásticas com preenchimento de isolante	0,19	1,39	1,64

Relativamente aos ganhos solares da habitação, os vãos orientados no quadrante norte encontram-se isentos do cumprimento de requisitos, contudo, os restantes vãos encontram-se sujeitos ao cumprimento das condições apresentadas na Figura 54 e nas equações (20).

Tipo de edifício	Inércia do espaço	Zona Climática		
		V1	V2	V3
Edifícios de habitação	Fraca	0,15	0,10	0,10
	Média ou forte	0,56	0,56	0,50
Edifícios de comércio e serviços	Fraca, média ou forte	0,56	0,56	0,50

Figura 54 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares,  $g_{tot,max}$ . (Tabela 8 retirada da Portaria n.º 138-I/2021 de 1 de julho)

Uma vez que a inércia do edifício é forte, o valor de  $g_{tot,max}$  é 0,56.

Os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares em espaços interiores úteis devem verificar a seguinte condição:

$$g_{tot} \times F_o \times F_f \leq g_{tot,max} \quad (19)$$

$g_{tot}$  → Fator solar dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção totalmente ativados;

$F_o$  → Fator de sombreamento por elementos opacos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, designadamente palas, varandas, outros corpos ou partes de um edifício;

$F_f$  → Fator de sombreamento por elementos opacos verticais adjacentes ao envidraçado, designadamente palas, outros corpos ou partes de um edifício;

Nos espaços interiores úteis em que  $A_{env,espaço}$  seja superior a 15 % da  $A_{pav}$ , os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares devem verificar a seguinte condição:

$$g_{tot} \times F_o \times F_f \leq g_{tot,max} \times \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env,espaço}}{A_{pav}}\right)} \quad (20)$$

$A_{env,espaço}$  → Soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares que servem o espaço, com exceção dos vãos orientados no quadrante norte, inclusive [m<sup>2</sup>];

$A_{pav}$  → Área útil de pavimento do espaço servido pelos vãos envidraçados [m<sup>2</sup>].

Quando o primeiro dispositivo de proteção solar do exterior para o interior é opaco, recorre-se à seguinte condição:

$$g_{tot} = g_{tot,vc,op} \quad (21)$$

$g_{tot,vc,op}$  → Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e com o primeiro dispositivo de proteção solar opaco totalmente ativado, obtido através da Tabela 48 do Manual do SCE.

Iniciando pela determinação de  $g_{tot}$ , mais uma vez como não há valores normalizados para vidros triplos, optou-se pelos valores de solução vidro duplo para o valor de  $g_{\perp,vi} = 0,75$  (cor clara nas paredes e coberturas exteriores), os valores de  $g_{tot}$ , encontram-se na Tabela 50

Tabela 50 – Valor de  $g_{tot}$  para os vãos envidraçados

VÃO	ORIENTAÇÃO	TIPO DE DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO SOLAR	$g_{tot}$	$F_o$	$F_f$
VE 3 (SUITE)	Sul	Persiana com réguas plásticas	0,04	1	0,93 – Aquecimento 0,91 - Arrefecimento
VE 4 (WC SUITE)	Sul	Cortina opaca	0,37	1	0,88 – Aquecimento 0,87 - Arrefecimento
VE 5 (CAIXA ESCADAS)	Sul	Lona opaca	0,04	1	0,83 – Aquecimento 0,84 - Arrefecimento
VE 7 (SALA DE ESTAR)	Sul	Persiana com réguas plásticas	0,04	1	1
VE 8 (SALA DE ESTAR)	Oeste	Persiana com réguas plásticas	0,04	1	1

Tabela 51 – Verificação de cumprimento de requisitos vãos envidraçados

VÃO	$\frac{A_{env,espaço}}{A_{pav}}$	$g_{tot} \times F_o \times F_f$	$g_{tot,max} \times \frac{0,15}{(\frac{A_{env,espaço}}{A_{pav}})}$	$g_{tot,max}$
SUITE	22,80%	0,037	0,37	0,56
WC SUITE	20,03%	0,326	0,42	0,56
CAIXA ESCADAS	60,77%	0,033	0,14	0,56
VE 7 (SALA DE ESTAR)	60,61%	0,04	0,14	0,56
VE 8 (SALA DE ESTAR)		0,04	0,14	0,56

# Apêndice C – Definição da Envolvente – Folha de Cálculo ITECONS



## Folha de Cálculo HAB



### Características do Imóvel

#### Localização geográfica do edifício

Altitude (m)	320	Altitude normalmente entre 50 e 1215 m	
Distância à costa	Superior a 5km	Edifício situado	na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural

#### Características do Edifício

Tipo de utilização	Habitação	Nº total de pisos que constitui o edifício	3
Possui elevador?	<input checked="" type="checkbox"/>	Possui ponto de carregamento para veículo elétrico?	<input type="checkbox"/>

#### Características da Fração

Área útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	243,73	Pé-direito médio ponderado (m)	2,62	ROADMAP	2021
Tipologia	T3	Tipologia fiscal	T3	Inércia Térmica	Forte
Nº de pisos da fração	3	Situação da fração face a outras frações	Outra		

Descrição sucinta	Caract. restantes
	2000

## Levantamento Dimensional

Divisão	Área (m <sup>2</sup> )	Pé Direito (m)	% Área	Volume (m <sup>3</sup> )	Inércia da Divisão
Lavandaria	6,73	2,55	2,8	17,16	Média ou Forte
Arrumos	2,81	2,27	1,2	6,38	Média ou Forte
Área Técnica	8,46	2,55	3,5	21,57	Média ou Forte
Garagem	42,17	2,68	17,3	113,02	Média ou Forte
Hall - Distribuição	10,65	2,55	4,4	27,16	Média ou Forte
Caixa de escadas -1/0	9,47	3,42	3,9	32,39	Média ou Forte

Hall de Entrada	6,01	2,30	2,5	13,82	Média ou Forte
Hall de Distribuição	4,60	2,30	1,9	10,58	Média ou Forte
Inst Sanitária Priv Esq	4,23	2,55	1,7	10,79	Média ou Forte
Inst Sanitária Priv Dir	3,89	2,55	1,6	9,92	Média ou Forte
Quarto Esq	15,12	2,55	6,2	38,56	Média ou Forte
Quarto Dir	15,12	2,55	6,2	38,56	Média ou Forte
Inst San Suite	5,99	2,55	2,5	15,27	Média ou Forte
Quarto Principal Suite	15,45	2,55	6,3	39,40	Média ou Forte
Caixa de Escadas 0/1	8,21	3,06	3,4	25,12	Média ou Forte
Cozinha	12,44	2,60	5,1	32,34	Média ou Forte
Sala de Jantar	23,77	2,60	9,8	61,80	Média ou Forte
Espaço de Transição	5,23	2,30	2,1	12,03	Média ou Forte
Sala de Estar	20,03	2,60	8,2	52,08	Média ou Forte
Inst San Serviço	2,99	2,30	1,2	6,88	Média ou Forte
Caixa de Escadas 1/2	6,14	3,42	2,5	21,00	Média ou Forte
Hall de distribuição 2	2,53	2,60	1,0	6,58	Média ou Forte
Hall acesso ao terraço	1,53	2,25	0,6	3,44	Média ou Forte
Escadas	8,78	2,25	3,6	19,76	Média ou Forte
Arrumos 2	1,38	2,25	0,6	3,11	Média ou Forte
<b>TOTAL</b>	<b>243,731</b>	<b>2,621</b>	<b>100,0</b>	<b>638,70</b>	

## Envolvente exterior

Paredes Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Exterior - Tipo 1	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	Pilares
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	Caixas de estore

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	PAREDE EXTERIOR - FACHADA PRINCIPAL / FACHADA LATERAL ESQUERDA / FACHADA POSTERIOR - Parede exterior simples em bloco de betão (e = 25 cm; R = 0,24 [(m <sup>2</sup> .°C)/W] ) e com isolamento térmico externo – ETICS (EPS) (8 cm; λ= 0,040 [W/m.°C])	0,37
PDE2	Parede Exterior - Tipo 1	PAREDE MEEIRA – ENTRE HABITAÇÕES - Parede simples em bloco de betão leve (25 cm; λ= 1 [W/m.°C]; R = 0,24 [(m <sup>2</sup> .°C)/W] ) com isolamento térmico de lã mineral (MW) (4 cm ; λ= 0,042 [W/m.°C])	0,59
PTPDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural com 10 cm de espessura	0,30



(continuação)

Designação do Tipo de Solução	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{esq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$	
PDE1	0			
PDE1	0			
PDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE1	0			
PTPPDE2	0			
PTPPDE2			30	
PTPPDE2	0			

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Áreas por orientação (m <sup>2</sup> )								Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO				
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	72,11	0,00	0,00	0,00	43,98	0,00	128,62	0,00	244,71	0,37	0,40	0,40
PTPPDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	2,36	2,36	15,15	5,74	5,74	0,00	26,66	0,00	58,02	0,30	0,40	0,90
PTPPDE2	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	1,64	0,00	0,99	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	2,94	0,59	0,40	0,90

Pavimentos Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Coberturas Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Cobertura Exterior - Tipo 1	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo exterior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U asc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
CBE1	Cobertura Exterior - Tipo 1	Proteção exterior da cobertura (autoproteção), sistema de impermeabilização, camada de forma (betão leve), laje maciça (e = 20 cm), Isolamento térmico EPS (>20) (e = 10 cm; λ= 0,037 [W/m.°C]), revestimento interior (estruque, pintura)	0,30	0,29
CBE2	Cobertura Exterior - Tipo 1	Cobertura horizontal em terraço, com proteção exterior da cobertura (betonilha esquadrelada, lajelas), camada de proteção, sistema de impermeabilização, camada de forma (betão leve), laje maciça (e = 20 cm), Isolamento térmico EPS (>20) (e = 10 cm; λ= 0,037 [W/m.°C]), revestimento interior (estruque, pintura)	0,29	0,28

Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m <sup>2</sup> )	Cor	Revestimento com caixa-de-ar ventilada?	Grau de ventilação (0)	Emissividade (0)	U asc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
CBE1		71,58	Clara	Não			0,30	0,29	0,35	0,35
CBE2		16,54	Clara	Não			0,29	0,28	0,35	0,35

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
CBE1	Cobertura Exterior - Tipo 1	71,58	0,30	0,35	0,35
CBE2	Cobertura Exterior - Tipo 1	16,54	0,29	0,35	0,35

Vãos Envidraçados Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Janela	Tipo de solução caixilharia 1	Tipo de solução caixilharia 2
Envidraçado Exterior - Tipo 1	Dupla	Caixilharia metálica com corte térmico com vidro triplo	Caixilharia plástica com vidro triplo

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Tipo de Protecção	Descrição da Protecção
VE1	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vão com 2 folhas de correr	Com protecção pelo exterior	Persiana com réguas plásticas com preenchimento de isolante
VE2	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vão com 2 folhas de correr	Com protecção pelo exterior	Persiana com réguas plásticas com preenchimento de isolante
VE3	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vão com 2 folhas de correr	Com protecção pelo exterior	Persiana com réguas plásticas com preenchimento de isolante
VE4	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vão com porta basculante	Com protecção pelo interior	Cortinas e lonas

VE5	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vão com folha fixa e porta de bater	Com proteção pelo exterior	Cortinas e lonas
VE6	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vão com 2 folhas de correr	Com proteção pelo exterior	Persiana com réguas plásticas com preenchimento de isolante
VE7	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vão com folha fixa e 2 portas basculantes	Com proteção pelo exterior	Persiana com réguas plásticas com preenchimento de isolante
VE8	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vão fixo com porta oscilo batente	Com proteção pelo exterior	Persiana com réguas plásticas com preenchimento de isolante

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	U <sub>wdn</sub> (W/m <sup>2</sup> ·°C)	g <sub>L,vi</sub>	g <sub>tot</sub>	FS Global Prot. Perm. C <sub>tot,p</sub>	Classe da Caixilharia 1	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada Fg	U <sub>Ref</sub> (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Área (m <sup>2</sup> )	U <sub>máx</sub> (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Classe da Caixilharia 2
VE1	2,04	0,75	0,04	0,04	4	Triplo	0,70	2,40	6,84	2,40	4
VE2	2,22	0,75	0,04	0,04	4	Triplo	0,70	2,40	6,84	2,40	4
VE3	2,22	0,75	0,04	0,04	4	Triplo	0,70	2,40	3,52	2,40	4
VE4	1,63	0,75	0,37	0,37	4	Triplo	0,70	2,40	1,20	2,40	4
VE5	1,77	0,75	0,04	0,04	4	Triplo	0,70	2,40	4,99	2,40	4
VE6	1,74	0,75	0,04	0,04	4	Triplo	0,70	2,40	14,61	2,40	4



## Vãos Opacos Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Vão opaco exterior - Tipo	Não aplicável

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Solução por defeito?	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	Tipo de porta	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)

Designação do Tipo de Solução	Orientação	Cor	Área (m <sup>2</sup> )	Pala horizontal α	Pala vertical à esquerda β <sub>esq</sub>	Pala vertical à direita β <sub>dir</sub>	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)

## Envolvente em contato com o solo

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo λ?	2,0	W/(m.°C)
--	-----	----------

## Pavimentos Térreos

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Pavimento Térreo - Tipo 1	Pavimento com isolamento térmico pelo interior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)
PVT1	Pavimento Térreo - Tipo 1	Laje de pavimento com revestimento de piso, betonilha de assentamento, camada de dessolidarização, isolamento térmico em XPS (25-40) (10 cm) e laje aligeirada em bloco de betão leve (30 cm).	89,45	0,21	0,50

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	$R_t$ $m^2 \cdot ^\circ C/W$	Perímetro Exposto P (m)	Espessura da parede exposta w (m)	Isolamento Perimetral?	Horizontal ou Vertical?	Espessura do Isol. dn (m)	Extensão de Isol. D (m)
PVT1	3,33	39,12	0,43	Não			

## Pavimentos Enterrados

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Designação	Profundidade, $Z_{sido}$ (m)	Área ( $m^2$ )	$R_t$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	Perímetro Exposto P (m)	Espessura da parede exposta w (m)	U ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	URef ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

## Paredes Enterradas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Enterrada - Tipo 1	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Área Total ( $m^2$ )
PDET1	Parede Enterrada - Tipo 1	PAREDE SIMPLES EM BLOCO DE BETÃO (25 CM) COM ISOLAMENTO TÉRMICO EXTERNO – ETICS (EPS)	0,00

Designação	Profundidade, $Z_{sido}$ (m)	Área ( $m^2$ )	$R_{se}$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	$R_t$ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )	Espessura da parede exposta w (m)	U ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	URef ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )
	5,12	62,28	2,70	2,70	0,33		

## Pontes Térmicas Lineares Exteriores

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	Comp. B (m)	Cálculo de acordo com?	$\Psi$ calculado (W/m. $^{\circ}$ C)	Informações adicionais			Sistema de isolamento nas paredes	$\Psi$ (W/m. $^{\circ}$ C)	$\Psi_{REF}$ (W/m. $^{\circ}$ C)
Duas paredes verticais em ângulo saliente	13,60	Catálogo	0,18					0,18	0,4
Duas paredes verticais em ângulo saliente	13,60	Catálogo	0,18					0,18	0,4
Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,65	Catálogo	0,18					0,18	0,4
Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,65	Catálogo	0,18					0,18	0,4
Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,85	Catálogo	0,18					0,18	0,4
Fach. com pavimentos térreos	7,95	Catálogo	0,70					0,70	0,5
Fach. com pavimentos térreos	7,95	Catálogo	0,70					0,70	0,5
Fach. com pavimentos térreos	17,00	Catálogo	0,70					0,70	0,5
Fach. com pavimentos térreos	17,00	Catálogo	0,70					0,70	0,5
Fachada com pavimento intermédio	2,20	Catálogo	0,21	Teto falso?		s/ teto falso		0,21	0,5
Fachada com pavimento intermédio	4,70	Catálogo	0,21	Teto falso?		s/ teto falso		0,21	0,5
Fachada com pavimento intermédio	5,35	Catálogo	0,21	Teto falso?		c/ teto falso		0,21	0,5
Fachada com pavimento intermédio	5,35	Catálogo	0,21	Teto falso?		c/ teto falso		0,21	0,5
Fachada com pavimento intermédio	12,35	Catálogo	0,21	Teto falso?		c/ teto falso		0,21	0,5
Fachada com pavimento intermédio	12,35	Catálogo	0,21	Teto falso?		c/ teto falso		0,21	0,5
Fachada com varanda	6,90	Catálogo	0,90					0,90	0,5
Fachada com varanda	6,90	Catálogo	0,90					0,90	0,5
Fachada com cobertura	16,90	Catálogo	0,83	Isol. sob/sobre o cobertura?	Sob			0,83	0,5
Fachada com cobertura	29,46	Catálogo	0,36	Isol. sob/sobre o cobertura?	Sob			0,36	0,5

Zona da caixa de estores	5,62	Catálogo	0,11					0,11	0,2
Zona da caixa de estores	5,62	Catálogo	0,11					0,11	0,2
Zona da caixa de estores	4,50	Catálogo	0,11					0,11	0,2
Zona da caixa de estores	2,10	Catálogo	0,11					0,11	0,2
								-	-

(VIII) Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear  $\Psi$  apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Método	Comprimento (m)	Psi solução (w/m.°C)	Psi referência (w/m.°C)
PTLE1	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Catálogo	13,60	0,18	0,40
PTLE2	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Catálogo	13,60	0,18	0,40
PTLE3	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Catálogo	2,65	0,18	0,40
PTLE4	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Catálogo	2,65	0,18	0,40
PTLE5	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Catálogo	2,85	0,18	0,40
PTLE6	Fachada com pavimentos térreos	Catálogo	7,95	0,70	0,50
PTLE7	Fachada com pavimentos térreos	Catálogo	7,95	0,70	0,50
PTLE8	Fachada com pavimentos térreos	Catálogo	17,00	0,70	0,50
PTLE9	Fachada com pavimentos térreos	Catálogo	17,00	0,70	0,50
PTLE10	Fachada com pavimento de nível intermédio	Catálogo	2,20	0,21	0,50
PTLE11	Fachada com pavimento de nível intermédio	Catálogo	4,70	0,21	0,50
PTLE12	Fachada com pavimento de nível intermédio	Catálogo	5,35	0,21	0,50
PTLE13	Fachada com pavimento de nível intermédio	Catálogo	5,35	0,21	0,50
PTLE14	Fachada com pavimento de nível intermédio	Catálogo	12,35	0,21	0,50
PTLE15	Fachada com pavimento de nível intermédio	Catálogo	12,35	0,21	0,50

PTLE16	Fachada com varanda	Catálogo	6,90	0,90	0,50
PTLE17	Fachada com varanda	Catálogo	6,90	0,90	0,50
PTLE18	Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura	Catálogo	16,90	0,83	0,50
PTLE19	Fachada com cobertura e isolamento sob a laje de cobertura	Catálogo	29,46	0,36	0,50
PTLE20	Zona de caixa de estores	Catálogo	5,62	0,11	0,20
PTLE21	Zona de caixa de estores	Catálogo	5,62	0,11	0,20
PTLE22	Zona de caixa de estores	Catálogo	4,50	0,11	0,20
PTLE23	Zona de caixa de estores	Catálogo	2,10	0,11	0,20

## Envolvente Interior

### Definição da Envolvente Interior

ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do $b_{21u}$ de acordo com a norma 13789?	$b_{21u}$ calculado	$A_i/A_u$	Volume do ENU $m^3$	Ventilação	$b_{21u}$
Edifício Adjacente			-	-	-	0,60
Área Técnica	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$V \leq 50$	Fraca (f)	0,60
Garagem	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$50 < V \leq 200$	Fraca (f)	0,70
						-

### Paredes interiores - Soluções correntes, pontes térmicas planas e vãos opacos

Parede Interior, Ponte Térmica Plana ou Vão Opaco?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Interior - Tipo 1	Parede simples de alvenaria composta de tijolo maciço ou perfurado
Solução Corrente	Parede Interior - Tipo 2	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução $(W/m^2 \cdot ^\circ C)$
PDI1	Parede Interior - Tipo 1	Parede em tijolo cerâmico furado (11 cm) com reboco tradicional (2 cm)	1,80
PDI2	Parede Interior - Tipo 2	Parede simples em bloco de betão leve (25 cm; $\lambda = 1 [W/m \cdot ^\circ C]$ ; $R = 0,24 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$ ) com isolamento térmico de lã mineral (MW) (4 cm; $\lambda = 0,042 [W/m \cdot ^\circ C]$ )	0,59

--	--	--	--

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada (m <sup>2</sup> )	b <sub>zu</sub>	U Solução (W/m <sup>2</sup> ·C)	Área Efectiva (m <sup>2</sup> )	URef (W/m <sup>2</sup> ·C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> ·C)
PDI1	Área Técnica		12,23	0,00	0,60	1,80	12,23	0,70	2,00
PDI1	Garagem		16,00	0,00	0,70	1,80	16,00	0,70	2,00

Designação do Tipo de Solução	b <sub>zu</sub>	Área por b <sub>zu</sub> (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> ·C)	URef (W/m <sup>2</sup> ·C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> ·C)
PDI1	0,70	16,00	1,80	0,70	2,00
PDI1	0,60	12,23	1,80	0,70	2,00



# Apêndice D – Cálculo Inércia Térmica – Folha de Cálculo ITECONS



Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de  
Dados

## INÉRCIA TÉRMICA

EL1 - Elementos da envolvente exterior

### Paredes exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
PDE1	72,11	500,00	150,00	1,00	10816,86
PDE1	43,98	500,00	150,00	1,00	6597,00
PDE1	128,62	500,00	150,00	1,00	19293,00
PTPPDE1	2,36	500,00	150,00	1,00	354,38
PTPPDE1	2,36	500,00	150,00	1,00	354,38
PTPPDE1	7,22	40,00	40,00	1,00	288,60
PTPPDE1	7,22	500,00	150,00	1,00	1082,25
PTPPDE1	7,94	500,00	150,00	1,00	1190,48
PTPPDE1	7,94	500,00	150,00	1,00	1190,48
PTPPDE1	5,77	500,00	150,00	1,00	865,80
PTPPDE1	5,74	500,00	150,00	1,00	860,25
PTPPDE1	5,74	500,00	150,00	1,00	861,00
PTPPDE1	5,74	500,00	150,00	1,00	861,00
PTPPDE2	1,64	500,00	150,00	1,00	245,25
PTPPDE2	0,32	500,00	150,00	1,00	47,25
PTPPDE2	0,99	500,00	150,00	1,00	148,50
			0,00		
<b>TOTAL</b>					45056,46

### Coberturas exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
CBE1	71,58	500,00	150,00	1,00	10737,00
CBE2	16,54	400,00	150,00	1,00	2480,63
			0,00		
<b>TOTAL</b>					13217,63

EL1 - Elementos da envolvente interior

### Paredes em contacto com espaços não úteis

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

### INÉRCIA TÉRMICA

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
PDI1	12,23	110,00	110,00	1,00	1345,30
PDI1	16,00	110,00	110,00	1,00	1760,00
			0,00		
<b>TOTAL</b>					3105,30

#### Paredes em contacto com edifícios adjacentes

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
<b>TOTAL</b>					0,00

#### Pavimentos sobre espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
<b>TOTAL</b>					0,00

#### Coberturas interiores (sob espaços não úteis)

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
<b>TOTAL</b>					0,00

#### EL1 - Elementos em contacto com outra fracção autónoma

##### Paredes em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
<b>TOTAL</b>					0,00

##### Pavimentos em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r



Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

### INÉRCIA TÉRMICA

					0,00
					0,00
<b>TOTAL</b>					14036,00

### Pavimentos de compartimentação

Designação do tipo de solução	Área (m <sup>2</sup> )	Massa total (kg/m <sup>2</sup> )	Msi	r	A*Msi*r
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
<b>TOTAL</b>					0,00

It

Classe de inércia térmica

## Apêndice E – Dimensionamento Diâmetro Conduitas

O Método da Perda de Carga Constante pressupõe que em todos os troços de conduta onde circula ar a perda de carga é constante. De acordo com a recomendação da ASHRAE esta perda deve estar compreendida entre 0,7 e 1 Pa/m, adotou-se o valor intermédio de 0,8 Pa/m, para o dimensionamento. Os diâmetros das conduitas serão calculados utilizando o método iterativo. A velocidade do ar no interior da conduta obtém-se através da equação (22 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**):

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D^2} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (22)$$

$v$  → Velocidade de escoamento [m/s]

$Q$  → Caudal volúmico [l/s]

$A$  → Área da Secção [m<sup>2</sup>]

$D$  → Diâmetro da conduta [m]

Arbitra-se um fator de fricção  $f = 0,02$ , e sabendo que  $\rho_{ar} = 1,2041 \text{ kg/m}^3$ , e que  $\frac{\Delta P}{L} = 0,8 \text{ Pa/m}$  substitui-se todos os dados na Equação(23), e obtém-se o diâmetro para cada conduta.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{f}{D} \times \frac{\rho \times v^2}{2} \quad (23)$$

$\frac{\Delta P}{L}$  → Perda de Carga [Pa/m]

$f$  → Fator de Fricção

$D$  → Diâmetro da conduta [m]

$\rho$  → Massa volúmica [kg/m<sup>3</sup>]

$v$  → Velocidade de escoamento [m/s]

De seguida, para cada conduta calcula-se o número de Reynolds ( $Re$ ) através da equação (24), para aplicações cujas temperaturas estão compreendidas entre os 4°C e os 38°C.

$$Re = 66400 \times D \times v \quad (24)$$

$Re$  → Número de Reynolds

$D$  → Diâmetro da Conduta [m]

$v$  → Velocidade de Escoamento [m/s]

A Equação de Coolebrook - relaciona as perdas de carga por fricção ( $f$ ) com a rugosidade específica do material ( $\varepsilon = 0,00009 \text{ m}$  – Chapa galvanizada) e o número de Reynolds ( $Re$ ). Assim, substitui-se o diâmetro, o número de Reynolds, e velocidades obtidas anteriormente e obtém-se um novo fator de fricção.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,0 \times \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{Re_D \times \sqrt{f}} \right) \quad (25)$$

## Apêndice E

$f$  → Fator de Fricção

$D$  → Diâmetro da conduta

$Re$  → Número de Reynolds

$\varepsilon$  → Rugosidade específica

De seguida, usa-se o  $f$  calculado no passo anterior, obtendo-se um novo diâmetro.

