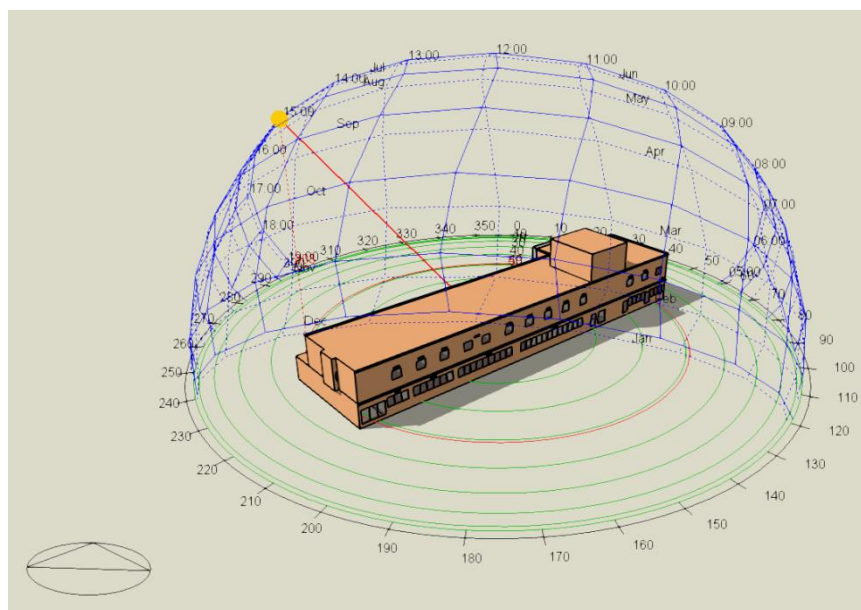


INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica



Comparação entre soluções de climatização para um edifício de serviços

PEDRO MIGUEL BENEDITO DE LACERDA REBELO
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Estágio de Natureza Profissional para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador:

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri:

Presidente: Doutor Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte

Vogais:

Doutor Luís Manuel Rodrigues Coelho

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Julho de 2023



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

Comparação entre soluções de climatização para um edifício de serviços

PEDRO MIGUEL BENEDITO DE LACERDA REBELO
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Estágio de Natureza Profissional para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador:

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri:

Presidente: Doutor Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte

Vogais:

Doutor Luís Manuel Rodrigues Coelho

Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Julho de 2023

*“Na Natureza, nada se cria, nada se perde,
tudo se transforma” - Antoine Lavoisier*

Agradecimentos

A realização desta dissertação não seria possível sem o apoio da minha família, concretamente os meus pais e a minha avó Inêz que me criou e viu crescer. Sem eles não era nada nem ninguém.

Agradeço o apoio dado desde o ensino básico e secundário, onde houve professores que me inspiraram a seguir este caminho e que nunca desistiram de mim mesmo não apresentando os melhores resultados, em especial à professora Ana Mota, pelo esforço que apresenta aos alunos, à professora Teresa Lourenço, pelas conversas e lições de vida e à professora Vânia Vilela pela forma de ensinar e lidar com os alunos, que me cativou pela física.

Quero também agradecer aos meus amigos que me apoiaram numa das fases mais complicadas nos últimos anos, por todas as conversas, desabafos, viagens e cumplicidade sendo que sem eles o percurso teria sido bastante mais complicado. Especialmente ao Hugo Rafael, Filipe Brito, Artur Chirilenco, Patrícia Esteves, Francisco Cachaço.

Aos meus colegas do ISEL pois sem eles o percurso teria sido diferente. Em especial à minha colega Joana Gaspar sendo que apesar das divergências, estarei sempre grato pelos bons momentos. Ao meu colega e amigo Filipe Jorge, por todas as horas, conversas, trabalhos e convívio e por ser uma amizade que levo para a vida.

Por último ao meu orientador, Engº. João Cardoso, pela oportunidade do estágio curricular e o apoio dado à realização desta dissertação. A toda a equipa da ACet pela receção e transmissão de conhecimentos que permitiram aprender as várias fases do desenvolvimento de um projeto face aos conhecimentos adquiridos academicamente.

Aos professores e profissionais do ISEL, pelos conhecimentos e condições que apresentam aos alunos.

Nomenclatura

SCE – Sistema de Certificação energética

EU – União Europeia

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado

FCCN – Fundação para a Computação Científica Nacional

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

CCP - Código dos Contratos Públicos

HAP – *Carrier's Hourly Analysis Program*

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*

BIM – *Building Information Modeling*

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

PMV – *Predicted mean vote*

PPD – *Predicted percent dissatisfied*

QAI – Qualidade do Ar Interior

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

ACSS - Administração Central do Sistema de Saúde

DGIES - Direção Geral das Instalações e Equipamentos de Saúde

COP – *Coefficient of Performance*

EER – *Energy Efficiency Ratio*

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

VAC – Volume de Ar Constante

VAV – Volume de Ar Variável

VRF – *Variable Refrigerant Flow*

VRV – *Variable Refrigerant Volume*

VC - Ventiloinvector

TABS – *Thermally active building systems*

BLAST – *Building Loads Analysis and System Thermodynamics*

DOE – *Department of Energy*

FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia

LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia

NUTS - Nomenclatura de Unidade Territoriais para Fins Estatísticos

INMG - Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

DB – *DesignBuilder*

AQS – Águas quentes sanitárias

DOAS – *Dedicated Outdoor Air System*

SCOP – *Seasonal Coefficient of Performance*

CFD – *Computational Fluid Dynamics*

Resumo

A presente dissertação insere-se no âmbito de simulação energética de um projeto de climatização efetuado em gabinete de engenharia, no qual se pretende obter uma estimativa do consumo energético real da solução adotada através do cálculo termodinâmico efetuado em software *Hourly Analysis Program* (HAP).

Devido a limitações de software utilizado em gabinete, recorre-se do programa *DesignBuilder* (DB) e da ferramenta de cálculo *EnergyPlus* por forma a validar o cálculo e considerações efetuadas em gabinete sendo, para tal, descritas as etapas principais do projeto, de acordo com os procedimentos observados em estágio no gabinete, no qual são introduzidos ambos os softwares utilizados. Apesar das limitações do HAP, verifica-se que o cálculo efetuado em gabinete é validado pelo *EnergyPlus* sendo posteriormente efetuada a simulação energética do sistema de climatização de acordo com os equipamentos selecionados em gabinete e apresentados em anexo.

Adicionalmente, apresenta-se uma proposta alternativa ao projeto efetuado com a finalidade de melhorar condições de conforto e avaliar o custo associado ao controlo de um novo parâmetro de projeto. Esta solução, embora ideal a nível de condições interiores dos espaços, acarreta consumos energéticos bastante superiores à solução adotada em projeto pelo que demonstrou não ser uma opção viável.

Palavras chave: AVAC, Simulação Energética, *Hourly Analysis Program*, *DesignBuilder*, *EnergyPlus*

Abstract

This dissertation is part of the energy simulation of an air conditioning project carried out in an engineering office, which aims to obtain an estimate of the real energy consumption of the adopted solution through the thermodynamic calculation made in Hourly Analysis Program (HAP) software.

Due to the limitations of the software used in office, both software *DesignBuilder* (DB) and calculation tool *EnergyPlus* were used in order to validate the calculation and considerations made in office. Despite the limitations of HAP, it is verified that the calculation made in office is validated by EnergyPlus thus the energy simulation of the air conditioning system is carried out according to the equipment selected in office and presented in annex.

Additionally, an alternative proposal to the project is presented in order to improve comfort conditions and evaluate the cost associated with the control of a new design parameter. This solution, although ideal in terms of interior conditions of the spaces, leads to much higher energy consumption than the solution adopted in the project and therefore proved not to be a viable option.

Keywords: HVAC, Energy Simulation, *Hourly Analysis Program*, *DesignBuilder*, *EnergyPlus*

Índice

Agradecimentos.....	i
Nomenclatura	ii
Resumo.....	iv
Abstract	v
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas.....	xiii
Capítulo 1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do tema.....	1
1.2. Motivação e objetivos	2
1.3. Metodologia	3
1.4. Estrutura da dissertação.....	3
Capítulo 2. A empresa.....	4
2.1. Descrição da empresa.....	4
2.2. Metodologia da empresa e conceitos de projeto	5
2.3. Trabalho desenvolvido ao longo do estágio	8
Capítulo 3. Comportamento térmico e energético em edifícios.....	9
3.1. Processos de transferência de calor	9
3.1.1. Condução.....	10
3.1.2. Convecção	11
3.1.3. Radiação.....	12
3.2. Coeficiente global de transmissão térmica.....	13
3.2.1. Paredes exteriores e interiores, cobertura e pavimento	14
3.2.2. Vãos envidraçados.....	16
3.3. Ganhos energéticos nos edifícios	22
3.3.1. Radiação solar	24
3.3.2. Ganhos internos de um edifício.....	26

3.4.	Conforto térmico	31
3.5.	Sistemas de Climatização.....	36
3.5.1.	Equipamentos principais	41
3.6.	Simulação dinâmica de edifícios.....	47
3.6.1.	Carrier’s Hourly Analysis Program (HAP)	49
3.6.2.	DesignBuilder (DB) – EnergyPlus	53
Capítulo 4.	Caso de Estudo.....	57
4.1.	Caracterização do edifício.....	57
4.1.1.	Zona Climática	62
4.1.2.	Caracterização dos elementos da envolvente	63
4.1.3.	Ocupação.....	65
4.1.4.	Iluminação.....	67
4.1.5.	Equipamentos	68
4.1.6.	Cálculo de ar novo.....	69
4.2.	Modelação do edifício.....	79
4.2.1.	Solução adotada.....	79
4.2.2.	Parâmetros de projeto.....	83
4.2.3.	Modelo HAP	85
4.2.4.	Observações	102
4.2.5.	Modelo DesignBuilder	102
4.2.6.	Comparações e conclusões.....	120
Capítulo 5.	Simulação Energética.....	124
5.1.	Criação do modelo de climatização.....	124
5.2.	Representação gráfica	128
5.3.	Resultados obtidos.....	131
5.4.	Proposta alternativa.....	141
Capítulo 6.	Conclusões	148
Referências bibliográficas		151

Índice de Figuras

Figura 1 - Logotipo da empresa.	4
Figura 2 - Organização da documentação técnica usada em projetos.	5
Figura 3 - Processos de transferência de calor: condução, convecção e radiação [4].	9
Figura 4 - Transferência de calor por condução através de uma parede - Perfil de temperaturas (adaptado de [4]).	11
Figura 5 - Transferência de calor por convecção: a) forçada; b) natural [4].	12
Figura 6 - Esquema representativo dos processos de transferência de calor numa parede [7].	15
Figura 7 - Radiação incidente, absorvida, transmitida e refletida por um vão envidraçado [10].	18
Figura 8 - Balanço energético de um edifício/local. [12].	23
Figura 9 - Radiação solar na atmosfera (adaptado de [14]).	24
Figura 10 - Solstícios de verão e inverno (adaptado de [14]).	25
Figura 11 - Ângulo solar incidente sobre um edifício ao longo de um ano (adaptado de [14]).	25
Figura 12 - Potencial energético de Portugal (adaptado de [16]).	26
Figura 13 - Balanço térmico entre o corpo humano e o meio envolvente. [12]	27
Figura 14 - Índice PPD em função do índice PMV. [20]	33
Figura 15 - Ciclo de refrigeração por compressão de vapor (adaptado de [23]).	37
Figura 16 - Unidades ventiloconvectoras. [26]	39
Figura 17 - Sistema "Ar-Água" com unidades ventiloconvectoras de 2 ou 4 tubos. [27]	40
Figura 18 - Sistema monosplit. [28]	42
Figura 19 - Sistema multisplit. [28]	43
Figura 20 - Tipos de unidades interiores (monosplit e multisplit). [28]	43
Figura 21 - Sistema VRF (adaptado de [28]).	44
Figura 22 - Sistemas de superfície radiante - sistemas de superfície embutidos (esquerda), sistemas térmicos ativados (centro) e sistema de painel radiante (direita). [29]	46
Figura 23 - Exemplo de aplicação de um sistema de superfície radiante (painéis) com um sistema de ar tratado dedicado (difusores e plenum) (adaptado de [29]).	46

Figura 24 - Versão do HAP utilizada.	50
Figura 25 - Versão do DesignBuilder e EnergyPlus utilizada.....	53
Figura 26 - Disposição de um projeto elaborado em DesignBuilder.	54
Figura 27 - Hierarquia de dados estabelecida pelo DesignBuilder. [36].....	56
Figura 28 - Planta do Piso -1.....	57
Figura 29 - Planta do Piso 0.	58
Figura 30 - Planta do Piso 0.	58
Figura 31 - Planta da Cobertura.	58
Figura 32 - Corte transversal do edifício.....	59
Figura 33 - Alçado Norte do edifício.	59
Figura 34 - Alçado Sul do edifício.	59
Figura 35 - Imagem satélite do edifício em caso de estudo. [37].....	61
Figura 36 - Dados climáticos de referência para Lisboa. [38]	62
Figura 37 - Zonas de inverno (esquerda) e verão (direita). [38]	63
Figura 38 - Perfis de ocupação adotados ao longo do edifício: bar (esquerda) e restantes espaços (direita) - HAP.....	67
Figura 39 - Perfil de iluminação adotado ao longo do edifício - HAP.....	68
Figura 40 - Perfil de utilização de equipamentos adotado ao longo do edifício - HAP.	69
Figura 41 - Corte conceptual da solução de insuflação de ar novo adotada (ventilação natural). ...	80
Figura 42 - Ducto de insuflação de ar novo diretamente proveniente do exterior (ventilação natural).	81
Figura 43 - Esquema de insuflação de ar novo em cada espaço.	81
Figura 44 - Solução de climatização recorrente adotada: sistema de superfície radiante de teto.....	82
Figura 45 - Introdução de um espaço climatizado - HAP	86
Figura 46 - Introdução das cargas internas e ocupação – HAP.....	87
Figura 47 - Caracterização da envolvente - HAP.....	87
Figura 48 - Introdução da cobertura - HAP.....	88
Figura 49 - Perfil de temperaturas de um espaço não climatizado, em função das condições exteriores - HAP.	89

Figura 50 - Caracterização de espaços não climatizados adjacentes verticalmente – HAP.	89
Figura 51 - Condições interiores de projeto do piso 0 - HAP.	91
Figura 52 - Parâmetros de cálculo do sistema de VC's - HAP.	92
Figura 53 - Diagrama de principio do funcionamento do sistema de AVAC do piso 0.	97
Figura 54 - Especificações da bomba de calor reversível selecionada.	100
Figura 55 - Planta do Piso 0 - DB.	103
Figura 56 - Planta do Piso 1 - DB.	103
Figura 57 - Modelo 3D do edifício - DB.	103
Figura 58 - Introdução das cargas internas, ocupação e temperaturas interiores – DB.	104
Figura 59 - Introdução dos elementos construtivos - DB.	105
Figura 60 - Introdução das camadas dos elementos construtivos - DB.	106
Figura 61 - Coeficiente global de transmissão térmica de elementos construtivos - DB.	106
Figura 62 - Convecção dos elementos construtivos - DB. [36].	107
Figura 63 - Corte transversal do modelo criado para verificação dos elementos construtivos atribuídos – DB.	107
Figura 64 - Introdução dos vãos envidraçados e grelhas exteriores - DB.	108
Figura 65 - Propriedades dos vãos envidraçados - DB.	109
Figura 66 - Propriedades da iluminação do edifício - DB.	109
Figura 67 - Sistemas de climatização possíveis de utilizar – DB.	110
Figura 68 - Introdução dos sistemas de climatização a adotar - DB.	111
Figura 69 - Evolução horária dos ganhos internos de um espaço - DB.	116
Figura 70 - Cargas térmicas provenientes dos elementos construtivos e da solução de ventilação natural adotada - DB.	117
Figura 71 - Comportamento energético da envolvente em relação às condições exteriores - DB.	118
Figura 72 - Ganhos internos e externos segundo uma análise horária de um espaço – DB.	119
Figura 73 - Seleção do template de simulação energética mais adequado para o piso 0 - DB.	125
Figura 74 - Camada de fixação do sistema de teto radiante – DB.	126
Figura 75 - Representação gráfica dos sistemas de climatização do piso 0 - DB.	126
Figura 76 - Seleção do template de simulação energética mais adequado para o piso 1 - DB.	127

Figura 77 - Representação gráfica dos sistemas de climatização do piso 1 - DB.	128
Figura 78 - Primeira aproximação efetuada ao sistema de climatização do piso 0 - DB	128
Figura 79 - Versão beta do DesignBuilder utilizada na simulação dinâmica.....	129
Figura 80 - Solução adotada para o circuito de água aquecida (piso 0) – DB.	130
Figura 81 - Solução adotada para o circuito de água arrefecida (piso 0) – DB.....	130
Figura 82 - Temperaturas interiores e humidade relativa obtida anualmente para o piso 0 – DB.	132
Figura 83 - Índices PMV-PPD obtidos anualmente para o piso 0 - DB.....	133
Figura 84 - Temperaturas interiores e humidade relativa obtida anualmente para o piso 1 – DB.	134
Figura 85 - Índices PMV-PPD obtidos anualmente para o piso 1 - DB.....	134
Figura 86 - Balanço energético anualmente obtido para o piso 0 - DB.	136
Figura 87 - Balanço energético anualmente obtido para o piso 1 - DB.	136
Figura 88 - Ganhos internos obtidos anualmente para o piso 0 - DB.....	137
Figura 89 - Ganhos internos obtidos anualmente para o piso 1 - DB.....	138
Figura 90 - Horas de desconforto anuais obtidas - DB.	139
Figura 91 - Consumos energéticos anuais obtidos conforme cada categoria - DB.....	140
Figura 92 - Consumo energético médio anual por metro quadrado – DB.....	140
Figura 93 - Proposta alternativa à solução adotada - DB.....	141
Figura 94 - Conforto térmico obtido no piso 0 pela proposta alternativa - DB.....	142
Figura 95 - Conforto térmico obtido no piso 1 pela proposta alternativa – DB.....	143
Figura 96 - Consumos energéticos anuais obtidos conforme cada categoria perante a proposta alternativa - DB.	145
Figura 97 - Horas de desconforto anuais obtidas perante a proposta alternativa - DB.	146

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resistências térmicas superficiais de referência (Adaptado de [9]).....	15
Tabela 2 - Valores de coeficiente de transmissão térmica convencionais para vãos envidraçados – sem caixilharia (adaptado de [8]).....	17
Tabela 3 - Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão (adaptado de [11]).....	19
Tabela 4 - Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar [11].	20
Tabela 5 - Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar moveis se encontram totalmente ativados [11].....	21
Tabela 6 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento (adaptado de [11]).	22
Tabela 7 - Atividade metabólica para várias atividades – ASHRAE 1997 (adaptado de [12]).....	28
Tabela 8 - Isolamento térmico derivado de combinações de vestuário (adaptado de [12]).	28
Tabela 9 - Valores convencionais de densidades de iluminação (adaptado de [18]).	29
Tabela 10 - Escala sétima de sensação térmica. [20]	32
Tabela 11 - Categorias de ambientes térmicos I, II, III e IV da norma EN 15251 análogas às categorias presentes na norma ISO 7730 (adaptado de [21]).	33
Tabela 12 - Índices PMV-PPD recomendados conforme o tipo de categoria. [21]	34
Tabela 13 - Temperaturas de operação recomendadas para dimensionamento de sistemas de AVAC em edifícios (adaptado de [21]).....	34
Tabela 14 - Gama de temperaturas recomendadas para cálculo energético. (adaptado de [21]).....	35
Tabela 15 - Vantagens e desvantagens da utilização de sistemas de expansão direta (DX) (adaptado de [28]).	44
Tabela 16 - Lista de Salas completa do edifício.....	60
Tabela 17 - Composição dos vãos envidraçados do edifício.....	64
Tabela 18 - Ocupação dos espaços climatizados do edifício.	65
Tabela 19 - Densidades de iluminação utilizados. [18].....	67
Tabela 20 - Densidades de potência de equipamentos utilizados. [18].....	68
Tabela 21 - Valores de eficácia de ventilação (adaptado de [8]).	70
Tabela 22 - Caudal de ar novo mínimo em função da ocupação (adaptado de [8]).	72

Tabela 23 - Caudal de ar novo mínimo em função da situação do edifício (adaptado de [8]).	73
Tabela 24 - Caudal de ar novo mínimo segundo a categoria do edifício (adaptado de [21]).	74
Tabela 25 - Caudal de ar novo mínimo segundo as emissões de edifício (adaptado de [21]).	74
Tabela 26 - Caudais mínimos de extração. [8].	75
Tabela 27 - Caudais de ar novo e extração adotados ao longo do edifício.	76
Tabela 28 - Condições interiores de projeto consideradas.	84
Tabela 29 - Perfil de temperaturas e fatores de correção em radiação a introduzir no HAP. [39] [40] [41].	85
Tabela 30 - Carga térmica interna e potência de pico necessária por parte do sistema de AVAC.	93
Tabela 31 - Potência térmica de aquecimento e arrefecimento dos painéis radiantes Giacomini.	95
Tabela 32 - Carga térmica necessária por parte da climatização de reforço em arrefecimento.	96
Tabela 33 - Carga térmica necessária pela climatização de reforço em aquecimento e caudais de água dos VC's.	98
Tabela 34 - Ventiloinflectores (climatização de reforço) seleccionados para o piso 0.	99
Tabela 35 - Unidade exterior VRF (condensador) seleccionado para o piso 1.	101
Tabela 36 - Unidades interiores VRF seleccionadas para o piso 1.	101
Tabela 37 - Cargas térmicas internas e potências de pico necessárias por parte do sistema de AVAC em aquecimento (Heating Design) - DB.	112
Tabela 38 - Potências de pico necessárias por parte do sistema de AVAC em regime de arrefecimento (Cooling Design) – DB.	114
Tabela 39 - Cargas térmicas internas (de pico) em regime de arrefecimento (Cooling Design) - DB.	115
Tabela 40 - Comparação entre os resultados das cargas térmicas obtidos em DB e HAP.	120
Tabela 41 - Potências térmicas dos equipamentos adotados na proposta alternativa - EnergyPlus.	144

Capítulo 1. Introdução

No primeiro capítulo serão abordadas as temáticas essenciais ao desenvolvimento do trabalho a desenvolver sendo para isso feito um enquadramento do tema, apresentados os objetivos e a respetiva estrutura do documento a apresentar.

1.1. Enquadramento do tema

Com o crescente aumento da dependência energética tanto de origem fóssil como principalmente de energia proveniente de fontes renováveis, é extremamente importante adotar soluções sustentáveis de modo a reduzir cada vez mais a pegada ecológica resultante da utilização de recursos naturais que são cada vez mais escassos.

Com o tendencial aumento dos custos energéticos é, principalmente nos dias de hoje, importante racionalizar a energia despendida ao conforto térmico que se pretende atingir em residências e edifícios no geral. Em Portugal, cerca de 30% do consumo energético total deve-se ao setor dos edifícios sendo que mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética [1].

Estas medidas passam não só pela adoção de novas práticas como também pelo reaproveitamento de recursos já utilizados através da reabilitação de edifícios, habitações, em que é possível incorporar sistemas energeticamente sustentáveis com requisitos mínimos de eficiência energética. Ao desenvolver novas práticas existem, inerentemente, vantagens para o meio ambiente através da redução da emissão de gases com efeito de estufa, e não só, como também sociais e políticas sendo que Portugal em 2019 foi o 4º país com o menor consumo de energia primária por habitante, com uma redução de 29,2% face à média da EU, mantendo a mesma posição no consumo de energia final per capita, com uma redução de 22,7% face à média da UE, mostrando assim uma evolução e aposta no aproveitamento de fontes de energia limpas, perante outros países-membros. De acordo com a diretiva 2009/28/CE sobre a incorporação de energias renováveis, em 2019, Portugal foi o 4º país da EU com maior quota de eletricidade proveniente de fontes de energia renovável [2].

Relativamente aos consumos energéticos associados ao setor de edifícios, existe o sistema de certificação energética dos edifícios – SCE, que permite aferir o desempenho energético de um imóvel através da emissão de um certificado energético onde consta o cálculo dos consumos anuais de energia previstos e qualifica a qualidade do ar interior, sendo assim avaliado o desempenho energético de um edifício e o custo associado ao conforto térmico que se pretende atingir [1].

Tendo em conta o peso associado ao aquecimento e arrefecimento de edifícios a nível de consumo energético total, a medida mais apropriada à redução destes custos passa pelo aumento da eficiência energética destes estabelecimentos, quer sejam novos ou reabilitados, promovendo o maior conforto e menor consumo energético possível, através de soluções construtivas e o devido projeto de climatização. A presente dissertação baseia-se precisamente num projeto de AVAC feito, para um edifício, em gabinete de engenharia onde se pretende avaliar as soluções adotadas de modo a aferir possíveis alterações ao projeto, através de simulação energética do edifício, com base em conhecimentos adquiridos ao longo de um estágio profissional realizado no gabinete em causa, procurando sempre reduzir o consumo energético final mantendo as mesmas condições de conforto.

1.2. Motivação e objetivos

A área de energia, refrigeração e climatização é uma área em constante desenvolvimento sendo que existem várias soluções para um problema e compete a cada projetista avaliar qual a mais rentável e vantajosa com base nas preferências de cada cliente e, sem esquecer, a legislação em vigor.

O estágio de natureza profissional efetuado em gabinete proporcionou uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo de todo o percurso académico efetuado, no âmbito do mercado de trabalho, tendo ainda sido possível obter conhecimentos de sistemas de climatização pouco recorrentes pelo que foi possível adquirir competências essenciais a uma carreira profissional em áreas para além de AVAC. Assim, destacam-se algumas vertentes contempladas pelo estágio:

- Consultoria/Documentação técnica;
- Cálculo termodinâmico e de Engenharia no geral;
- Análise de condições e soluções de projeto;
- Desenvolvimento de um caso de estudo.

O caso de estudo a desenvolver baseia-se num projeto de AVAC efetuado aos estúdios FCCN pertencentes ao campus do LNEC situado em Alvalade, Lisboa, e tem como objetivo principal a validação das soluções adotadas através da comparação direta entre o cálculo termodinâmico efetuado em gabinete e uma simulação energética do edifício através do software *DesignBuilder* a desenvolver ao longo do presente trabalho, tendo em conta os parâmetros e procedimentos considerados em gabinete e a legislação consultada.

Com base nos conhecimentos adquiridos ao longo do estágio, pretende-se que seja feita uma análise crítica ao projeto efetuado e, com base nos resultados obtidos, sugerir possíveis alterações ao projeto com base em estudos ao comportamento térmico do edifício.

1.3. Metodologia

O presente documento baseia-se num estágio profissional realizado na ACet – Antero Cardoso Engenharia Termodinâmica Lda, onde são feitos projetos de várias áreas para além da área de climatização. Ao longo do estágio, foi possível participar em vários projetos sendo os conhecimentos adquiridos aplicados agora a um caso de estudo, com maior profundidade, através do esclarecimento das principais etapas do projeto efetuado, tal como acontece em qualquer projeto feito em gabinete.

No âmbito de dissertação, será abordado o software de simulação energética utilizado e também todos os passos adotados à modulação e respetiva simulação, procurando sempre aproximar o estudo do comportamento térmico à realidade.

O caso de estudo é baseado no cálculo térmico realizado através do software *Carrier's Hourly Analysis Program* (HAP), reconhecido e certificado pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE). Pretende-se complementar o estudo efetuado em gabinete com a simulação energética a realizar pelo software *Design Builder* que recorre ao programa *EnergyPlus* para o cálculo termodinâmico.

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação está subdividida em 5 capítulos sendo o primeiro referente à introdução do tema em estudo, onde é descrita a motivação, objetivos e metodologia a adotar ao longo do documento.

O segundo capítulo é referente ao estágio profissional realizado sendo feita uma breve descrição da empresa, a sua metodologia de trabalho e também alguns dos projetos e trabalho desenvolvido ao longo do mesmo.

O terceiro capítulo introduz os tópicos abordados ao longo do trabalho desenvolvido, contextualizando os parâmetros de projeto adotados e os cálculos efetuados, perante o funcionamento da instalação.

O quarto capítulo descreve o caso de estudo analisado através da caracterização do edifício onde são descritos os parâmetros de projeto adotados e introduzido o processo de criação do modelo de simulação, para ambos os softwares.

No quinto capítulo é introduzida a criação do modelo de simulação e são apresentados os resultados obtidos ao longo da simulação energética. Posteriormente, é apresentada uma proposta alternativa ao projeto, com base na discussão dos resultados obtidos perante a simulação energética sendo, no último capítulo, feita uma síntese dos resultados obtidos em ambas as simulações energéticas onde é avaliada a viabilidade da proposta alternativa.

Capítulo 2. A empresa

No segundo capítulo pretende-se dar a conhecer a empresa onde foi realizado o estágio profissional assim como a metodologia da empresa, através das diversas áreas de projeto que a empresa domina sendo, por último, referidos alguns dos projetos e trabalhos desenvolvidos ao longo do estágio.

2.1. Descrição da empresa

O estágio profissional foi realizado na empresa ACet – Antero Cardoso, Engenharia Termodinâmica Lda, localizada na Tapada das Mercês, em Sintra e foi fundada em Janeiro de 1995 sendo, atualmente, o seu logotipo representado na Figura 1.



Figura 1 - Logotipo da empresa.

A empresa é conhecida pela elaboração e consultoria de projetos de Instalações Especiais sendo que a sua atividade inclui também serviços de preparação/coordenação e fiscalização de obras assim como gestão da manutenção de edifícios e complexos industriais. Destacam-se assim algumas das áreas de especialização da empresa:

- Climatização e Ventilação;
- Aquecimento Central;
- Vapor Limpo e Industrial;
- Ar Comprimido e Vácuo;
- Gases Industriais e Medicinais;
- Águas e esgotos;
- Redes de Eletricidade, comunicações e dados;
- Controlo e Gestão Técnica Centralizada;
- Entre outras.

Através do estágio curricular realizado é possível destacar a indústria farmacêutica onde são feitos alguns dos projetos de maior dimensão para os seus principais clientes nomeadamente Hikma – Farmacêutica Portugal, Hovione, Bial, Vifor Pharma, entre outras. Nestes projetos, de enorme dimensão, destacam-se algumas das áreas acima descritas tais como climatização e ventilação, redes de eletricidade e comunicações, gases industriais e medicinais, ar comprimido e vácuo, águas e esgotos, entre outras, uma vez que muitos destes projetos são feitos de raiz e onde se concentram grande parte das áreas de especialização da empresa, envolvendo várias engenharias.

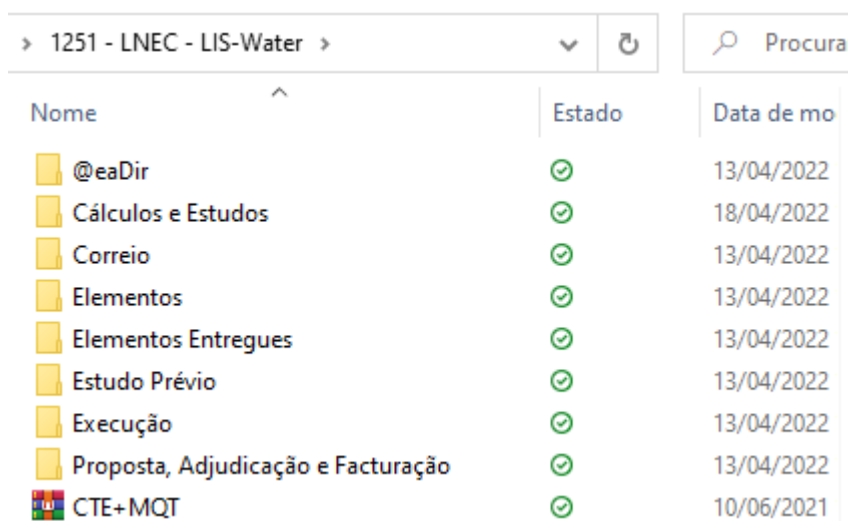
A empresa cumpre atualmente a sua atividade profissional com cerca de 13 pessoas, incluindo estagiários, sendo estes engenheiros mecânicos, eletrotécnicos e desenhadores técnicos sendo as várias áreas de especialização conjugadas entre estes, ao longo das várias etapas de projeto.

2.2. Metodologia da empresa e conceitos de projeto

A organização e elaboração de um projeto de execução em gabinete é feita segundo o Código dos Contratos Públicos (CCP) e complementarmente a Portaria nº.701-H/2008 de 29 de Julho sendo essencial que toda a documentação esteja organizada de acordo com as diversas fases de desenvolvimento do projeto. Segundo a Portaria nº. 701-H/2008, o projeto desenvolve -se de acordo com as fases a seguir indicadas, podendo, algumas delas, ser dispensadas de apresentação formal, por especificação do caderno de encargos ou acordo entre o Dono da Obra e o Projetista [3]:

- a) Programa base;
- b) Estudo prévio;
- c) Anteprojecto;
- d) Projeto de execução e Assistência técnica.

Ao longo do estágio curricular comprovou-se um padrão de organização entre os vários projetos participados, de acordo com a portaria acima descrita, tal como acontece na documentação entregue para o presente caso de estudo, conforme a Figura 2.



Nome	Estado	Data de mo
@eaDir	✓	13/04/2022
Cálculos e Estudos	✓	18/04/2022
Correio	✓	13/04/2022
Elementos	✓	13/04/2022
Elementos Entregues	✓	13/04/2022
Estudo Prévio	✓	13/04/2022
Execução	✓	13/04/2022
Proposta, Adjudicação e Facturação	✓	13/04/2022
CTE+MQT	✓	10/06/2021

Figura 2 - Organização da documentação técnica usada em projetos.

Para cada projeto realizado em gabinete, é no projeto de execução que se encontram todas as especialidades envolvidas num processo/projeto em que a empresa define através de duas pastas: “PE – Peças escritas” e “PD – Peças desenhadas” sendo que para além da divisão das especialidades, existe ainda a pasta “Geral” nas peças escritas, comum a todas as especialidades onde são conhecidas as listas de documentos e lista de salas.

Nas peças desenhadas, encontram-se todos os diagramas elaborados ao longo do projeto, para qualquer das áreas envolvidas, em ficheiros AutoCAD (.dwg) sendo que em projetos mais recentes que o presente caso de estudo, cada vez mais há o recurso a software tridimensional BIM para projetos de maior dimensão, em que a empresa está em constante investimento na aprendizagem e adoção de software Revit também como meio de comunicação com clientes e empreiteiros.

Na pasta de peças escritas, para cada especialidade, existe toda a documentação técnica necessária para o projeto nomeadamente as “Fichas técnicas”, “Memória Descritiva”, “Mapa de Quantidades” e “Estimativa Orçamental”.

Lista de Documentos

No ficheiro “Lista de Documentos” são descritos todos os documentos existentes no projeto e as respetivas revisões efetuadas até à data de entrega. Este ficheiro serve como um índice a todo o projeto efetuado sendo os vários documentos entregues distribuídos através de separadores/especialidades a que cada um destes corresponde. A nomenclatura e numeração destes documentos é feita segundo as normas da empresa, de modo que cada documento seja facilmente identificado em qualquer projeto.

Lista de Salas

A “Lista de Salas” representa a listagem de todas as salas que compõem um projeto onde é conhecida toda a informação sobre a arquitetura (áreas, pé direito e volume) e numeração das salas (por piso). Na eventualidade de não haver a devida identificação de cada sala no início do projeto, cabe ao projetista elaborar a numeração das mesmas de modo que a descrição seja curta e objetiva sendo assim a localização e o propósito de cada sala facilmente perceptível.

Se o processo/projeto incluir a especialidade de AVAC, é na lista de salas que são conhecidas as principais condições de projeto através de dois separadores: “Dados para AVAC” e “Cálculos de AVAC”. No primeiro separador são conhecidas as cargas internas consideradas para cada sala através da potência de dissipação térmica de equipamentos ou, na eventualidade de não serem conhecidos os equipamentos que integram cada sala, poderá ser estimada uma potência térmica de dissipação por metro quadrado. Ainda neste separador são também conhecidas as condições interiores pretendidas para cada sala tais como: temperatura, humidade relativa, pressão relativa, sendo também referidos os caudais de ar novo e de extração localizada calculados. De notar que todas as considerações feitas provêm da experiência dos vários projetistas tendo sempre em conta a legislação em vigor e as normas adequadas. No segundo separador, são apresentados os cálculos efetuados relativamente à distribuição dos caudais de ar atribuídos a cada sala com base no mapa de pressões efetuado, cálculo de fugas de ar e software HAP (caudais recomendados por vezes superiores às necessidades previamente estabelecidas).

Na eventualidade do processo recorrer à especialidade de IFI (Instalações de Fluidos Industriais), serão atribuídos separadores para cada tipo de fluido existente onde são conhecidos os consumos por cada equipamento a ser alimentado, parâmetros específicos de cada fluido (temperatura, pressão) e coeficientes de utilização/simultaneidade. Esta informação é posteriormente utilizada para o dimensionamento de tubagem, válvulas e afins necessários ao funcionamento da instalação.

Fichas técnicas

As fichas técnicas a serem entregues correspondem ao documento onde estão descritos todos os equipamentos necessários e as suas especificações técnicas tais como a legislação/normas aplicadas, características de funcionamento e construtivas, quantidades e dimensões.

Memória Descritiva

A memória descritiva permite descrever o âmbito do projeto, zonas, fases, meios e métodos de intervenção, cálculos e considerações efetuadas, regulamentação aplicável e legislação em vigor, condições técnicas especiais diferentes entre projetos, entre outros.

Mapa de Quantidades e Estimativa Orçamental

A estimativa orçamental é elaborada com base no mapa de quantidades onde é referido todos os equipamentos necessários ao projeto, conforme as fichas técnicas, os materiais necessários e respetivas quantidades sendo posteriormente atribuídos os valores unitários a cada um destes elementos de modo a obter a estimativa do custo total de obra.

Lista de Pontos

Na pasta de peças desenhadas, são apresentados todos os diagramas de princípio, implementação, redes de condutas e tubagens e diagramas P&ID (tubulações e instrumentação). A lista de pontos permite dar a entender as funções dos controladores utilizados ao longo de todo o projeto assim como permite definir os parâmetros de funcionamento dos mesmos. Desta forma, o instalador terá uma melhor noção do objetivo de utilizar determinados controladores assegurando assim a correta montagem dos mesmos.

2.3. Trabalho desenvolvido ao longo do estágio

O estágio deu início em Outubro de 2021 em regime de tempo parcial sendo os primeiros 5 meses introdutórios ao enquadramento da metodologia de trabalho da empresa. O início do estágio passou por uma introdução aos procedimentos da empresa, através da elaboração de documentos técnicos (fichas técnicas), organização de catálogos de equipamentos e acessórios, estimativas orçamentais e respetivos mapas de quantidades, biblioteca de elementos utilizados em vários projetos, folhas de cálculos utilizadas, conhecimento da legislação e regulamentação aplicável, entre outras.

Durante este tempo, foi também possível adquirir conhecimentos básicos de desenho, controlo e instrumentação, software AutoCAD, organização de projetos/processos, contacto direto com revendedores, entre outras, culminando assim algumas das aprendizagens aprendidas ao longo da licenciatura com, agora, as práticas recorrentes da empresa, permitindo assim ter consciência da relação real entre projetistas, empreiteiros, arquitetos e clientes finais através da presença em reuniões de cariz profissional.