Para que a instalação não se torne barulhenta, devido à turbulência, cavitação, ou libertação de ar, a ASHRAE declara que velocidades compreendidas entre 3 e 5 m/s estão dentro dos valores aceitáveis para residências e edifícios comerciais.

# Apêndice F – Balanço Energético ITECONS – VMC Duplo Fluxo com recuperação de energia



## Folha de Cálculo HAB



### Ventilação

Método de cálculo Segundo a EN 15242 e Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)

Efetuar o cálculo no separador "CalculoVentilacao"

Sistema de Ventilação De acordo com a norma 1037-1

Arrefecimento noturno com abertura das janelas?

Rph Estimada (h <sup>-1</sup> )	Rph mínimo (h <sup>-1</sup> )	Rph, i (h <sup>-1</sup> )	Rph, v (h <sup>-1</sup> )
0,50	0,50	0,52	0,60

Descrição da Solução de Ventilação	Caract. restantes
	512

### Sistemas Técnicos

Existem Sistema Técnicos?

O edifício dispõe de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?

Isolamento térmico na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica  $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ ?

Obrigatório nos edifícios novos

Sistema por Defeito Consumo Energia Final (kWh/ano)	
Aquecimento	0,00
Arrefecimento	0,00
AQS	0,00
Ventilação	292,00

Possui chuveiros com elevada eficiência hídrica?

Isolamento térmico na rede de distribuição de água quente para aquecimento ambiente com resistência térmica  $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ ?

Identificação do Sistema	Fonte de Energia	Tipo de Equipamento	Nº de unidades iguais	Marca	Gama	Modelo	Foi possível aceder ao equipamento?	Descrição Específica do Equipamento	Produção Total de Energia (kWh/ano)
Sistema 1	Solar	Painel Solar Térmico	1						1506,00
Sistema 2	Electricidade	Multi-Split (ar-ar)	1	Daikin	Multisplit	5MXM90			8363,15
Sistema 3	Electricidade	Bomba de Calor (ar-água)	1	Daikin	Altherma	M AQS			647,31



## Balço energético

### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	Renovável Requisito $Ren_{hab}$ (%)
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	41,38	64,02	325,16
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	2,13	10,67	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	<b>Ntc/Nt</b>
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		292,00	0,45
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	9965	0	
Eren AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)	1602	0	<b>Classe Energética</b>
Eren,ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)		0,00	<b>A</b>
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	29,04	64,68	

### Indicadores de desempenho

	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)
Aquecimento	18,83	41,38	78,45
Arrefecimento	3,56	2,13	87,06
AQS	3,48	9,75	67,38

Energia Renovável (%)	75,08
-----------------------	-------

Emissões de CO2 (t/ano)	1,04
-------------------------	------

### Potencial para a identificação de Medidas de Melhoria

#### AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE MELHORIA

[alínea b) do ponto 4. do Despacho n.º 7113/2015 de 29 de Junho]

- Verde (superior a 30%) - Elevado potencial de melhoria
- Amarelo (entre 0% e 30%) - Algum potencial de melhoria
- Vermelho (inferior a 0%) - Não existe potencial de melhoria

Variação das necessidades de energia útil utilizando os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica ( $U_{REF}$ )		Solução Inicial		Simulação em curso
Variação das necessidades de energia útil utilizando os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica ( $U_{REF}$ )	Aquecimento	×	-24,1%	--
	Arrefecimento	!	17,0%	--
Variação das necessidades de energia final utilizando os valores de referência para os sistemas técnicos:	Aquecimento	×	-69,3%	--
	Arrefecimento	✓	100,0%	--
	AQS	×	-38,9%	--

### Dados Climáticos

Graus-dia	1 570
-----------	-------

Zona Climática de Inverno	I2
---------------------------	----

Zona Climática de Verão	V2
-------------------------	----

Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	7,8
---	-----

Temperatura Média Exterior Verão (°C)	21,4
---------------------------------------	------

Duração da estação de aquecimento (meses)	6,7
---	-----

Duração da estação de arrefecimento (meses)	4,0
---	-----

## Indicadores de aquecimento

Paredes (W/°C)		
Hext	Henu,adj	Hecs
90,54	33,37	12,49

PTP (W/°C)	
Hext	Henu,adj
19,14	0,00

Portas (W/°C)	
Hext	Henu,adj
0,00	0,00

PTL (W/°C)	
Hext	Henu,adj
89,19	0,00

Ht (W/°C)
414,14

Coberturas (W/°C)	
Hext	Henu,adj
26,27	0,00

Pavimentos (W/°C)		
Hext	Henu,adj	Hecs
0,00	0,00	18,64

Vãos envidraçados (W/°C)	
Hext	Henu,adj
94,09	0,00

Renovação de Ar (W/°C)
Hve
30,41

## Indicadores de arrefecimento

Paredes (kWh)
Qsol,v EXT
716,81

Coberturas	
Qsol,v EXT	Qsol, Desv
324,98	0,00

Portas (kWh)
Qsol,v EXT
0,00

Vãos Envidraçados (kWh)
Qsol,v EXT
495,12

Ganhos Internos (kWh)
Qint,v
2854,58

## Medidas de Melhoria

Medidas de Melhoria?	<input type="checkbox"/>
----------------------	--------------------------

Justificação para a ausência de Medidas de Melhoria	
---	--

**FICHA N.º 1**  
**EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO**  
**FICHA RESUMO CARACTERIZADORA DO EDIFÍCIO E DA INTERVENÇÃO PRECONIZADA**

**Câmara Municipal de** Resende

**Edifício**

Empreendimento: Moradias Caldas de Aregos Nº de fracções: \_\_\_\_\_

Morada: \_\_\_\_\_

Freguesia: UNIÃO DAS FREGUESIAS DE ANREADE E SÃO ROMÃO DE AREGOS Concelho: Resende

**Tipo de intervenção**

- Edifício Novo       Grande intervenção  
*(a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)*

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
-	243,73	2,62	T3

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Ni (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nvc (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nv (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Nt (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	E <sub>ren,p</sub> (kWh/ano)(*)	E <sub>ren,ext</sub> (kWh/ano)(**)
-	0,50	41,38	64,02	2,13	10,67	2377	29,04	64,68	9965	0

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

(\*\*) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E<sub>ren,p</sub>.

**Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico**

Nome: \_\_\_\_\_

Inscrito na: \_\_\_\_\_ Número de inscrição: \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_

## Enquadramento do Edifício ou Fração Autónoma

Tipo de edifício	Novo
Concelho	Resende
Altitude (m)	320
Região	A
Rugosidade	II
Área útil (m <sup>2</sup> )	243,73
Pé direito (m)	2,62
Volume (m <sup>3</sup> )	638,70
Texteior (°C)	7,80
Altitude ref. (m)	320,00
$A_{ENV}/A_U$	20,6%

Nº de pisos da fracção	3
Velocidade do vento, $u_{10}$ (m/s)	Por defeito
Velocidade do vento utilizada = 3,9 m/s	
Nº fachadas expostas	>=2
Altura do edifício, $H_{edif}$ (m)	13
Altura da fracção, $H_{FA}$ (m)	9
Edifícios/obstáculos?	<input type="checkbox"/>
Altura do obstáculo, $H_{obs}$ (m)	
Distância ao obstáculo, $D_{obs}$ (m)	
Protecção do edifício	Desprotegido
Zona da fachada	Inferior

[ver esquema](#)

## Permeabilidade ao ar da envolvente

 Foi medido o valor  $n_{50}$ ?

Nota: A tabela seguinte é informativa, sendo preenchida automaticamente com base nos dados presentes no separador "Introdução de Dados". É atualizada sempre este separador é ativado.

Designação	Área vãos (m <sup>2</sup> )	Classe de permeabilidade ao ar de janelas		Permeabilidade da caixa de estore
		Caixilharia 1	Caixilharia 2 ou Vão Ext. ENU	
Grupo de vaos 1	50,24	4	4	Perm. Baixa

## Aberturas de admissão de ar na envolvente

 Existem aberturas de admissão de ar nas fachadas?

## Conduitas de ventilação natural, conduitas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta

 Existem conduitas de ventilação natural?

## Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

 Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)?

Sistema Ventilação Mecânica	Tipo de escoamento	Informação sobre ventilador?	Admissão			Exaustão			Rendimento recuperador de calor (0-100%)	Designação
			Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)	Pressão (Pa)	Rendimento ventilador (0-100%)	Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)	Pressão (Pa)	Rendimento ventilador (0-100%)		
Sistema V_M 1	Admissão/Exaustão	Sim	320,00	150,00	80,0	320,00	150,00	80,0	75,4	SABIK 500
Sistema V_M 2										

 Existe by-pass ao recuperador de calor no verão

## RESULTADOS

RPH estimada condições nominais (h-1)	0,50
---------------------------------------	------

Rph,j (h-1) - Aquecimento	0,52
---------------------------	------

bve,i (1-recuperação de calor)	27,0%
--------------------------------	-------

Rph,v (h-1) - Arrefecimento	0,60
-----------------------------	------

bve,v (1-recuperação de calor)	0,0%
--------------------------------	------

Req. mínimo de ventilação (h-1)	0,50
---------------------------------	------

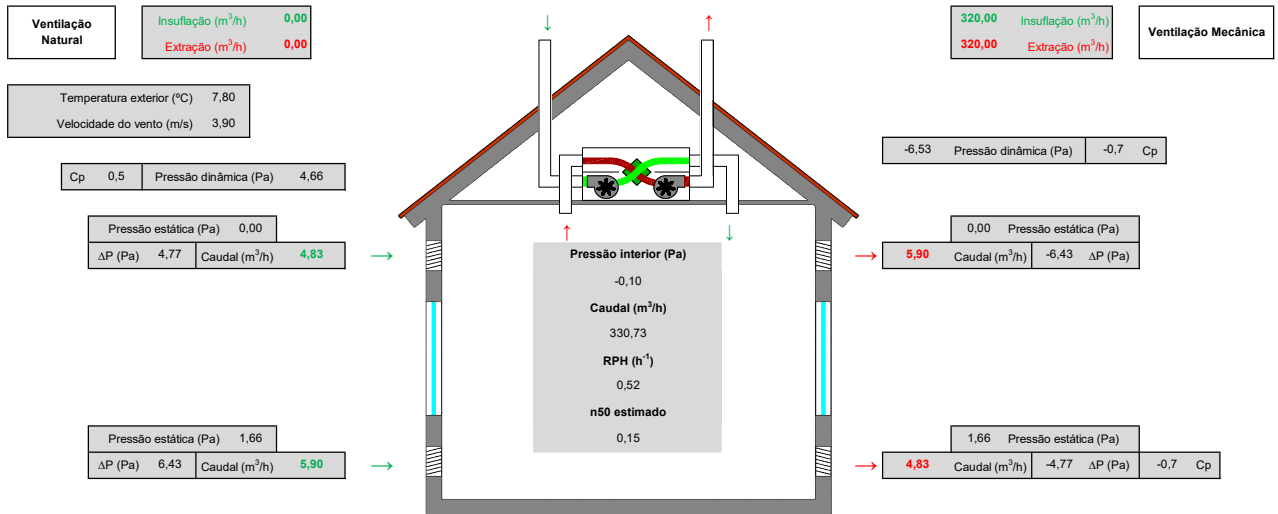
RphJ REF (h-1)	0,52
----------------	------

Wvm (kWh/ano)	292,00
---------------	--------

A taxa de renovação horária satisfaz os requisitos mínimos

Ver esquema da Ventilação (Método simplificado)

ANEXO - Esquema da ventilação com base no cálculo (Método Simplificado)



**Folha de Cálculo A**
**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA**

A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
PAREDES EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C	PAREDES EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ref</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
				<i>correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil</i>	1,49	0,40	0,60
PDE1	72,11	0,37	26,68	PDE1	72,11	0,40	28,84
PDE1	43,98	0,37	16,27	PDE1	43,98	0,40	17,59
PDE1	128,62	0,37	47,59	PDE1	128,62	0,40	51,45
PTPPDE1	2,36	0,30	0,71	PTPPDE1	2,36	0,40	0,95
PTPPDE1	2,36	0,30	0,71	PTPPDE1	2,36	0,40	0,95
PTPPDE1	7,22	0,30	2,16	PTPPDE1	7,22	0,40	2,89
PTPPDE1	7,22	0,30	2,16	PTPPDE1	7,22	0,40	2,89
PTPPDE1	7,94	0,30	2,38	PTPPDE1	7,94	0,40	3,17
PTPPDE1	7,94	0,30	2,38	PTPPDE1	7,94	0,40	3,17
PTPPDE1	5,77	0,30	1,73	PTPPDE1	5,77	0,40	2,31
PTPPDE1	5,74	0,30	1,72	PTPPDE1	5,74	0,40	2,29
PTPPDE1	5,74	0,30	1,72	PTPPDE1	5,74	0,40	2,30
PTPPDE1	5,74	0,30	1,72	PTPPDE1	5,74	0,40	2,30
PTPPDE2	1,64	0,59	0,96	PTPPDE2	1,64	0,40	0,65
PTPPDE2	0,32	0,59	0,19	PTPPDE2	0,32	0,40	0,13
PTPPDE2	0,99	0,59	0,58	PTPPDE2	0,99	0,40	0,40
			TOTAL				TOTAL
			109,68				122,86
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR				PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR			
	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
			TOTAL				TOTAL
			0,00				0,00
COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR				COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR			
	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
CBE1	71,58	0,30	21,47	CBE1	71,58	0,35	25,05
CBE2	16,54	0,29	4,80	CBE2	16,54	0,35	5,79
			TOTAL				TOTAL
			26,27				30,84
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES				VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES			
	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
1 (VE1)	6,84	2,04	13,95	1 (VE1)	6,64	2,40	15,93
2 (VE2)	6,84	2,22	15,18	2 (VE2)	6,64	2,40	15,93
3 (VE3)	3,52	2,22	7,81	3 (VE3)	3,42	2,40	8,20
4 (VE4)	1,20	1,63	1,96	4 (VE4)	1,16	2,40	2,79
5 (VE5)	4,99	1,77	8,83	5 (VE5)	4,84	2,40	11,62
6 (VE6)	14,61	1,74	25,42	6 (VE6)	14,18	2,40	34,02
7 (VE7)	8,55	1,74	14,88	7 (VE7)	8,30	2,40	19,91
8 (VE8)	3,69	1,64	6,05	8 (VE8)	3,58	2,40	8,59
			TOTAL				TOTAL
			94,09				116,99
VÃOS OPACOS EXTERIORES				VÃOS OPACOS EXTERIORES			
	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
			TOTAL				TOTAL
			0,00				0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES				PONTES TÉRMICAS LINEARES			
	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C		Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
Duas paredes verticais em ângulo saliente	13,60	0,18	2,45	Duas paredes verticais em ângulo saliente	13,60	0,40	5,44
Duas paredes verticais em ângulo saliente	13,60	0,18	2,45	Duas paredes verticais em ângulo saliente	13,60	0,40	5,44
Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,65	0,18	0,48	Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,65	0,40	1,06
Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,65	0,18	0,48	Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,65	0,40	1,06
Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,85	0,18	0,51	Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,85	0,40	1,14

Fach. com pavimentos térreos	7,95	0,70	5,57
Fach. com pavimentos térreos	7,95	0,70	5,57
Fach. com pavimentos térreos	17,00	0,70	11,90
Fach. com pavimentos térreos	17,00	0,70	11,90
Fachada com pavimento intermédio	2,20	0,21	0,46
Fachada com pavimento intermédio	4,70	0,21	0,99
Fachada com pavimento intermédio	5,35	0,21	1,12
Fachada com pavimento intermédio	5,35	0,21	1,12
Fachada com pavimento intermédio	12,35	0,21	2,59
Fachada com pavimento intermédio	12,35	0,21	2,59
Fachada com varanda	6,90	0,90	6,21
Fachada com varanda	6,90	0,90	6,21
Fachada com cobertura	16,90	0,83	14,03
Fachada com cobertura	29,46	0,36	10,60
Zona da caixa de estores	5,62	0,11	0,62
Zona da caixa de estores	5,62	0,11	0,62
Zona da caixa de estores	4,50	0,11	0,50
Zona da caixa de estores	2,10	0,11	0,23
TOTAL			89,19

Fach. com pavimentos térreos	7,95	0,50	3,98
Fach. com pavimentos térreos	7,95	0,50	3,98
Fach. com pavimentos térreos	17,00	0,50	8,50
Fach. com pavimentos térreos	17,00	0,50	8,50
Fachada com pavimento intermédio	2,20	0,50	1,10
Fachada com pavimento intermédio	4,70	0,50	2,35
Fachada com pavimento intermédio	5,35	0,50	2,68
Fachada com pavimento intermédio	5,35	0,50	2,68
Fachada com pavimento intermédio	12,35	0,50	6,18
Fachada com pavimento intermédio	12,35	0,50	6,18
Fachada com varanda	6,90	0,50	3,45
Fachada com varanda	6,90	0,50	3,45
Fachada com cobertura	16,90	0,50	8,45
Fachada com cobertura	29,46	0,50	14,73
Zona da caixa de estores	5,62	0,20	1,12
Zona da caixa de estores	5,62	0,20	1,12
Zona da caixa de estores	4,50	0,20	0,90
Zona da caixa de estores	2,10	0,20	0,42
TOTAL			93,89

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$  319,23 W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$  364,58 W/°C

**A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR**
**A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR**

PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
PDI1	12,23	1,80	0,60	13,21	PDI1	12,23	0,70	0,60	5,14
PDI1	16,00	1,80	0,70	20,16	PDI1	16,00	0,70	0,70	7,84
TOTAL				33,37	TOTAL				12,98
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tu</sub> > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>2tu</sub>	ψ.B.b <sub>2tu</sub> W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ENUS COM b <sub>2tu</sub> > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>2tu</sub>	ψ.B.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H<sub>int</sub> = 33,37 W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H<sub>int</sub> = 12,98 W/°C

**A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**
**A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bw</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C	PAREDES ENTERRADAS	Área m	U <sub>bw</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C
TOTAL			12,49	TOTAL			31,14
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade &gt;=0).</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>gt</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>gt</sub> W/°C	PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade &gt;=0).</i>	Área m	U <sub>gt</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>gt</sub> W/°C
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade &lt;=0) com ou sem isolamentos</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>f</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C	PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade &lt;=0) com ou sem isolamentos</i>	Área m	U <sub>f</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C
PVT1	89,45	0,21	18,64	PVT1	89,45	0,50	44,73
TOTAL			18,64	TOTAL			44,73



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

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

**A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{intu} + H_{intd}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ec}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   W/°C

**A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{intu REF} + H_{intd REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ec REF}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

**A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{intu}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ec}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   W/°C

**A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{intu REF}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ec REF}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr REF}$   W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= 0,75 \\
 &x \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 320 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d &= 330,73 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 0,27 \\
 &x \\
 &0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= 0,52 \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 243,73 \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,62 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= 30,41 \text{ W}/^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i,REF} &= 0,52 \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 243,73 \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,62 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i,REF} &= 112,45 \text{ W}/^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= 0,00 \\
 &x \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 320 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d &= 383,22 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1,00 \\
 &x \\
 &0,34 \\
 &x \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= 0,60 \text{ h}^{-1} \\
 &x \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 243,73 \text{ m}^2 \\
 &x \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 2,62 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= 130,30 \text{ W}/^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**Folha de Cálculo C**
**GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**
**C.1 - GANHOS INTERNOS**

$$\begin{aligned}
 & 0,72 \\
 & \times \\
 \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} & \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,70} \text{ meses} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{243,731} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} & \boxed{4703,03} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**C.2 - GANHOS SOLARES**

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $g_i$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g$	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação $X$	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m <sup>2</sup>
1 (VE1)	Norte	0,04	6,84	0,90	0,70	0,17	0,27	0,05
2 (VE2)	Norte	0,04	6,84	0,90	0,70	0,17	0,27	0,05
3 (VE3)	Sul	0,04	3,52	0,90	0,70	0,09	1,00	0,09
4 (VE4)	Sul	0,37	1,20	0,86	0,70	0,27	1,00	0,27
5 (VE5)	Sul	0,04	4,99	0,83	0,70	0,12	1,00	0,12
6 (VE6)	Norte	0,04	14,61	0,90	0,70	0,37	0,27	0,11
7 (VE7)	Sul	0,04	8,55	0,90	0,70	0,22	1,00	0,22
8 (VE8)	Este	0,04	3,69	0,90	0,70	0,09	0,56	0,05
-	-	-	-	-	-	-	-	-
							TOTAL	0,95

*Em nenhum caso o produto  $X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$  deve ser menor que 0.27;  
Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto  $F_o \cdot F_f$  deve ser inferior ou igual a 0.9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.*

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $g_i \cdot g_{i,ENU}$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação $X$	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-
							TOTAL	0,00

*No cálculo de  $g_{i,int}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{\perp,vi}$ , afectado do factor de seletividade angular  $F_{w,i}$ .*

$$\begin{aligned}
 & \text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul } \boxed{0,95} \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} & \boxed{135} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,70} \text{ meses} \\
 & = \\
 \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} & \boxed{863,26} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 4703,03 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 863,26 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 5566,29 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} \quad 135 \quad \text{kWh/m}^2\cdot\text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\quad 0,146 \\
 &\quad \times \\
 &\quad 0,15 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 243,73 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad 6,70 \quad \text{meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 4827,96 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 4703,03 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 9530,99 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

Ganhos internos médios  $Q_{int}$   W/m<sup>2</sup>  
 Duração da estação de arrefecimento  $L_e$   horas  
 Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>  
 $\pm$   
 1000  
 =  
 Ganhos internos brutos  $Q_{int,br}$   kWh/ano

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Móveis e Perm. $B_{oc}$	FS Global Prot. Perm. $B_{oc,p}$	FS de Verão $B_{v,v} = F_{m,v} \cdot B_{oc} \cdot [1 - F_{m,v}] \cdot B_{oc,p}$	Área Efectiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_g \cdot B_{v,v}$	Factor de Obstrução $F_{o,v} = F_{o,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{o,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{o,v} \cdot A_e$
1 (VE1)	Norte	6,84	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,04	0,04	0,19	0,90	220,00	37,92
2 (VE2)	Norte	6,84	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,04	0,04	0,19	0,90	220,00	37,92
3 (VE3)	Sul	3,52	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,04	0,04	0,10	0,90	425,00	37,67
4 (VE4)	Sul	1,20	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,37	0,37	0,37	0,31	0,86	425,00	113,60
5 (VE5)	Sul	4,99	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,04	0,04	0,14	0,84	425,00	49,88
6 (VE6)	Norte	14,61	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,04	0,04	0,41	0,90	220,00	81,00
7 (VE7)	Sul	8,55	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,04	0,04	0,24	0,90	425,00	91,57
8 (VE8)	Este	3,69	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,04	0,04	0,10	0,90	490,00	45,56
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													495,12

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS de Verão do vão interior $B_{v,int}$	FS de Verão do vão do ENU $B_{v,enu}$	$B_{v,int} \cdot B_{v,enu}$	Área Efectiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_g \cdot B_{v,int} \cdot B_{v,enu}$	Factor de Obstrução $F_{o,v} = F_{o,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{o,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{o,v} \cdot A_e$
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													0,00

*Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores  $F_{o,v}$  é igual a 1. Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o factor solar  $g_{v,ENU}$  é igual a 1.*