Atividades desenvolvidas

A indústria farmacêutica foi a área predominante de projeto experienciada ao longo de todo o estágio, destacando-se algumas das atividades desenvolvidas:

- Hovione - Estudo de caudais de ventilação natural através de software CONTAM na cobertura de um edifício, onde fica situada a sala técnica, através da aplicação de louveres (grelhas exteriores) com diferentes configurações e elaboração da memória descritiva. Elaboração de fichas técnicas para as diferentes engenharias envolvidas nos vários projetos (Macau e Portugal).
- Genibet – Seleção de UTAs com base em parâmetros de cálculo obtidos em projeto e respetiva construção das fichas técnicas.
- Vifor Pharma – Participação na estimativa orçamental através da consulta de catálogos e construção do respetivo mapa de quantidades.
- Farmalabor – Caracterização dos vários espaços climatizados a nível de equipamentos utilizados, parâmetros de cálculo e condições de projeto de acordo com a legislação aplicável, levantamento da lista de salas através da arquitetura e construção do ficheiro HAP.

Em concordância com algumas das atividades desenvolvidas, foi possível participar no processo de construção de diagramas de funcionamento, princípio e controlo, que representam algumas das principais dificuldades na elaboração de um projeto devido a adversidades tanto a nível da arquitetura de uma instalação, como a própria finalidade de cada espaço onde se envolve várias áreas de engenharia e as soluções adotadas tornam-se bastante complexas.

Capítulo 3. Comportamento térmico e energético em edifícios

Neste capítulo serão descritas todas as possibilidades de atingir o conforto térmico desejado em edifícios. Primeiramente serão abordados os processos de transferência de calor e respectivo cálculo de coeficientes de transmissão térmica a partir do qual se dão as perdas e ganhos de energia a considerar no dimensionamento de um sistema de AVAC com o intuito de tentar atingir a melhor condição de conforto possível. Adicionalmente serão também apresentados os principais sistemas de climatização responsáveis pela introdução da carga térmica nos vários espaços que compõem um edifício sendo, por fim, abordado os softwares de cálculo utilizados ao longo da presente dissertação.

3.1. Processos de transferência de calor

A partir do estudo da termodinâmica, sabe-se que a energia pode ser transferida por interação entre um sistema com o seu ambiente (vizinhança) sendo essa energia transferida através de trabalho e/ou calor [4].

No âmbito do presente caso de estudo, serão apenas descritos os processos de transferência de energia sobre a forma de calor que justificam todos os procedimentos efetuados ao longo do projeto nomeadamente a nível de cargas térmicas. Existem 3 processos de transferência de calor que caracterizam tanto os ganhos como as perdas de energia de um edifício sendo estes: condução, convecção e radiação.

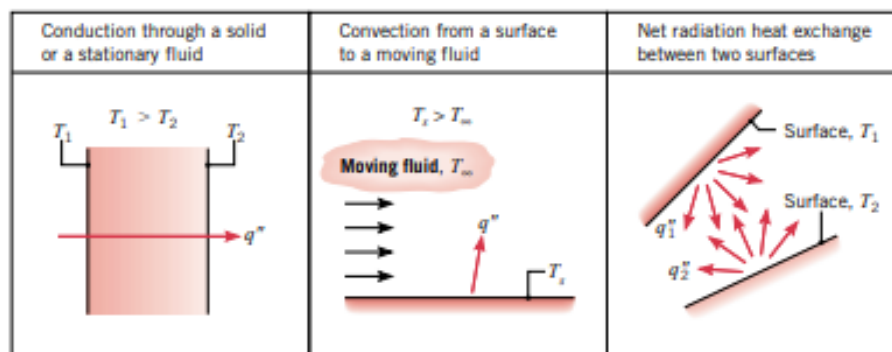


Figura 3 - Processos de transferência de calor: condução, convecção e radiação [4].

3.1.1. Condução

Sempre que existe um gradiente de temperatura entre dois sistemas, o calor flui sempre do corpo com temperatura superior para o corpo com temperatura mais baixa de acordo com a segunda lei da termodinâmica. O processo de transferência de calor por condução trata-se da transferência de energia a nível molecular e atômico entre dois corpos diferentes, através de um contacto direto, sendo as temperaturas mais altas associadas às moléculas mais energéticas e vice-versa. A condução dá-se sempre que há um gradiente térmico entre dois corpos e ambos estão em contacto pelo que o fluxo de calor é dado do corpo mais quente/energético para o corpo mais frio/menos energético [4].

O fluxo de calor transferido por condução é proporcional ao gradiente de temperatura e à área normal ao sentido do fluxo de calor (segundo uma direção x). Adicionalmente, o fluxo de calor depende também das propriedades térmicas de cada sistema pelo que é incrementado o coeficiente de condutividade térmica, que quantifica a condutividade do material pelo qual cada corpo é constituído. Assim sendo, o fluxo de calor por condução é definido pela Lei de Fourier, de acordo com a equação (3.1) [5]:

$$q_{cond} = -k \times A \times \frac{dT}{dx} \quad (3.1)$$

Onde:

q_{cond} – Fluxo de calor por condução [W];

k – Condutividade térmica do material [W/m.K];

A – Área normal ao sentido do fluxo de calor [m²];

$\frac{dT}{dx}$ – Gradiente de temperatura segundo uma direção x [K/m].

De notar que o sinal negativo se deve por consequência da segunda lei da termodinâmica em que o fluxo de calor é dado do corpo mais quente para o mais frio, isto é, um corpo ao dissipar energia por condução numa direção x apresenta um gradiente de temperatura negativo (arrefece) pelo que o sinal negativo permite caracterizar o sentido do fluxo de calor. Um fluxo de calor positivo resulta num fluxo dado segundo uma direção x sendo que um valor negativo representa num sentido contrário à direção x . De notar ainda que materiais com elevada condutividade térmica apresentam valores de k elevados e vice-versa, pelo que este coeficiente permite avaliar a tendência que um material apresenta em transferir calor, por condução.

A expressão do fluxo de calor (3.1) pode também ser traduzida em do fluxo de calor, por área, através da equação (3.2), sendo posteriormente necessário conhecer a área de transferência de calor caso se pretenda quantificar a energia ganha ou perdida através de um elemento.

$$q''_x = -k \times \frac{dT}{dx} \quad (3.2)$$

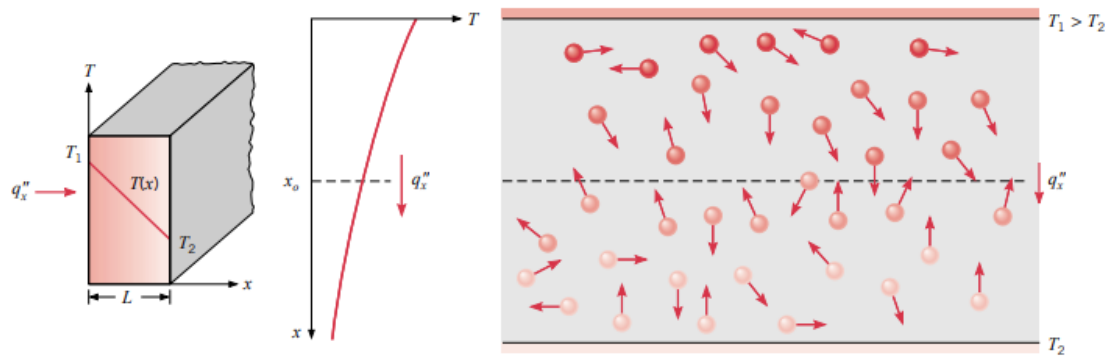


Figura 4 - Transferência de calor por condução através de uma parede - Perfil de temperaturas (adaptado de [4]).

3.1.2. Convecção

O processo de transferência de calor por convecção resulta de dois mecanismos: difusão e transporte e é dado através de fluidos no estado físico, gasoso e líquido. A difusão consiste na transferência de energia através do movimento aleatório das moléculas enquanto no transporte, a energia é transmitida através do movimento global, ou macroscópico, do fluido. Ao fornecer calor a um fluido, existe uma mudança a nível da interação das moléculas pelo que o gradiente de temperatura criado contribui para a transferência de calor, por convecção [5].

Uma vez que a densidade de um fluido depende da temperatura a que este se encontra, ao induzir um gradiente de temperatura criam-se condições para que haja movimento a nível molecular. Com o aumento da temperatura, a densidade da porção de fluido em contacto com, por exemplo uma placa aquecida, diminui havendo um movimento ascendente da porção do fluido aquecido e um movimento descendente de uma nova porção mais fria e, portanto, mais densa. A este fenómeno dá-se o nome de convecção natural, em que o gradiente de temperatura e de densidade é causado pelo contacto entre um fluido (mais frio) e uma superfície com temperatura superior, sendo que ocorre também a transferência de calor por condução na camada limite de contacto entre o fluido e a superfície. O aumento da dissipação/transferência de calor por convecção também pode ser induzido através da introdução de uma força externa sobre o fluido onde é forçado o movimento do mesmo, sobre a mesma placa aquecida por exemplo, através de um ventilador dando-se assim o fenómeno de

convecção forçada. O fluxo de calor por convecção pode ser quantificado através da equação (3.3) [5].

$$q''_{conv} = h_c \times (T_s - T_\infty) \quad (3.3)$$

Onde:

q''_{conv} – Fluxo de calor por convecção, por área [W/m²];

h_c – Coeficiente de transferência de calor por convecção [W/m².K];

T_s – Temperatura da superfície [K];

T_∞ - Temperatura do fluido [K].

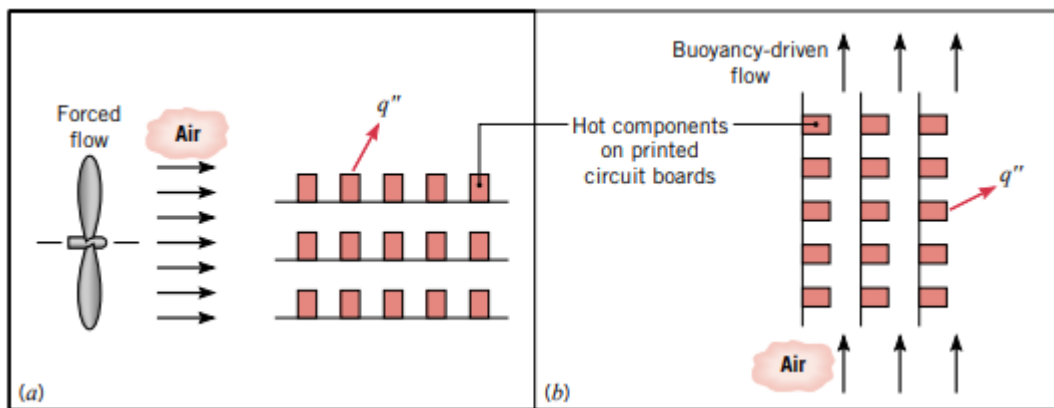


Figura 5 - Transferência de calor por convecção: a) forçada; b) natural [4].

A determinação do coeficiente de transferência de calor por convecção é complexa e depende de caso para caso, de condições de projeto, constrangimentos a nível de circulação de ar, quantidade de dissipação de calor necessária, caudal e qualidade do ar, entre outros.

3.1.3. Radiação

A radiação térmica trata-se da energia emitida por qualquer substância com temperatura absoluta superior a zero, para qualquer estado físico, através de ondas eletromagnéticas. Em contrário ao que se sucede durante a convecção e condução, a transmissão da energia sobre a forma de radiação não requer a existência de materiais ou substâncias sendo a sua transmissão até mais eficiente pelo vácuo [4].

A quantidade de energia emitida por uma superfície, por radiação, depende da temperatura absoluta e natureza dessa superfície. No caso de um corpo radiador perfeito, denominado de corpo negro, apenas a temperatura absoluta importa uma vez que toda a radiação sobre ele incidente é absorvida

e emitida, independentemente do comprimento de onda e do tipo de onda eletromagnética e é através deste pressuposto que foi definida a lei de Stefan-Boltzmann, através da equação (3.4) [5] [6]:

$$q_{rad} = \sigma \times A \times T^4 \quad (3.4)$$

Onde:

q_{rad} – Fluxo de calor por radiação [W]

σ – Constante de Stefan-Boltzmann [W/m²K⁴];

A – Área da superfície que emite radiação [m²];

T – Temperatura absoluta do corpo [K].

Na realidade, a emissão de energia sobre a forma de radiação depende da natureza da superfície (geometria, cor, acabamento superficial) uma vez que qualquer corpo real não cumpre os requisitos de um corpo negro, ideal, pelo que a emissão de energia radiativa depende da emissividade, ε (adimensional), do corpo sendo esse fator determinado através de ensaios experimentais e a lei de Stefan-Boltzmann ajustada a corpos reais de acordo com a equação (3.5).

$$q_{rad} = \varepsilon \times \sigma \times A \times T^4 \quad (3.5)$$

A troca radiativa entre dois corpos é dada a partir do momento em que há um gradiente térmico entre ambos sendo que o corpo com maior temperatura absoluta (ε_1 , A_1) emite e, portanto, perde energia até que seja atingido um equilíbrio térmico entre ambos sendo uma quantificação dessa energia obtida pela equação (3.6) [5].

$$q_{rad} = \varepsilon_1 \times A_1 \times \sigma \times (T_1^4 - T_2^4) \quad (3.6)$$

De notar que a equação (3.6) carece ainda das perdas por radiação entre os corpos e a envolvente que os rodeia, que deverão ser considerados num balanço térmico/energético.

3.2. Coeficiente global de transmissão térmica

Tendo sido apresentados os vários processos de transferência de calor, serão agora descritos os métodos adotados ao cálculo do coeficiente global de transmissão de calor para as várias componentes de um edifício nomeadamente paredes exteriores e interiores, coberturas e pavimentos, através dos quais o edifício ganha e perde energia, conforme a diferença entre a temperatura interior e exterior ao edifício.

Adicionalmente, será também feita referência às trocas de calor através de vãos envidraçados, através de um método de cálculo prático, quando a informação sobre os mesmos é reduzida, no entanto, quando é feita a seleção destes elementos, este coeficiente é normalmente conhecido e referido pelos fabricantes, sendo a sua aplicação ao cálculo dos ganhos/perdas de energia, direta.

3.2.1. Paredes exteriores e interiores, cobertura e pavimento

O coeficiente global de transmissão térmica U , obtido pela equação (3.7), define a habilidade global de barreiras condutivas ou convectivas para transmitirem calor. O coeficiente de transmissão térmica de um elemento construtivo pode ser calculado ou pode ser medido *in situ*, porém na fase de projeto, são já conhecidos e consultados os valores das condutibilidades térmicas de todos os elementos que constituem uma parede, por exemplo, de forma a permitir o cálculo da resistência térmica total [7].

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (3.7)$$

Onde:

U – Coeficiente global de transmissão térmica [$\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$];

R_t – Resistência térmica total do elemento construtivo [$\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$].

O cálculo da resistência térmica total de um determinado elemento construtivo, é efetuado segundo a norma EN ISO 6946, em conformidade com o manual SCE [8], através da equação (3.8).

$$R_t = R_{si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se} \quad (3.8)$$

Onde:

R_{si} – Resistência térmica superficial interior [$\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$];

R_i – Resistência térmica da camada i do elemento construtivo [$\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$];

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior [$\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$].

As resistências térmicas superficiais contemplam a transferência por calor dada por convecção e radiação entre o interior e o exterior de um elemento construtivo, sendo que estes valores diferentes conforme o sentido do fluxo de calor pelo que é possível adotar valores de referência obtidos experimentalmente e consultáveis no manual ITE 50 [9] em conformidade com o SCE.

Tabela 1 - Resistências térmicas superficiais de referência (Adaptado de [9]).

Sentido do fluxo de calor	Resistência térmica superficial [m ² .K/W]	
	Exterior R_{se}	Interior R_{si}
Horizontal	0,04	0,13
Vertical		
Ascendente	0,04	0,10
Descendente	0,04	0,17

Quanto à transferência de calor por condução entre as diversas camadas de um elemento construtivo, a resistência térmica de cada camada é obtida em função do coeficiente de condutibilidade térmica e da espessura de cada camada através da equação (3.9).

$$R_i = \frac{e_i}{k_i} \quad (3.9)$$

Onde:

e_i – Espessura da camada i [m];

k_i – coeficiente de condutividade térmica do material [W/m.K].

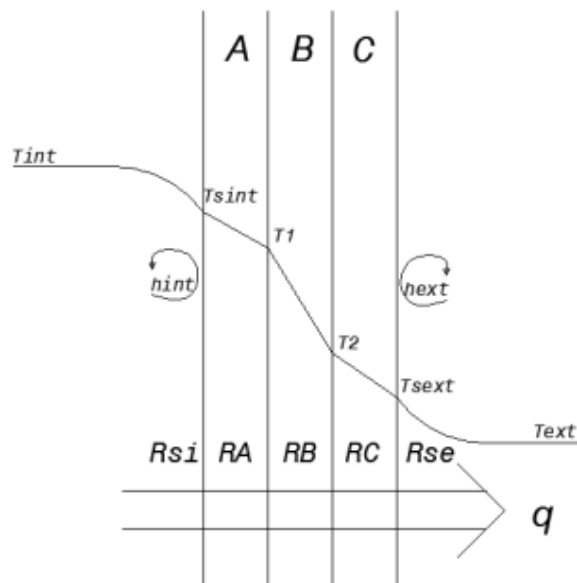


Figura 6 - Esquema representativo dos processos de transferência de calor numa parede [7].

Ao estabelecer todas as resistências térmicas, é então definido o coeficiente global de transmissão térmica através da equação (3.7) pelo que sabendo a diferença de temperatura entre o interior e exterior de um edifício e a área do elemento construtivo em estudo, é conhecido o fluxo de calor entre ambas as envolturas através da equação (3.10).

$$q = A \times U \times (T_{ext} - T_{int}) \quad (3.10)$$

Onde:

q – Fluxo de calor através de um elemento construtivo [W];

T_{ext} – Temperatura da envolvente exterior ao edifício/elemento construtivo [K];

T_{int} – Temperatura da envolvente interior do edifício/elemento construtivo [K].

De notar que o sinal do fluxo de calor resulta num ganho de energia, quando positivo e vice-versa, relativamente à envolvente que apresenta uma temperatura absoluta superior.

Em suma, quanto maior for o número de camadas que constituem um elemento construtivo, maior será a inércia térmica desse elemento e de um edifício no geral, resultando em ganhos/perdas de calor cada vez menores. Pretende-se, portanto, adotar materiais que para além de serem sustentáveis e terem um comportamento estrutural adequado, sejam bons isoladores térmicos (com pouca condutibilidade térmica) de modo a obstruir a passagem de calor entre o interior e exterior de um edifício, tornando-o mais eficiente.

3.2.2. Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados são também elementos construtivos nos quais se dá a transferência de calor pelos processos previamente descritos, no entanto, tratando-se de superfícies envidraçadas, a radiação solar incidente sobre estes elementos atinge diretamente o interior de um edifício pelo que para além do coeficiente de transmissão térmica, é também necessário definir o fator solar associado a estes elementos.

Quanto ao coeficiente de transmissão térmica, o procedimento a efetuar é semelhante ao previamente definido, no entanto, existem valores convencionais de cálculo para cada configuração tendo em conta a espessura do(s) vidro(s), espessura da câmara de gás e a existência, ou não, de dispositivos de proteção solar (cortinas interiores e tipo de persianas) sendo estes valores consultados no manual SCE [8].

Tabela 2 - Valores de coeficiente de transmissão térmica convencionais para vãos envidraçados – sem caixilharia (adaptado de [8])

Tipo de solução	U [W/(m².°C)]
Vidro simples	
Incolor 4 mm	5,80
Incolor 5 mm	5,80
Incolor 6 mm	5,80
Incolor 8 mm	5,80
Colorido na massa 4 mm	5,90
Fosco	5,90
Vidro duplo (exterior + interior)	
Incolor 4 a 8 mm + Incolor 4 mm	2,80
Incolor 4 a 8 mm + Incolor 5 mm	2,80
Refletante colorido na massa 4 a 5 mm + Incolor	2,80
Refletante colorido na massa 6 a 8 mm + Incolor	2,80
Refletante e baixo emissivo	1,90
Fosco	2,80

De modo a atingir uma maior eficiência energética, é possível desde já concluir que a utilização de vidros duplos resulta num menor fluxo de calor através destes elementos quando comparado à utilização de vidros simples e tal deve-se também ao facto de haver uma camada de gás inerte entre os vidros interiores e exteriores que, por apresentar uma baixa condutibilidade térmica, atua como uma camada isolante com a respetiva resistência térmica associada.

No manual SCE [8] é ainda feita referência ao ITE 50 (Anexo III) no qual é também possível obter valores convencionais de coeficientes de transmissão térmica considerando já o tipo de caixilharia pretendido nomeadamente madeira, metálica (tipicamente alumínio) e plástica (PVC).

Por fim, o fator solar define a percentagem de radiação incidente que atravessa um vão envidraçado e, portanto, atinge o interior de um edifício/local de forma direta ou indireta, sendo que quanto menor for o fator de sombreamento menor é o ganho de calor por radiação de um edifício [8]. O método de cálculo deste fator pode também ser consultado no manual SCE [9] sendo feita a distinção do fator

solar de verão e inverno uma vez que, conforme a estação do ano, a utilização de dispositivos de proteção solar pode ou não ser utilizada.

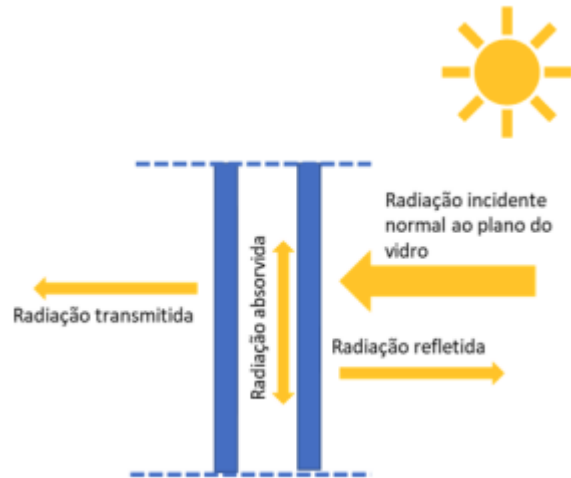


Figura 7 - Radiação incidente, absorvida, transmitida e refletida por um vão envidraçado [10].

Nas situações de vãos envidraçados com dispositivos de proteção solar totalmente ativados, o fator solar (g_T) deve ser determinado de acordo com as equações (3.11) ou (3.12), em função do tipo de vidro, considerando todos os dispositivos de proteção solar, do exterior para o interior, até ao primeiro dispositivo de proteção opaco [8] [10].

Vidro Simples

$$g_T = g_{\perp,vi} \times \prod_{i=1}^n \frac{g_{T,vc_i}}{0,85} \quad (3.11)$$

Vidro Duplo

$$g_T = g_{\perp,vi} \times \prod_{i=1}^n \frac{g_{T,vc_i}}{0,75} \quad (3.12)$$

Onde:

g_T – Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar totalmente ativados;

$g_{\perp,vi}$ - Fator solar da área transparente para uma incidência da radiação perpendicular ao vão envidraçado, obtido segundo a norma EN 410 ou conforme informação do fabricante. Na ausência de informação do fabricante, o valor de $g_{\perp,vi}$ pode ainda ser obtido por consulta da tabela 4 segundo o despacho n.º 15793-K/2013 [11], através das características do vidro;

g_{T,vc_i} - Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente ou móvel, totalmente ativado, para uma incidência solar normal à superfície do vidro conforme a tabela 3, segundo o despacho n.º 15793-K/2013 [11].

Tabela 3 - Fator solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão (adaptado de [11]).

Composição do vidro		$g_{L,vi}$
Vidro Simples	Incolor 4mm	0,88
	Incolor 5mm	0,87
	Incolor 6mm	0,85
	Incolor 8mm	0,82
	Colorido na massa 4mm	0,70
	Colorido na massa 5mm	0,65
	Colorido na massa 6mm	0,60
	Colorido na massa 8mm	0,50
	Refletante Incolor 4 a 8mm	0,60
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm	0,50
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm	0,45
Vidro Duplo (ext + int)	Incolor 4 a 8mm + Incolor 4 mm	0,78
	Incolor 4 a 8mm + Incolor 5 mm	0,75
	Colorido na massa 4mm + Incolor 4 a 8 mm	0,60
	Colorido na massa 5mm + Incolor 4 a 8 mm	0,55
	Colorido na massa 6mm + Incolor 4 a 8 mm	0,50
	Colorido na massa 8mm Incolor 4 a 8 mm	0,45
	Refletante Incolor 4 a 8mm + Incolor 4 a 8 mm	0,52
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm + Incolor 4 a 8 mm	0,40
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm + Incolor 4 a 8 mm	0,35
	Tijolo de Vidro	0,57

Tabela 4 - Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar [11].

Tipo de Proteção		g_{T,vc_i}					
		Vidro Simples			Vidros Duplos		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteções exteriores	Portada de madeira	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persiana de réguas de madeira	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
	Persiana de réguas metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
	Estore veneziano de lâminas de madeira	-	0,11	-	-	0,08	-
	Estore veneziano de lâminas metálicas	-	0,14	-	-	0,09	-
	Lona opaca	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
	Lona pouco transparente	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
	Lona muito transparente	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2
Proteções interiores	Estores de lâminas	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
	Cortinas opacas	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
	Cortinas ligeiramente transparentes	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
	Cortinas transparentes	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
	Cortinas muito transparentes	0,70	-	-	0,63	-	-
	Portadas opacas	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
	Persianas	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
	Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	-	-	-	0,28	0,34	0,40

Fator solar de verão

Na estação de arrefecimento considera-se que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram parte do tempo totalmente ativados, devendo o fator solar de verão (g_v) ser determinado através da equação (3.13). Esta converte-se nas equações (3.14) a (3.17), em função da existência de dispositivos de proteção solar e do seu tipo, móvel ou permanente.

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{Tp} \quad (3.13)$$

Existência apenas de dispositivos de proteção solar permanentes:

$$g_v = g_{Tp} \quad (3.14)$$

Existência de dispositivos de proteção solar permanentes e moveis:

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{Tp} \quad (3.15)$$

Existência apenas de dispositivos de proteção solar móveis:

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times F_{w,v} \times g_{\perp,vi} \quad (3.16)$$

Ausência de dispositivos de proteção solar:

$$g_v = F_{w,v} \times g_{\perp,vi} \quad (3.17)$$

Em que:

g_v – Fator solar de verão;

F_{mv} – Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar moveis se encontram totalmente ativados segundo a Tabela 5 ;

g_{Tp} - Fator solar do vão envidraçado com os dispositivos de proteção solar permanentes totalmente ativados;

$F_{w,v}$ – Fator de correção da seletividade angular de verão segundo a Tabela 6 .

Tabela 5 - Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar moveis se encontram totalmente ativados [11].

Orientação do vão	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O	H
F_{mv}	0	0,4	0,6	0,7	0,6	0,9

Tabela 6 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento (adaptado de [11]).

Orientação do vão	$F_{w,v}$					
	N	NE/NO	S	SE/SO	E/O	Restantes
Vidro plano simples	0,85	0,90	0,80	0,90	0,90	0,90
Vidro plano duplo	0,80	0,85	0,75	0,85	0,85	0,90

Fator solar de inverno

Na estação de aquecimento, de modo a maximizar os ganhos solares, considera-se que os dispositivos de proteção solar móveis nunca se encontram ativados sendo apenas necessário considerar a presença dos dispositivos permanentes, que pelo ser caráter fixo, não podem ser ignorados. Desta forma, caso o edifício possua proteções solares permanentes, o fator solar de inverno toma o valor do fator solar global (3.18). Na eventualidade de não haver proteções permanentes (3.19), o fator solar de inverno é igual ao fator solar do vidro (Tabela 3) multiplicado pelo fator de correção da seletividade angular de inverno com o valor de 0,90. [10]

Existência de dispositivos de proteção solar permanentes:

$$g_i = g_{Tp} \quad (3.18)$$

Inexistência de dispositivos de proteção solar permanentes

$$g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi} = 0,90 \times g_{\perp,vi} \quad (3.19)$$

Onde:

g_i – Fator solar de inverno;

$F_{w,i}$ – Fator de correção da seletividade angular de inverno, que toma o valor de 0,90.

3.3. Ganhos energéticos nos edifícios

Conhecidos os processos de transferência de calor e os meios de transporte de energia entre um edifício e a sua envolvente por diferença de temperaturas entre os mesmos, resta apenas considerar os ganhos de energia num edifício: ganhos internos e externos.

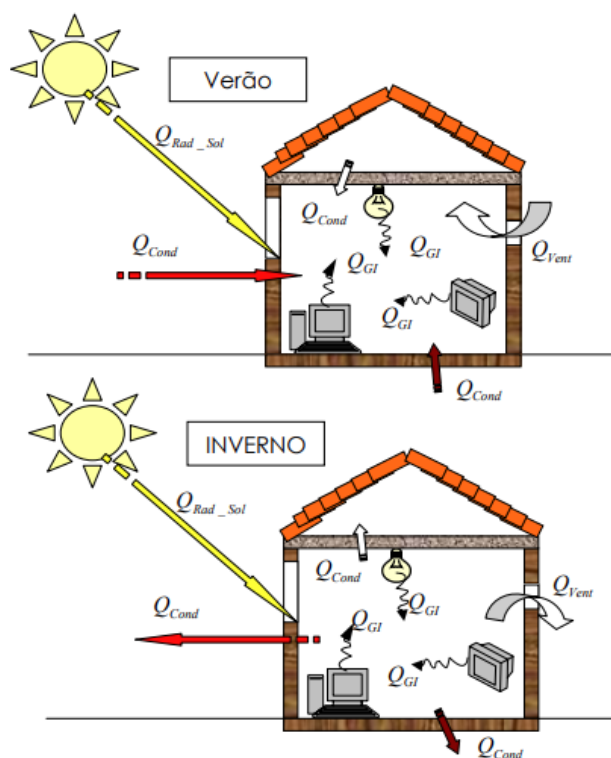


Figura 8 - Balanço energético de um edifício/local. [12]

Os ganhos internos de um edifício representam todas as fontes de energia calorífica que se encontram no seu interior nomeadamente: atividade humana, iluminação e equipamentos. Assim, conforme a função a que um local se destina, são considerados todos estes fatores a nível de ocupação (quantidade de pessoas) e atividade metabólica, tipo de iluminação utilizada e quantidade e diversidade de equipamentos utilizados. Os ganhos externos resultam da troca de energia entre o interior e o exterior de um edifício de acordo com os processos de transferência de calor previamente descritos, considerando também a radiação solar incidente.

A nível de iluminação e equipamentos que recorrem de energia elétrica para o seu funcionamento, existem valores convencionais que contabilizam a energia térmica adicionada a um edifício através de coeficientes de exaustão, simultaneidade e de potência podendo ser diferentes, para cada caso/projeto, as considerações efetuadas a nível de cálculo de potências internas, dadas por efeito de Joule, na produção de radiação luminosa assim como o tipo de equipamentos elétricos utilizados e a potência elétrica consumida/dissipada. [13]

Relativamente às pessoas, o calor resultante dos processos metabólicos do organismo, fruto do tipo de atividade física praticada, representam uma fração importante dos ganhos de calor sensível e latente de um edifício, podendo mesmo ser uma parcela dominante na carga de arrefecimento necessária em edifícios de grande ocupação, como teatros, cinemas, salas de concertos. [13]

3.3.1. Radiação solar

A energia solar é uma fonte de energia que atinge constantemente a superfície terrestre. Ao considerar uma superfície perpendicular à direção Sol-Terra, o sol irradia uma energia equivalente a 1376 W/m^2 , acima da atmosfera, denominada por constante solar, no entanto, uma porção dessa energia é refletida e difundida pelo que à superfície, após as perdas por absorção e reflexão na atmosfera, a energia proveniente do Sol é cerca de 1000 W/m^2 . [14]

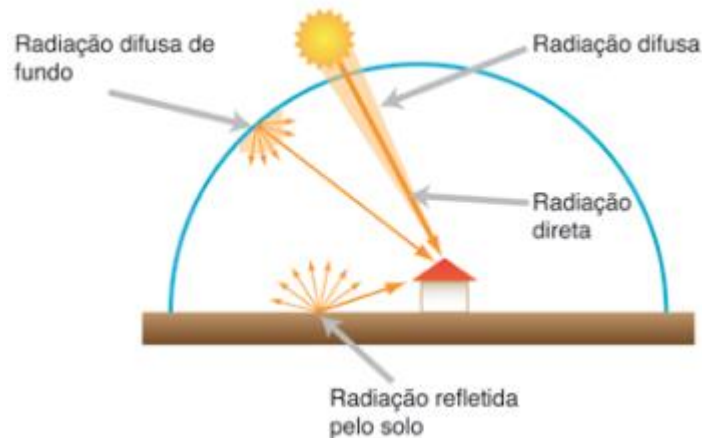


Figura 9 - Radiação solar na atmosfera (adaptado de [14])

A radiação disponível à superfície terrestre designa-se por radiação global e é constituída por radiação direta e difusa. A radiação direta é a radiação que chega diretamente do Sol sem ser obstruída por nenhum obstáculo, não sofrendo mudança de direção, sendo que ao atingir o solo é novamente refletida - radiação refletida ou indireta. A refletividade do solo designa-se por albedo e esta depende da composição e cor do solo. Por último, a radiação difusa é a radiação recebida indiretamente na superfície da Terra, sendo que esta chega aos olhos do observador a partir da difusão de moléculas de ar e partículas. [15]

A quantidade de energia solar que atinge um edifício depende do ângulo entre o sol e o edifício, denominado de ângulo solar. Quanto maior for o ângulo solar, menor é a dispersão de energia solar sobre a superfície terrestre, como acontece durante a estação de verão, pelo que maior será o ganho de energia de um edifício por radiação solar. Em oposição, durante o inverno o ângulo solar é menor pelo que o ganho de energia é também inferior.

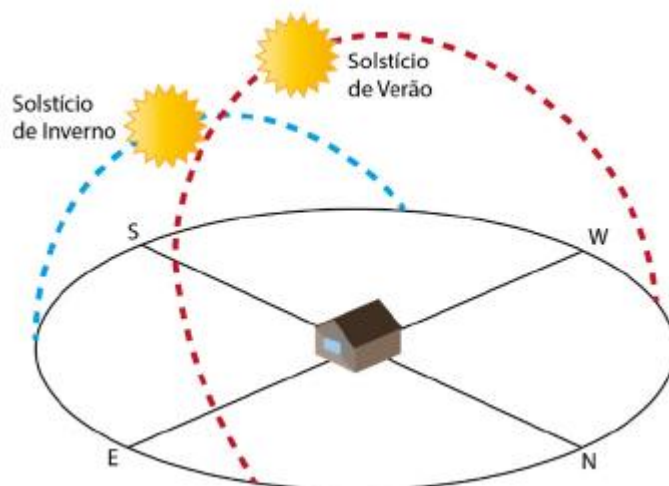


Figura 10 - Solstícios de verão e inverno (adaptado de [14])

Tanto a nível de arquitetura como de eficiência energética é vantajoso estudar a trajetória aparente do sol ao longo do ano de acordo com a posição geográfica do edifício em estudo principalmente devido à utilização de dispositivos de proteção solar.

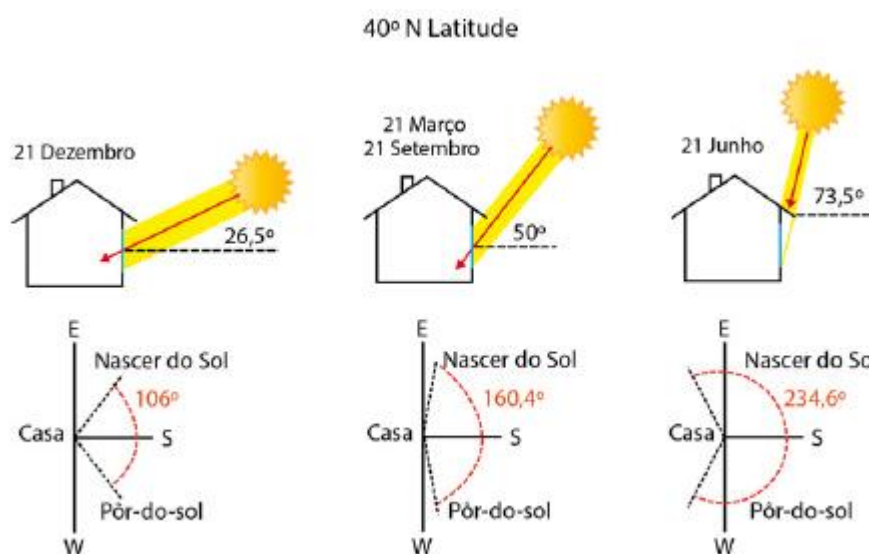


Figura 11 - Ângulo solar incidente sobre um edifício ao longo de um ano (adaptado de [14]).

A existência de dispositivos de proteção solar e a respetiva configuração adotada tem influência direta sobre a eficiência energética de um edifício. Como se pode verificar pela Figura 11, durante o inverno o ângulo solar é menor pelo que a radiação solar incidente sobre o vão envidraçado/edifício não é afetada pelas palas (sombreamentos) existentes o que é vantajoso a nível de climatização pois um ganho de energia por radiação solar resulta numa carga de aquecimento necessária menor e, portanto, em menores consumos energéticos por parte dos equipamentos de AVAC. Por oposição, durante o verão, uma vez que o ângulo solar é superior, o sombreamento criado pelas palas existentes é vantajoso a nível de climatização dado que não existe um ganho de energia por radiação direta e,

portanto, a carga de arrefecimento necessária é também menor assim como os consumos energéticos associados.

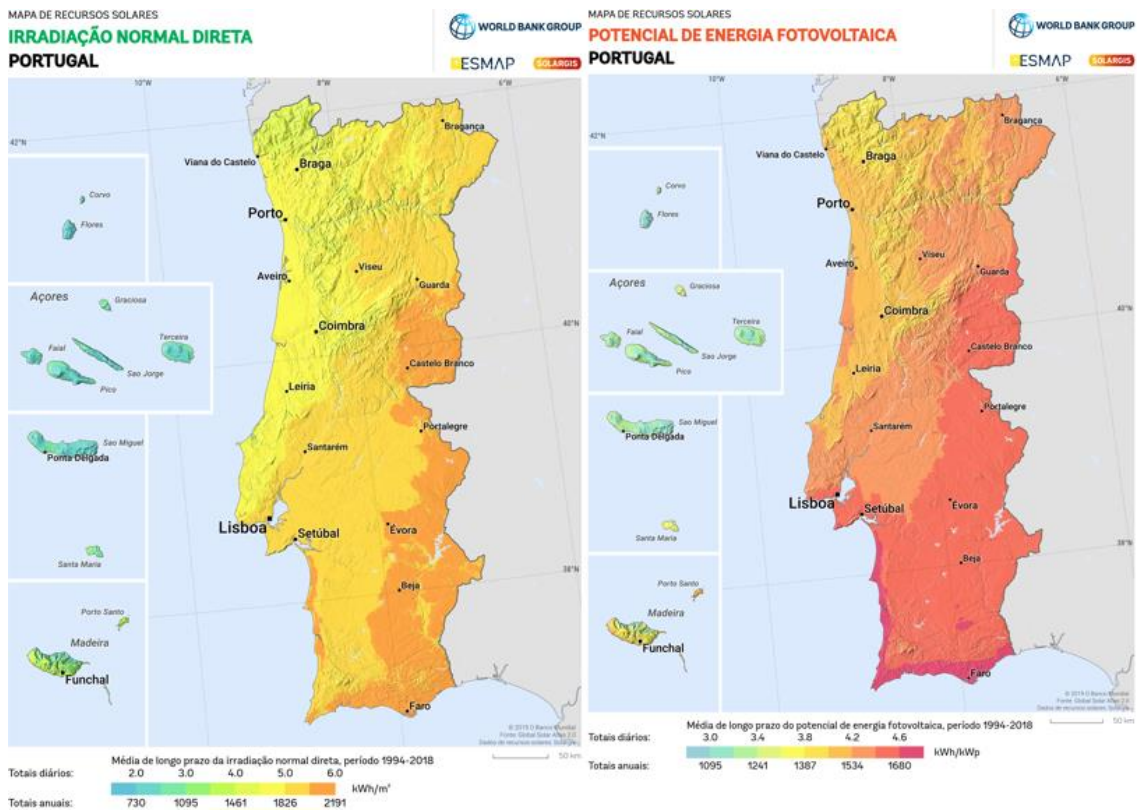


Figura 12 - Potencial energético de Portugal (adaptado de [16]).