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o = F_o \cdot F_o \cdot F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$
PDE1	Norte	0,40	72,11	0,37	-	0,43	1,00	220,00	93,92
PDE1	Sul	0,40	43,98	0,37	-	0,26	1,00	425,00	110,65
PDE1	Oeste	0,40	128,62	0,37	-	0,76	1,00	490,00	373,10
PTPDE1	Nordeste	0,40	2,36	0,30	-	0,01	1,00	350,00	3,97
PTPDE1	Norte	0,40	2,36	0,30	-	0,01	1,00	220,00	2,49
PTPDE1	Oeste	0,40	7,22	0,30	-	0,03	1,00	490,00	16,97
PTPDE1	Este	0,40	7,22	0,30	-	0,03	1,00	490,00	16,97
PTPDE1	Oeste	0,40	7,94	0,30	-	0,04	1,00	490,00	18,67
PTPDE1	Este	0,40	7,94	0,30	0,04	0,04	1,00	490,00	18,67
PTPDE1	Oeste	0,40	5,77	0,30	-	0,03	1,00	490,00	13,58
PTPDE1	Oeste	0,40	5,74	0,30	-	0,03	1,00	490,00	13,49
PTPDE1	Sul	0,40	5,74	0,30	-	0,03	1,00	425,00	11,71
PTPDE1	Sudeste	0,40	5,74	0,30	-	0,03	1,00	490,00	13,50
PTPDE2	Norte	0,40	1,64	0,59	-	0,02	1,00	220,00	3,40
PTPDE2	Sul	0,40	0,32	0,59	-	0,00	0,91	425,00	1,15
PTPDE2	Este	0,40	0,99	0,59	-	0,01	1,00	490,00	4,58
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									716,81

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$
CBE1	Horizontal	0,40	71,58	0,29	-	0,33	-	265,70	265,70
CBE2	Horizontal	0,40	16,54	0,28	0,04	0,07	1,00	800,00	59,27
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									324,98

COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-
TOTAL									0,00

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o = F_o \cdot F_o \cdot F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
TOTAL									0,00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada  kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca  kWh/ano  
 =  
 Ganhos Solares brutos  $Q_{sol,br}$   kWh/ano

**D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS**

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int,v}} \quad 2854,58 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol,v}} \quad 1536,91 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{gt,v}} \quad 4391,49 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} \quad 4 \quad \text{W/m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad + \\
 &\text{factor solar de verão de referência } g_{\text{v,REF}} \quad 0,43 \\
 &\quad \times \\
 &A_w/A_p \text{ REF} \quad 0,2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Radiação solar média de referência } I_{\text{sol,REF}} \quad 490 \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \\
 &\quad = \\
 &\quad 53,85 \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Área útil de Pavimento } A_p \quad 243,731 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{\text{gt,REF}} \quad 13125,40 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**Folha de Cálculo E**
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**
**LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**
**E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 383,72 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 30,41 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 414,14 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,570 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 383,72 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 14\,458,65 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,570 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 30,41 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 1\,145,96 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 453,42 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 112,45 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 565,87 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,570 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 453,42 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \quad 17\,085,00 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,570 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 112,45 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad 4\,237,05 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício	<input type="text" value="Forte"/>
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="5566,29"/> kWh/ano
	÷
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	<input type="text" value="15604,61"/> kWh/ano
	=
parâmetro $\gamma_i$	<input type="text" value="0,36"/>
parâmetro $a_i$	<input type="text" value="4,20"/> W/°C
Factor de utilização dos ganhos $\eta_i$	<input type="text" value="0,99"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	<input type="text" value="5566,29"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	<input type="text" value="5518,89"/> kWh/ano

**E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	<input type="text" value="0,6"/>
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	<input type="text" value="9530,99"/> kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	<input type="text" value="5718,59"/> kWh/ano

**E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,j}$	<input type="text" value="14458,65"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,j}$	<input type="text" value="1145,96"/> kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,j}$	<input type="text" value="5518,89"/> kWh/ano
<i>(folha de cálculo 1.4)</i>	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="10085,71"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="243,73"/> m <sup>2</sup>
	=
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{c,i}$	<input type="text" value="41,38"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,j,REF}$	<input type="text" value="17085,00"/> kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,j,REF}$	<input type="text" value="4237,05"/> kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,j,REF}$	<input type="text" value="5718,59"/> kWh/ano
	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<input type="text" value="15603,45"/> kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="243,73"/> m <sup>2</sup>
	=
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{l,i}$	<input type="text" value="64,02"/> kWh/m <sup>2</sup> .ano

**Folha de Cálculo F**
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 383,72 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 130,30 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 514,02 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 383,72 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 4\,044,74 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 130,30 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 1\,373,42 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar  $Q_{tr,v}+Q_{re,v}$   kWh/ano

=

parâmetro  $\gamma_v$

parâmetro  $a_v$   W/°C

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

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

$(1 - \eta_v)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_{vc}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

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

$(1 - \eta_{v,REF})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v,REF}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_v$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{u,c}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta_i$	Eficiência Nominal $\eta_n$	Factor de Conversão $F_{p,ref}$ kWh <sub>ref</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot N_{u,c} / \eta_n \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta_i \cdot N_{u,c} \cdot F_{p,ref} / \eta_n$ kWh <sub>ref</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{n,ref}$	Factor de Conversão $F_{p,ref}$ kWh <sub>ref</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{p,ref} / \eta_n$ kWh <sub>ref</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema 2	Electricidade	41,38	1,00	1	4,64	2,5	2173,65	22,30	Sistema 2	Electricidade	64,02	1,00	3,4	2,5	47,07	
Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	0	1	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	1	2,5	0,00	
TOTAL								2173,65	22,30	TOTAL						47,07

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{u,r}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	$\delta_i$	Eficiência Nominal $\eta_n$	Factor de Conversão $F_{p,ref}$ kWh <sub>ref</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot N_{u,r} / \eta_n \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta_i \cdot N_{u,r} \cdot F_{p,ref} / \eta_n$ kWh <sub>ref</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{n,ref}$	Factor de Conversão $F_{p,ref}$ kWh <sub>ref</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{p,ref} / \eta_n$ kWh <sub>ref</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema 2	Electricidade	2,13	1,00	0	7,73	2,5	67,03	0,00	Sistema 2	Electricidade	10,67	1,00	3	2,5	8,89	
Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	0	3	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	3	2,5	0,00	
TOTAL								67,03	0,00	TOTAL						8,89

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS	
40	consumo médio diário de referência $M_{ref}$	160	l	40	consumo médio diário de referência $M_{ref}$	160	l
$\frac{40}{4}$	nº convencional de ocupantes de cada fracção $n$	4187	ocupantes	$\frac{40}{4}$	nº convencional de ocupantes de cada fracção $n$	4187	ocupantes
$\frac{1}{1}$	factor de eficiência hídrica	35	°C	$\frac{1}{1}$	factor de eficiência hídrica	35	°C
160	consumo médio diário de referência MAQS	365	dias	160	consumo médio diário de referência MAQS	365	dias
		3600000				3600000	
		243,731	m <sup>2</sup>			243,731	m <sup>2</sup>
		9,75	kWh/m <sup>2</sup> .ano			9,75	kWh/m <sup>2</sup> .ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	$\delta_a$	Eficiência Nominal $\eta_n$	Factor de Conversão $F_{p,ref}$ kWh <sub>ref</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot Q_u / \eta_n$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta_a \cdot Q_u \cdot F_{p,ref} / \eta_n$ kWh <sub>ref</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,ref}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{n,ref}$	Factor de Conversão $F_{p,ref}$ kWh <sub>ref</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta_a \cdot Q_{u,ref} \cdot F_{p,ref} / \eta_n$ kWh <sub>ref</sub> /m <sup>2</sup> .ano	
Sistema 3	Electricidade	0,60	1,00	1	3,89	2,5	365,74	3,75	Sistema 3	Electricidade	9,75	1,00	2,8	2,5	8,71	
Sistema 1	Renovável Térmica	0,40	1,00	1	1,00	1	954,56	3,92	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	2,5	2,5	0,00	
Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	0	0,95	2,5	0,00	0,00	TOTAL						8,71	
TOTAL								1320,30	7,67	TOTAL						8,71

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

292	Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{em}$	243,731	m <sup>2</sup>
		2,5	kWh <sub>ref</sub> /kWh
3,00	Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação		kWh <sub>ref</sub> /m <sup>2</sup> .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{p,ref}$ kWh <sub>ref</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{p,ref}$ kWh <sub>ref</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	3,92	1	3,92
Bombas de Calor	Renovável Térmica	36,97	1	36,12
TOTAL				39,03

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento	22,30	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	0,00	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQS	7,67	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	3,00	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano
-		
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	3,92	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano
=		
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>ep</sub>	29,04	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento	47,07	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para arrefecimento	8,89	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano
+		
Energia primária para a preparação de AQS	8,71	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano
=		
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>ep</sub>	64,68	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano

# Apêndice G – Balanço Energético ITECONS – VMC Simples Fluxo



## Folha de Cálculo HAB



### Ventilação

Método de cálculo  Segundo a EN 15242 e Manual do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE)

Efetuar o cálculo no separador "CalculoVentilacao"

Sistema de Ventilação  De acordo com a norma 1037-1

Arrefecimento noturno com abertura das janelas?

Rph Estimada (h <sup>-1</sup> )	Rph mínimo (h <sup>-1</sup> )	Rph, i (h <sup>-1</sup> )	Rph, v (h <sup>-1</sup> )
0,52	0,50	0,54	0,60

Descrição da Solução de Ventilação	Caract. restantes
	512

### Sistemas Técnicos

Existem Sistema Técnicos?

O edifício dispõe de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?

Isolamento térmico na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica  $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W}$ ?

Obrigatório nos edifícios novos

Sistema por Defeito Consumo Energia Final (kWh/ano)	
Aquecimento	0,00
Arrefecimento	0,00
AQS	0,00
Ventilação	226,36

Possui chuveiros com elevada eficiência hídrica?

Isolamento térmico na rede de distribuição de água quente para aquecimento ambiente com resistência térmica  $\geq 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W}$ ?

Identificação do Sistema	Fonte de Energia	Tipo de Equipamento	Nº de unidades iguais	Marca	Gama	Modelo	Foi possível aceder ao equipamento?	Descrição Específica do Equipamento	Produção Total de Energia (kWh/ano)
Sistema 1	Solar	Painel Solar Térmico	1						1506,00
Sistema 2	Electricidade	Multi-Split (ar-ar)	1	Daikin	Multisplit	5MXM90			10903,74
Sistema 3	Electricidade	Bomba de Calor (ar-água)	1	Daikin	Altherma	M AQS			647,31



## Balço energético

### Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	Renovável Requisito $Ren_{HAB}$ (%)
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	54,67	64,72	411,99
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	2,13	10,67	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377	<b>Ntc/Nt</b>
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		226,36	<b>0,55</b>
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	12506	0	
Eren AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)	1602	0	<b>Classe Energética</b>
Eren,ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)		0,00	<b>B</b>
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	35,53	65,19	

### Indicadores de desempenho

	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)
Aquecimento	19,04	54,67	78,45
Arrefecimento	3,56	2,13	87,06
AQS	3,48	9,75	67,38

Energia Renovável (%)	76,04
-----------------------	-------

Emissões de CO2 (t/ano)	1,27
-------------------------	------

### Potencial para a identificação de Medidas de Melhoria

#### AValiação DO POTENCIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE MELHORIA

[alínea b) do ponto 4. do Despacho n.º 7113/2015 de 29 de Junho]

- Verde (superior a 30%) - Elevado potencial de melhoria
- Amarelo (entre 0% e 30%) - Algum potencial de melhoria
- Vermelho (inferior a 0%) - Não existe potencial de melhoria

Variação das necessidades de energia útil utilizando os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica ( $U_{REF}$ )		Simulação em curso	
		Solução Inicial	
Variação das necessidades de energia útil utilizando os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica ( $U_{REF}$ )	Aquecimento	✗	-18,3%
	Arrefecimento	!	17,0%
Variação das necessidades de energia final utilizando os valores de referência para os sistemas técnicos:	Aquecimento	✗	-61,5%
	Arrefecimento	✓	100,0%
	AQS	✗	-38,9%

### Dados Climáticos

Graus-dia	1 570
-----------	-------

Zona Climática de Inverno	I2
---------------------------	----

Zona Climática de Verão	V2
-------------------------	----

Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	7,8
---	-----

Temperatura Média Exterior Verão (°C)	21,4
---------------------------------------	------

Duração da estação de aquecimento (meses)	6,7
---	-----

Duração da estação de arrefecimento (meses)	4,0
---	-----

## Indicadores de aquecimento

Paredes (W/°C)		
Hext	Henu;adj	Hecs
90,54	33,37	12,49

PTP (W/°C)	
Hext	Henu;adj
19,14	0,00

Portas (W/°C)	
Hext	Henu;adj
0,00	0,00

PTL (W/°C)	
Hext	Henu;adj
89,19	0,00

Ht (W/°C)
500,72

Coberturas (W/°C)	
Hext	Henu;adj
26,27	0,00

Pavimentos (W/°C)		
Hext	Henu;adj	Hecs
0,00	0,00	18,64

Vãos envidraçados (W/°C)	
Hext	Henu;adj
94,09	0,00

Renovação de Ar (W/°C)
Hve
117,00

## Indicadores de arrefecimento

Paredes (kWh)
Qsol,v EXT
716,81

Coberturas	
Qsol,v EXT	Qsol, Desv
324,98	0,00

Portas (kWh)
Qsol,v EXT
0,00

Vãos Envidraçados (kWh)
Qsol,v EXT
495,12

Ganhos Internos (kWh)
Qint,v
2854,58

## Medidas de Melhoria

Medidas de Melhoria?

Justificação para a ausência de Medidas de Melhoria

**FICHA N.º 1**  
**EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO**  
**FICHA RESUMO CARACTERIZADORA DO EDIFÍCIO E DA INTERVENÇÃO PRECONIZADA**

**Câmara Municipal de** Resende

**Edifício**

Empreendimento: Moradias Caldas de Aregos Nº de fracções: \_\_\_\_\_

Morada: \_\_\_\_\_

Freguesia: UNIÃO DAS FREGUESIAS DE ANREADE E SÃO ROMÃO DE AREGOS Concelho: Resende

**Tipo de intervenção**

Edifício Novo     Grande intervenção  
*(a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)*

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
-	243,73	2,62	T3

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Ni (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nvc (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nv (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Nt (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	E <sub>ren,p</sub> (kWh/ano)(*)	E <sub>ren,ext</sub> (kWh/ano)(**)
-	0,52	54,67	64,72	2,13	10,67	2377	35,53	65,19	12506	0

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

(\*\*) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E<sub>ren,p</sub>.

**Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico**

Nome: \_\_\_\_\_

Inscrito na: \_\_\_\_\_ Número de inscrição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## Enquadramento do Edifício ou Fração Autónoma

Tipo de edifício	Novo
Concelho	Resende
Altitude (m)	320
Região	A
Rugosidade	II
Área útil (m <sup>2</sup> )	243,73
Pé direito (m)	2,62
Volume (m <sup>3</sup> )	638,70
Texteior (°C)	7,80
Altitude ref. (m)	320,00
A <sub>EN</sub> /A <sub>U</sub>	20,6%

Nº de pisos da fração	3
Velocidade do vento, u <sub>10</sub> (m/s)	Por defeito
Velocidade do vento utilizada = 3,9 m/s	
Nº fachadas expostas	>=2
Altura do edifício, H <sub>edif</sub> (m)	13
Altura da fração, H <sub>fra</sub> (m)	9
Edifícios/obstáculos?	<input type="checkbox"/>
Altura do obstáculo, H <sub>obs</sub> (m)	
Distância ao obstáculo, D <sub>obs</sub> (m)	
Proteção do edifício	Desprotegido
Zona da fachada	Inferior

[ver esquema](#)

## Permeabilidade ao ar da envolvente

 Foi medido o valor h<sub>50</sub>?

Nota: A tabela seguinte é informativa, sendo preenchida automaticamente com base nos dados presentes no separador "Introdução de Dados". É atualizada sempre este separador é ativado.

Designação	Área vãos (m <sup>2</sup> )	Classe de permeabilidade ao ar de janelas Caixilharia 1	Classe de permeabilidade ao ar de janelas Caixilharia 2 ou Vão Ext. ENU	Permeabilidade da caixa de estore
Grupo de vãos 1	50,24	4	4	Perm. Baixa

## Aberturas de admissão de ar na envolvente

 Existem aberturas de admissão de ar nas fachadas?

Abertura	Tipo de abertura	Área livre (cm <sup>2</sup> ) / Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Designação
Abertura 1	Auto-regulável a 20 Pa	726,52	
Abertura 2			

## Conduitas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta

 Existem condutas de ventilação natural?

## Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado

 Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)?

Sistema Ventilação Mecânica	Tipo de escoamento	Informação sobre ventilador?	Admissão			Exaustão			Rendimento recuperador de calor (0-100%)	Designação
			Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)	Pressão (Pa)	Rendimento ventilador (0-100%)	Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)	Pressão (Pa)	Rendimento ventilador (0-100%)		
Sistema V_M 1	Exaustão	Sim				320,00	150,00	51,6		TD-500/150-160 SILENT ECOWATT (230V 50/60) NE - S&P
Sistema V_M 2										

## RESULTADOS

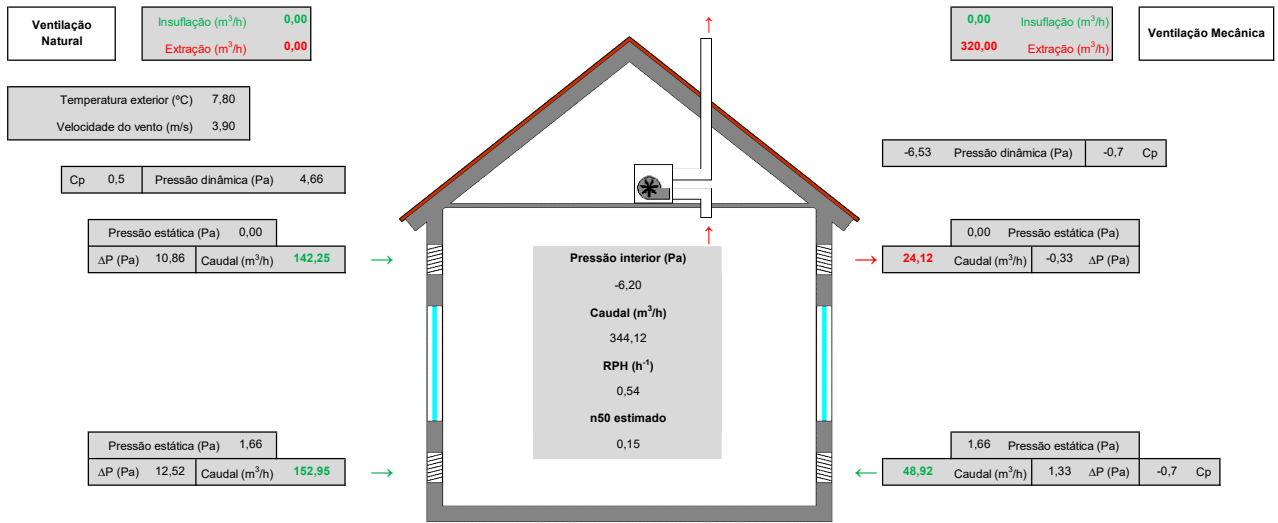
RPH estimada condições nominais (h-1)	0,52
Rph,i (h-1) - Aquecimento	0,54
bve,i (1-recuperação de calor)	0,0%
Rph,v (h-1) - Arrefecimento	0,60
bve,v (1-recuperação de calor)	0,0%

Req. mínimo de ventilação (h-1)	0,50
Rph,i REF (h-1)	0,54
Wvm (kWh/ano)	226,36

A taxa de renovação horária satisfaz os requisitos mínimos

[Ver esquema da Ventilação \(Método simplificado\)](#)

ANEXO - Esquema da ventilação com base no cálculo (Método Simplificado)



**Folha de Cálculo A**
**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA**

A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
PAREDES EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C	PAREDES EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ref</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
				<i>correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil</i>	1,49	0,40	0,60
PDE1	72,11	0,37	26,68	PDE1	72,11	0,40	28,84
PDE1	43,98	0,37	16,27	PDE1	43,98	0,40	17,59
PDE1	128,62	0,37	47,59	PDE1	128,62	0,40	51,45
PTPPDE1	2,36	0,30	0,71	PTPPDE1	2,36	0,40	0,95
PTPPDE1	2,36	0,30	0,71	PTPPDE1	2,36	0,40	0,95
PTPPDE1	7,22	0,30	2,16	PTPPDE1	7,22	0,40	2,89
PTPPDE1	7,22	0,30	2,16	PTPPDE1	7,22	0,40	2,89
PTPPDE1	7,94	0,30	2,38	PTPPDE1	7,94	0,40	3,17
PTPPDE1	7,94	0,30	2,38	PTPPDE1	7,94	0,40	3,17
PTPPDE1	5,77	0,30	1,73	PTPPDE1	5,77	0,40	2,31
PTPPDE1	5,74	0,30	1,72	PTPPDE1	5,74	0,40	2,29
PTPPDE1	5,74	0,30	1,72	PTPPDE1	5,74	0,40	2,30
PTPPDE1	5,74	0,30	1,72	PTPPDE1	5,74	0,40	2,30
PTPPDE2	1,64	0,59	0,96	PTPPDE2	1,64	0,40	0,65
PTPPDE2	0,32	0,59	0,19	PTPPDE2	0,32	0,40	0,13
PTPPDE2	0,99	0,59	0,58	PTPPDE2	0,99	0,40	0,40
			TOTAL				TOTAL
			109,68				122,86
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR				PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR			
	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
			TOTAL				TOTAL
			0,00				0,00
COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR				COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR			
	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
CBE1	71,58	0,30	21,47	CBE1	71,58	0,35	25,05
CBE2	16,54	0,29	4,80	CBE2	16,54	0,35	5,79
			TOTAL				TOTAL
			26,27				30,84
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES				VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES			
	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
1 (VE1)	6,84	2,04	13,95	1 (VE1)	6,64	2,40	15,93
2 (VE2)	6,84	2,22	15,18	2 (VE2)	6,64	2,40	15,93
3 (VE3)	3,52	2,22	7,81	3 (VE3)	3,42	2,40	8,20
4 (VE4)	1,20	1,63	1,96	4 (VE4)	1,16	2,40	2,79
5 (VE5)	4,99	1,77	8,83	5 (VE5)	4,84	2,40	11,62
6 (VE6)	14,61	1,74	25,42	6 (VE6)	14,18	2,40	34,02
7 (VE7)	8,55	1,74	14,88	7 (VE7)	8,30	2,40	19,91
8 (VE8)	3,69	1,64	6,05	8 (VE8)	3,58	2,40	8,59
			TOTAL				TOTAL
			94,09				116,99
VÃOS OPACOS EXTERIORES				VÃOS OPACOS EXTERIORES			
	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
			TOTAL				TOTAL
			0,00				0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES				PONTES TÉRMICAS LINEARES			
	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C		Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
Duas paredes verticais em ângulo saliente	13,60	0,18	2,45	Duas paredes verticais em ângulo saliente	13,60	0,40	5,44
Duas paredes verticais em ângulo saliente	13,60	0,18	2,45	Duas paredes verticais em ângulo saliente	13,60	0,40	5,44
Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,65	0,18	0,48	Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,65	0,40	1,06
Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,65	0,18	0,48	Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,65	0,40	1,06
Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,85	0,18	0,51	Duas paredes verticais em ângulo saliente	2,85	0,40	1,14

Fach. com pavimentos térreos	7,95	0,70	5,57
Fach. com pavimentos térreos	7,95	0,70	5,57
Fach. com pavimentos térreos	17,00	0,70	11,90
Fach. com pavimentos térreos	17,00	0,70	11,90
Fachada com pavimento intermédio	2,20	0,21	0,46
Fachada com pavimento intermédio	4,70	0,21	0,99
Fachada com pavimento intermédio	5,35	0,21	1,12
Fachada com pavimento intermédio	5,35	0,21	1,12
Fachada com pavimento intermédio	12,35	0,21	2,59
Fachada com pavimento intermédio	12,35	0,21	2,59
Fachada com varanda	6,90	0,90	6,21
Fachada com varanda	6,90	0,90	6,21
Fachada com cobertura	16,90	0,83	14,03
Fachada com cobertura	29,46	0,36	10,60
Zona da caixa de estores	5,62	0,11	0,62
Zona da caixa de estores	5,62	0,11	0,62
Zona da caixa de estores	4,50	0,11	0,50
Zona da caixa de estores	2,10	0,11	0,23
TOTAL			89,19

Fach. com pavimentos térreos	7,95	0,50	3,98
Fach. com pavimentos térreos	7,95	0,50	3,98
Fach. com pavimentos térreos	17,00	0,50	8,50
Fach. com pavimentos térreos	17,00	0,50	8,50
Fachada com pavimento intermédio	2,20	0,50	1,10
Fachada com pavimento intermédio	4,70	0,50	2,35
Fachada com pavimento intermédio	5,35	0,50	2,68
Fachada com pavimento intermédio	5,35	0,50	2,68
Fachada com pavimento intermédio	12,35	0,50	6,18
Fachada com pavimento intermédio	12,35	0,50	6,18
Fachada com varanda	6,90	0,50	3,45
Fachada com varanda	6,90	0,50	3,45
Fachada com cobertura	16,90	0,50	8,45
Fachada com cobertura	29,46	0,50	14,73
Zona da caixa de estores	5,62	0,20	1,12
Zona da caixa de estores	5,62	0,20	1,12
Zona da caixa de estores	4,50	0,20	0,90
Zona da caixa de estores	2,10	0,20	0,42
TOTAL			93,89