Portugal é um país com elevada exposição solar e, portanto, com um número de horas de insolação considerável e uma quantidade de radiação solar global significativa pelo que apresenta um grande potencial energético. Assim, o sombreamento deverá ser considerado a nível de climatização e eficiência energética de um edifício assim como é importante considerar a exposição solar de coletores solares e painéis fotovoltaicos de forma a tirar proveito da energia solar para a produção de água quente e energia elétrica.

3.3.2. Ganhos internos de um edifício

Para além das condições exteriores a um edifício e da radiação solar incidente sobre o mesmo, é importante caracterizar os ganhos internos de um edifício conforme o seu nível de ocupação e atividade/função praticada, equipamentos utilizados e contabilizando também o ganho de energia por meio da iluminação utilizada. Caracterizando estes fatores, pretende-se atingir o melhor conforto térmico possível à custa do menor consumo energético possível.

Atividade metabólica

A troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente envolvente realiza-se através dos seguintes mecanismos:

- Convecção - Calor trocado pela diferença de temperatura entre a pele/roupa e o ar envolvente;
- Radiação – Calor trocado por radiação entre a pele/roupa e as superfícies envolventes devido à diferença de temperatura entre os mesmos;
- Respiração – Calor trocado com o ar ambiente devido à diferença de temperatura entre o ar inspirado e expirado;
- Evaporação – Calor dissipado para o ambiente devido à evaporação da água/suor à superfície da pele.

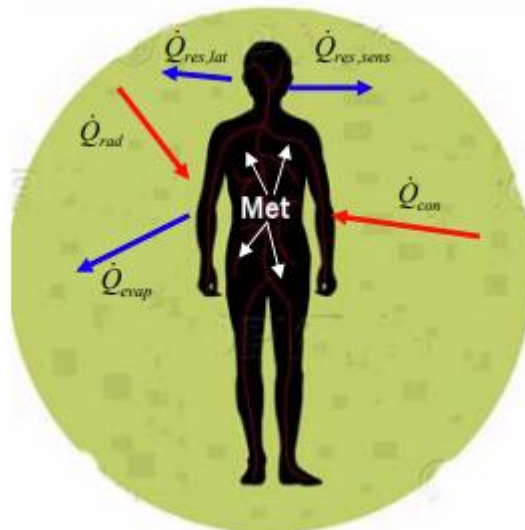


Figura 13 - Balanço térmico entre o corpo humano e o meio envolvente. [12]

O balanço térmico no corpo humano é dado em função da energia produzida no interior do corpo e das perdas térmicas para o exterior. A energia produzida no interior do corpo é denominada por atividade metabólica e depende do tipo de atividade praticada. A unidade utilizada para caracterizar a atividade metabólica é o met, que corresponde ao calor libertado por uma pessoa em descanso e que corresponde a um valor típico de $58\text{W}/\text{m}^2$ pelo que considerando uma área do corpo humano média de $1,8\text{ m}^2$, resulta uma taxa de calor de aproximadamente 100 W . [12]

Tabela 7 - Atividade metabólica para várias atividades – ASHRAE 1997 (adaptado de [12]).

Atividade	Met
Dormir	0,7
Sentado	1
Andar (1,2 m/s)	2,6
Escrever	1,1
Conduzir	1,2
Cozinhar	1,6 a 2
Dançar	2,4 a 4,4
Desportos	3,6 a 8,6

Um outro fator importante para o conforto térmico, para além do controlo da temperatura interior e a atividade metabólica de cada pessoa é também o tipo de vestuário utilizado dentro das instalações. A unidade utilizada para caracterizar o efeito de isolamento proporcionado pela roupa, no conforto térmico, é o clo que corresponde a uma resistência térmica de $0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Tabela 8 - Isolamento térmico derivado de combinações de vestuário (adaptado de [12]).

Vestuário	clo
Calções, camisa de manga curta	0,36
Calças, camisa de manga curta	0,57
Calças, camisa de manga comprida	0,61
Igual ao anterior mais casaco	0,96
Calças, camisa de manga comprida, T-Shirt, camisola	1,01
Igual ao anterior mais casaco	1,3
Saia até ao tornozelo, camisa de manga curta, meias, sandálias	0,54
Igual ao anterior mais casaco	1,1

De modo a atingir condições de conforto térmico ideais, o objetivo da climatização de edifícios passa por necessitar de vestuário com um nível de isolamento inferior, principalmente durante o inverno, quando comparado com as condições térmicas exteriores ao edifício.

Equipamentos e iluminação

Atualmente, a utilização de equipamentos e iluminação surgem tipicamente da utilização de energia elétrica como fonte de energia primária e como tal, parte da utilização dessa energia é utilizada para os fins a que estes equipamentos se destinam enquanto outra parte é diretamente dissipada para o meio envolvente devido ao rendimento/ineficiência associado a estes equipamentos.

Quanto à iluminação, um dos maiores avanços da atualidade surge com a utilização de lâmpadas LED uma vez que para um nível de iluminância semelhante, as lâmpadas LED apresentam maior eficiência e, portanto, consumos energéticos bastante inferiores comparativamente à utilização de lâmpadas incandescentes e fluorescentes. [17]

A quantificação dos ganhos internos de energia através da iluminação é normalmente definida em função do tipo de iluminação utilizada, quando conhecida, ou através de uma estimativa em função da área e atividade desempenhada de cada sala/espço sendo possível consultar valores convencionais de densidade de iluminação.

Tabela 9 - Valores convencionais de densidades de iluminação (adaptado de [18]).

Tipo de espaço	Densidade de Iluminação W/m²
Salas de aula	15
Lounge	13
Edifícios religiosos	18
Escritórios	12
Laboratórios	15
Sala de Exames	16

Quanto aos restantes equipamentos utilizados, é importante conhecer as suas características técnicas principalmente quando a função destes é muito específica. Um exemplo marcante ao longo do estágio curricular surgiu num levantamento de cargas térmicas de uma sala de ultracongeladores, em que vários equipamentos com parâmetros de operação semelhantes (temperaturas de congelação e capacidades semelhantes) resultavam em consumos energéticos consideravelmente diferentes pelo que os ganhos internos da sala seriam bastante sobredimensionados caso fosse considerado um ganho

interno igual para cada equipamento utilizado e tal deve-se também à evolução destes equipamentos a nível de eficiência energética, ao longo do tempo. No entanto, para os casos mais simples em que a função dos espaços é específica, é também possível adotar valores de referência que se aproximam à realidade, porém, uma boa prática de dimensionamento/projeto é caracterizar cada equipamento utilizado ao longo de um edifício, quando a informação é conhecida.

A energia térmica introduzida por equipamentos é normalmente definida em função do consumo energético total consumido (energia elétrica) e de coeficientes que permitem aproximar os perfis de utilização destes equipamentos uma vez que estes nem sempre estão a ser utilizados. A carga térmica de cada equipamento pode ser definida pela equação (3.20).

$$q_{eq} = P_{elet} \times F_P \times F_E \times F_S \quad (3.20)$$

Onde:

q_{eq} – Carga térmica introduzida por um equipamento [W];

P_{elet} – Potência elétrica consumida pelo equipamento [W];

F_U – Fator de potência;

F_R – Fator de exaustão;

F_C – Fator de simultaneidade.

O fator de potência pode ser descrito como sendo uma estimativa do consumo energético real de um equipamento uma vez que grande parte dos equipamentos não consomem a potência elétrica máxima que é referida pelos fabricantes [18]. O fator de exaustão descreve a porção da energia elétrica consumida por um equipamento que é dissipada para o meio envolvente tanto através de radiação como convecção. Ambos os fatores podem ser consultados em tabelas apresentadas pela ASHRAE onde são apresentadas estimativas reais de consumo e dissipação de energia para diversos tipos de equipamentos, por radiação e convecção. Por fim, o fator de simultaneidade permite definir a utilização típica de um determinado equipamento sendo que uma percentagem de 100% corresponde a uma utilização constante ao longo de um dia típico de trabalho, com o consumo elétrico associado também constantemente a ser consumido.

De notar que as cargas internas introduzidas pela ocupação (pessoas) e equipamentos não deve ser considerada durante a estação de aquecimento (inverno) pelos softwares de simulação uma vez que estes ganhos são favoráveis à carga de aquecimento necessária sendo que ao considerar estes fatores, resultam cargas de aquecimento necessárias inferiores pelo que caso a ocupação ou utilização de equipamentos não obedeça ao perfil de simulação estabelecido, na realidade, a potência total de aquecimento dimensionada seria insuficiente, durante os períodos de menor ocupação/utilização de

equipamentos do edifício. Quanto à estação de arrefecimento, estes fatores são agora adversos à potência total de arrefecimento necessária pelo que deverão já ser considerados.

3.4. Conforto térmico

Considerando as perdas/ganhos de energia de um edifício e estabelecendo os perfis de ocupação e utilização de equipamentos, o conforto térmico atingido é também um fator a considerar ao longo de um projeto e resulta da conjugação de todos os fatores previamente descritos. Um edifício com mau isolamento térmico e, portanto, com elevadas trocas de energia com o exterior, resulta em elevados consumos energéticos de modo a atingir o melhor conforto térmico possível (temperatura e humidade controlada). Assim sendo, é também importante ter conhecimento das condições de conforto térmico.

A definição de conforto térmico é algo subjetivo a cada pessoa. Segundo a norma 55 da ASHRAE, o conforto térmico pode ser definido como sendo o estado mental que expressa a satisfação de um indivíduo relativamente ao meio que o rodeia. Uma vez que existem vários fatores tanto a nível físico como psicológico, de pessoa para pessoa, é difícil satisfazer cada pessoa inserida num meio, em grupo. Existem essencialmente 6 fatores que devem ser considerados à definição de conforto térmico: atividade metabólica, isolamento do vestuário, temperatura do ar interna, velocidade do ar, humidade e temperatura radiante (temperatura da superfície de elementos). [19]

A temperatura corporal associada ao conforto térmico em atividades sedentárias varia de 33°C a 34°C e diminuem com aumento da atividade (Fanger 1967). Em contraste, as temperaturas internas sobem com o aumento de atividade. A temperatura confortável em repouso é cerca de 36,8°C e aumenta para cerca de 37,4°C quando em andamento e 37,9°C ao correr. Uma temperatura interna inferior a cerca de 28°C pode resultar em arritmia cardíaca grave e levar à morte sendo que uma temperatura superior a 43°C pode causar danos cerebrais irreversíveis. Assim sendo, a regulação da temperatura corporal é fundamental para o conforto e saúde humana. [18]

De modo a quantificar o nível de conforto térmico atingido de um espaço, foi necessário criar um modelo onde seja considerado todos os fatores acima referidos sendo que o modelo adotado pela ASHRAE, na UE através das normas ISO 7730 e EN 15251 e reconhecido internacionalmente pela equação do conforto térmico, baseia-se no modelo de Fanger, também conhecido por modelo PMV-PPD, baseado em resultados experimentais através de estudos realizados em câmaras climatizadas.

Nos ensaios realizados, os indivíduos eram sujeitos a diferentes condições ambientes sendo que para cada ensaio eram registados os votos sobre a escala sétima desde o limiar de muito frio até muito quente, de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10 - Escala sétima de sensação térmica. [20]

Voto	Sensação térmica
-3	Muito frio
-2	Frio
-1	Ligeiramente frio
0	Neutro
1	Ligeiramente quente
2	Quente
3	Muito quente

O cálculo do índice PMV é complexo e depende de 10 fatores sendo que para além dos 6 fatores previamente indicados, é ainda necessário ter conhecimento dos seguintes parâmetros: pressão de vapor parcial da água presente no ar interior, coeficiente de convecção do ar interior, temperatura superficial do vestuário utilizado e a velocidade relativa do ar interior sendo alguns destes fatores obtidos iterativamente, segundo os cálculos disponibilizados na norma ISO 7730. [20]

Atualmente, devido ao avanço dos softwares de simulação energética, é possível ter em conta todos estes fatores através das simulações dinâmicas que são realizadas, sendo que o valor de PMV obtido pode ser diretamente comparado com valores convencionais de conforto aceitáveis e também disponíveis na norma ISO 7730 para assim avaliar o desempenho energético de um edifício a nível de conforto térmico.

O índice PMV calculado permite obter uma estimativa analítica da pontuação média expectável de ser obtida caso fosse realizado um inquérito, no entanto, é expectável que os votos obtidos sejam discrepantes entre os indivíduos inquiridos devido à subjetividade de cada pessoa pelo que, assim, foi também desenvolvido o índice PPD que trata a percentagem prevista de pessoas insatisfeitas sendo este obtido segundo a equação (3.21).

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-0,03353 \times PMV^4 - 0,2179 \times PMV^2} \quad (3.21)$$

Os índices PMV-PPD estão diretamente relacionados e, portanto, podem ser representados através do gráfico da Figura 14.

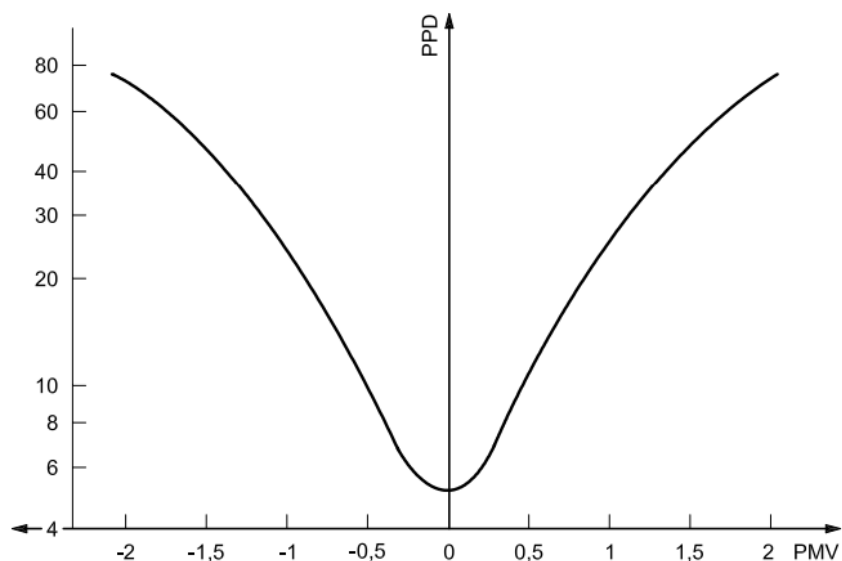


Figura 14 - Índice PPD em função do índice PMV. [20]

Em suma, o índice PPD prevê o número de pessoas, inseridas num grupo, termicamente insatisfeitas sendo que a restante percentagem representa os votos de -1, 0 e 1 (ligeiramente frio, neutro, ligeiramente quente). Quanto mais próximo de 0 for o índice PMV, menor é o número de pessoas insatisfeitas sendo que o índice PPD nunca chega a ser nulo e prevê-se, no melhor caso possível, uma percentagem de insatisfação de 5%.

Para efeitos de exemplo, segundo a ASHRAE, um ambiente é termicamente confortável quando a percentagem de ocupantes insatisfeita não é inferior a 10% o que resulta num intervalo do índice PMV de $\pm 0,5$ [19]. No entanto, existem 4 categorias admissíveis segundo a norma europeia EN 15251 e ISO 7730 tendo em conta o nível de exigência/conforto pretendido.

Tabela 11 - Categorias de ambientes térmicos I, II, III e IV da norma EN 15251 análogas às categorias presentes na norma ISO 7730 (adaptado de [21]).

Categoria	Explicação
I	Alto nível de expectativa recomendada para espaços ocupados por pessoas muito sensíveis e frágeis com necessidades especiais como deficientes, doentes, crianças muito pequenas e idosos
II	Nível normal de expectativa e deve ser utilizado para novas construções e renovações
III	Um aceitável e moderado nível de expectativa que pode ser utilizado para os edifícios existentes
IV	Valores fora dos critérios para as categorias anteriores. Esta categoria só deverá ser aceite para uma parte limitada do ano

Adicionalmente, é também referido os índices PMV-PPD recomendados conforme o tipo de categoria pretendido, considerando os 6 fatores essenciais à definição de conforto, que deverão ser diretamente comparados com os índices calculados/simulados tendo já em conta os restantes fatores que caracterizam os diversos espaços.

Tabela 12 - Índices PMV-PPD recomendados conforme o tipo de categoria. [21]

Categoria	PPD [%]	PMV
I	< 6	-0,2 < PMV < +0,2
II	< 10	-0,5 < PMV < +0,5
III	< 15	-0,7 < PMV < +0,7
IV	> 15	PMV < -0,7 ou +0,7 < PMV

De notar que a norma distingue as categorias recomendadas conforme o tipo de ventilação adotada (natural ou mecânica) no entanto, em ambos os casos, podem ser adotados os valores de referência acima descritos uma vez que, para o caso da ventilação natural, o nível de expectativa (categoria) varia conforme as condições ambientais exteriores. Para além dos índices PMV-PPD, são também descritas temperaturas de operação recomendadas conforme o tipo de categoria, função do edifício/espaço e atividade metabólica.

Tabela 13 - Temperaturas de operação recomendadas para dimensionamento de sistemas de AVAC em edifícios (adaptado de [21]).

Tipo de edifício/espaço	Categoria	Temperatura operativa [°C]	
		Mínima em aquecimento (período de inverno) [°C] ~ 1clo	Máxima em arrefecimento (período de verão) [°C] ~ 0,5clo
Edifícios residenciais: espaços ocupados (quartos, salas de estar, cozinha, etc.) Atividade sedentária ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	18,0	27,0

Tipo de edifício/espço	Categoria	Temperatura operativa [°C]	
		Mínima em aquecimento (período de inverno) [°C] ~ 1clo	Máxima em arrefecimento (período de verão) [°C] ~ 0,5clo
Escritórios individuais e em open space, e espaços com atividades similares (salas de conferência, auditórios, cafeterias, restaurantes) Atividade sedentária ~ 1,2 met	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	19,0	27,0
Salas de aulas Atividade sedentária ~1,2 met	I	21,0	25,0
	II	20,0	26,0
	III	19,0	27,0

Em conformidade com os valores acima representados, a nível de simulação dinâmica, são também descritas as gamas de temperatura em aquecimento e arrefecimento recomendados, conforme a categoria.

Tabela 14 - Gama de temperaturas recomendadas para cálculo energético. (adaptado de [21]).

Tipo de edifício/ espaço	Categoria	Gama de temperaturas em aquecimento, °C Vestuário ~ 1,0 clo	Gama de temperaturas em arrefecimento, °C Vestuário ~0,5 clo
Edifícios residenciais: espaços ocupados (quartos, salas de estar, cozinha, etc.) Atividade sedentária ~ 1,2 met	I	21,0 – 25,0	23,5 – 25,5
	II	20,0 – 25,0	23,0 – 26,0
	III	18,0 – 25,0	22,0 – 27,0
Escritórios individuais e em open space, e espaços com atividades similares (salas de conferência, auditórios, cafeterias, restaurantes, salas de aulas) Atividade sedentária ~1,2met	I	21,0 – 23,0	23,5 – 25,5
	II	20,0 – 24,0	23,0 – 26,0
	III	19,0 – 25,0	22,0 – 27,0

Ao longo da norma EN 15251 são ainda descritos outros fatores a nível de controlo da qualidade do ar interior (QAI) que variam conforme os diferentes espaços, edifícios e projetos a nível de humedificação e desumidificação (caso seja necessário), caudais de insuflação, concentração de CO₂, iluminação, entre outros. Estes fatores poderão ser considerados segundo a norma europeia mencionada em conformidade com a legislação em vigor, caso haja. Em Portugal, existe o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) referente a habitações, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) referente a edifícios que prestam serviços sendo que, atualmente, ambos os regulamentos são já reconhecidos pelo SCE. Existe ainda, na área da saúde, a legislação definida para Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS) presentes nos cadernos da Direção Geral das Instalações e Equipamentos de Saúde (DGIES).

3.5. Sistemas de Climatização

Os ganhos e perdas energéticas nos edifícios deverão ser colmatados e controlados tendo em conta os processos de transferência de calor previamente definidos através dos elementos construtivos uma vez que existe sempre uma diferença de temperatura entre o interior e exterior de um edifício. Assim sendo, é através de sistemas de climatização que é possível aquecer ou arrefecer um espaço, controladamente.

Os sistemas de climatização baseiam-se num ciclo frigorífico para acrescentar ou retirar uma carga térmica de um edifício ou local. Os principais ciclos frigoríficos conhecidos são [22]:

- Ciclo de refrigeração por absorção;
- Ciclo de refrigeração por gás;
- Ciclo de refrigeração termoelétrico;
- Ciclo de refrigeração por compressão de vapor.

O ciclo frigorífico mais utilizado é o ciclo de compressão de vapor uma vez que traduz um ciclo compacto e que utiliza energia elétrica como fonte de energia primária, isto é, existem ciclos de refrigeração que recorrem de outras fontes de energia como o ciclo de absorção em que recorre da queima direta de gás natural como fonte de energia primária (para além do sistema de bombagem) pelo que é mais conveniente recorrer de energia elétrica devido à atual distribuição e disponibilidade desta fonte de energia que, hoje em dia, está disponível em qualquer edifício ou local.

O ciclo de refrigeração por compressão de vapor é um ciclo frigorífico que funciona através de 4 equipamentos principais: compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador (ver Figura 15). O objetivo do ciclo consiste em retirar energia de um local (em arrefecimento) e dissipar essa

energia diretamente para o exterior, através de um fluido refrigerante, podendo esse processo ser reversível, quando em aquecimento.

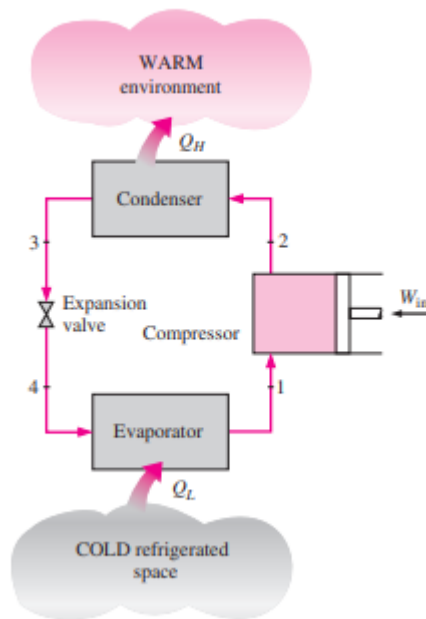


Figura 15 - Ciclo de refrigeração por compressão de vapor (adaptado de [23]).

O compressor é o coração do ciclo sendo o componente responsável pela recirculação do fluido de refrigeração ao longo de todo o ciclo ao induzir um aumento de pressão e, portanto, de temperatura (ponto 2) no fluido refrigerante que irá posteriormente permitir manipular as diferentes fases do fluido de refrigeração. O condensador e evaporador são dois permutadores de calor que permitem libertar (condensador) ou absorver (evaporador) uma potência térmica no espaço onde estão inseridos que será responsável tanto pelo arrefecimento do espaço (evaporador) como pelo arrefecimento do fluido de refrigeração (condensador) durante a estação de arrefecimento, que irá corresponder à libertação de calor para o exterior sendo que o contrário acontece para a estação de aquecimento. Por último, a válvula de expansão, como o nome indica, é uma válvula que permite expandir o fluido de refrigeração pelo que este irá diminuir a sua pressão e conseqüentemente a sua temperatura para valores, por vezes, de temperaturas negativas que irão permitir e ser responsáveis pela refrigeração do espaço. [22]

Existem diversos fluidos refrigerantes que atuam sobre o mesmo princípio do ciclo de compressão de vapor sendo que estes apresentam diferenças a nível de eficiência energética do ciclo como também a nível ambiental e de saúde humana sendo que se procura o ciclo/fluido refrigerante mais eficiente com o menor impacto ambiental e na saúde humana possível.

O coeficiente de desempenho (COP) e a relação de eficiência energética (EER) são coeficientes que permitem quantificar o rendimento energético do ciclo frigorífico utilizado em sistemas de AVAC

quando estes se encontram em regimes de arrefecimento e aquecimento, respetivamente. Estes coeficientes representam a carga térmica introduzida/retirada em função da energia elétrica consumida através das equações (3.22) e (3.23). [22] [23]

$$COP = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia consumida}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (3.22)$$

$$EER = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia consumida}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (3.23)$$

Em ambas as expressões, o numerador representa a diferença entálpica verificada no fluido frigorífero pela passagem nos permutadores de calor que traduz a quantidade de energia que é introduzida ou retirada de um local e encaminhada para o exterior sendo que, em função da energia consumida pelo compressor, resulta a eficiência energética do ciclo para o regime de arrefecimento e aquecimento.

Os edifícios com sistema de AVAC podem ser definidos através de dois sistemas principais: sistema primário e secundário. O sistema primário é constituído pelos equipamentos e acessórios associados à produção de calor e/ou “frio” sendo este sistema normalmente localizado em espaços técnicos, distante dos vários espaços a climatizar. Este sistema representa, em maior parte dos projetos, o sistema com maior consumo energético de toda a instalação. [24]

O sistema secundário é constituído por todos os equipamentos terminais e respetivos acessórios presentes nos espaços a climatizar tais como ventiloconvectores, resistências elétricas, registos de caudal, tubagem e condutas, sistema de controlo, sistema de bombagem, entre outros. Este sistema recebe e distribui a carga térmica produzida no sistema primário pelos vários espaços a climatizar e são classificados de acordo com o fluido térmico existente entre o sistema primário e secundário: sistemas “Tudo Ar”, “Tudo Água”, “Ar-Água” e sistemas de Expansão Direta. [24]

Sistemas “Tudo Ar”

Nos sistemas “Tudo Ar” a climatização do espaço é feita apenas pelo ar sendo que este é tratado numa Unidade de Tratamento de Ar (UTA) ao ser arrefecido, aquecido, desumidificado e/ou humidificado. O ar tratado é posteriormente transportado pelo sistema de condutas com o auxílio dos ventiladores e depois insuflado nos diversos espaços através de dispositivos terminais como grelhas ou difusores. [24]

Este tipo de sistema pode ser de conduta simples ou conduta dupla. O sistema de conduta simples consiste numa conduta principal onde todo o ar a ser insuflado nos vários espaços circula. No sistema de conduta dupla, existe duas condutas de ar com temperaturas diferentes sendo que ambas as condutas se conectam ao longo de caixas de mistura presentes em cada espaço a climatizar. [25]

A principal diferença entre ambas as configurações consiste na flexibilidade de controlo individual de temperatura que o sistema de conduta dupla oferece uma vez que é possível controlar a mistura de ar quente e frio de acordo com as condições de insuflação pretendidas em diferentes espaços, o que não acontece com o sistema de conduta simples dado que as condições de insuflação de ar são iguais em todos os espaços alimentados pela conduta principal. No entanto, o sistema de conduta dupla é pouco utilizado principalmente devido ao elevado espaço que ocupa. [25] [26]

Os sistemas de condutas simples podem ser de Volume de Ar Constante (VAC) e de Volume de Ar Variável (VAV). No sistema VAC o caudal de ar tratado é constante e a temperatura de insuflação varia conforme a carga térmica necessária de introduzir enquanto que o sistema VAV mantém a temperatura de insuflação constante e varia o caudal de ar insuflado conforme a carga térmica necessária. [25] [26]

Sistemas “Tudo Água”

Nos sistemas “Tudo Água” a climatização do espaço é feita através da distribuição de água arrefecida ou aquecida de acordo com a carga térmica necessária pelo espaço, através dos equipamentos terminais montados em cada espaço. A transferência de calor é dada por convecção natural, em vigas arrefecidas passivas por exemplo, ou por convecção forçada através de ventiladores como é o caso dos ventiloconvectores. [24]

Estes tipos de sistemas podem ser a dois ou quatro tubos. O sistema de dois tubos consiste num circuito único em que apenas é possível aquecer ou arrefecer um espaço, alternadamente. O sistema a quatro tubos apresenta já dois circuitos independentes pelo que permitem aquecer e arrefecer em simultâneo, isto é, um sistema a quatro tubos torna possível ter dois espaços adjacentes em que cada um deles funciona em regime de temperatura diferente sendo que ambos são alimentados pelo mesmo circuito primário (por exemplo uma bomba de calor que produza água quente e fria). [25]

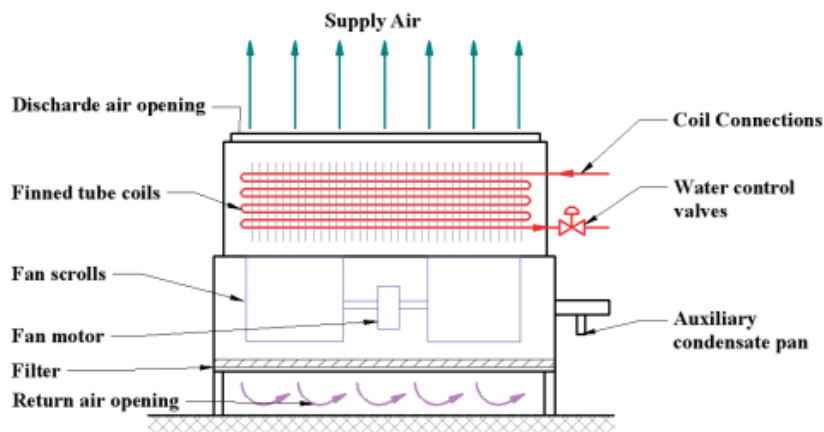


Figura 16 - Unidades ventiloconvectoras. [26]

Para além das unidades ventiloconvectoras, os sistemas de painel radiante são também considerados sistemas “Tudo Água”. [25]

Sistemas “Ar-Água”

Os sistemas “Ar-água” combina sistemas “Tudo Ar” com sistemas “Tudo água” existindo diversas soluções que permitem remover/acrescer a carga térmica de um local, repartidamente. A solução mais adotada resulta do tratamento (aquecimento e arrefecimento) de ar exterior e posterior insuflação nos diversos espaços, com temperaturas mais baixas ou mais altas que o pretendido. O sistema a água apenas complementa a carga térmica necessária de introduzir no espaço, em combinação com o ar insuflado, de modo a atingir as condições de conforto pretendidas pelo que a carga térmica pretendida não é atingida apenas com um só sistema. Esta solução garante a qualidade do ar interior e minimiza consumos de energia excessivos sendo possível insuflar ar novo a 12°C e, em conjunto com o sistema a água, atingir uma temperatura de conforto pretendida de 20°C. [25]

O sistema a água é responsável por 80%-90% da carga térmica necessária enquanto o sistema a ar se encarrega do resto. Existem dois tipos principais de sistemas “Ar-Água”: unidades de indução e unidades ventiloconvectoras (ver Figura 17). [26]

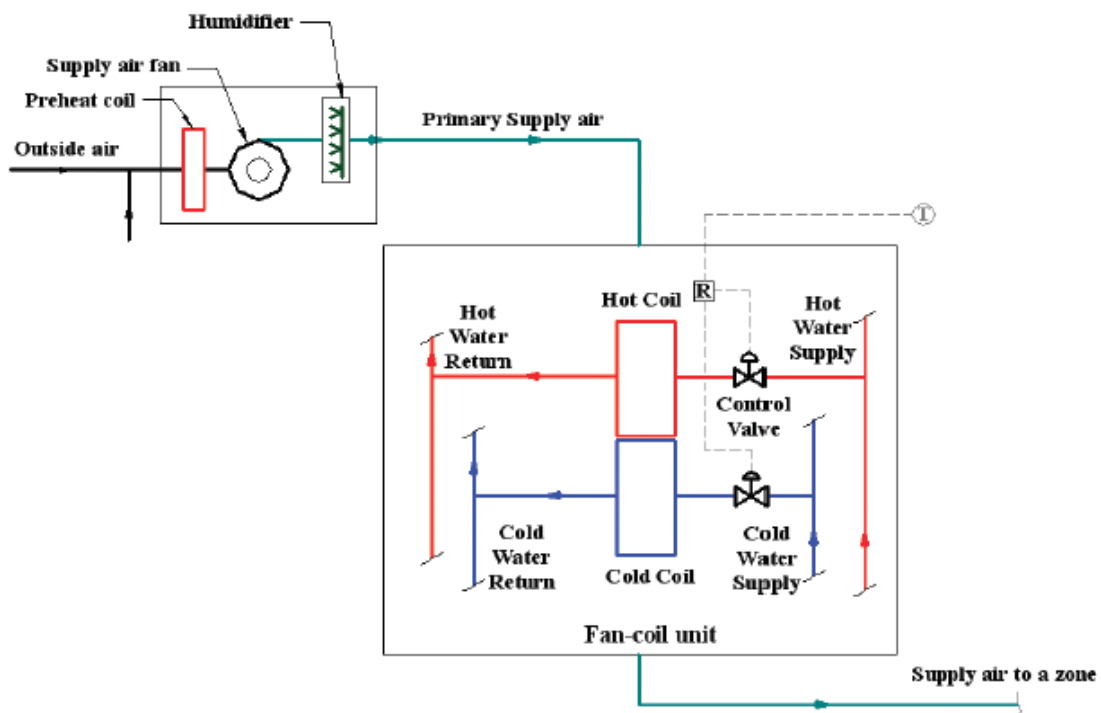


Figura 17 - Sistema "Ar-Água" com unidades ventiloconvectoras de 2 ou 4 tubos. [27]

As unidades ventiloconvectoras são semelhantes às unidades utilizadas em sistemas “Tudo Água” sendo que a carga térmica total necessária num espaço pode ser introduzida diretamente no ar novo insuflado, conforme a Figura 17, ou separadamente.

As unidades de indução são externamente semelhantes às unidades de fan-coil (VC), mas internamente diferentes, sendo que uma unidade de indução induz o fluxo de ar numa sala através de um armário, utilizando o fluxo de ar de alta velocidade de uma unidade central de tratamento de ar (UTA), que substitui a convecção forçada de um ventilador sendo que há uma mistura do ar novo tratado com o ar do espaço de forma a garantir uma climatização adequada. [26]

Sistemas de Expansão Direta (DX)

Os sistemas de expansão direta são todos aqueles em que apenas circula fluido frigorífero. Os principais equipamentos são caracterizados por permutadores que permitem realizar a permuta de calor entre o fluido frigorífero e o ar interior do espaço, sendo estes denominados por evaporadores e condensadores. [25]

Estes sistemas são compostos por uma unidade condensadora, com a possibilidade de vários módulos, que permuta calor entre o fluido frigorífero e o ar exterior ao edifício e várias unidades evaporadoras que permutam calor entre o fluido frigorífero e o ar interior dos vários espaços a climatizar.

As unidades de expansão direta permitem apenas o controlo da carga térmica dos espaços a climatizar pelo que é necessário garantir outros meios de insuflação de ar novo, tratado ou não (ventilação natural por exemplo), por forma a garantir a qualidade do ar interior sendo que a carga térmica é introduzida através do ar recirculado em cada espaço. [25]

3.5.1. Equipamentos principais

Existem vários sistemas e diferentes configurações possíveis para a distribuição da carga térmica nos vários espaços, no entanto, o princípio de funcionamento da produção de água aquecida e arrefecida é comum entre as várias possibilidades pelo que serão agora abordados os principais equipamentos que produzem a carga térmica necessária numa instalação.

Chiller

O chiller é um equipamento que produz a água arrefecida a ser distribuída pelos vários espaços a climatizar numa instalação. Este equipamento pode ser de diferentes tipos tais como chiller de absorção e chiller de compressão de vapor. [24]

No caso do chiller de compressão de vapor, que corresponde ao tipo de equipamento mais utilizado, o princípio de funcionamento é o ciclo frigorífico previamente indicado, sendo que este pode ser de condensação a ar (sistema ar-água) ou a água (sistema tudo água) dependendo da potência térmica de condensação necessária. [24]

A principal diferença reside na deposição do calor retirado ao ciclo frigorífico/chiller uma vez que na condensação a ar o calor é libertado diretamente para a atmosfera e, na condensação a água, o calor é transferido para um circuito secundário a água, podendo neste caso ser utilizada uma torre de arrefecimento, por exemplo.

Bomba de Calor

A bomba de calor é um equipamento semelhante ao chiller e funciona segundo o mesmo princípio de funcionamento, o ciclo frigorífico, no entanto, ao contrário do chiller, a bomba de calor é destinada à produção da água aquecida a ser distribuída pelos vários espaços a climatizar numa instalação sendo que, neste caso, o calor a ser introduzido na instalação é realizado no condensador, ao invés do evaporador, pelo que o evaporador é agora o permutador de calor que “absorve” energia do exterior e introduz na instalação.

As bombas de calor são utilizadas para temperaturas de água quente inferiores a 60°C ou quando se necessita de um aquecimento direto do ar, ao invés da utilização de caldeiras. [25]

Atualmente, com a constante inovação destes equipamentos, é também possível inverter o ciclo frigorífico no qual é possível aquecer ou arrefecer a instalação, durante o inverno ou verão, respetivamente, ao adotar uma bomba de calor reversível.

Monosplit, Multisplit e VRF

Um sistema *monosplit* (ver Figura 18) constitui um sistema de expansão direta (DX) onde circula fluido frigorífico e consiste numa unidade interior, um evaporador, para uma unidade exterior, um condensador pelo que a climatização é dedicada a um só espaço sendo possível realizar aquecimento e/ou arrefecimento conforme a função pretendida. [27]

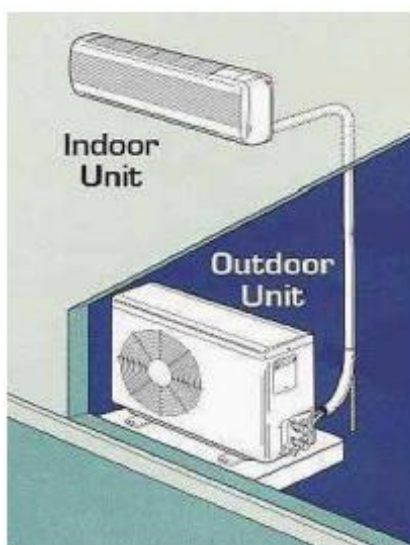


Figura 18 - Sistema monosplit. [28]

O sistema *multisplit* (ver Figura 19) é semelhante ao *monosplit*, no entanto, é possível configurar até nove unidades evaporadoras interiores para uma só unidade condensadora (exterior). Em ambos os sistemas, as unidades interiores podem ser de diversos tipos nomeadamente unidades de chão, cassetes de teto, unidades de conduta e unidades murais (ver Figura 20) [27]. Este sistema é adequado para apenas uma zona, isto é, para espaços cujas necessidades térmicas sejam semelhantes entre si.