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$  319,23 W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$  364,58 W/°C

**A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR**
**A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR**

PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
PDI1	12,23	1,80	0,60	13,21	PDI1	12,23	0,70	0,60	5,14
PDI1	16,00	1,80	0,70	20,16	PDI1	16,00	0,70	0,70	7,84
TOTAL				33,37	TOTAL				12,98
PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>2tu</sub>	U.A.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tu</sub> > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>2tu</sub>	ψ.B.b <sub>2tu</sub> W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ENUS COM b <sub>2tu</sub> > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>2tu</sub>	ψ.B.b <sub>2tu</sub> W/°C
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H<sub>int</sub> = 33,37 W/°C

 Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H<sub>int</sub> = 12,98 W/°C

**A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**
**A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO**

PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bw</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C	PAREDES ENTERRADAS	Área m	U <sub>bw</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C
TOTAL			12,49	TOTAL			31,14
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade &gt;=0).</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>gr</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>gr</sub> W/°C	PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade &gt;=0).</i>	Área m	U <sub>gr</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>gr</sub> W/°C
TOTAL			0,00	TOTAL			0,00
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade &lt;=0) com ou sem isolamentos</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>f</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C	PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade &lt;=0) com ou sem isolamentos</i>	Área m	U <sub>f</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>f</sub> W/°C
PVT1	89,45	0,21	18,64	PVT1	89,45	0,50	44,73
TOTAL			18,64	TOTAL			44,73



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

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo  $H_{ec,REI}$   W/°C

**A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{intu} + H_{int}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ec}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   W/°C

**A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext,REI}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{intu,REI} + H_{int,REI}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ec,REI}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr,REI}$   W/°C

**A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{intu}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ec}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr}$   W/°C

**A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO**

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior  $H_{ext,REI}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior  $H_{intu,REI}$   W/°C  
 +  
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo  $H_{ec,REI}$   W/°C  
 =  
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão  $H_{tr,REI}$   W/°C

**Folha de Cálculo B**
**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO**
**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA**
**B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

$$\begin{array}{l}
 1 \\
 - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} \quad \boxed{0,00} \\
 \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} \quad \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\
 \div \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d \quad \boxed{344,12} \text{ m}^3/\text{h} \\
 = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} \quad \boxed{1,00} \\
 \times \\
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} \quad \boxed{0,54} \text{ h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{243,73} \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \quad \boxed{2,62} \text{ m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} \quad \boxed{117,00} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

**B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

$$\begin{array}{l}
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i \text{ REF}} \quad \boxed{0,54} \text{ h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{243,73} \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \quad \boxed{2,62} \text{ m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i \text{ REF}} \quad \boxed{117,00} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

**B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO**

$$\begin{array}{l}
 1 \\
 - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} \quad \boxed{0,00} \\
 \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} \quad \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\
 \div \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d \quad \boxed{383,22} \text{ m}^3/\text{h} \\
 = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} \quad \boxed{1,00} \\
 \times \\
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} \quad \boxed{0,60} \text{ h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \quad \boxed{243,73} \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \quad \boxed{2,62} \text{ m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} \quad \boxed{130,30} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

**Folha de Cálculo C**
**GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**
**C.1 - GANHOS INTERNOS**

$$\begin{aligned}
 & 0,72 \\
 & \times \\
 \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} & \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,70} \text{ meses} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{243,731} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} & \boxed{4703,03} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**C.2 - GANHOS SOLARES**

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $g_i$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g$	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação $X$	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m <sup>2</sup>
1 (VE1)	Norte	0,04	6,84	0,90	0,70	0,17	0,27	0,05
2 (VE2)	Norte	0,04	6,84	0,90	0,70	0,17	0,27	0,05
3 (VE3)	Sul	0,04	3,52	0,90	0,70	0,09	1,00	0,09
4 (VE4)	Sul	0,37	1,20	0,86	0,70	0,27	1,00	0,27
5 (VE5)	Sul	0,04	4,99	0,83	0,70	0,12	1,00	0,12
6 (VE6)	Norte	0,04	14,61	0,90	0,70	0,37	0,27	0,11
7 (VE7)	Sul	0,04	8,55	0,90	0,70	0,22	1,00	0,22
8 (VE8)	Este	0,04	3,69	0,90	0,70	0,09	0,56	0,05
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Em nenhum caso o produto <math>X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f</math> deve ser menor que 0.27;</i>							TOTAL	0,95

*Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto  $F_o \cdot F_f$  deve ser inferior ou igual a 0.9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.*

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $g_i \cdot g_{i,ENU}$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada $F_g \cdot F_{g,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m <sup>2</sup>	Factor de Orientação $X$	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>No cálculo de <math>g_{i,int}</math> e <math>g_{i,ENU}</math> não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, <math>g_i</math> será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal <math>g_{\perp,vi}</math>, afectado do factor de seletividade angular <math>F_{w,i}</math>.</i>							TOTAL	0,00

$$\text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul } \boxed{0,95} \text{ m}^2$$

$$\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} \boxed{135} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês}$$

$$\text{Duração da estação de aquecimento } M \boxed{6,70} \text{ meses}$$

$$\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \boxed{863,26} \text{ kWh/ano}$$

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 4703,03 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 863,26 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 5566,29 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} \quad 135 \quad \text{kWh/m}^2.\text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad 0,146 \\
 &\quad \quad \times \\
 &\quad \quad \quad 0,15 \\
 &\quad \quad \quad \times \\
 &\quad \quad \quad \quad \text{Área útil de pavimento } A_p \quad 243,73 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad \quad \quad \quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad 6,70 \quad \text{meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 4827,96 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 4703,03 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 9530,99 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

Ganhos internos médios  $Q_{int}$   W/m<sup>2</sup>  
 Duração da estação de arrefecimento  $L_e$   horas  
 Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>  
 $\pm$   
 1000  
 =  
 Ganhos internos brutos  $Q_{int,br}$   kWh/ano

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Móveis e Perm. $B_{oc}$	FS Global Prot. Perm. $B_{oc,p}$	FS de Verão $B_{v,v} = F_{m,v} \cdot B_{oc} \cdot [1 - F_{m,v}] \cdot B_{oc,p}$	Área Efectiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_g \cdot B_{v,v}$	Factor de Obstrução $F_{o,v} = F_{o,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{o,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{o,v} \cdot A_e$
1 (VE1)	Norte	6,84	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,04	0,04	0,19	0,90	220,00	37,92
2 (VE2)	Norte	6,84	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,04	0,04	0,19	0,90	220,00	37,92
3 (VE3)	Sul	3,52	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,04	0,04	0,10	0,90	425,00	37,67
4 (VE4)	Sul	1,20	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,37	0,37	0,37	0,31	0,86	425,00	113,60
5 (VE5)	Sul	4,99	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,04	0,04	0,14	0,84	425,00	49,88
6 (VE6)	Norte	14,61	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,04	0,04	0,41	0,90	220,00	81,00
7 (VE7)	Sul	8,55	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,04	0,04	0,24	0,90	425,00	91,57
8 (VE8)	Este	3,69	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,04	0,04	0,10	0,90	490,00	45,56
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													495,12

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS de Verão do vão interior $B_{v,int}$	FS de Verão do vão do ENU $B_{v,enu}$	$B_{v,int} \cdot B_{v,enu}$	Área Efectiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_g \cdot B_{v,int} \cdot B_{v,enu}$	Factor de Obstrução $F_{o,v} = F_{o,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{o,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{o,v} \cdot A_e$
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													0,00

*Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores  $F_{o,v}$  é igual a 1. Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o factor solar  $g_{v,ENU}$  é igual a 1.*

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o = F_o \cdot F_o \cdot F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$
PDE1	Norte	0,40	72,11	0,37	-	0,43	1,00	220,00	93,92
PDE1	Sul	0,40	43,98	0,37	-	0,26	1,00	425,00	110,65
PDE1	Oeste	0,40	128,62	0,37	-	0,76	1,00	490,00	373,10
PTPDE1	Nordeste	0,40	2,36	0,30	-	0,01	1,00	350,00	3,97
PTPDE1	Norte	0,40	2,36	0,30	-	0,01	1,00	220,00	2,49
PTPDE1	Oeste	0,40	7,22	0,30	-	0,03	1,00	490,00	16,97
PTPDE1	Este	0,40	7,22	0,30	-	0,03	1,00	490,00	16,97
PTPDE1	Oeste	0,40	7,94	0,30	-	0,04	1,00	490,00	18,67
PTPDE1	Este	0,40	7,94	0,30	0,04	0,04	1,00	490,00	18,67
PTPDE1	Oeste	0,40	5,77	0,30	-	0,03	1,00	490,00	13,58
PTPDE1	Oeste	0,40	5,74	0,30	-	0,03	1,00	490,00	13,49
PTPDE1	Sul	0,40	5,74	0,30	-	0,03	1,00	425,00	11,71
PTPDE1	Sudeste	0,40	5,74	0,30	-	0,03	1,00	490,00	13,50
PTPDE2	Norte	0,40	1,64	0,59	-	0,02	1,00	220,00	3,40
PTPDE2	Sul	0,40	0,32	0,59	-	0,00	0,91	425,00	1,15
PTPDE2	Este	0,40	0,99	0,59	-	0,01	1,00	490,00	4,58
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									716,81

COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$
CBE1	Horizontal	0,40	71,58	0,29	-	0,33	-	265,70	265,70
CBE2	Horizontal	0,40	16,54	0,28	0,04	0,07	1,00	800,00	59,27
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL									324,98

COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-
TOTAL									0,00

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o = F_o \cdot F_o \cdot F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
TOTAL									0,00

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada  kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca  kWh/ano  
 =  
 Ganhos Solares brutos  $Q_{sol,br}$   kWh/ano

**D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS**

$$\begin{aligned}
 \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int,v}} &= 2854,58 \text{ kWh/ano} \\
 + \\
 \text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol,v}} &= 15369,91 \text{ kWh/ano} \\
 = \\
 \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{gt,v}} &= 4391,49 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned}
 \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} &= 4 \text{ W/m}^2 \\
 \times \\
 \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v &= 2928 \text{ horas} \\
 \div \\
 &= 1000 \\
 + \\
 \text{factor solar de verão de referência } g_{\text{v,REF}} &= 0,43 \\
 \times \\
 A_w/A_{\text{p,REF}} &= 0,2 \\
 \times \\
 \text{Radiação solar média de referência } I_{\text{sol,REF}} &= 490 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \\
 = \\
 &= 53,85 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \\
 \times \\
 \text{Área útil de Pavimento } A_p &= 243,731 \text{ m}^2 \\
 = \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{\text{gt,REF}} &= 13125,40 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**Folha de Cálculo E**
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**
**LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**
**E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 383,72 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 117,00 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \quad 500,72 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 453,42 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 117,00 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \quad 570,42 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,570 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 383,72 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 14\,458,65 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,570 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 453,42 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \quad 17\,085,00 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,570 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad 117,00 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 4\,408,59 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &x \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD \quad 1\,570 \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &x \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \quad 117,00 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \quad 4\,408,59 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício	Forte
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	5566,29 kWh/ano
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	18867,24 kWh/ano
	÷
parâmetro $\gamma_i$	0,30
	=
parâmetro $a_i$	4,20 W/°C
Factor de utilização dos ganhos $\eta_i$	1,00
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	5566,29 kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	5542,96 kWh/ano

**E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i, REF}$	0,6
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i, REF}$	9530,99 kWh/ano
	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i, REF}$	5718,59 kWh/ano

**E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	14458,65 kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	4408,59 kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	5542,96 kWh/ano
<i>(folha de cálculo 1.4)</i>	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	13324,28 kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	243,73 m <sup>2</sup>
	=
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{e,i}$	54,67 kWh/m <sup>2</sup> .ano

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i, REF}$	17085,00 kWh/ano
	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i, REF}$	4408,59 kWh/ano
	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i, REF}$	5718,59 kWh/ano
	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	15774,99 kWh/ano
	÷
Área útil de pavimento $A_p$	243,73 m <sup>2</sup>
	=
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{i, REF}$	64,72 kWh/m <sup>2</sup> .ano

**Folha de Cálculo F**
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**
**F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{383,72} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad \boxed{130,30} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad \boxed{514,02} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{383,72} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad \boxed{4} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad \boxed{4\,044,74} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR**

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad \boxed{130,30} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad \boxed{4} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad \boxed{1\,373,42} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS**

Inércia do edifício

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar  $Q_{tr,v}+Q_{re,v}$   kWh/ano

=

parâmetro  $\gamma_v$

parâmetro  $a_v$   W/°C

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

**F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_v$

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

$(1 - \eta_v)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_{vc}$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

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

$(1 - \eta_{v,REF})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v,REF}$   kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento  $N_v$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{u1}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_1$	$\delta_1$	Eficiência Nominal $\eta_1$	Factor de Conversão $F_{p1}$ kWh <sub>u1</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_1 \cdot N_{u1} / \eta_1 \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_1 \cdot \delta_1 \cdot N_{u1} \cdot F_{p1} / \eta_1$ kWh <sub>u1</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{u1}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_1$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{1REF}$	Factor de Conversão $F_{p1}$ kWh <sub>u1</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_1 \cdot N_{u1} \cdot F_{p1} / \eta_1$ kWh/m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Electricidade	54,67	1,00	1	4,64	2,5	2871,61	29,45	Sistema 2	Electricidade	64,72	1,00	3,4	2,5	47,59
Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	1	1	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	1	2,5	0,00
TOTAL									TOTAL						
2871,61									29,45						
47,59									47,59						

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{u2}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_2$	$\delta_2$	Eficiência Nominal $\eta_2$	Factor de Conversão $F_{p2}$ kWh <sub>u2</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_2 \cdot N_{u2} / \eta_2 \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_2 \cdot \delta_2 \cdot N_{u2} \cdot F_{p2} / \eta_2$ kWh <sub>u2</sub> /m <sup>2</sup> .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{u2}$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_2$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{2REF}$	Factor de Conversão $F_{p2}$ kWh <sub>u2</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_2 \cdot N_{u2} \cdot F_{p2} / \eta_2$ kWh/m <sup>2</sup> .ano
Sistema 2	Electricidade	2,13	1,00	0	7,73	2,5	67,03	0,00	Sistema 2	Electricidade	10,67	1,00	3	2,5	8,89
Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	0	3	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	3	2,5	0,00
TOTAL									TOTAL						
67,03									8,89						

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQ5

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQ5 DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQ5		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQ5		CONSUMO DE AQ5 DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQ5 DE REFERÊNCIA		SISTEMA PARA AQ5	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u5}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_5$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{5REF}$	Factor de Conversão $F_{p5}$ kWh <sub>u5</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_5 \cdot Q_{u5} / A_p \cdot F_{p5} / \eta_5$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	
funcional de ocupantes de cada fracção n	40	consumo médio diário de referência $M_{AQ5}$	160	nº convencional de ocupantes de cada fracção n	40	consumo médio diário de referência $M_{AQ5}$	160	Sistema 3	Electricidade	9,75	1,00	2,8	2,5	8,71	
factor de eficiência hídrica	x	aumento de temperatura $\Delta T$	35	factor de eficiência hídrica	x	aumento de temperatura $\Delta T$	35	Sistema 1	Renovável Térmica	0,40	0,40	1	1,00	954,56	
um médio diário de referência $MAQ5$	160	nº de dias de consumo	365	consumo médio diário de referência $MAQ5$	160	nº de dias de consumo	365	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	0,95	2,5	0,00	
		$A_p$	243,731			$A_p$	243,731	TOTAL							
		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQ5 $Q_{u5}/A_p$	9,75			Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQ5 $Q_{u5}/A_p$	9,75	1320,30							
								7,67							
								8,71							
								0,00							
								8,71							

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$	226,3565891	kWh/ano
Área útil de Pavimento $A_p$	243,731	m <sup>2</sup>
Factor de Conversão $F_{p5}$	2,5	kWh <sub>u5</sub> /kWh
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	2,32	kWh <sub>u5</sub> /m <sup>2</sup> .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{p5}$ kWh <sub>u5</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{p5}$ kWh <sub>u5</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	Renovável Térmica	3,92	1	3,92
Bombas de Calor	Renovável Térmica	47,39	1	45,54
TOTAL				
49,46				

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento	29,45	kWh <sub>tp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	0,00	kWh <sub>tp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de ACS	7,67	kWh <sub>tp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	2,32	kWh <sub>tp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	3,92	kWh <sub>tp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	=	
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>p</sub>	35,53	kWh <sub>tp</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento	47,59	kWh <sub>tp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	8,89	kWh <sub>tp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de ACS	8,71	kWh <sub>tp</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>p</sub>	65,19	kWh <sub>tp</sub> /m <sup>2</sup> .ano

# Apêndice H – Relatório de Perda de Carga – VMC Duplo Fluxo com recuperação de energia - Software Revit

## Relatório de perda de pressão do duto

Nome do projeto	Construção moradias
Data de emissão do projeto	Data de emissão
Status do projeto	Status do projeto
Nome do cliente	Proprietário
Endereço do projeto	Aregos, Resende
Número do projeto	1
Nome da organização	
Descrição da organização	
Nome da construção	
Autor	
IfcSite GUID	
IfcBuilding GUID	
IfcProject GUID	
Executável	07/09/2024 16:09

## AN 1

### Informações do sistema

Classificação do sistema	Ar de fornecimento
Tipo de sistema	RC_ArNovo
Nome do sistema	AN 1
Abreviação	AN

### Cálculos de perda de pressão total por cortes

Corte	Elemento	Vazão	Tamanho	Velocidade	Pressão de velocidade	Comprimento	Coefficiente de perda	Diâmetro	Perda de pressão total	Perda de pressão no corte
1	Duto	320.0 m³/h	ø180 mm	3.3 m/s	-	65	-	180 mm	0.1 Pa	
	Acessórios	320.0 m³/h	-	3.3 m/s	6.6 Pa	-	0.91536	-	2.5 Pa	4.5 Pa
	Equipamento	320.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	1.9 Pa	
2	Duto	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	-	13976	-	150 mm	30.1 Pa	
	Acessórios	320.0 m³/h	-	4.7 m/s	13.6 Pa	-	1.05686	-	14.4 Pa	45.5 Pa
	Terminal de ar	320.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	1.0 Pa	

Caminho crítico : 1-2 ; Perda de pressão total : 50 Pa

### Informação detalhada de segmento retos por cortes

Corte	ID do elemento	Vazão	Tamanho	Velocidade	Pressão de velocidade	Comprimento	Perda de pressão	Perda de pressão total
1	1213208	320.0 m³/h	ø180 mm	3.3 m/s	6.6 Pa	65	0.1 Pa	0.1 Pa
	1218330	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	1675	3.6 Pa	
2	1222635	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	532	1.1 Pa	
	1240436	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	412	0.9 Pa	30.1 Pa
	1240447	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	478	1.0 Pa	
	1243164	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	6227	13.4 Pa	
	1358808	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	4653	10.0 Pa	

### Resumo do coeficiente de perda de conexão e acessório por cortes.

Corte	ID do elemento	Método de perda	Tabela ASHRAE	Coefficiente de perda	Perda de pressão	Perda de pressão total
1	1621355	Coefficiente da Tabela ASHRAE	-	0	4.5 Pa	4.5 Pa
	1242230	Perda específica	-	0.088072	1.2 Pa	
2	1242233	Perda específica	-	0.088072	1.2 Pa	
	1242709	Perda específica	-	0.293572	4.0 Pa	14.4 Pa
	1244521	Perda específica	-	0.293572	4.0 Pa	
	1530829	Perda específica	-	0.293572	4.0 Pa	

Tipo de sistema	RC_Extração
Nome do sistema	EXT 1
Abreviação	EXT

Cálculos de perda de pressão total por cortes										
Corte	Elemento	Vazão	Tamanho	Velocidade	Pressão de velocidade	Comprimento	Coefficiente de perda	Diâmetro	Perda de pressão total	Perda de pressão no corte
1	Duto	320.0 m³/h	ø180 mm	3.3 m/s	-	65	-	180 mm	0.1 Pa	12.0 Pa
	Acessórios	320.0 m³/h	-	3.3 m/s	6.6 Pa	-	1.521879	-	10.0 Pa	
	Equipamento	320.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	1.9 Pa	
2	Duto	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	-	19851	-	150 mm	42.8 Pa	66.8 Pa
	Acessórios	320.0 m³/h	-	4.7 m/s	13.6 Pa	-	1.761434	-	24.0 Pa	
	Terminal de ar	320.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	0.0 Pa	

Caminho crítico : 1-2 ; Perda de pressão total : 78.8 Pa

Informação detalhada de segmento retos por cortes								
Corte	ID do elemento	Vazão	Tamanho	Velocidade	Pressão de velocidade	Comprimento	Perda de pressão	Perda de pressão total
1	1213117	320.0 m³/h	ø180 mm	3.3 m/s	6.6 Pa	65	0.1 Pa	0.1 Pa
	1214447	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	1717	3.7 Pa	
2	1217279	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	1500	3.2 Pa	42.8 Pa
	1248865	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	6422	13.8 Pa	
	1249050	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	1045	2.3 Pa	
	1249510	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	5370	11.6 Pa	
	1250257	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	260	0.6 Pa	
	1441934	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	3537	7.6 Pa	

Resumo do coeficiente de perda de conexão e acessório por cortes.						
Corte	ID do elemento	Método de perda	Tabela ASHRAE	Coefficiente de perda	Perda de pressão	Perda de pressão total
1	1617607	Perda específica	-	1.521879	11.9 Pa	11.9 Pa
	1242760	Perda específica	-	0.293572	4.0 Pa	
2	1250454	Perda específica	-	0.293572	4.0 Pa	24.0 Pa
	1473964	Perda específica	-	0.293572	4.0 Pa	
	1473966	Perda específica	-	0.293572	4.0 Pa	
	1617736	Perda específica	-	0.293572	4.0 Pa	
	1617740	Perda específica	-	0.293572	4.0 Pa	

### RC\_INS 1

Informações do sistema	
Classificação do sistema	Ar de fornecimento
Tipo de sistema	Insuflação
Nome do sistema	RC_INS 1
Abreviação	RC_INS

Cálculos de perda de pressão total por cortes										
Corte	Elemento	Vazão	Tamanho	Velocidade	Pressão de velocidade	Comprimento	Coefficiente de perda	Diâmetro	Perda de pressão total	Perda de pressão no corte
1	Duto	320.0 m³/h	ø180 mm	3.3 m/s	-	65	-	180 mm	0.1 Pa	17.0 Pa
	Acessórios	320.0 m³/h	-	3.3 m/s	6.6 Pa	-	0.733931	-	15.0 Pa	
	Equipamento	320.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	1.9 Pa	
2	Duto	320.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	-	6417	-	150 mm	13.8 Pa	31.4 Pa
	Acessórios	320.0 m³/h	-	4.7 m/s	13.6 Pa	-	0.587145	-	17.6 Pa	
3	Duto	180.0 m³/h	ø150 mm	11.3 m/s	-	307	-	150 mm	0.3 Pa	4.8 Pa
	Acessórios	180.0 m³/h	-	11.3 m/s	78.5 Pa	-	0.512563	-	4.5 Pa	
4	Duto	180.0 m³/h	ø125 mm	4.1 m/s	-	6683	-	125 mm	13.9 Pa	41.1 Pa
	Acessórios	180.0 m³/h	-	4.1 m/s	10.2 Pa	-	2.457919	-	27.2 Pa	
5	Duto	90.0 m³/h	ø100 mm	12.7 m/s	-	633	-	100 mm	1.1 Pa	1.1 Pa
	Acessórios	90.0 m³/h	-	12.7 m/s	99.3 Pa	-	4.389016	-	3.0 Pa	

6	Acessórios	90.0 m³/h	-	0.4 m/s	0.1 Pa	-	5.288016	-	4.0 Pa	40.0 Pa
	Terminal de ar	90.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	36.0 Pa	
7	Duto	90.0 m³/h	ø100 mm	12.7 m/s	-	831	-	100 mm	1.5 Pa	4.5 Pa
	Acessórios	90.0 m³/h	-	12.7 m/s	99.3 Pa	-	4.389016	-	3.0 Pa	
8	Acessórios	90.0 m³/h	-	0.4 m/s	0.1 Pa	-	5.288016	-	4.0 Pa	40.0 Pa
	Terminal de ar	90.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	36.0 Pa	
9	Duto	140.0 m³/h	ø100 mm	4.2 m/s	-	2962	-	100 mm	8.8 Pa	15.6 Pa
	Acessórios	140.0 m³/h	-	4.2 m/s	11.0 Pa	-	0.362435	-	6.8 Pa	
10	Acessórios	90.0 m³/h	-	10.6 m/s	69.0 Pa	-	0.380041	-	4.0 Pa	4.0 Pa
11	Duto	90.0 m³/h	ø80 mm	4.1 m/s	-	2381	-	80 mm	8.9 Pa	17.5 Pa
	Acessórios	90.0 m³/h	-	4.1 m/s	10.5 Pa	-	0.475051	-	8.5 Pa	
12	Duto	45.0 m³/h	-	2.1 m/s	-	405	-	80 mm	0.4 Pa	1.9 Pa
	Acessórios	45.0 m³/h	-	2.1 m/s	2.6 Pa	-	0.526593	-	1.5 Pa	
13	Acessórios	45.0 m³/h	-	0.7 m/s	0.3 Pa	-	13.53732	-	4.0 Pa	13.0 Pa
	Terminal de ar	45.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	9.0 Pa	
14	Duto	45.0 m³/h	-	2.1 m/s	-	825	-	80 mm	0.9 Pa	2.4 Pa
	Acessórios	45.0 m³/h	-	2.1 m/s	2.6 Pa	-	0.526593	-	1.5 Pa	
15	Acessórios	45.0 m³/h	-	0.7 m/s	0.3 Pa	-	13.53732	-	4.0 Pa	13.0 Pa
	Terminal de ar	45.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	9.0 Pa	
16	Duto	50.0 m³/h	ø80 mm	2.5 m/s	-	2955	-	80 mm	4.4 Pa	5.9 Pa
	Acessórios	50.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.8 Pa	-	0.548659	-	1.5 Pa	
17	Acessórios	50.0 m³/h	-	0.6 m/s	0.2 Pa	-	21.152063	-	4.0 Pa	21.0 Pa
	Terminal de ar	50.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	17.0 Pa	

Caminho crítico : 1-2-3-4-7-8 ; Perda de pressão total : 138.8 Pa

Informação detalhada de segmento retos por cortes								
Corte	ID do elemento	Vazão	Tamanho	Velocidade	Pressão de velocidade	Comprimento	Perda de pressão	Perda de pressão total
1	1215006	300.0 m³/h	ø180 mm	3.3 m/s	6.6 Pa	65	0.1 Pa	0.1 Pa
	1214780	300.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	1897	4.1 Pa	
2	1217757	300.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	1040	2.2 Pa	13.8 Pa
	1315844	300.0 m³/h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	3480	7.5 Pa	
3	1337556	180.0 m³/h	ø150 mm	11.3 m/s	78.5 Pa	307	0.3 Pa	0.3 Pa
4	607508	180.0 m³/h	ø125 mm	4.1 m/s	10.2 Pa	2075	4.3 Pa	
	607612	180.0 m³/h	ø125 mm	4.1 m/s	10.2 Pa	770	1.6 Pa	
	609581	180.0 m³/h	ø125 mm	4.1 m/s	10.2 Pa	487	1.0 Pa	13.9 Pa
	1337485	180.0 m³/h	ø125 mm	4.1 m/s	10.2 Pa	2680	5.6 Pa	
	1337661	180.0 m³/h	ø125 mm	4.1 m/s	10.2 Pa	606	1.3 Pa	
	1338532	180.0 m³/h	ø125 mm	4.1 m/s	10.2 Pa	65	0.1 Pa	
5	1157659	90.0 m³/h	ø100 mm	12.7 m/s	99.3 Pa	435	0.8 Pa	1.1 Pa
	1157682	90.0 m³/h	100 mm	12.7 m/s	99.3 Pa	198	0.3 Pa	
7	1157637	90.0 m³/h	ø100 mm	12.7 m/s	99.3 Pa	500	0.9 Pa	1.5 Pa
	1157677	90.0 m³/h	100 mm	12.7 m/s	99.3 Pa	331	0.6 Pa	
9	910315	120.0 m³/h	ø100 mm	4.2 m/s	11.0 Pa	2242	6.6 Pa	8.8 Pa
	1336019	120.0 m³/h	ø100 mm	4.2 m/s	11.0 Pa	720	2.1 Pa	
11	908345	75.0 m³/h	ø80 mm	4.1 m/s	10.5 Pa	2116	7.9 Pa	8.9 Pa
	914394	75.0 m³/h	ø80 mm	4.1 m/s	10.5 Pa	266	1.0 Pa	
12	990136	37.5 m³/h	80 mm	2.1 m/s	2.6 Pa	405	0.4 Pa	0.4 Pa
14	990139	37.5 m³/h	80 mm	2.1 m/s	2.6 Pa	535	0.6 Pa	0.9 Pa
	1326479	37.5 m³/h	ø80 mm	2.1 m/s	2.6 Pa	290	0.3 Pa	
16	914069	45.0 m³/h	ø80 mm	2.5 m/s	3.8 Pa	2590	3.9 Pa	4.4 Pa
	1044372	45.0 m³/h	80 mm	2.5 m/s	3.8 Pa	365	0.5 Pa	

Resumo do coeficiente de perda de conexão e acessório por cortes.						
Corte	ID do elemento	Método de perda	Tabela ASHRAE	Coeficiente de perda	Perda de pressão	Perda de pressão total

1	1218255	Perda específica	-	0.733931	16.9 Pa	16.9 Pa
	1316008	Perda específica	-	0.293572	5.0 Pa	
2	1335679	Não definida	-	0	7.6 Pa	17.6 Pa
	1617659	Perda específica	-	0.293572	5.0 Pa	
3	1335679	Não definida	-	0.512563	4.5 Pa	4.5 Pa
	609820	Não definida	-	0	2.2 Pa	
4	1010535	Perda específica	-	0.393267	4.0 Pa	
	1337844	Perda específica	-	0.393267	4.0 Pa	
	1338012	Perda específica	-	0.393267	4.0 Pa	27.2 Pa
	1338016	Perda específica	-	0.393267	4.0 Pa	
	1338315	Perda específica	-	0.393267	4.0 Pa	
	1463675	Perda específica	-	0.491584	5.0 Pa	
5	609820	Não definida	-	4.389016	3.0 Pa	3.0 Pa
6	1010556	Perda específica	-	5.288016	40.0 Pa	40.0 Pa
7	609820	Não definida	-	4.389016	3.0 Pa	3.0 Pa
8	1010552	Perda específica	-	5.288016	40.0 Pa	40.0 Pa
	1325474	Não definida	-	0	2.8 Pa	
	1335679	Não definida	-	0	0.0 Pa	6.8 Pa
9	1336609	Perda específica	-	0.362435	4.0 Pa	
	1325474	Não definida	-	0	0.0 Pa	
10	1336619	Perda específica	-	0.380041	4.0 Pa	4.0 Pa
	988971	Perda específica	-	0.475051	5.0 Pa	
11	1326303	Não definida	-	0	3.5 Pa	8.5 Pa
	1326303	Não definida	-	0.526593	1.5 Pa	1.5 Pa
12	1326861	Perda específica	-	13.53732	13.0 Pa	13.0 Pa
13	1326303	Não definida	-	0.526593	1.5 Pa	1.5 Pa
14	988962	Perda específica	-	13.53732	13.0 Pa	13.0 Pa
15	1325474	Não definida	-	0.548659	1.5 Pa	1.5 Pa
16	990000	Perda específica	-	21.152063	21.0 Pa	21.0 Pa

### RTN 1

#### Informações do sistema

Classificação do sistema	Ar de retorno
Tipo de sistema	RC_Retorno
Nome do sistema	RTN 1
Abreviação	RTN

#### Cálculos de perda de pressão total por cortes

Corte	Elemento	Vazão	Tamanho	Velocidade	Pressão de velocidade	Comprimento	Coefficiente de perda	Diâmetro	Perda de pressão total	Perda de pressão no corte
1	Duto	35.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	0.8 m/s	-	2988	-	80 mm	0.5 Pa	
	Acessórios	35.0 m <sup>3</sup> /h	-	0.8 m/s	0.4 Pa	-	3.557186	-	1.5 Pa	17.0 Pa
	Terminal de ar	35.0 m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-	-	15.0 Pa	
2	Duto	285.0 m <sup>3</sup> /h	ø150 mm	17.9 m/s	-	4503	-	150 mm	8.8 Pa	24.4 Pa
	Acessórios	285.0 m <sup>3</sup> /h	-	17.9 m/s	196.7 Pa	-	0.447271	-	15.6 Pa	
3	Duto	130.0 m <sup>3</sup> /h	ø150 mm	7.5 m/s	-	331	-	150 mm	0.1 Pa	1.3 Pa
	Acessórios	130.0 m <sup>3</sup> /h	-	7.5 m/s	34.9 Pa	-	0.0125636	-	1.2 Pa	
4	Duto	130.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	4.2 m/s	-	9507	-	100 mm	28.1 Pa	51.7 Pa
	Acessórios	130.0 m <sup>3</sup> /h	-	4.2 m/s	11.0 Pa	-	0.906087	-	23.6 Pa	
5	Duto	75.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	2.7 m/s	-	2057	-	100 mm	2.6 Pa	4.1 Pa
	Acessórios	75.0 m <sup>3</sup> /h	-	2.7 m/s	4.3 Pa	-	0.231958	-	1.5 Pa	
6	Duto	75.0 m <sup>3</sup> /h	-	1.7 m/s	-	422	-	125 mm	0.2 Pa	
	Acessórios	75.0 m <sup>3</sup> /h	-	1.7 m/s	1.8 Pa	-	0.566304	-	1.5 Pa	9.7 Pa
	Terminal de ar	75.0 m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-	-	8.0 Pa	
7	Duto	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	6.4 m/s	-	932	-	100 mm	0.5 Pa	2.0 Pa
	Acessórios	45.0 m <sup>3</sup> /h	-	6.4 m/s	24.8 Pa	-	0	-	1.5 Pa	
8	Duto	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	2.5 m/s	-	20	-	80 mm	0.0 Pa	
	Acessórios	45.0 m <sup>3</sup> /h	-	2.5 m/s	3.8 Pa	-	0.395876	-	1.5 Pa	16.5 Pa
	Terminal de ar	45.0 m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-	-	15.0 Pa	
9	Duto	165.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	3.7 m/s	-	2849	-	125 mm	5.1 Pa	14.8 Pa
	Acessórios	165.0 m <sup>3</sup> /h	-	3.7 m/s	8.5 Pa	-	0.93604	-	9.7 Pa	

10	Duto	75.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	1.7 m/s	-	1560	-	125 mm	0.7 Pa	9.0 Pa
	Acessórios	75.0 m <sup>3</sup> /h	-	1.7 m/s	1.8 Pa	-	0.566304	-	1.0 Pa	
	Terminal de ar	75.0 m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-	-	8.0 Pa	
11	Duto	90.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	5.0 m/s	-	2150	-	80 mm	11.2 Pa	16.1 Pa
	Acessórios	90.0 m <sup>3</sup> /h	-	5.0 m/s	15.2 Pa	-	0	-	4.9 Pa	
12	Duto	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	9.9 m/s	-	2052	-	80 mm	3.1 Pa	19.6 Pa
	Acessórios	45.0 m <sup>3</sup> /h	-	9.9 m/s	60.6 Pa	-	0	-	1.5 Pa	
	Terminal de ar	45.0 m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-	-	15.0 Pa	
13	Duto	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	9.9 m/s	-	408	-	80 mm	0.6 Pa	17.1 Pa
	Acessórios	45.0 m <sup>3</sup> /h	-	9.9 m/s	60.6 Pa	-	0	-	1.5 Pa	
	Terminal de ar	45.0 m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-	-	15.0 Pa	
14	Duto	320.0 m <sup>3</sup> /h	ø150 mm	4.7 m/s	-	1300	-	150 mm	2.8 Pa	8.9 Pa
	Acessórios	320.0 m <sup>3</sup> /h	-	4.7 m/s	13.6 Pa	-	0.293549	-	6.1 Pa	
15	Duto	320.0 m <sup>3</sup> /h	ø180 mm	3.3 m/s	-	25	-	180 mm	0.0 Pa	11.9 Pa
	Acessórios	320.0 m <sup>3</sup> /h	-	3.3 m/s	6.6 Pa	-	0.733872	-	10.0 Pa	
	Equipamento	320.0 m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-	-	1.9 Pa	

Caminho crítico : 2-3-4-5-6-14-15 ; Perda de pressão total : 112 Pa

#### Informação detalhada de segmento retos por cortes

Corte	ID do elemento	Vazão	Tamanho	Velocidade	Pressão de velocidade	Comprimento	Perda de pressão	Perda de pressão total
1	591080	15.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	0.8 m/s	0.4 Pa	1320	0.2 Pa	0.5 Pa
	1219732	15.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	0.8 m/s	0.4 Pa	1401	0.3 Pa	
	1237317	15.0 m <sup>3</sup> /h	80 mm	0.8 m/s	0.4 Pa	267	0.0 Pa	
2	1237530	285.0 m <sup>3</sup> /h	ø150 mm	17.9 m/s	196.7 Pa	410	0.8 Pa	8.8 Pa
	1238078	285.0 m <sup>3</sup> /h	ø150 mm	17.9 m/s	196.7 Pa	102	0.2 Pa	
	1238606	285.0 m <sup>3</sup> /h	ø150 mm	17.9 m/s	196.7 Pa	954	1.9 Pa	
	1315582	285.0 m <sup>3</sup> /h	ø150 mm	17.9 m/s	196.7 Pa	3038	6.0 Pa	
3	1339343	120.0 m <sup>3</sup> /h	ø150 mm	7.5 m/s	34.9 Pa	331	0.1 Pa	0.1 Pa
4	609503	120.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	4.2 m/s	11.0 Pa	1180	3.5 Pa	28.1 Pa
	1336893	120.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	4.2 m/s	11.0 Pa	4318	12.8 Pa	
	1339167	120.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	4.2 m/s	11.0 Pa	2850	8.4 Pa	
	1339497	120.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	4.2 m/s	11.0 Pa	31	0.1 Pa	
	1339892	120.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	4.2 m/s	11.0 Pa	1128	3.3 Pa	
5	609514	75.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	2.7 m/s	4.3 Pa	1022	1.3 Pa	2.6 Pa
	1340709	75.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	2.7 m/s	4.3 Pa	1035	1.3 Pa	
6	1342480	75.0 m <sup>3</sup> /h	125 mm	1.7 m/s	1.8 Pa	272	0.1 Pa	0.2 Pa
	1342564	75.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	1.7 m/s	1.8 Pa	150	0.1 Pa	
7	1340787	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	6.4 m/s	24.8 Pa	412	0.2 Pa	0.5 Pa
	1384950	45.0 m <sup>3</sup> /h	100 mm	6.4 m/s	24.8 Pa	520	0.3 Pa	
8	1385147	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	2.5 m/s	3.8 Pa	20	0.0 Pa	0.0 Pa
9	605226	165.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	3.7 m/s	8.5 Pa	1684	3.0 Pa	5.1 Pa
	1334484	165.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	3.7 m/s	8.5 Pa	77	0.1 Pa	
	1334625	165.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	3.7 m/s	8.5 Pa	1089	1.9 Pa	
10	731276	75.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	1.7 m/s	1.8 Pa	969	0.4 Pa	0.7 Pa
	1367249	75.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	1.7 m/s	1.8 Pa	591	0.3 Pa	
11	597486	90.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	5.0 m/s	15.2 Pa	2150	11.2 Pa	11.2 Pa
12	1376128	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	9.9 m/s	60.6 Pa	2052	3.1 Pa	3.1 Pa
13	1375819	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	9.9 m/s	60.6 Pa	408	0.6 Pa	0.6 Pa
14	1218667	300.0 m <sup>3</sup> /h	ø150 mm	4.7 m/s	13.6 Pa	1300	2.8 Pa	2.8 Pa
15	1213396	300.0 m <sup>3</sup> /h	ø180 mm	3.3 m/s	6.6 Pa	25	0.0 Pa	0.0 Pa

#### Resumo do coeficiente de perda de conexão e acessório por cortes.

Corte	ID do elemento	Método de perda	Tabela ASHRAE	Coeficiente de perda	Perda de pressão	Perda de pressão total
1	1219433	Não definida	-	0	15.0 Pa	17.0 Pa
	1393627	Perda específica	-	3.557186	1.5 Pa	
2	1219433	Não definida	-	0	5.3 Pa	15.6 Pa
	1241445	Perda específica	-	0.081322	2.2 Pa	
	1315803	Perda específica	-	0.081322	2.2 Pa	

	1334305	Não definida	-	0	2.4 Pa	
	1335652	Perda específica	-	0.284627	3.5 Pa	
3	1334305	Não definida	-	0	1.2 Pa	1.2 Pa
	1339381	Perda específica	-	0.181217	4.0 Pa	
	1340618	Não definida	-	0	5.6 Pa	
4	1354173	Perda específica	-	0.181217	3.5 Pa	23.6 Pa
	1354175	Perda específica	-	0.181217	3.5 Pa	
	1519091	Perda específica	-	0.181217	3.5 Pa	
	1519096	Perda específica	-	0.181217	3.5 Pa	
5	1340618	Não definida	-	0.12562	0.5 Pa	1.5 Pa
	1340765	Perda específica	-	0.231958	1.0 Pa	
6	1342799	Perda específica	-	0.566304	9.5 Pa	9.5 Pa
7	1340618	Não definida	-	0	1.5 Pa	1.5 Pa
8	1385299	Perda específica	-	0.395876	16.5 Pa	16.5 Pa
	1323965	Não definida	-	0	1.7 Pa	
9	1334305	Não definida	-	0	0.0 Pa	9.7 Pa
	1518793	Perda específica	-	0.46802	4.0 Pa	
	1518795	Perda específica	-	0.46802	4.0 Pa	
10	1323965	Não definida	-	0	11.2 Pa	9.0 Pa
	1367453	Perda específica	-	0.566304	1.0 Pa	
11	1323965	Não definida	-	0	0.0 Pa	4.9 Pa
	1327246	Não definida	-	0	4.9 Pa	
12	1327246	Não definida	-	0	16.5 Pa	16.5 Pa
13	1327246	Não definida	-	0	16.5 Pa	16.5 Pa
14	1219433	Não definida	-	0	2.1 Pa	6.1 Pa
	1219604	Perda específica	-	0.293549	4.0 Pa	
15	1219602	Perda específica	-	0.733872	11.9 Pa	11.9 Pa

# Apêndice I – Relatório de Perda de Carga – VMC Simples Fluxo- Software Revit

## Relatório de perda de pressão do duto

Nome do projeto	Construção moradias Caldas de Arefos
Data de emissão do projeto	Data de emissão
Status do projeto	Status do projeto
Nome do cliente	Proprietário
Endereço do projeto	Aregos, Resende
Número do projeto	1
Nome da organização	
Descrição da organização	
Nome da construção	
Autor	
IfcSite GUID	
IfcBuilding GUID	
IfcProject GUID	
Executável	07/09/2024 16:10

## RTN 1

<b>Informações do sistema</b>	
Classificação do sistema	Ar de retorno
Tipo de sistema	RC_Returno
Nome do sistema	RTN 1
Abreviação	RTN

## Cálculos de perda de pressão total por cortes

Corte	Elemento	Vazão	Tamanho	Velocidade	Pressão de velocidade	Comprimento	Coefficiente de perda	Diâmetro	Perda de pressão total	Perda de pressão no corte
1	Duto	45.0 m³/h	ø80 mm	9.9 m/s	-	2052	-	80 mm	3.1 Pa	24.0 Pa
	Acessórios	45.0 m³/h	-	9.9 m/s	60.6 Pa	-	0.58436	-	5.9 Pa	
	Terminal de ar	45.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	15.0 Pa	
2	Duto	45.0 m³/h	ø80 mm	9.9 m/s	-	408	-	80 mm	0.6 Pa	21.5 Pa
	Acessórios	45.0 m³/h	-	9.9 m/s	60.6 Pa	-	0.58436	-	5.9 Pa	
	Terminal de ar	45.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	15.0 Pa	
3	Duto	90.0 m³/h	ø80 mm	5.0 m/s	-	2150	-	80 mm	11.2 Pa	20.8 Pa
	Acessórios	90.0 m³/h	-	5.0 m/s	15.2 Pa	-	0.123645	-	9.6 Pa	
4	Duto	165.0 m³/h	ø125 mm	3.7 m/s	-	3422	-	125 mm	6.1 Pa	17.6 Pa
	Acessórios	165.0 m³/h	-	3.7 m/s	8.5 Pa	-	0.936041	-	11.5 Pa	
5	Duto	200.0 m³/h	ø125 mm	18.1 m/s	-	8688	-	125 mm	21.8 Pa	32.3 Pa
	Acessórios	200.0 m³/h	-	18.1 m/s	200.9 Pa	-	0.91453	-	10.5 Pa	
6	Duto	120.0 m³/h	ø125 mm	10.9 m/s	-	112	-	125 mm	0.1 Pa	1.3 Pa
	Acessórios	120.0 m³/h	-	10.9 m/s	72.3 Pa	-	0.132556	-	1.2 Pa	
7	Duto	75.0 m³/h	-	1.7 m/s	-	784	-	125 mm	0.3 Pa	59.6 Pa
	Acessórios	75.0 m³/h	-	1.7 m/s	1.8 Pa	-	0.251361	-	2.3 Pa	
	Terminal de ar	75.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	57.0 Pa	
8	Acessórios	45.0 m³/h	-	4.1 m/s	10.2 Pa	-	0.29562	-	2.9 Pa	2.9 Pa
9	Duto	45.0 m³/h	ø100 mm	1.6 m/s	-	688	-	100 mm	0.3 Pa	0.3 Pa
10	Duto	45.0 m³/h	ø80 mm	2.5 m/s	-	20	-	80 mm	0.0 Pa	3.5 Pa
	Acessórios	45.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.8 Pa	-	0.395876	-	1.5 Pa	
	Terminal de ar	45.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	2.0 Pa	
11	Duto	320.0 m³/h	ø150 mm	5.0 m/s	-	3070	-	150 mm	7.4 Pa	18.3 Pa
	Acessórios	320.0 m³/h	-	5.0 m/s	15.5 Pa	-	0	-	5.9 Pa	
	Equipamento	320.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	5.0 Pa	
12	Acessórios	35.0 m³/h	-	3.2 m/s	6.2 Pa	-	2.572343	-	4.5 Pa	4.5 Pa
13	Duto	35.0 m³/h	ø80 mm	1.9 m/s	-	8470	-	80 mm	8.1 Pa	47.6 Pa
	Acessórios	35.0 m³/h	-	1.9 m/s	2.3 Pa	-	1.526949	-	3.5 Pa	
	Terminal de ar	35.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	36.0 Pa	
	Duto	75.0 m³/h	ø125 mm	1.7 m/s	-	1560	-	125 mm	0.7 Pa	

14	Acessórios	75.0 m <sup>3</sup> /h	-	1.7 m/s	1.8 Pa	-	0.566305	-	1.0 Pa	58.7 Pa
	Terminal de ar	75.0 m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-	-	57.0 Pa	

Caminho crítico : 1-3-4-5-11 ; Perda de pressão total : 113 Pa

#### Informação detalhada de segmento retos por cortes

Corte	ID do elemento	Vazão	Tamanho	Velocidade	Pressão de velocidade	Comprimento	Perda de pressão	Perda de pressão total
1	1376128	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	9.9 m/s	60.6 Pa	2052	3.1 Pa	3.1 Pa
2	1375819	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	9.9 m/s	60.6 Pa	408	0.6 Pa	0.6 Pa
3	597486	90.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	5.0 m/s	15.2 Pa	2150	11.2 Pa	11.2 Pa
4	605226	165.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	3.7 m/s	8.5 Pa	1684	3.0 Pa	6.1 Pa
	1334484	165.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	3.7 m/s	8.5 Pa	89	0.2 Pa	
	1334625	165.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	3.7 m/s	8.5 Pa	1649	2.9 Pa	
5	1339343	200.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	18.1 m/s	200.9 Pa	3254	8.2 Pa	21.8 Pa
	1643831	200.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	18.1 m/s	200.9 Pa	5434	13.7 Pa	
6	1642940	120.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	10.9 m/s	72.3 Pa	112	0.1 Pa	0.1 Pa
7	1342480	75.0 m <sup>3</sup> /h	125 mm	1.7 m/s	1.8 Pa	371	0.2 Pa	0.3 Pa
	1643020	75.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	1.7 m/s	1.8 Pa	413	0.2 Pa	
9	1643292	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø100 mm	1.6 m/s	1.6 Pa	108	0.1 Pa	0.3 Pa
	1643782	45.0 m <sup>3</sup> /h	100 mm	1.6 m/s	1.6 Pa	580	0.3 Pa	
10	1385147	45.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	2.5 m/s	3.8 Pa	20	0.0 Pa	0.0 Pa
11	1641704	320.0 m <sup>3</sup> /h	ø150 mm	5.0 m/s	15.5 Pa	3070	7.4 Pa	7.4 Pa
	1238606	35.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	1.9 m/s	2.3 Pa	3437	3.3 Pa	
13	1315582	35.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	1.9 m/s	2.3 Pa	3063	2.9 Pa	8.1 Pa
	1644581	35.0 m <sup>3</sup> /h	ø80 mm	1.9 m/s	2.3 Pa	1970	1.9 Pa	
	731276	75.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	1.7 m/s	1.8 Pa	969	0.4 Pa	
14	1367249	75.0 m <sup>3</sup> /h	ø125 mm	1.7 m/s	1.8 Pa	591	0.3 Pa	0.7 Pa