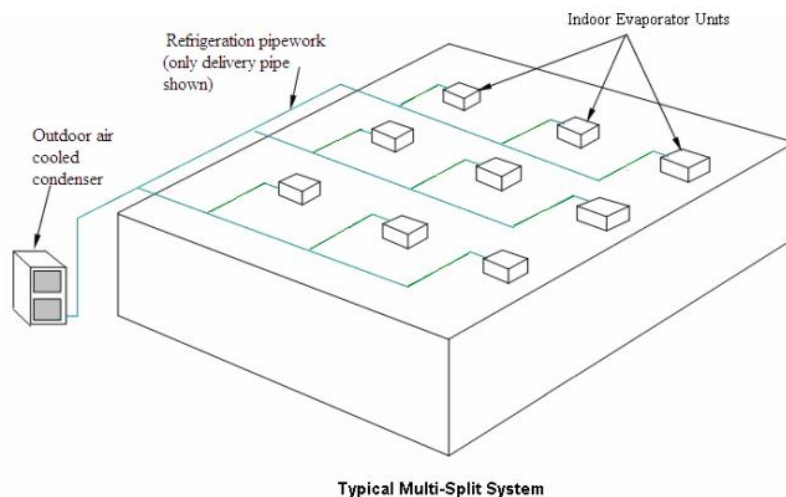


Figura 19 - Sistema multisplit. [28]



Figura 20 - Tipos de unidades interiores (monosplit e multisplit). [28]

Um sistema *VRF* (*Variable Refrigerant Flow*) ou *VRV* (*Variable Refrigerant Volume*) é uma ampliação do sistema *multisplit* uma vez que torna possível configurar um número de unidades interiores superior aos sistemas *multisplit*, até 48 unidades interiores ou mais, conforme os fabricantes. No entanto, ao contrário dos sistemas *split*, este sistema permite que haja aquecimento e/ou arrefecimento, em simultâneo, para os diversos espaços através de controlo eletrónico que regula o caudal de fluido frigorigéneo necessário em cada espaço (ver Figura 21), conforme as necessidades térmicas definidas. [27] [28]

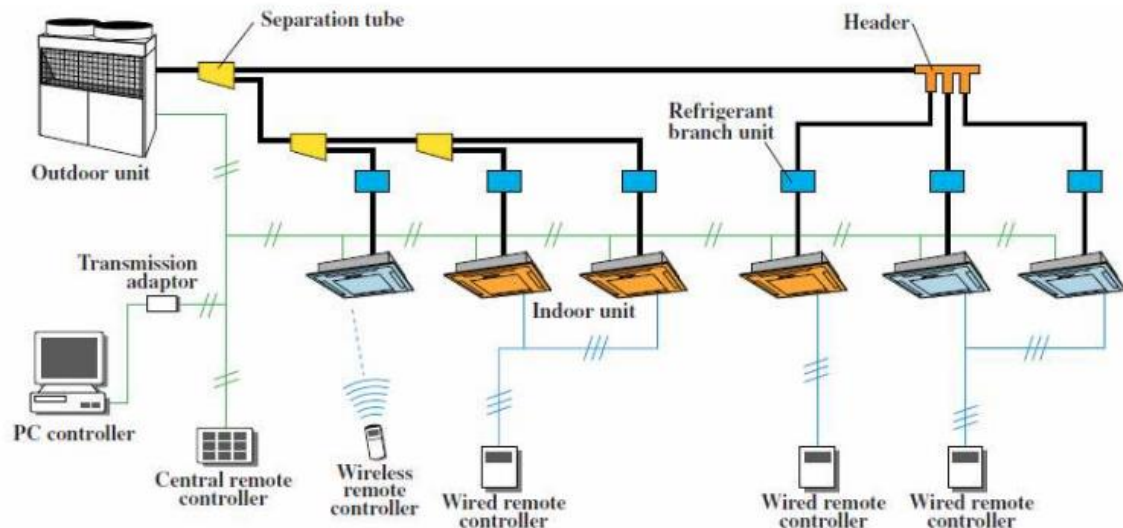


Figura 21 - Sistema VRF (adaptado de [28]).

Tabela 15 - Vantagens e desvantagens da utilização de sistemas de expansão direta (DX) (adaptado de [28]).

Tipo de Sistema	Vantagens	Desvantagens
<i>Monosplit</i>	<p>Baixo custo inicial</p> <p>Baixo ruído</p> <p>Fácil instalação</p> <p>Boa alternativa à utilização de sistemas com condutas</p> <p>Cada sistema é totalmente independente e com o seu próprio controlo.</p>	<p>Existe um limite de distância entre a unidade interior e exterior, de acordo com o fabricante, sendo a distância limite compreendida entre os 30 e 45 metros sendo que para distâncias superiores, o desempenho é afetado.</p> <p>A Manutenção (limpeza e mudança de filtros) é feita diretamente no local ocupado.</p> <p>A distribuição do ar é limitada, pelo que é possível que haja locais mais quentes e mais frios.</p> <p>Impacto a nível estético em edifícios de grande dimensão devido à quantidade de unidades exteriores necessárias</p>
<i>Multisplit</i>	<p>Uma única unidade exterior alimenta várias unidades interiores pelo que o uso de condutas é eliminado.</p> <p>Sistemas adequados para uma zona térmica (com vários espaços) com cargas térmicas semelhantes</p>	<p>Incapacidade de controlo individual nos vários espaços.</p> <p>Funcionam, ou não, de acordo com um único termostato/estação de controlo que comanda todo o sistema pelo que não são adequados a diversos espaços com diferentes cargas térmicas.</p>

Tipo de Sistema	Vantagens	Desvantagens
VRF/VRV	<p>A principal vantagem de um sistema VRF é a sua capacidade de resposta para eventuais flutuações de carga térmica nos diversos espaços. O utilizador pode definir a temperatura ambiente e o sistema, automaticamente, ajusta o caudal de fluido frigorigéneo necessário para cumprir a carga térmica através de válvulas de expansão eletrónicas.</p> <p>São capazes de aquecer e arrefecer espaços, simultaneamente. Cada unidade interior pode ser controlada por um termostato programável.</p> <p>Utilizam compressores de velocidade variável (com tecnologia de inversão) com capacidades entre 10 a 100% com elevada flexibilidade entre zonas, resultando em poupança de energia.</p>	<p>A distância máxima entre a unidade exterior e interior (mais distante) é limitada de acordo com a perda de carga suportável pelos compressores.</p> <p>Apesar da elevada capacidade frigorífica, por vezes a quantidade de compressores necessária torna a adoção de chillers uma opção mais viável.</p>

Superfícies radiantes

O princípio de funcionamento de superfícies radiantes é semelhante ao das unidades ventiloconvectoras previamente discutido no sentido em que a carga térmica introduzida nos diversos espaços a climatizar é feita através da passagem de água aquecida ou arrefecida por uma serpentina. No entanto, ao contrário das unidades ventiloconvectoras, não existe o efeito da convecção forçada (através de ventiladores) mas sim de convecção natural através das correntes de convecção que se formam devido à diferença de temperatura entre a superfície radiante e o ar ambiente interior havendo, portanto, uma estratificação do ar, independentemente do tipo de painel radiante utilizado (pavimento, teto ou parede).

O sistema de superfície radiante permite a transferência de calor através de condução, convecção e radiação, ao contrário de sistemas a ar em que apenas trocam calor através de convecção (forçada). Estes sistemas são classificados por [29]:

- Sistemas de superfície embutidos – tubos onde passa água colocados em camadas construtivas (pavimento, parede, teto) isolados da estrutura principal do edifício;
- Sistemas térmicos ativados (TABS) - os tubos com água são integrados na estrutura principal do edifício;
- Sistemas de painel radiante – os tubos são integrados em painéis leves

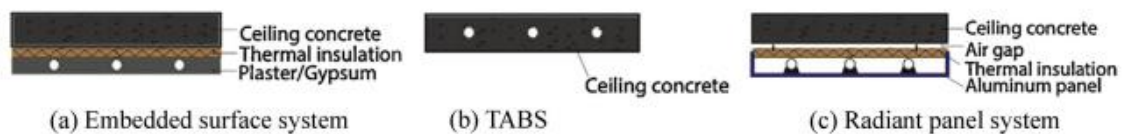


Figura 22 - Sistemas de superfície radiante - sistemas de superfície embutidos (esquerda), sistemas térmicos ativados (centro) e sistema de painel radiante (direita). [29]

Em casos em que a climatização de um espaço está dependente apenas deste tipo de sistemas, é necessário garantir outros meios por forma a garantir a qualidade do ar interior a nível da ventilação, isto é, este tipo de sistemas apenas permite regular a carga térmica sensível dos espaços através da permuta de calor entre o fluido térmico e o ar ambiente pelo que não incorpora um sistema que receba ar novo e, portanto, é necessário adotar uma solução para a limpeza do ar interior. [29]

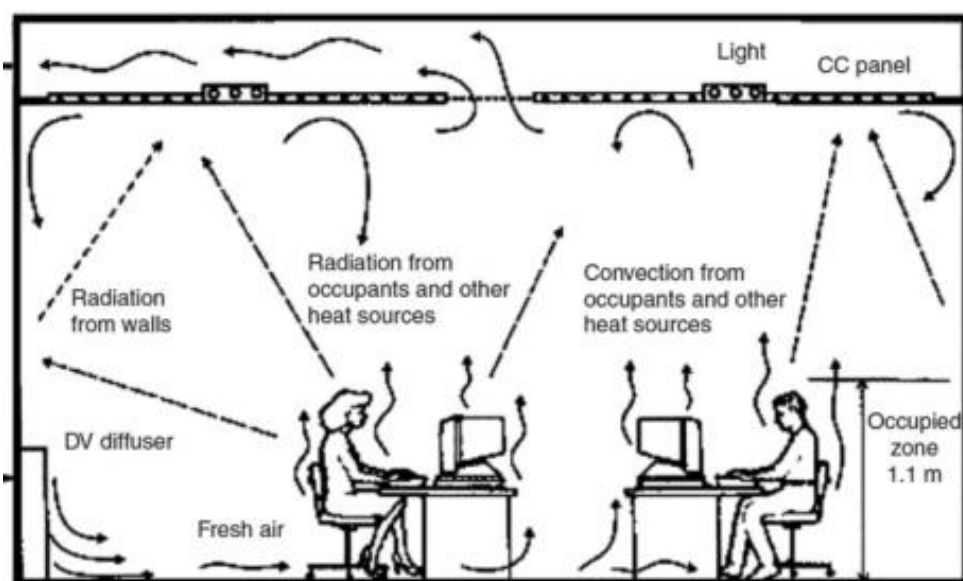


Figura 23 - Exemplo de aplicação de um sistema de superfície radiante (painéis) com um sistema de ar tratado dedicado (difusores e plenum) (adaptado de [29]).

O funcionamento destes sistemas, tanto para aquecimento como arrefecimento, depende da temperatura do fluido térmico (normalmente água com glicol) que circula. No caso das superfícies arrefecidas, um dos fatores principais a ter em conta é o ponto de orvalho do espaço a climatizar uma vez que uma temperatura de projeto mal selecionada pode dar origem a condensações junto destes elementos. Assim sendo, é necessário um controlo da temperatura de funcionamento do sistema ou recorrer à desumidificação do ar. [30]

A capacidade de aquecimento e arrefecimento destes sistemas depende essencialmente do coeficiente de transmissão térmica e da diferença de temperatura entre a superfície (de um painel, por exemplo) e o ar ambiente. A temperatura de superfície aceitável obtém-se de acordo com os requisitos de conforto e o risco de condensação (ponto de orvalho). Em arrefecimento, a capacidade máxima é de 99 W/m^2 no teto, 72 W/m^2 em paredes e 42 W/m^2 em pavimento, segundo a norma EN 15377-1. Em

aquecimento a capacidade máxima é de 165 W/m² no pavimento, 160 W/m² em paredes e 42 W/m² no teto, também segundo a norma EN 15377-1. [30]

Destacam-se algumas das vantagens dos sistemas de superfície radiante [29] [31]:

- Conforto durante todo o ano;
- Perfil de temperatura ótimo (conforme a configuração adotada);
- Acumulação/Inércia térmica – a temperatura dos elementos construtivos é mantida e estável durante todo o dia, diminuindo o impacto das condições exteriores;
- Emissão e absorção térmico uniforme o que elimina “zonas quentes e frias” como acontece com outros tipos de sistemas;
- Climatização sem movimento forçado do ar uma vez que a diferença de temperatura entre as superfícies e o ar ambiente são mínimas. Assim sendo, não existem correntes de ar nem arrastamento de partículas, mantendo os espaços com menos impurezas (pós) e, portanto, mais higiênicos e mais saudáveis;
- Ausência de ruído;
- Baixo custo de manutenção, em comparação com outros sistemas;
- São sistemas invisíveis a nível estético, o sistema é integrado no design do edifício;
- Compatível com energias renováveis. É possível proceder à alteração da fonte de energia primária utilizada sem grandes alterações à instalação. Particularmente, é o único sistema de aquecimento que pode ser alimentado energeticamente por painéis solares.

Apesar do elevado número de vantagens destes sistemas, é importante denotar que a carga térmica latente dos espaços deverá ser controlada por outras soluções assim como, atualmente, os custos de implementação destes sistemas são ainda muito dispendiosos a nível de aquisição e instalação.

3.6. Simulação dinâmica de edifícios

A simulação do desempenho energético de edifícios permite calcular as cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento necessárias ao longo do tempo tendo em conta todos os fatores previamente definidos desde os processos de transferência de calor e respetivos coeficientes de transmissão térmica aos ganhos energéticos interiores e exteriores a um edifício. Um edifício, na sua generalidade, é um sistema complexo pelo que a sua caracterização através de modelos de simulação permite, de uma forma eficiente, avaliar o seu desempenho a nível energético através dos requisitos de climatização definidos ou condições de conforto térmico pretendidos. Os objetivos podem ser vários, assim como as soluções possíveis de adotar, porém é através da simulação dinâmica que se pode concluir a viabilidade e eficiência de cada solução possível e, de forma geral, efetuar decisões.

Em Portugal, a clausula 3.2.1 da Portaria nº 349-D/2013 de 2 de Dezembro indica que as simulações para certificação energética de edifícios devem ser realizadas por programas acreditados pela norma ASHRAE 140 sendo que estes programas deverão ter, no mínimo, capacidade para modelar [32]:

- Mais do que uma zona térmica;
- Com um incremento de tempo horário e por um período de um ano civil, contabilizado em 8760 horas;
- A variação horária das cargas internas, diferenciadas em ocupação, iluminação e equipamentos;
- Os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e a operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente, para dias da semana e fins de semana;
- A recuperação de calor do ar de rejeição;
- O efeito da massa térmica do edifício.

Atualmente existem muitos softwares que permitem realizar simulações energéticas em edifícios e que cumprem os requisitos previamente mencionados. Entre eles destacam-se o TRACE 700, TRNSYS, *EnergyPlus*, *Carrier's Hourly Analysis Program (HAP)* e o DOE-2. De seguida são descritos os três softwares mais utilizados de onde se destacam algumas das suas diferenças e limitações.

EnergyPlus

O *EnergyPlus* é um programa de simulação energética em edifícios destinado à modelação de sistemas de aquecimento, arrefecimento, iluminação e outros fluxos energéticos. É uma ferramenta gratuita e surgiu com base em dois programas previamente existentes: BLAST e DOE-2, desenvolvidos pelo departamento de energia dos Estados Unidos DOE (*Department of Energy*) sendo este programa desenvolvido em código aberto. Comparativamente a outras ferramentas disponíveis, o *EnergyPlus* destaca-se pelo rigor da modelação de edifícios (incluído os adjacentes) e sistemas de AVAC, sendo possível incorporar grande parte dos sistemas atualmente utilizados tais como: superfícies radiantes, painéis solares, ventilação natural e híbrida, entre outros. [33]

Em suma, o *EnergyPlus* é um software bastante completo e que serve de base para outros softwares tais como: SketchUp, Design Builder (DB), Ecotec, entre outros. No entanto, apesar da elevada flexibilidade das simulações possíveis de efetuar, a utilização desta ferramenta em código aberto exige um elevado grau de formação por parte do utilizador pelo que muitas vezes se recorre de softwares mais intuitivos, como os mencionados, que efetuam simulações tendo por base esta ferramenta de cálculo.

TRACE 700

O *TRACE 700* é um programa de cálculo de cargas térmicas e de análise económico-energética desenvolvida pela empresa *TRANE Company*. Ao contrário do *EnergyPlus*, este software é pago pelo que necessita de uma licença de utilização válida e é um programa de interface de fácil interação para com o utilizador. Nesta ferramenta é também possível inserir e alterar detalhes da construção e mudar o modelo em estudo a qualquer instante durante o projeto do sistema de climatização. É possível fazer a modelação do sistema com várias opções de equipamentos, sendo também possível efetuar uma análise do custo energético e do tempo de retorno de investimento de cada modelo, ajudando a optar pela opção mais viável. Este software torna possível criar até quatro opções de modelos diferentes para estudar o melhor resultado. No programa existem extensas bibliotecas com informações de materiais de construção, arranjos construtivos, cargas internas (pessoas e equipamentos), programação (*schedules*) de funcionamento do edifício e equipamentos de climatização, bem como uma variedade de dados climáticos com 448 localidades. Apesar da diversidade de materiais existentes na biblioteca de elementos construtivos, a biblioteca é feita de acordo com as práticas mais comuns nos Estados Unidos, pelo que é necessário a inserir os materiais mais utilizados, manualmente, em Portugal. [33]

3.6.1. Carrier's Hourly Analysis Program (HAP)

O HAP é um programa que possibilita o cálculo e análise energética dos vários sistemas de climatização possíveis de incorporar numa instalação sendo um programa intuitivo e de fácil utilização. Comparativamente aos softwares previamente mencionados, trata-se de um programa pago pelo que é também necessária uma licença de utilização válida por parte do utilizador. Contrariamente, não é necessário proceder à modelação tridimensional dos edifícios, uma vez que o programa funciona meramente através do input de dados necessários tais como área, altura de pé direito, área de paredes e respetivas orientações, existência ou não de cobertura exterior, entre outros, para cada espaço climatizado.

De entre várias limitações deste software, destacam-se as seguintes: o software considera apenas infiltrações de ar em cada espaço, pelo que cada espaço é independente e não existe nenhuma ligação entre espaços – o que é facilmente simulado em softwares que requerem a modelação tridimensional de edifícios. No HAP, a versão atual não permite ainda a análise energética de sistemas de ventilação natural e híbrida, de painéis solares e de sistemas de superfície radiantes pelo que é um software que carece de alguns dos sistemas que tem vindo a ser mais utilizados atualmente.

Apesar das limitações do software HAP, quando comparado com outros softwares, é o software utilizado em estágio e pelo ISEL. Tanto a instituição como a empresa utilizam este software

principalmente devido à facilidade de utilização do programa e, embora determinados sistemas não sejam possíveis de serem simulados, é possível adotar práticas que contornam estas limitações através da experiência e conhecimento do utilizador.

O HAP baseia-se em dois princípios sendo que o primeiro tem como objetivo estimar cargas térmicas e projetar sistemas. A segunda tem como objetivo simular o consumo energético de um edifício e calcular custos de energia. A nível de dimensionamento de sistemas de AVAC, o HAP desempenha as seguintes funções [34]:

- Cálculo das potências de aquecimento e arrefecimento necessárias para espaços, zonas e serpentinas do sistema de AVAC;
- Determina os caudais de ar necessários para espaços, zonas e o sistema geral;
- Dimensiona as serpentinas de aquecimento e arrefecimento;
- Dimensiona ventiladores de circulação de ar;
- Dimensiona as potências térmicas de chillers (arrefecimento) e caldeiras (aquecimento).