#### Resumo do coeficiente de perda de conexão e acessório por cortes.

Corte	ID do elemento	Método de perda	Tabela ASHRAE	Coeficiente de perda	Perda de pressão	Perda de pressão total
1	1327246	Não definida	-	0.58436	7.2 Pa	7.2 Pa
2	1327246	Não definida	-	0.58436	24.0 Pa	20.9 Pa
3	1323965	Não definida	-	0.123645	4.7 Pa	20.9 Pa
	1327246	Não definida	-	0	4.9 Pa	
4	1323965	Não definida	-	0	1.7 Pa	11.5 Pa
	1334305	Não definida	-	0	1.8 Pa	
	1518793	Perda específica	-	0.936041	4.0 Pa	
	1518795	Perda específica	-	0.936041	4.0 Pa	
5	1334305	Não definida	-	0	3.0 Pa	10.5 Pa
	1641834	Não definida	-	0	5.5 Pa	
6	1644467	Perda específica	-	0.159273	2.0 Pa	1.2 Pa
	1641834	Não definida	-	0	0.0 Pa	
7	1642286	Não definida	-	0	1.2 Pa	59.3 Pa
	1642286	Não definida	-	0	59.3 Pa	
8	1642286	Não definida	-	0	1.0 Pa	2.9 Pa
	1650974	Coeficiente da Tabela ASHRAE	-	0	1.9 Pa	
10	1385299	Perda específica	-	0.395876	3.5 Pa	3.5 Pa
11	1641834	Não definida	-	0	10.9 Pa	10.9 Pa
	1334305	Não definida	-	0	4.5 Pa	
12	1651266	Coeficiente da Tabela ASHRAE	-	0	0.0 Pa	4.5 Pa
13	1644555	Perda específica	-	1.526949	3.5 Pa	39.5 Pa
	1645168	Coeficiente da Tabela ASHRAE	-	0	36.0 Pa	
14	1323965	Não definida	-	0	1.0 Pa	58.0 Pa
	1367453	Perda específica	-	0.566305	57.0 Pa	

## **Apêndice J – Peças Desenhadas-Sistema VMC Duplo Fluxo com recuperação de energia**























## **Apêndice K – Peças Desenhadas-Sistema VMC Simples Fluxo**









# Apêndice L – Relatório de Cargas Térmicas- Software Revit

## Resumo da carga da zona

1 00 Quarto Esq

REFRIGERAÇÃO

### CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 8/21 14:15:00

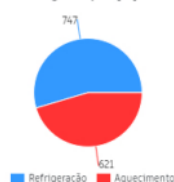
**Exterior**  
 Bulbo seco: 35.5 C  
 Relação de umidade: 0.0094 kg/kg  
 Bulbo molhado: 20.1 C

**Zona**  
 Bulbo seco: 25.0 C  
 Relação de umidade: 0.0089 kg/kg  
 Umidade relativa: 42.0 %

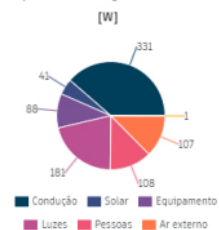
### VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: 27.04 W/m2  
 Área de piso por capacidade: 36.9830 m2/kW  
 Percentual do ar externo: 15.66 %  
 Fluxo de ar por área de piso: 6.514658 m3/hr-m2  
 Fluxo de ar por capacidade: 66.925445 l/s-kW  
 Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de resfriamento [W]



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	-3	-	-3	-0.4
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	-16	-	-16	-2.1
Vidro – Condução	266	-	-	266	35.6
Vidro – Solar	-	41	-	41	5.5
Porta	-	1	-	1	0.2
Parede	-	10	-	10	1.4
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	-33	-	-33	-4.4
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-1	-	-1	-0.1
Laje	-	-1	-	-1	-0.1
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>266</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>265</b>	<b>35.5</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	51	12	45	108	14.5
Luzes	181	0	-	181	24.2
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	88	0	0	88	11.8
<b>Subtotal</b>	<b>320</b>	<b>12</b>	<b>45</b>	<b>377</b>	<b>50.4</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	95	-	11	107	14.3
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>95</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>107</b>	<b>14.3</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-1	-	-1	-0.2
<b>Total geral</b>	<b>681</b>	<b>9</b>	<b>57</b>	<b>747</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

6 00 Quarto Prrincipal

REFRIGERAÇÃO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 7/21 15:00:00

### Exterior

Bulbo seco: 35.2 C  
Relação de umidade: 0.0091 kg/kg  
Bulbo molhado: 19.8 C

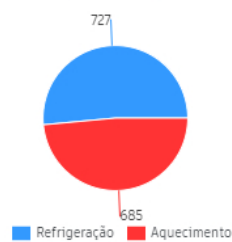
### Zona

Bulbo seco: 25.0 C  
Relação de umidade: 0.0091 kg/kg  
Umidade relativa: 43.2 %

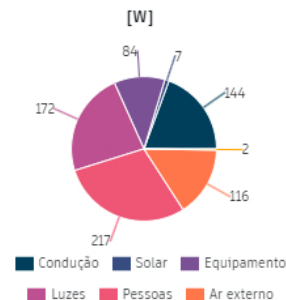
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: 25.28 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: 39.5574 m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 21.20 %  
Fluxo de ar por área de piso: 6.263048 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: 68.819335 l/s-kW  
Número de pessoas: 2.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de resfriamento



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	0	-	0	0.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	0	-	0	0.0
Vidro – Condução	73	-	-	73	10.0
Vidro – Solar	-	7	-	7	1.0
Porta	-	12	-	12	1.7
Parede	-	38	-	38	5.2
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	16	-	16	2.2
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-6	-	-6	-0.8
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>73</b>	<b>68</b>	<b>0</b>	<b>140</b>	<b>19.3</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	103	24	91	217	29.9
Luzes	172	0	-	172	23.6
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	84	0	0	84	11.5
<b>Subtotal</b>	<b>358</b>	<b>24</b>	<b>91</b>	<b>472</b>	<b>65.0</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	117	-	-2	116	15.9
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>117</b>	<b>0</b>	<b>-2</b>	<b>116</b>	<b>15.9</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-2	-	-2	-0.2
<b>Total geral</b>	<b>548</b>	<b>90</b>	<b>89</b>	<b>727</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

2 00 WC QESQ

REFRIGERAÇÃO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 8/21 15:00:00

### Exterior

Bulbo seco: 35.5 C  
Relação de umidade: 0.0094 kg/kg  
Bulbo molhado: 20.1 C

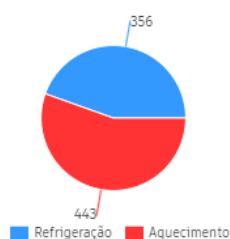
### Zona

Bulbo seco: 25.0 C  
Relação de umidade: 0.0094 kg/kg  
Umidade relativa: 44.4 %

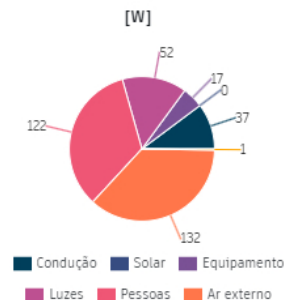
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: 33.38 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: 29.9596 m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 49.54 %  
Fluxo de ar por área de piso: 6.741573 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: 56.104129 l/s-kW  
Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de resfriamento [W]



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	0	-	0	0.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	3	-	3	0.7
Vidro – Condução	0	-	-	0	0.0
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	7	-	7	2.0
Parede	-	25	-	25	7.0
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	1	-	1	0.3
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-1	-	-1	-0.4
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>34</b>	<b>9.5</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	51	12	59	122	34.3
Luzes	52	0	-	52	14.5
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	17	0	0	17	4.8
<b>Subtotal</b>	<b>120</b>	<b>12</b>	<b>59</b>	<b>191</b>	<b>53.7</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	132	-	-0	132	37.0
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>132</b>	<b>0</b>	<b>-0</b>	<b>132</b>	<b>37.0</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-1	-	-1	-0.1
<b>Total geral</b>	<b>252</b>	<b>46</b>	<b>58</b>	<b>356</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

7 00 WC Principal

REFRIGERAÇÃO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 7/21 15:00:00

### Exterior

Bulbo seco: 35.2 C  
Relação de umidade: 0.0091 kg/kg  
Bulbo molhado: 19.8 C

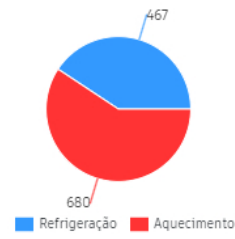
### Zona

Bulbo seco: 25.0 C  
Relação de umidade: 0.0091 kg/kg  
Umidade relativa: 43.1 %

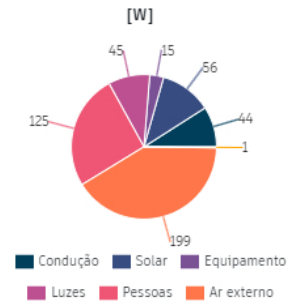
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: 49.95 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: 20.0184 m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 56.46 %  
Fluxo de ar por área de piso: 11.563169 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: 64.299033 l/s-kW  
Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de resfriamento [W]



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	0	-	0	0.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	6	-	6	1.2
Vidro – Condução	23	-	-	23	4.9
Vidro – Solar	-	56	-	56	11.9
Porta	-	-0	-	-0	-0.0
Parede	-	7	-	7	1.5
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	-7	-	-7	-1.5
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-1	-	-1	-0.3
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>23</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>83</b>	<b>17.8</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	51	15	59	125	26.8
Luzes	45	0	-	45	9.7
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	15	0	0	15	3.2
<b>Subtotal</b>	<b>112</b>	<b>15</b>	<b>59</b>	<b>186</b>	<b>39.8</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	201	-	-2	199	42.6
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>201</b>	<b>0</b>	<b>-2</b>	<b>199</b>	<b>42.6</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-1	-	-1	-0.2
<b>Total geral</b>	<b>336</b>	<b>74</b>	<b>56</b>	<b>467</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

4 00 Quarto Dir

REFRIGERAÇÃO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 9/21 14:15:00

### Exterior

Bulbo seco: 32.8 C  
 Relação de umidade: 0.0078 kg/kg  
 Bulbo molhado: 18.1 C

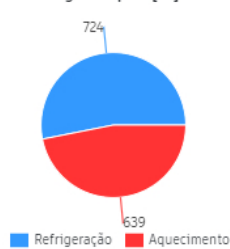
### Zona

Bulbo seco: 25.0 C  
 Relação de umidade: 0.0087 kg/kg  
 Umidade relativa: 41.0 %

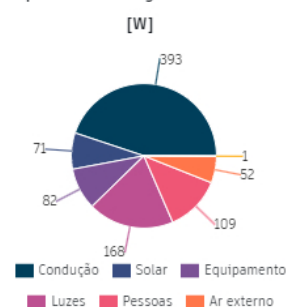
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: 27.76 W/m<sup>2</sup>  
 Área de piso por capacidade: 36.0231 m<sup>2</sup>/kW  
 Percentual do ar externo: 15.69 %  
 Fluxo de ar por área de piso: 8.282209 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
 Fluxo de ar por capacidade: 82.875218 l/s-kW  
 Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de resfriamento [W]



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	-8	-	-8	-1.2
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	-16	-	-16	-2.3
Vidro – Condução	314	-	-	314	43.3
Vidro – Solar	-	71	-	71	9.8
Porta	-	-0	-	-0	-0.1
Parede	-	-4	-	-4	-0.5
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	-46	-	-46	-6.4
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	5	-	5	0.7
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>314</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>315</b>	<b>43.5</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	51	12	45	109	15.1
Luzes	168	0	-	168	23.2
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	82	0	0	82	11.3
<b>Subtotal</b>	<b>301</b>	<b>12</b>	<b>45</b>	<b>359</b>	<b>49.6</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	72	-	-21	52	7.1
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>72</b>	<b>0</b>	<b>-21</b>	<b>52</b>	<b>7.1</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-1	-	-1	-0.2
<b>Total geral</b>	<b>687</b>	<b>12</b>	<b>25</b>	<b>724</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

3 00 WC QDIR

REFRIGERAÇÃO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 8/21 15:00:00

### Exterior

Bulbo seco: 35.5 C  
Relação de umidade: 0.0094 kg/kg  
Bulbo molhado: 20.1 C

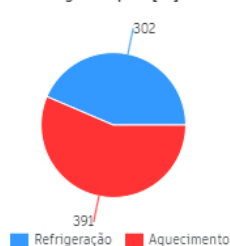
### Zona

Bulbo seco: 25.0 C  
Relação de umidade: 0.0095 kg/kg  
Umidade relativa: 44.9 %

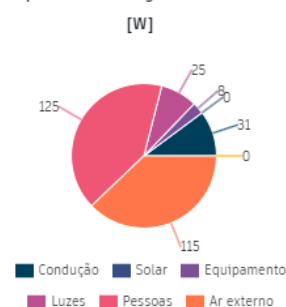
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: 59.47 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: 16.8140 m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 53.53 %  
Fluxo de ar por área de piso: 14.173228 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: 66.196670 l/s-kW  
Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de resfriamento [W]



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	0	-	0	0.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	1	-	1	0.4
Vidro – Condução	0	-	-	0	0.0
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	6	-	6	2.1
Parede	-	12	-	12	4.1
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	11	-	11	3.5
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-1	-	-1	-0.2
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>9.9</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	51	15	59	125	41.4
Luzes	25	0	-	25	8.2
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	8	0	0	8	2.7
<b>Subtotal</b>	<b>84</b>	<b>15</b>	<b>59</b>	<b>158</b>	<b>52.3</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	118	-	-4	115	37.9
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>118</b>	<b>0</b>	<b>-4</b>	<b>115</b>	<b>37.9</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-0	-	-0	-0.1
<b>Total geral</b>	<b>202</b>	<b>45</b>	<b>55</b>	<b>302</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

8 01 Open Space

REFRIGERAÇÃO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 8/21 15:00:00

### Exterior

Bulbo seco: 35.5 C  
Relação de umidade: 0.0094 kg/kg  
Bulbo molhado: 20.1 C

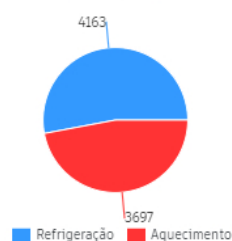
### Zona

Bulbo seco: 25.0 C  
Relação de umidade: 0.0090 kg/kg  
Umidade relativa: 42.5 %

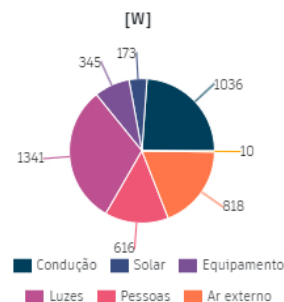
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: 37.03 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: 27.0024 m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 22.23 %  
Fluxo de ar por área de piso: 9.606832 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: 72.057531 l/s-kW  
Número de pessoas: 4.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de resfriamento [W]



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	-22	-	-22	-0.5
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	1	-	1	0.0
Vidro – Condução	830	-	-	830	19.9
Vidro – Solar	-	173	-	173	4.2
Porta	-	1	-	1	0.0
Parede	-	118	-	118	2.8
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	-25	-	-25	-0.6
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	7	-	7	0.2
Piso interno	-	-30	-	-30	-0.7
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>830</b>	<b>223</b>	<b>0</b>	<b>1,053</b>	<b>25.3</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	226	68	322	616	14.8
Luzes	1,341	0	-	1,341	32.2
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	345	0	0	345	8.3
<b>Subtotal</b>	<b>1,911</b>	<b>68</b>	<b>322</b>	<b>2,302</b>	<b>55.3</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	747	-	70	818	19.6
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>747</b>	<b>0</b>	<b>70</b>	<b>818</b>	<b>19.6</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-10	-	-10	-0.2
<b>Total geral</b>	<b>3,489</b>	<b>282</b>	<b>393</b>	<b>4,163</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

23 wc

REFRIGERAÇÃO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 8/21 15:00:00

### Exterior

Bulbo seco: 35.5 C  
Relação de umidade: 0.0094 kg/kg  
Bulbo molhado: 20.1 C

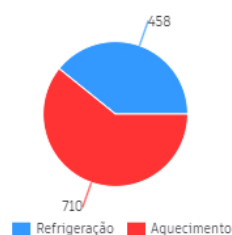
### Zona

Bulbo seco: 25.0 C  
Relação de umidade: 0.0092 kg/kg  
Umidade relativa: 43.7 %

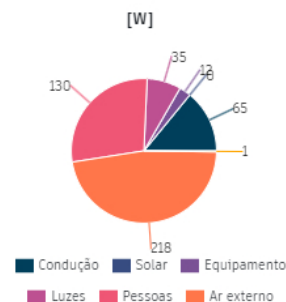
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: 64.12 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: 15.5946 m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 60.58 %  
Fluxo de ar por área de piso: 15.126050 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: 65.523643 l/s-kW  
Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de resfriamento [W]



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	0	-	0	0.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	2	-	2	0.3
Vidro – Condução	0	-	-	0	0.0
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	5	-	5	1.1
Parede	-	43	-	43	9.3
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	5	-	5	1.2
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-0	-	-0	-0.0
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	9	-	0	10	2.1
<b>Subtotal</b>	<b>9</b>	<b>55</b>	<b>0</b>	<b>64</b>	<b>14.0</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	51	20	59	130	28.3
Luzes	35	0	-	35	7.5
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	12	0	0	12	2.5
<b>Subtotal</b>	<b>97</b>	<b>20</b>	<b>59</b>	<b>176</b>	<b>38.4</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	212	-	6	218	47.7
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>212</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>218</b>	<b>47.7</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-1	-	-1	-0.1
<b>Total geral</b>	<b>319</b>	<b>74</b>	<b>65</b>	<b>458</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

1 00 Quarto Esq

AQUECIMENTO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 1/21 24:00:00

### Exterior

Bulbo seco: -1.2 C  
Relação de umidade: 0.0037 kg/kg  
Bulbo molhado: -1.2 C

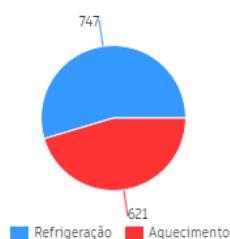
### Zona

Bulbo seco: 22.0 C  
Relação de umidade: 0.0047 kg/kg  
Umidade relativa: 26.7 %

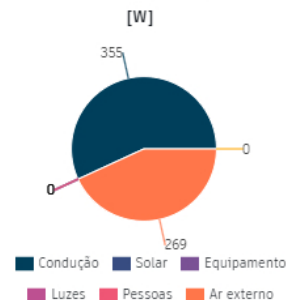
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: -22.48 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: null m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 15.66 %  
Fluxo de ar por área de piso: 3.908795 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: null l/s-kW  
Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de aquecimento



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	-12	-	-12	2.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	-1	-	-1	0.2
Vidro – Condução	-225	-	-	-225	36.3
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	-11	-	-11	1.7
Parede	-	-104	-	-104	16.7
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	2	-	2	-0.3
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-0	-	-0	0.0
Laje	-	-0	-	-0	0.1
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-225</b>	<b>-126</b>	<b>0</b>	<b>-351</b>	<b>56.6</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	0	0	0	0	0.0
Luzes	0	0	-	0	0.0
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	0	0	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	-243	-	-27	-269	43.4
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-243</b>	<b>0</b>	<b>-27</b>	<b>-269</b>	<b>43.4</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-0	-	-0	0.1
<b>Total geral</b>	<b>-468</b>	<b>-127</b>	<b>-27</b>	<b>-621</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

6 00 Quarto Prrincipal

AQUECIMENTO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 1/21 24:00:00

### Exterior

Bulbo seco: -1.2 C  
Relação de umidade: 0.0037 kg/kg  
Bulbo molhado: -1.2 C

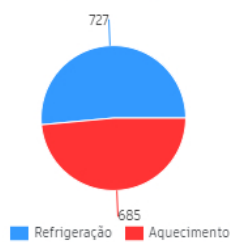
### Zona

Bulbo seco: 22.0 C  
Relação de umidade: 0.0046 kg/kg  
Umidade relativa: 26.6 %

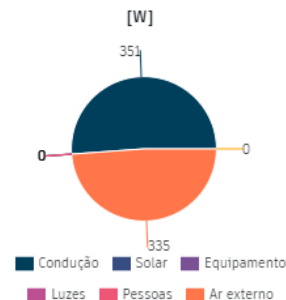
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: -23.85 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: null m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 21.20 %  
Fluxo de ar por área de piso: 3.757829 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: null l/s-kW  
Número de pessoas: 2.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de aquecimento



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	0	-	0	0.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	-2	-	-2	0.2
Vidro – Condução	-150	-	-	-150	21.9
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	-15	-	-15	2.2
Parede	-	-123	-	-123	18.0
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	-61	-	-61	8.8
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	0	-	0	-0.1
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-150</b>	<b>-200</b>	<b>0</b>	<b>-350</b>	<b>51.0</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	0	0	0	0	0.0
Luzes	0	0	-	0	0.0
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	0	0	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	-303	-	-32	-335	48.9
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-303</b>	<b>0</b>	<b>-32</b>	<b>-335</b>	<b>48.9</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-0	-	-0	0.1
<b>Total geral</b>	<b>-453</b>	<b>-200</b>	<b>-32</b>	<b>-685</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

2 00 WC QESQ

AQUECIMENTO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 1/21 24:00:00

### Exterior

Bulbo seco: -1.2 C  
Relação de umidade: 0.0037 kg/kg  
Bulbo molhado: -1.2 C

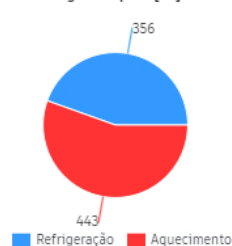
### Zona

Bulbo seco: 22.0 C  
Relação de umidade: 0.0045 kg/kg  
Umidade relativa: 25.6 %

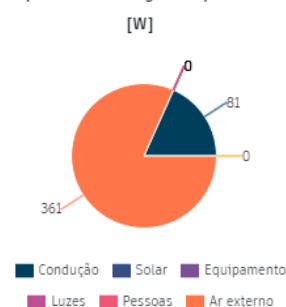
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: -41.45 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: null m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 49.54 %  
Fluxo de ar por área de piso: 6.741573 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: null l/s-kW  
Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de aquecimento [W]



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	0	-	0	0.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	-1	-	-1	0.2
Vidro – Condução	0	-	-	0	0.0
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	-5	-	-5	1.2
Parede	-	-60	-	-60	13.4
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	-15	-	-15	3.4
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-1	-	-1	0.1
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>-81</b>	<b>0</b>	<b>-81</b>	<b>18.3</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	0	0	0	0	0.0
Luzes	0	0	-	0	0.0
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	0	0	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	-331	-	-30	-361	81.6
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-331</b>	<b>0</b>	<b>-30</b>	<b>-361</b>	<b>81.6</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-0	-	-0	0.1
<b>Total geral</b>	<b>-331</b>	<b>-82</b>	<b>-30</b>	<b>-443</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

7 00 WC Principal

AQUECIMENTO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 1/21 24:00:00

### Exterior

Bulbo seco: -1.2 C  
Relação de umidade: 0.0037 kg/kg  
Bulbo molhado: -1.2 C

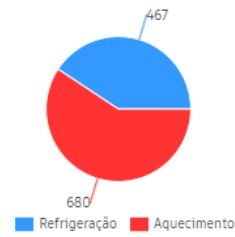
### Zona

Bulbo seco: 22.0 C  
Relação de umidade: 0.0045 kg/kg  
Umidade relativa: 25.6 %

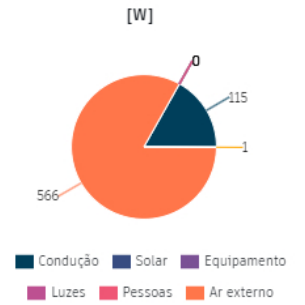
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: -72.82 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: null m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 56.46 %  
Fluxo de ar por área de piso: 11.563169 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: null l/s-kW  
Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de aquecimento [W]



Sensível instantâneo [W]    Sensível retardado [W]    Latente [W]    Total [W]    Percentual do total [%]

### Ambiente

Telhado	-	0	-	0	0.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	-1	-	-1	0.2
Vidro – Condução	-41	-	-	-41	6.0
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	-3	-	-3	0.4
Parede	-	-40	-	-40	5.9
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	-30	-	-30	4.5
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	0	-	0	-0.0
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-41</b>	<b>-74</b>	<b>0</b>	<b>-114</b>	<b>16.8</b>

### Ganhos internos

Pessoas	0	0	0	0	0.0
Luzes	0	0	-	0	0.0
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	0	0	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>

### Sistemas

Ventilação da zona	-519	-	-46	-566	83.1
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-519</b>	<b>0</b>	<b>-46</b>	<b>-566</b>	<b>83.1</b>

### Total

Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-1	-	-1	0.1
<b>Total geral</b>	<b>-560</b>	<b>-74</b>	<b>-46</b>	<b>-680</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

4 00 Quarto Dir

AQUECIMENTO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 1/21 24:00:00

### Exterior

Bulbo seco: -1.2 C  
Relação de umidade: 0.0037 kg/kg  
Bulbo molhado: -1.2 C

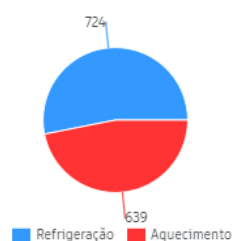
### Zona

Bulbo seco: 22.0 C  
Relação de umidade: 0.0047 kg/kg  
Umidade relativa: 26.8 %

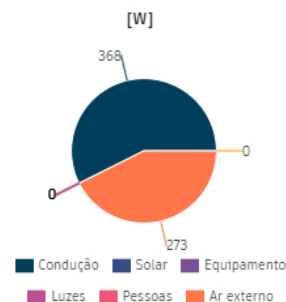
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: -24.49 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: null m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 15.69 %  
Fluxo de ar por área de piso: 4.141104 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: null l/s-kW  
Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de aquecimento



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	-11	-	-11	1.7
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	-1	-	-1	0.1
Vidro – Condução	-242	-	-	-242	37.9
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	-11	-	-11	1.7
Parede	-	-101	-	-101	15.9
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	1	-	1	-0.2
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-0	-	-0	0.0
Laje	-	-0	-	-0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-242</b>	<b>-123</b>	<b>0</b>	<b>-365</b>	<b>57.2</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	0	0	0	0	0.0
Luzes	0	0	-	0	0.0
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	0	0	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	-246	-	-27	-273	42.8
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-246</b>	<b>0</b>	<b>-27</b>	<b>-273</b>	<b>42.8</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-0	-	-0	0.1
<b>Total geral</b>	<b>-488</b>	<b>-123</b>	<b>-27</b>	<b>-639</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

3 00 WC QDIR

AQUECIMENTO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 1/21 24:00:00

### Exterior

Bulbo seco: -1.2 C  
Relação de umidade: 0.0037 kg/kg  
Bulbo molhado: -1.2 C

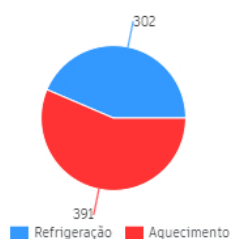
### Zona

Bulbo seco: 22.0 C  
Relação de umidade: 0.0045 kg/kg  
Umidade relativa: 25.6 %

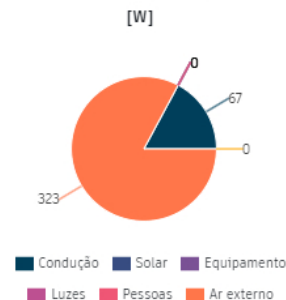
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: -76.91 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: null m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 53.53 %  
Fluxo de ar por área de piso: 14.173228 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: null l/s-kW  
Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de aquecimento [W]



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	0	-	0	0.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	-1	-	-1	0.1
Vidro – Condução	0	-	-	0	0.0
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	-5	-	-5	1.4
Parede	-	-27	-	-27	7.0
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	-34	-	-34	8.7
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-0	-	-0	0.1
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>-67</b>	<b>0</b>	<b>-67</b>	<b>17.2</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	0	0	0	0	0.0
Luzes	0	0	-	0	0.0
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	0	0	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	-297	-	-27	-323	82.7
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-297</b>	<b>0</b>	<b>-27</b>	<b>-323</b>	<b>82.7</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-0	-	-0	0.1
<b>Total geral</b>	<b>-297</b>	<b>-67</b>	<b>-27</b>	<b>-391</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

8 01 Open Space

AQUECIMENTO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 1/21 24:00:00

### Exterior

Bulbo seco: -1.2 C  
Relação de umidade: 0.0037 kg/kg  
Bulbo molhado: -1.2 C

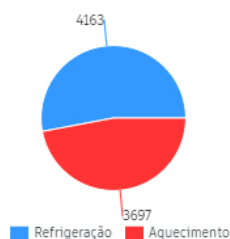
### Zona

Bulbo seco: 22.0 C  
Relação de umidade: 0.0046 kg/kg  
Umidade relativa: 26.3 %

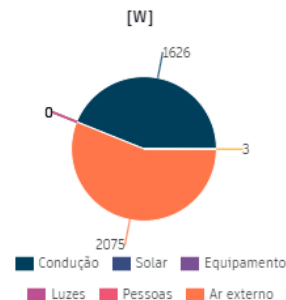
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: -32.89 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: null m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 22.23 %  
Fluxo de ar por área de piso: 5.443871 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: null l/s-kW  
Número de pessoas: 4.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de aquecimento



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	-187	-	-187	5.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	-1	-	-1	0.0
Vidro – Condução	-889	-	-	-889	24.0
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	-10	-	-10	0.3
Parede	-	-502	-	-502	13.6
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	-20	-	-20	0.5
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	-14	-	-14	0.4
Piso interno	-	3	-	3	-0.1
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	0	-	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-889</b>	<b>-731</b>	<b>0</b>	<b>-1,620</b>	<b>43.8</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	0	0	0	0	0.0
Luzes	0	0	-	0	0.0
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	0	0	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	-1,882	-	-193	-2,075	56.1
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-1,882</b>	<b>0</b>	<b>-193</b>	<b>-2,075</b>	<b>56.1</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-3	-	-3	0.1
<b>Total geral</b>	<b>-2,771</b>	<b>-733</b>	<b>-193</b>	<b>-3,697</b>	<b>100.0</b>

# Resumo da carga da zona

23 wc

AQUECIMENTO

## CONDIÇÕES NO MOMENTO DO PICO

Hora no pico: 1/21 24:00:00

### Exterior

Bulbo seco: -1.2 C  
Relação de umidade: 0.0037 kg/kg  
Bulbo molhado: -1.2 C

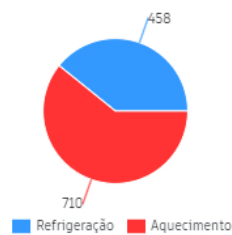
### Zona

Bulbo seco: 22.0 C  
Relação de umidade: 0.0045 kg/kg  
Umidade relativa: 25.6 %

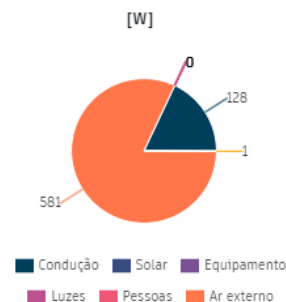
## VERIFICAÇÕES DE ENGENHARIA

Capacidade por área de piso: -99.47 W/m<sup>2</sup>  
Área de piso por capacidade: null m<sup>2</sup>/kW  
Percentual do ar externo: 60.58 %  
Fluxo de ar por área de piso: 15.126050 m<sup>3</sup>/hr-m<sup>2</sup>  
Fluxo de ar por capacidade: null l/s-kW  
Número de pessoas: 1.0

Cargas de pico [W]



Componentes de carga de aquecimento [W]



	Sensível instantâneo [W]	Sensível retardado [W]	Latente [W]	Total [W]	Percentual do total [%]
<b>Ambiente</b>					
Telhado	-	0	-	0	0.0
Outro – Telhado	-	0	-	0	0.0
Forro	-	-4	-	-4	0.6
Vidro – Condução	0	-	-	0	0.0
Vidro – Solar	-	0	-	0	0.0
Porta	-	-8	-	-8	1.1
Parede	-	-54	-	-54	7.6
Parede abaixo do grau	-	0	-	0	0.0
Partição	-	-34	-	-34	4.8
Outro – Parede	-	0	-	0	0.0
Piso externo	-	0	-	0	0.0
Piso interno	-	-3	-	-3	0.4
Laje	-	0	-	0	0.0
Outro – Piso	-	0	-	0	0.0
Infiltração	-24	-	-2	-26	3.7
<b>Subtotal</b>	<b>-24</b>	<b>-102</b>	<b>-2</b>	<b>-128</b>	<b>18.1</b>
<b>Ganhos internos</b>					
Pessoas	0	0	0	0	0.0
Luzes	0	0	-	0	0.0
Ar de retorno – Luzes	0	-	-	0	0.0
Equipamento	0	0	0	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
<b>Sistemas</b>					
Ventilação da zona	-534	-	-47	-581	81.8
Ar de transferência	0	-	0	0	0.0
DOAS direto para a zona	0	-	0	0	0.0
Ar de retorno – Outro	0	-	-	0	0.0
Equipamento de geração de energia	0	0	-	0	0.0
Refrigeração	0	-	0	0	0.0
Equipamento de uso de água	0	-	0	0	0.0
Perda de equipamento de AVAC	0	0	-	0	0.0
<b>Subtotal</b>	<b>-534</b>	<b>0</b>	<b>-47</b>	<b>-581</b>	<b>81.8</b>
<b>Total</b>					
Ajuste de fator de dimensionamento	0	-	-	0	0.0
Correção do atraso de tempo	-	-1	-	-1	0.1
<b>Total geral</b>	<b>-558</b>	<b>-103</b>	<b>-49</b>	<b>-710</b>	<b>100.0</b>

## Apêndice M – Cargas Térmicas obtidas no OpenStudio

	Time of Peak {TIMESTAMP}	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [W]	People Sensible Heat Addition [W]	Lights Sensible Heat Addition [W]	Equipment Sensible Heat Addition [W]	Window Heat Addition [W]	Interzone Air Transfer Heat Addition [W]	Infiltration Heat Addition [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [W]	Window Heat Removal [W]	Interzone Air Transfer Heat Removal [W]	Infiltration Heat Removal [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [W]
OPEN SPACE (01)	21-JAN-05:00	0	-1868,78	0	0	0	0	0	0	0	-920,09	0	0	-843,31
QUARTO DIREITO (00)	21-JAN-05:00	0	-276,51	0	0	0	0	0	0	0	-241,37	0	0	-118,54
QUARTO ESQUERDO (00)	21-JAN-05:00	0	-283,25	0	0	0	0	0	0	0	-240,29	0	0	-131,21
QUARTO PRINCIPAL (00)	21-JAN-05:00	0	-325,26	0	0	0	0	0	0	0	-131,27	0	0	-214,12
Total Facility	21-JAN-05:00	0	-2753,8	0	0	0	0	0	0	0	-1533,02	0	0	-1307,18

	Time of Peak {TIMESTAMP}	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [W]	People Sensible Heat Addition [W]	Lights Sensible Heat Addition [W]	Equipment Sensible Heat Addition [W]	Window Heat Addition [W]	Interzone Air Transfer Heat Addition [W]	Infiltration Heat Addition [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [W]	Window Heat Removal [W]	Interzone Air Transfer Heat Removal [W]	Infiltration Heat Removal [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [W]
OPEN SPACE (01)	31-MAY-13:00	795,87	0	456,25	1325,21	395,02	997,23	0	0	205,26	0	0	0	-80,5
QUARTO DIREITO (00)	31-MAY-13:00	50,01	0	106,12	164,12	79,02	375,6	0	0	1,3	0	0	0	-56,25
QUARTO ESQUERDO (00)	31-MAY-13:00	105,51	0	106,12	180,01	87,13	300,19	0	0	15,1	0	0	0	-50,3
QUARTO PRINCIPAL (00)	31-MAY-13:00	115,1	0	215,05	169,05	74,56	77,89	0	0	69,1	0	0	0	-11,21
Total Facility	31-MAY-13:00	1066,49	0	883,54	1838,39	635,73	1750,91	0	0	290,76	0	0	0	-198,26

- Cargas Térmicas obtidas no OpenStudio com recuperação de energia

	Time of Peak {TIMESTAMP}	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [W]	People Sensible Heat Addition [W]	Lights Sensible Heat Addition [W]	Equipment Sensible Heat Addition [W]	Window Heat Addition [W]	Interzone Air Transfer Heat Addition [W]	Infiltration Heat Addition [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [W]	Window Heat Removal [W]	Interzone Air Transfer Heat Removal [W]	Infiltration Heat Removal [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [W]
OPEN SPACE (01)	21-JAN-05:00	0	-454,97	0	0	0	0	0	0	0	-920,09	0	0	-843,31
QUARTO DIREITO (00)	21-JAN-05:00	0	-47,24	0	0	0	0	0	0	0	-241,37	0	0	-118,54
QUARTO ESQUERDO (00)	21-JAN-05:00	0	-48,34	0	0	0	0	0	0	0	-240,29	0	0	-131,21
QUARTO PRINCIPAL (00)	21-JAN-05:00	0	-50,24	0	0	0	0	0	0	0	-131,27	0	0	-214,12
Total Facility	21-JAN-05:00	0	-600,79	0	0	0	0	0	0	0	-1533,02	0	0	-1307,18

	Time of Peak {TIMESTAMP}	HVAC Terminal Unit Sensible Air Heating [W]	HVAC Terminal Unit Sensible Air Cooling [W]	People Sensible Heat Addition [W]	Lights Sensible Heat Addition [W]	Equipment Sensible Heat Addition [W]	Window Heat Addition [W]	Interzone Air Transfer Heat Addition [W]	Infiltration Heat Addition [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Addition [W]	Window Heat Removal [W]	Interzone Air Transfer Heat Removal [W]	Infiltration Heat Removal [W]	Opaque Surface Conduction and Other Heat Removal [W]
OPEN SPACE (01)	31-MAY- 13:00	662,96	0	456,25	1325,21	395,02	997,23	0	0	124,76	0	0	0	0
QUARTO DIREITO (00)	31-MAY- 13:00	41,66	0	106,12	164,12	79,02	375,6	0	0	0	0	0	0	-54,95
QUARTO ESQUERDO (00)	31-MAY- 13:00	87,89	0	106,12	180,01	87,13	300,19	0	0	0	0	0	0	-35,2
QUARTO PRINCIPAL (00)	31-MAY- 13:00	95,88	0	215,05	169,05	74,56	77,89	0	0	57,89	0	0	0	0
Total Facility	31-MAY- 13:00	888,38617	0	883,54	1838,39	635,73	1750,91	0	0	182,65	0	0	0	-90,15

# Apêndice N – Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico



Direção Geral de Energia e Geologia

Simulação > dezembro...

Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico												1/2							
<b>Sumário</b>																			
Instalação em Caldas de Aregos (Resende) 4 coletores Padrão REH » painel de 2,60 m <sup>2</sup> (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 <b>1 506 kWh</b> 63% de fração solar - satisfeitas pelo apoio 870 kWh 37%				Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 42% produtividade: 579 kWh/m <sup>2</sup> perdas: 26%												
<b>Local e clima</b>																			
NUTS III: Tâmega		Município: Resende		Local: Caldas de Aregos			elevação: 320 m		albedo: 20%										
<b>obstruções do horizonte</b>																			
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: .....																			
<b>Configuração do sistema solar</b>																			
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,6 m <sup>2</sup> de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 200 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 30 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m <sup>2</sup> por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																			
4 coletores Padrão REH. Área de abertura 0,65 m <sup>2</sup> , coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,12 W/m <sup>2</sup> K e a2 = 0,014 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> , rendimento óptico = 73%.																			
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.																			
<b>Necessidades de energia</b>																			
Águas quentes sanitárias - padrão REH																			
<b>edifício:</b>		<b>Residências</b>										<b>13</b>							
		nº fracções desta tipologia										1							
		nº ocupantes por fracção										4							
		consumo diário por ocupante (litros)										40							
<b>temperaturas</b>		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez						
abastecimento de água		11	12	13	14	15	17	19	19	18	15	13	12	°C					
pretendida no consumo		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	°C					
<b>energia diária</b>		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez						
segunda-feira		7,2	7,0	6,8	6,7	6,4	6,1	5,8	5,8	6,0	6,4	6,8	7,0	kWh					
terça-feira		7,2	7,0	6,8	6,7	6,4	6,1	5,8	5,8	6,0	6,4	6,8	7,0	kWh					
quarta-feira		7,2	7,0	6,8	6,7	6,4	6,1	5,8	5,8	6,0	6,4	6,8	7,0	kWh					
quinta-feira		7,2	7,0	6,8	6,7	6,4	6,1	5,8	5,8	6,0	6,4	6,8	7,0	kWh					
sexta-feira		7,2	7,0	6,8	6,7	6,4	6,1	5,8	5,8	6,0	6,4	6,8	7,0	kWh					
sábado		7,2	7,0	6,8	6,7	6,4	6,1	5,8	5,8	6,0	6,4	6,8	7,0	kWh					
domingo		7,2	7,0	6,8	6,7	6,4	6,1	5,8	5,8	6,0	6,4	6,8	7,0	kWh					
<b>perfil de consumo</b>		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%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					

# Anexo A – Ficha Técnica VMC Duplo Fluxo



**SABIK**

5153187800 - SABIK 500 E R8



VMC de fluxo duplo para habitações, com permutador de calor de tipo contrafluxo de alto rendimento (até 92%). O motor EC de corrente contínua assegura um baixo consumo e um baixo nível sonoro.

A renovação permanente de ar da habitação garante o cumprimento dos requisitos do Código Técnico de Construção.

Aumenta a gama de recuperadores que permite cobrir as necessidades de ventilação para qualquer tipologia de habitação.

O desenho do SABIK fornece uma elevada impermeabilização e um isolamento térmico elevado.

Produto versátil pensado para uma fácil instalação graças à sua modularidade e reversibilidade dos seus circuitos.

Inclui filtros de impulsão e extração Coarse 65% (G4). Opcional ePM1 70% (F7 na impulsão).

Dispõe de um bypass 100% automático e/ou manual.

#### Características

- Recuperador de contrafluxo.
- Motores EC de baixo consumo.
- 100% Bypass automático/manual.
- Reversibilidade.
- Possibilidade de impulsão pela parte inferior.
- De fácil utilização.
- De fácil instalação.
- Certificado Passivhaus.
- Modularidade:
  - Bateria de pré-aquecimento integrável (opcional).
  - Módulo SERVOFLOW para caudal constante (opcional).
  - Sonda VOC integrável (opcional)
- Conectividade através do módulo de comunicação SPCM (opcional).

**SABIK**

5153187800 - SABIK 500 E R8

## Ponto de Operação Teórico

Caudal de ar	320 m <sup>3</sup> /h
Pressão Estática	150 Pa
Temperatura	20 °C
Altitude	0 m
Densidade	1,2 kg/m <sup>3</sup>
Frequência	50 Hz

## Ponto de Operação

Sentido do ar	320 m <sup>3</sup> /h
pressão estática	150 Pa
Pressão dinamica	1,84 Pa
Pressão total	152 Pa
INPUTPOWER	0,122 kW
Outlet speed	1,7 m/s
velocidade de entrada	0
Velocidade do ventilador (r.p.m)	0
Ventilador específico de energia	1,37 W/l/s
SFPREG	1,37 W/l/s
Voltaje de control	6,1 V

## Construção

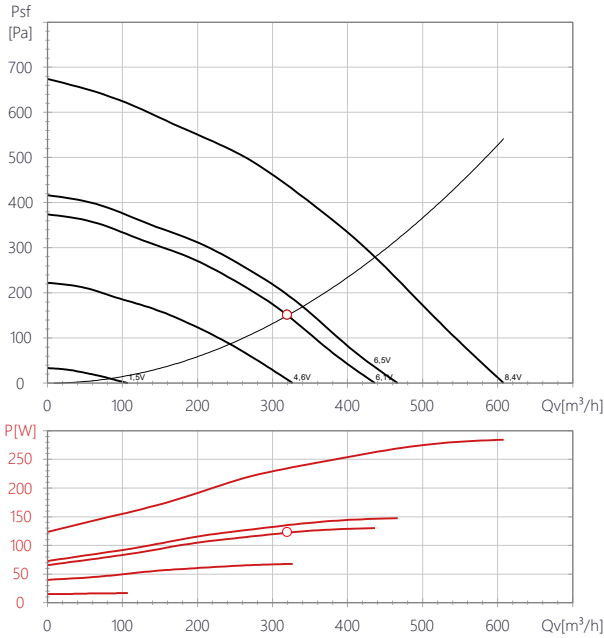
Diâmetro da boca de Descarga	180 mm
Tamanho do ventilador	500
Pás	0
Peso	62,50 kg

## Características do Motor

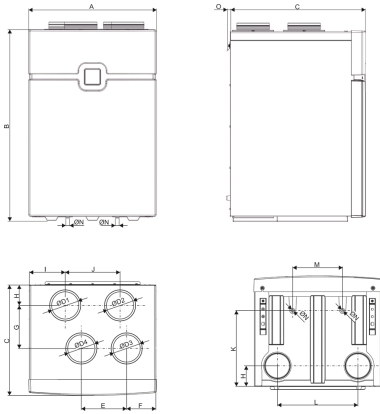
Tensão	1-230V-50Hz
Índice de Protecção	IP21
Classe motor	



## Gráfico de Desempenho



## Desenho



A	B	C	D1	D2	D3	D4	E	F
700	1046	753	180	180	180	180	257	153
G	H	I	J	K	L	M	N	O
280	126	196	300	493	440	273	21	19

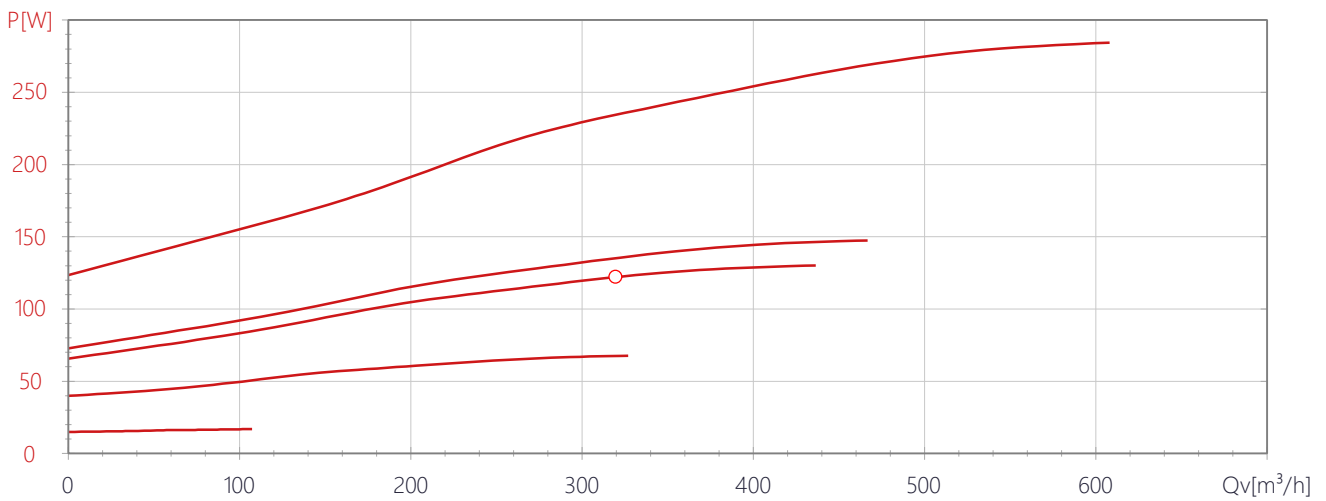
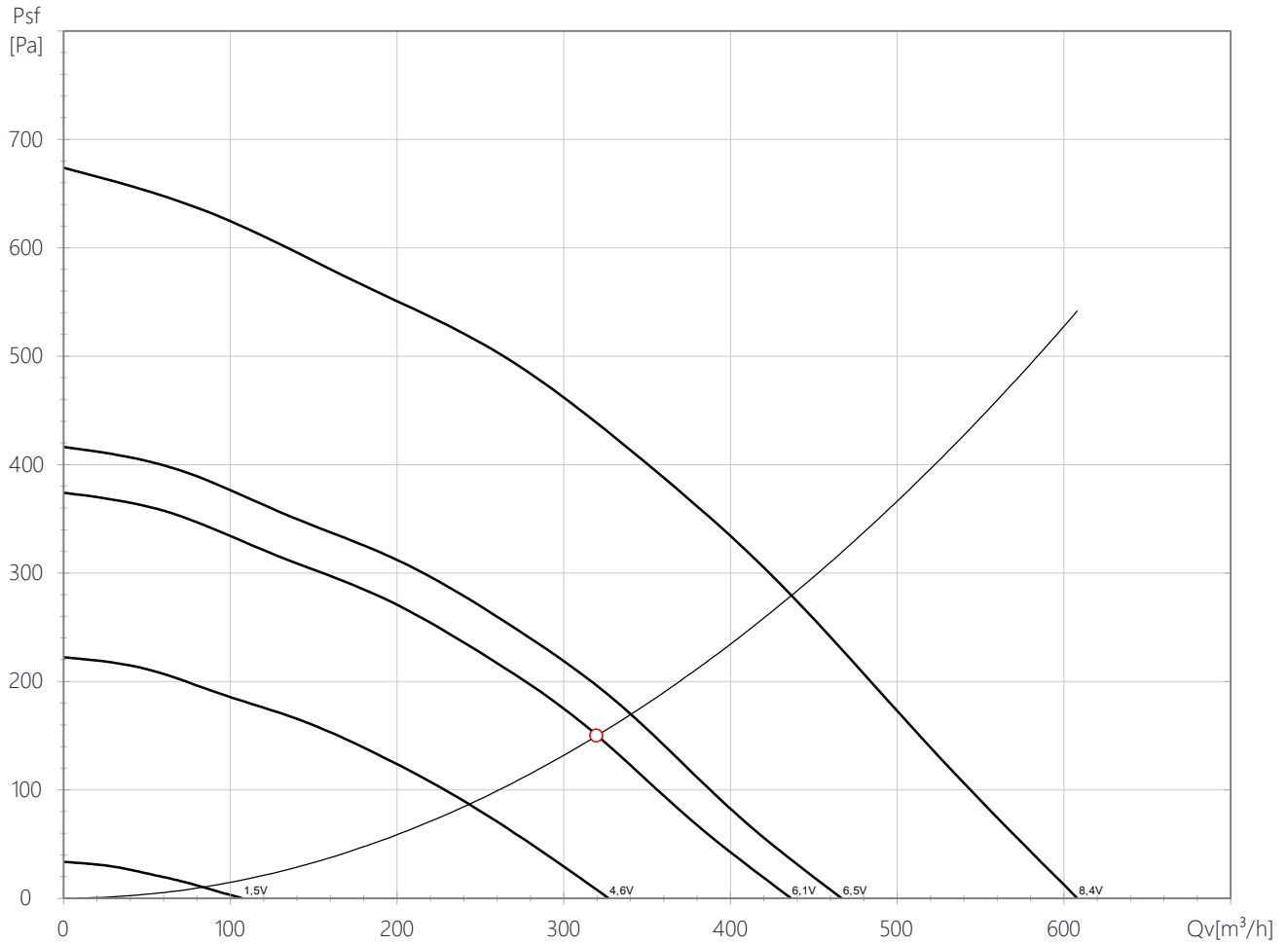
## Desempenho de Ruído

	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Global
<b>Aspiração (LwA)</b>	33	43	53	53	51	50	43	34	58
<b>Aspiração LpA @ 1,5m</b>	19	29	39	38	36	36	29	19	44
<b>Descarga (LwA)</b>	33	36	54	43	38	35	27	23	54
<b>Descarga LpA @ 1,5m</b>	18	21	39	28	24	21	12	8	40
<b>Radiado (LwA)</b>	28	42	54	46	42	36	29	25	55
<b>Radiado LpA @ 1,5m</b>	13	28	39	32	27	21	14	10	40

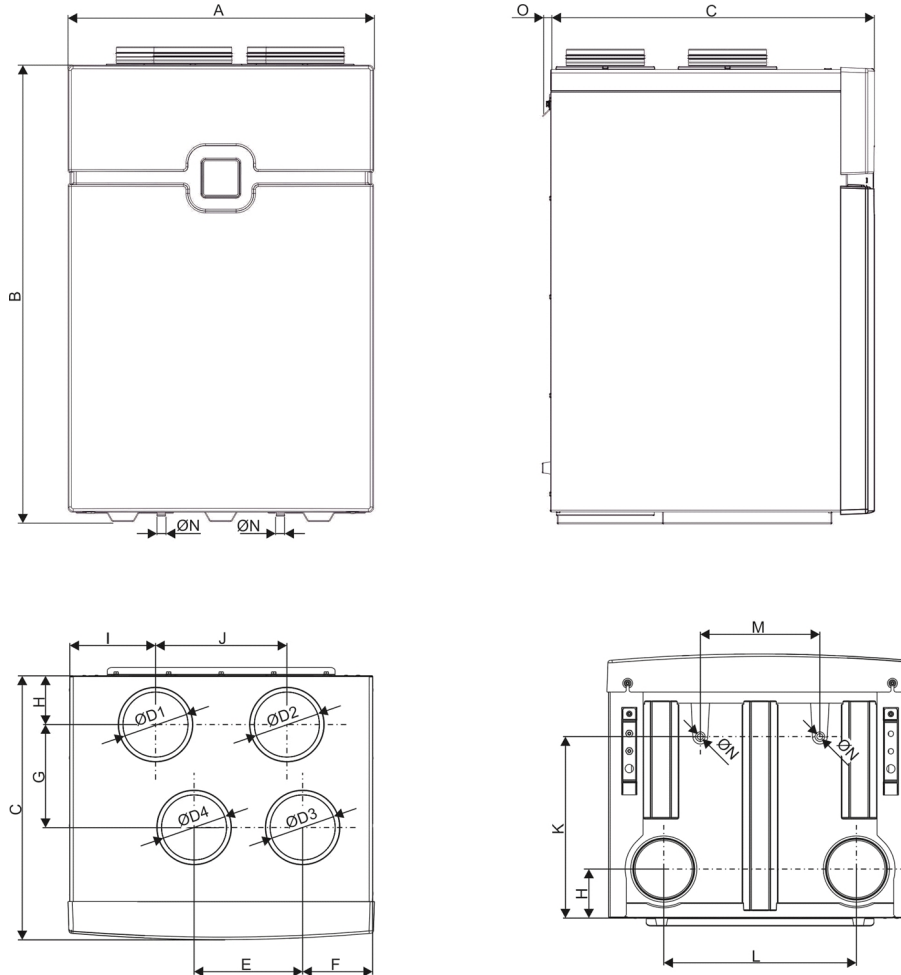




Gráfico de Desempenho



## Desenho



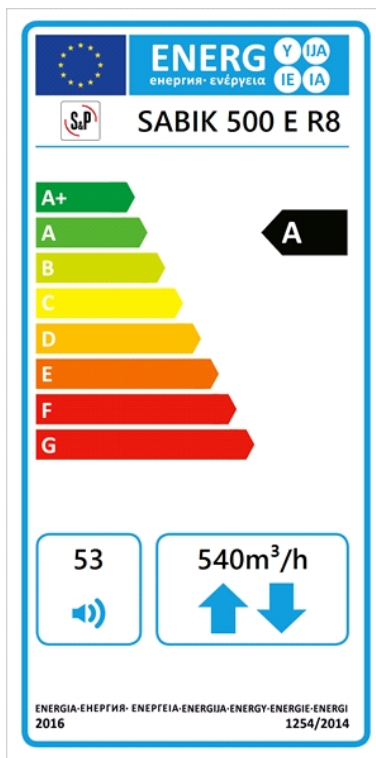
A	B	C	D1	D2	D3	D4	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
700	1046	753	180	180	180	180	257	153	280	126	196	300	493	440	273	21	19

**SABIK**

5153187800 - SABIK 500 E R8

## Dados ErP

Projeto ecológico	
Regulamento (UE) N°1253/2014 da comissão de 7 de julho de 2016	
Requisitos de informação (anexo V)	
ProductoComercial	SABIK 500 E R8
Identificador	5153187800
CEE clima temperado (kWh/(m2.an))	-35,6
Classe CEE	A
CEE clima frio (kWh/(m2.an))	-70,7
CEE clima quente (kWh/(m2.an))	-12,8
Tipo declarado	UVR bidirecional
Tipo de acionamento	Velocidade variável
Tipo SRC	Recuperativo
Eficiência térmica (%)	75,4
Vazão máxima (m3/h)	540
Potência elétrica de entrada na vazão máxima (W)	251,4
Nível de potência acústica (LWA)	53
Vazão de referência (m3/s)	0,105
Diferença de pressão de referência (Pa)	50
Potência de entrada específica (W/m3/h)	0,279
Fator de regulação	0,85
Tipo de comando	Demanda central
Índice máximo de fuga interna para UVB (%)	1,3
Índice máximo de fuga externa para UVU e UVB (%)	0,6
Índice de mescla de UVB sem condutos (%)	Não se aplica
Localização do sinal de aviso do filtro	Comando à distância
Descrição do sinal de aviso do filtro	Luz piloto
Instruções para instalação de grelhas de insuflamento	Não se aplica
Instruções para instalação de grelhas de exaustão	Não se aplica
<a href="https://www.solerpalau.com/">https://www.solerpalau.com/</a>	
Sensibilidade do fluxo de ar às variações de pressão	Não se aplica
Estanqueidade ao ar interior/exterior (m3/h)	Não se aplica
Consumo de eletricidade anual - clima temperado (kWh/a)	298
Consumo de eletricidade anual - clima quente (kWh/a)	253
Consumo de eletricidade anual - clima frio (kWh/a)	835
Economia anual em calefação - clima temperado (kWh/a)	4234
Economia anual em calefação - clima quente (kWh/a)	1915
Economia anual em calefação - clima frio (kWh/a)	8284



# Anexo B – Ficha Técnica Ventilador TD-Silent Ecowatt



## TD-SILENT ECOWATT

5211006300 - TD-500/150-160 SILENT ECOWATT (230V 50/60) NE - IN-LINE DUCT FANS



Helicocentrífugos fãs de perfil baixo (modelos de 350 a 1000), extremamente silencioso, feito de material plástico com elementos acústicos (estrutura interna perfurada que direciona as ondas sonoras e absorção de som de isolamento interior que absorve o ruído irradiado), corpo-máquina distante sem precisa tocar os tubos, juntas de borracha e descarregue unidade para reforçar o selo. Motor brushless DC, alto desempenho e baixo consumo de energia, 230V ± 15% / 50-60 Hz, classe B, IP44, rolamentos e caixa de ligação externa. velocidade de 100% ajustável através do potenciômetro localizado na caixa do terminal ou por tipo de controle externo REB-ECOWATT. A entrada analógica para controlar o ventilador com um sinal externo 0-10. Capaz de trabalhar a partir de -20 a + 40 ° C. Indicado para resolver muitos problemas de ventilação em aplicações residenciais, comerciais e industriais onde o baixo ruído é um elemento importante de conforto, especialmente em instalações onde o extrator deve ser muitas horas em operação, o que trará importantes poupanças de energia, ou em aqueles que requerem um sistema de ventilação adaptados para exigir envolvendo o controlo sensores externos. Mark S&P modelo TD-500/150-160 SILENT ECOWATT (230V 50/60) NE para um fluxo 320 m<sup>3</sup>/h e pressão estática 150 Pa.

### 5211006300 - TD-500/150-160 SILENT ECOWATT (230V 50/60) NE

#### Ponto de Operação Teórico

Caudal de ar	320 m <sup>3</sup> /h
Pressão Estática	150 Pa
Temperatura	20 °C
Altitude	0 m
Densidade	1,2 kg/m <sup>3</sup>
Frequência	50 Hz

#### Ponto de Operação

Sentido do ar	320 m <sup>3</sup> /h
pressão estática	150 Pa
Pressão dinâmica	16,7 Pa
Pressão total	167 Pa
INPUTPOWER	0,033 kW
Outlet speed	5,3 m/s
velocidade de entrada	0
Velocidade do ventilador (r.p.m)	2356 rpm
Ventilador específico de energia	0,37 W/l/s
SFPREG	0,37 W/l/s
Voltaje de control	8,6 V

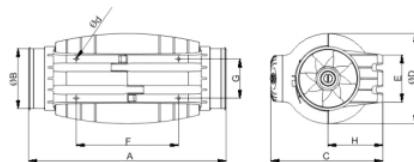
#### Construção

Diâmetro da boca de Descarga	160 mm
Tamanho do ventilador	150
Pás	0
Peso	5,40 kg

#### Características do Motor

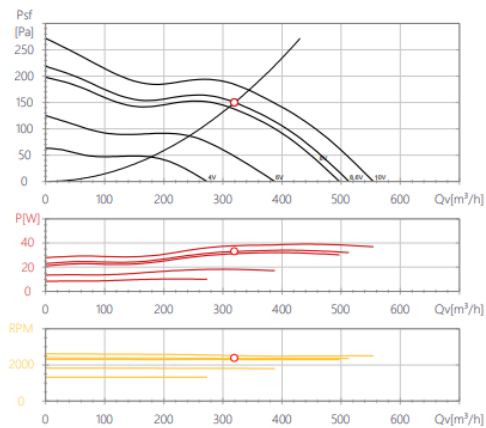
Tensão	1-230V-50Hz
Máxima absorvida	0,3 A
Índice de Protecção	IP44
Classe motor	B

#### Desenho



A	B	C	D	E	F	G	H	d
484	147	274	221	116	250	96	134	5.4

#### Gráfico de Desempenho

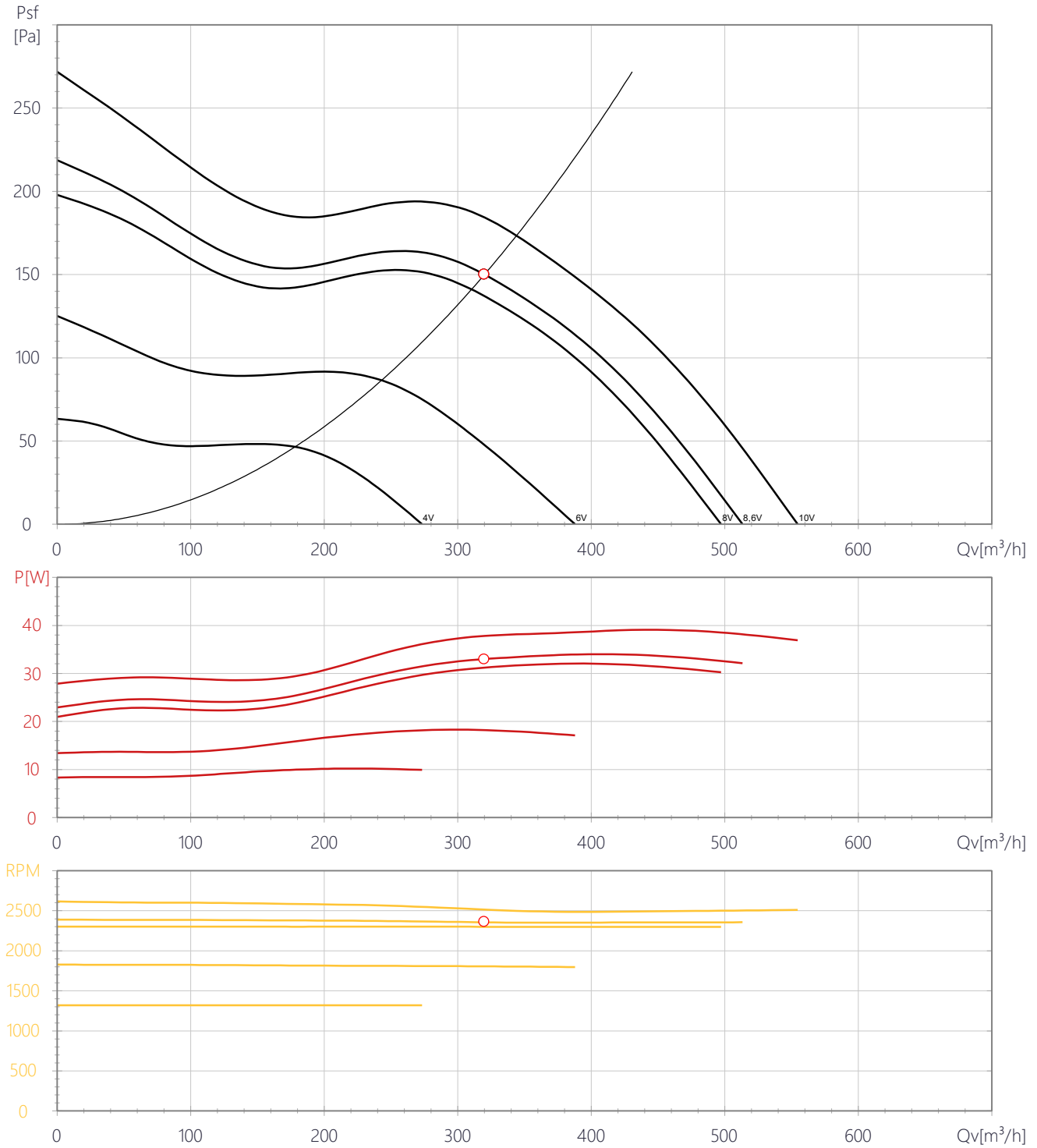




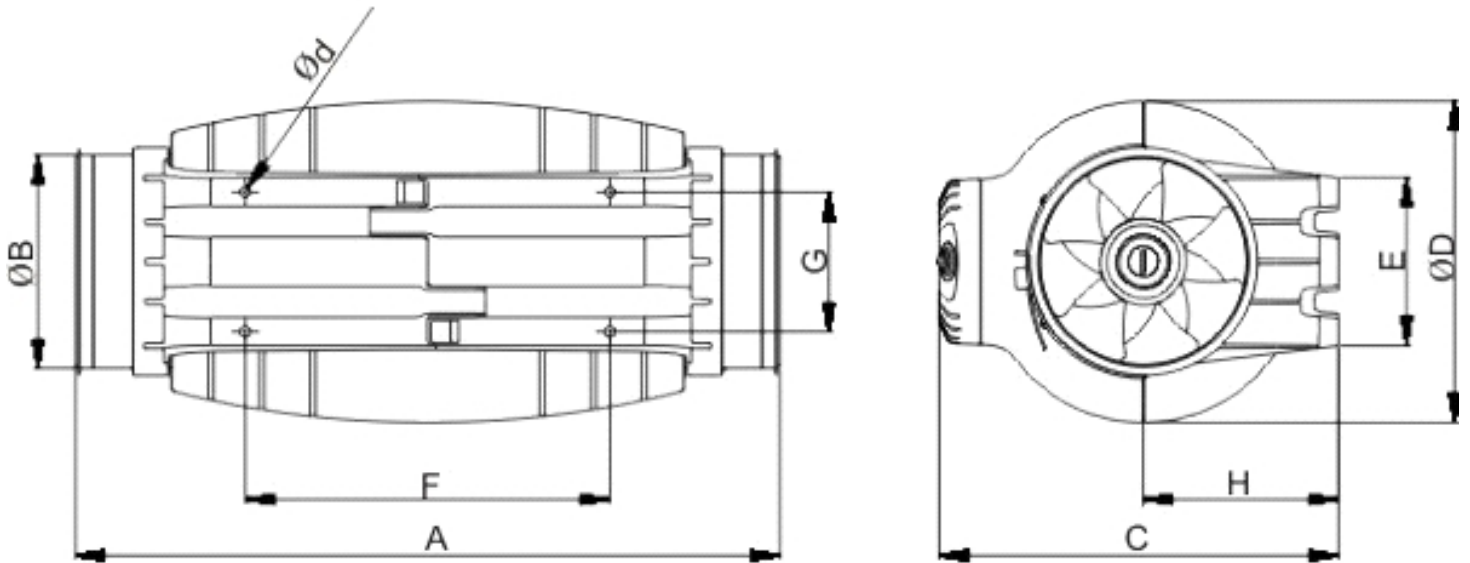
# TD-SILENT ECOWATT

5211006300 - TD-500/150-160 SILENT ECOWATT (230V 50/60) NE - IN-LINE DUCT FANS

## Gráfico de Desempenho



## Desenho



A	B	C	D	E	F	G	H	d
484	147	274	221	116	250	96	134	5.4



# TD-SILENT ECOWATT

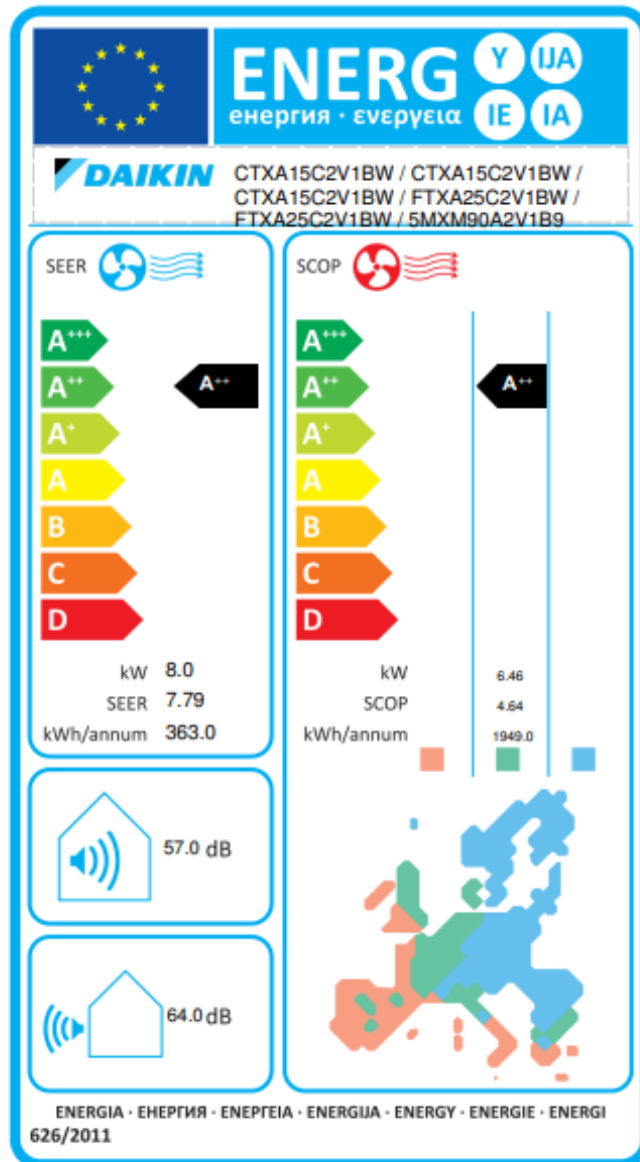
5211006300 - TD-500/150-160 SILENT ECOWATT (230V 50/60) NE - IN-LINE DUCT FANS

## Dados ErP


Projeto ecológico	
Regulamento (UE) N°1253/2014 da comissão de 7 de julho de 2014	
Requisitos de informação (anexo V)	
Descrição do produto	TD-500/150-160 SILENT ECOWATT (230V 50/60) NE
Identificador	-
Tipo declarado	UVNR unidirecional
Acionamento	Velocidade variável
Tipo SRC	Ninguno
Eficiência térmica (%)	Não se aplica
Qnom (m3/s)	0,09
Pelec (kW)	0,04
PVEint (W/m3/s)	Não se aplica
Velocidade frontal (m/s)	5,62
$\Delta ps, ext$ (Pa)	176,3
$\Delta ps, int$ (Pa)	Não se aplica
$\Delta ps, add$ (Pa)	Não se aplica
Eficiência estática ventiladores (%)	51,6
Índice de fuga externa (%)	3
Índice de fuga interna (%)	Não se aplica
Rendimento filtro	Não se aplica
Sinal de aviso do filtro	Não se aplica
LWA dB(A)	53
<a href="https://www.solerpalau.com/">https://www.solerpalau.com/</a>	

# Anexo C – Ficha Técnica Daikin Multisplit

Creation date: 07.09.2024



PRODUCT FICHE

<b>Manufacturer</b>		 5MXM90A2V1B9 CTXA15C2V1BW CTXA15C2V1BW CTXA15C2V1BW FTXA25C2V1BW FTXA25C2V1BW
<b>Outdoor unit</b>		
<b>Indoor unit</b>		
<b>Indoor unit</b>		
<b>Indoor unit</b>		
<b>Indoor unit</b>		
<b>Indoor unit</b>		
<b>Outdoor sound power level (dB)</b>	dB(A)	64.0
<b>Indoor sound level</b>	dB(A)	57.0
<b>The refrigerant (GWP)</b>		R-32 (675)
<b>Cooling mode</b>		
<b>SEER</b>		7.79
<b>Energy efficiency class</b>		A++
<b>Annual electricity consumption</b>	kWh/a	363.0
<b>Design load Pdesignc</b>	kW	8.0
<b>Heating mode: Average climate Design temperature = -10°C</b>		
<b>SCOP</b>		4.64
<b>Energy efficiency class</b>		A++
<b>Annual electricity consumption</b>	kWh/a	1949.0
<b>Design load Pdesignh at -10°C</b>	kW	6.46
<b>Required back up heating capacity at -10°C</b>	kW	1.19
<b>Declared capacity at -10°C</b>	kW	5.27
<b>Heating mode: Warm climate Design temperature = 2°C</b>		
<b>SCOP</b>		
<b>Energy efficiency class</b>		
<b>Annual electricity consumption</b>	kWh/a	
<b>Design load Pdesignh at 2°C</b>	kW	
<b>Required back up heating capacity at 2°C</b>	kW	
<b>Declared capacity at 2°C</b>	kW	
<b>Heating mode: Cold climate Design temperature = -22°C</b>		
<b>SCOP</b>		
<b>Energy efficiency class</b>		
<b>Annual electricity consumption</b>	kWh/a	
<b>Design load Pdesignh at -22°C</b>	kW	
<b>Required backup heating capacity at -22°C</b>	kW	
<b>Declared capacity at -22°C</b>	kW	

Refrigerant leakage contributes to climate change. Refrigerant with lower global warming potential (GWP) would contribute less to global warming than a refrigerant with higher GWP, if leaked to the atmosphere. This appliance contains a refrigerant fluid with a GWP equal to 675. This means that if 1 kg of this refrigerant fluid would be leaked to the atmosphere, the impact on global warming would be 675 times higher than 1 kg of CO<sub>2</sub>, over a period of 100 years. Never try to interfere with the refrigerant circuit yourself or disassemble the product yourself and always ask a professional.

\*2 Energy consumption based on standard test results. Actual energy consumption will depend on how the appliance is used and where it is located.