A nível de análise energética o HAP permite, ao longo das 8760 horas de um ano, realizar as seguintes funções [34]:

- Simular a operação hora-a-hora de todos os sistemas de aquecimento e ar condicionado da instalação;
- Simular a operação hora-a-hora de todos os equipamentos da central da instalação;
- Utiliza os resultados das simulações hora-a-hora para calcular o uso anual total de energia e os respetivos custos;
- Gera relatórios em formato de tabela ou gráfico, de dados horários, diários, mensais e anuais.

Ao longo da dissertação, será utilizado o software HAP em conformidade com os procedimentos efetuados em gabinete, isto é, será reproduzido o trabalho efetuado neste software em projeto com as respetivas conclusões a retirar para o caso de estudo. A versão utilizada é a mais recente e comercializada até ao momento, nomeadamente a versão 5.11 (ver Figura 24).

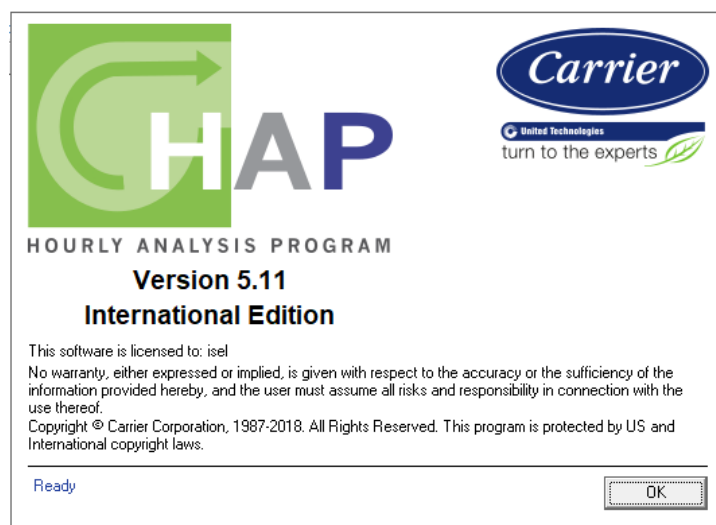


Figura 24 - Versão do HAP utilizada.

Um projeto elaborado em HAP está subdividido em cinco categorias: dados meteorológicos (*Weather*), caracterização dos espaços (*Spaces*), sistemas de AVAC utilizados (*Systems*), caracterização das centrais térmicas (*Plants*) e características do edifício tais como fontes de energia primária utilizadas associadas aos respetivos sistemas (*Buildings*). Adicionalmente é também disposta a biblioteca de informação utilizada ao longo do projeto referentemente aos vãos envidraçados, elementos construtivos que constituem as várias paredes, sombreamentos e equipamentos principais (chillers, caldeiras).

Dados meteorológicos (*Weather*)

Na primeira categoria, *Weather*, são definidos os parâmetros climáticos ao longo de um ano, do respetivo local onde se encontra a instalação/edifício através do estabelecimento dos seguintes fatores:

- Localização e caracterização geográfica do edifício;
- Perfis de temperatura seca e húmida de projeto (verão e inverno);
- Perfis de temperatura e humidade máxima e mínima ao longo de cada mês do ano;
- Perfis de fluxo solar em céu limpo;
- Ficheiro de simulação meteorológica e feriados nacionais.

Na determinação do mês de projeto (arrefecimento, verão) são considerados os perfis de temperatura e humidade máxima de todos os meses do ano. O HAP apresenta uma biblioteca de dados meteorológicos para mais de 500 cidades em todo o mundo sendo Lisboa, Porto e Bragança algumas das cidades consideradas para Portugal. É possível adotar os dados meteorológicos apresentados pelo software, no entanto, é comum adotar outras referências para estabelecer os perfis de temperatura de projeto e ao longo dos meses do ano uma vez que o próprio software apresenta valores acima do normal, tanto no verão como inverno. [35]

Caracterização dos espaços (*Spaces*)

A segunda categoria destina-se à introdução dos vários espaços climatizados (*Spaces*) onde são definidos todos os parâmetros necessários à caracterização de cada espaço e, portanto, para o cálculo das cargas térmicas destes.

Neste separador são introduzidos os seguintes parâmetros [35]:

- Área, altura de pé direito e caudal de ar novo necessário;
- Cargas internas a nível de iluminação, equipamentos e ocupação de pessoas (com os respetivos *schedules*);
- Paredes, vãos envidraçados, portas e palas de sombreamento com as respetivas orientações e áreas de cada elemento;
- Existência, ou não, de coberturas exteriores onde são também definidos os materiais, orientações e respetivas áreas;
- Infiltrações de ar no espaço;

- Caracterização do pavimento caso abaixo do espaço a climatizar se encontre uma zona não controlada/climatizada;
- Paredes interiores ou divisórias de teto caso o espaço climatizado seja adjacente a espaços não climatizados

Para o período de arrefecimento, os perfis de carga são calculados de acordo com o dia de projeto (mais frio) de cada mês, usando a informação definida na categoria *Weather*, os horários de funcionamento definidos (ocupação, iluminação e equipamentos) e com base na função *Transfer Function Load Method* credenciado pela ASHRAE. [35]

No período de aquecimento, os perfis de carga são calculados usando também os dados meteorológicos inseridos e são desprezadas todas as cargas internas definidas sendo apenas considerados os processos normais de transferência de calor e infiltrações em cada espaço. Ao desprezar as cargas internas no local, tal como previamente esclarecido, assegura-se que o dimensionamento da potência de aquecimento é feito para a pior situação possível, independentemente de o perfil de ocupação definido ser, ou não, cumprido. [35]

Sistemas de AVAC (*Systems*)

A terceira categoria destina-se à definição dos tipos de equipamentos, sistemas e número de zonas (agrupamento de espaços com necessidades térmicas semelhantes) que serão climatizadas sendo também caracterizado o tipo de ventilação utilizada. Nesta secção são também definidos os componentes utilizados no sistema a utilizar tais como serpentinas de aquecimento e arrefecimento, humidificadores e desumidificadores, ventiladores de insuflação e exaustão e recuperação de calor.

Cabe ao projetista, em função das condições de projeto, avaliar quais os sistemas possíveis de adotar fisicamente em cada espaço e selecionar qual dos sistemas pretende estudar de modo a que o software simule, em fase de dimensionamento do sistema de AVAC, as potências de aquecimento e arrefecimento de pico, para cada espaço sendo que a potência total de aquecimento e arrefecimento indicada na categoria *Plants*.

Caracterização das centrais térmicas (*Plants*)

Nesta secção, são definidas as centrais térmicas, *Plants*, dos sistemas sendo que estes podem estar associados entre si. O HAP permite definir centrais de água arrefecida (potência de arrefecimento necessária por parte de um chiller por exemplo), aquecida (potência de aquecimento de uma bomba de calor) e vapor. Esta secção destina-se a centrais genéricas no sentido em que serve apenas para cálculos de dimensionamento, não sendo necessário informações sobre componentes e os respetivos controlos uma vez que são utilizados os dados definidos nas categorias previamente mencionadas.

Nesta categoria, embora seja normalmente utilizada para o dimensionamento das potências totais de aquecimento e arrefecimento, é também possível definir outro tipo de centrais, não genéricas. A

diferença entre este tipo de centrais e as genéricas é a sua finalidade, isto é, primeiramente é feito o cálculo da potência de aquecimento e arrefecimento necessária, genericamente, sendo que após a seleção de equipamentos, são especificados os parâmetros operativos necessários à simulação energética, de forma a simular o comportamento real da instalação pelo que as centrais genéricas, não são utilizadas em simulações energéticas. [35]

Caracterização do edifício (*Buildings*)

Por último, a caracterização do edifício é feita em função dos sistemas de AVAC utilizados e outros que possam existir. Nesta secção são definidos os custos de energia (eletricidade, gás natural, combustível, entre outros) do edifício para que seja possível simular os consumos e respetivos custos energéticos de todo o edifício, para além da climatização caso seja pretendido.

3.6.2. DesignBuilder (DB) – EnergyPlus

Como já mencionado, o *EnergyPlus* é uma ferramenta de cálculo bastante completa e com elevado rigor, no entanto, é necessário um grau de formação elevado quando se pretende explorar as capacidades do programa uma vez que este é pouco intuitivo. Existem vários programas que tiram partido do código aberto do *EnergyPlus* sendo que a modelação tridimensional e introdução de dados é feita de acordo com as várias opções de cada programa, porém as simulações energéticas são efetuadas segundo a mesma base de cálculo, o *EnergyPlus*.

Na presente dissertação, para além do uso do software HAP, será também utilizado o *DesignBuilder* no âmbito de simulação energética devido às limitações do HAP face ao caso de estudo posteriormente definido. O *DesignBuilder* possui uma plataforma própria de modelação de edifícios em três dimensões, de fácil manipulação e aprendizagem onde são introduzidas as características geométricas e físicas do edifício em estudo e onde são também introduzidos todos os dados necessários à simulação energética que é feita através do *EnergyPlus*. As versões utilizadas são a 7.0.0.116 e 9.4 para o *DesignBuilder* e *EnergyPlus* (ver Figura 25), respetivamente.



Figura 25 - Versão do DesignBuilder e EnergyPlus utilizada.

O *DesignBuilder* é um software pago pelo que foi necessário adquirir uma licença de utilização válida sendo que existe a possibilidade de adquirir uma licença de estudante ao contactar um gestor de vendas (*sales manager*).

A disposição de todos os elementos que constituem um projeto é o que torna o software simples e intuitivo dado que a modelação do edifício é feita através de ferramentas de fácil manipulação e introdução de dados simples. (ver Figura 26) O procedimento a efetuar para cada projeto é igual passando da indicação do local à modelação e posterior introdução de dados nas várias abas/separadores representados abaixo das ferramentas de construção e análise (zoom, exportação de dados, entre outros).

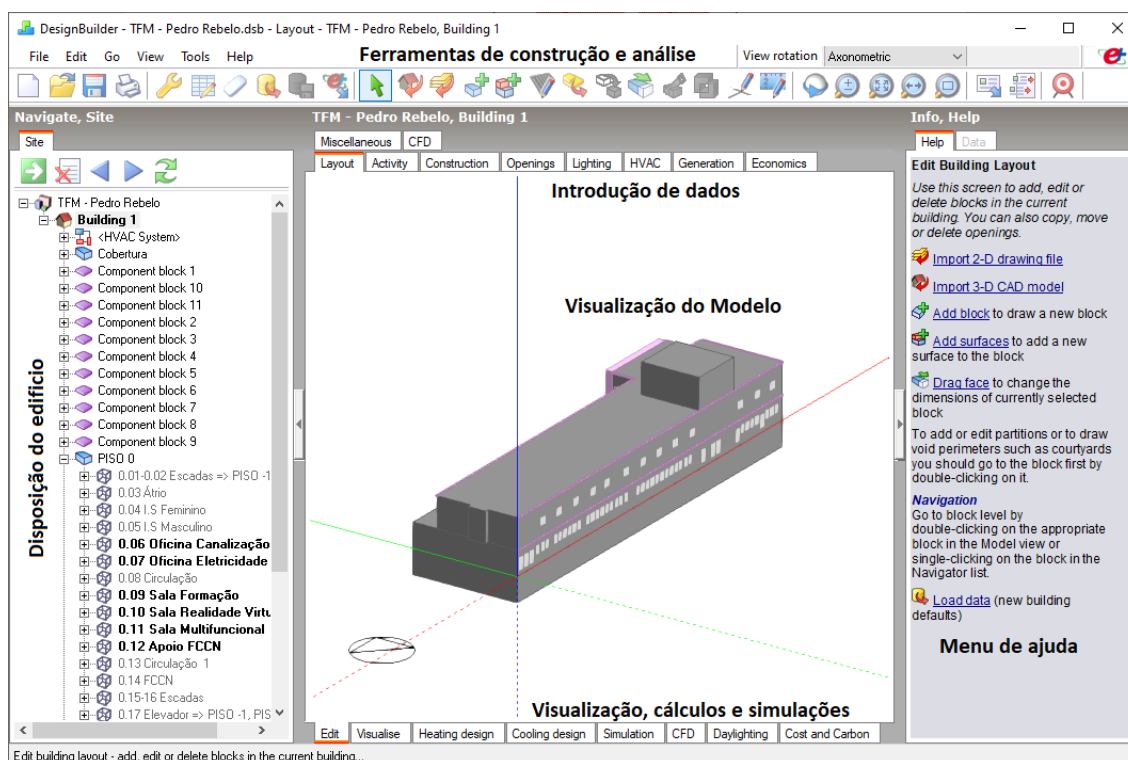


Figura 26 - Disposição de um projeto elaborado em DesignBuilder.

Ao criar um novo projeto/modelo é necessário indicar a localização e o tipo de análise energética (*EnergyPlus* ou *SBEM*) sendo o *EnergyPlus* a base de cálculo utilizada internacionalmente. O software apresenta uma biblioteca de localizações possíveis sendo que em Portugal existem várias cidades disponíveis com os respetivos ficheiros de simulação meteorológica incorporados. Ainda assim, caso seja necessário, é também possível adicionar um novo ficheiro de clima ao software desde que este apresente um formato válido.

O DB é compatível com vários softwares sendo possível exportar e importar dados de outros programas nomeadamente *Revit*, de CAD e modelos BIM não sendo necessário modelar um projeto inteiro de raiz para efetuar simulações energéticas, o que torna o software bastante versátil e prático.

A introdução de dados de um edifício/projeto e dos vários espaços que o constituem, é feita ao longo de 5 separadores:

- *Activity* – O primeiro separador destina-se à atividade de um espaço através da introdução do tipo de ocupação (número de pessoas, atividade metabólica, vestuário) e controlo da temperatura pretendido (temperatura em aquecimento e arrefecimento). Adicionalmente, é também possível definir as densidades de potência de equipamentos (W/m^2) e a respetiva fração irradiada para o ambiente interior. Na introdução do tipo de ocupação e potência de equipamentos são também definidos os perfis/horários de utilização, isto é, ao definir o número máximo de pessoas/equipamentos expectável, assim como no HAP, são definidos os *schedules*. O utilizador é sempre livre de definir parâmetros caso estes não sejam corretamente representados na biblioteca de informação do software, fazendo alterações aos *templates* disponíveis. O controlo de temperatura define as temperaturas ideais em aquecimento e arrefecimento sendo também possível definir as temperaturas dos locais quando estes não estão ocupados.
- *Construction* – Neste separador são introduzidos os parâmetros construtivos nomeadamente paredes interiores, exteriores, pavimento e cobertura, sendo possível especificar todos os parâmetros das camadas (material, espessura, coeficiente de condutividade térmica, densidade, entre outros).
- *Openings* – O separador de aberturas destina-se à caracterização dos vãos envidraçados (interiores e exteriores) com os respetivos parâmetros de fator solar, uso ou não de dispositivos de proteção solar moveis (e respetivo *Schedule*, contrariamente ao HAP), caixilharia em janelas e portas e, caso haja, grelhas de ventilação entre espaços.
- *Lighting* – Neste separador para além do tipo de luminária e método de fixação é também definido o horário/*Schedule* e frações de calor que são irradiadas para o ambiente interior.
- *HVAC* – O separador de AVAC permite referir a informação necessária a nível de climatização (tipo de sistemas, COP, EER e condições de insuflação), produção de AQS e utilização, ou não, de ventilação natural.

Os restantes separadores são destinados a operações específicas sendo possível especificar o nome do cada espaço apresentado nos resultados obtidos pelo *EnergyPlus* e da altura do plano de trabalho em âmbito de simulação de iluminação natural (*Miscellaneous*) sendo, por fim, o separador *CFD* destinado à mecânica de fluidos quando se pretende estudar o comportamento do ar ao longo do tempo através da especificação das condições de fronteira em superfícies interiores, exteriores e janelas.

O software estabelece uma hierarquia de dados conforme a introdução de dados feita pelo utilizador sendo essa hierarquia representada na Figura 27.

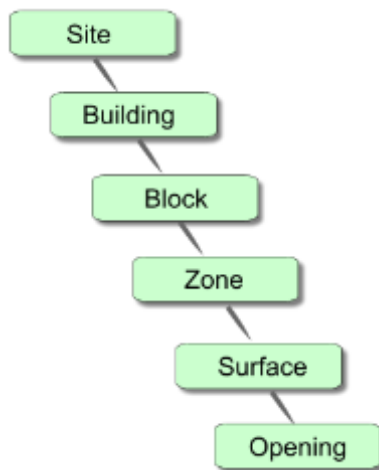


Figura 27 - Hierarquia de dados estabelecida pelo DesignBuilder. [36]

A introdução de dados pode ser feita a partir do bloco *Building*, isto é, o preenchimento dos 5 separadores previamente definidos pode ser feito através deste bloco caso todos os pisos e espaços do edifício sejam semelhantes a nível de atividade, construção, aberturas, iluminação e sistema de AVAC o que na maioria dos casos, não é possível. Idealmente, o utilizador deve preencher um piso inteiro (*Block*) quando a maioria dos espaços (*Zones*) são semelhantes entre si sendo que, para os casos mais específicos, em que um (ou mais) espaço(s) é consideravelmente diferente dos restantes, a introdução de dados é já feita ao nível de cada espaço (*Zone*), individualmente. Ou seja, para facilidade e rapidez na introdução de todos os dados de um modelo, o software estabelece uma relação de hierarquia descendente sendo que a informação introduzida ao nível de um piso (*Block*) é adotada por todos os espaços desse piso e assim sucessivamente sendo a abertura (*Opening*) o último bloco da hierarquia que é individualmente personalizável conforme cada superfície (*Surface*) pertencente a cada espaço.

Por fim, após a introdução de todos os parâmetros necessários, é possível proceder ao cálculo da carga de aquecimento (*Heating Design*) e arrefecimento (*Cooling Design*) utilizando o *EnergyPlus* como base de cálculo incorporada sendo posteriormente possível efetuar uma simulação energética do edifício, após a seleção e definição de todos os sistemas que se pretendam estudar.

Atualmente, a licença de estudante adquirida ao longo da presente dissertação é apenas restringida pelos módulos de certificação energética e de análise CFD pelo que apenas uma licença profissional permitiria usufruir destas funções.

Capítulo 4. Caso de Estudo

No presente capítulo será apresentado o caso de estudo da dissertação e as principais fases de projeto necessárias à definição do edifício com a finalidade de serem criados os modelos de simulação energética em ambos os softwares, HAP e DB-EnergyPlus. Todas as fases, considerações e simplificações descritas surgem com base no projeto efetuado em gabinete e do conhecimento prático adquirido ao longo do estágio, através dos vários projetos participados.

4.1. Caracterização do edifício

O caso em estudo consiste num edifício de serviços com quatro pisos localizado em Alvalade, Lisboa, com o horário de funcionamento entre as 08:00H e 20:00H durante a semana e sem funcionamento aos fins de semana e feriados. O edifício em questão pertence ao campus do LNEC e trata-se de um estúdio profissional, dedicado à produção de conteúdos audiovisuais de alta qualidade associado à FCCN – Fundação para a Computação Científica Nacional, uma unidade da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia. O edifício tem cerca de 2335 m² distribuídos ao longo dos três primeiros pisos sendo o último referente à cobertura, acessível por elevador e escadas, não sendo um espaço ocupado frequentemente. O primeiro piso (-1) é subterrâneo e é constituído por um único espaço destinado ao armazenamento de arquivos e de vários materiais sendo o segundo e terceiro piso os únicos com ocupação regular. No segundo piso encontram-se oficinas, salas de formação e reunião, estúdio FCCN e um bar público enquanto que o terceiro piso é destinado aos gabinetes de escritório e as respetivas salas de arquivos, secretariado e de reunião.

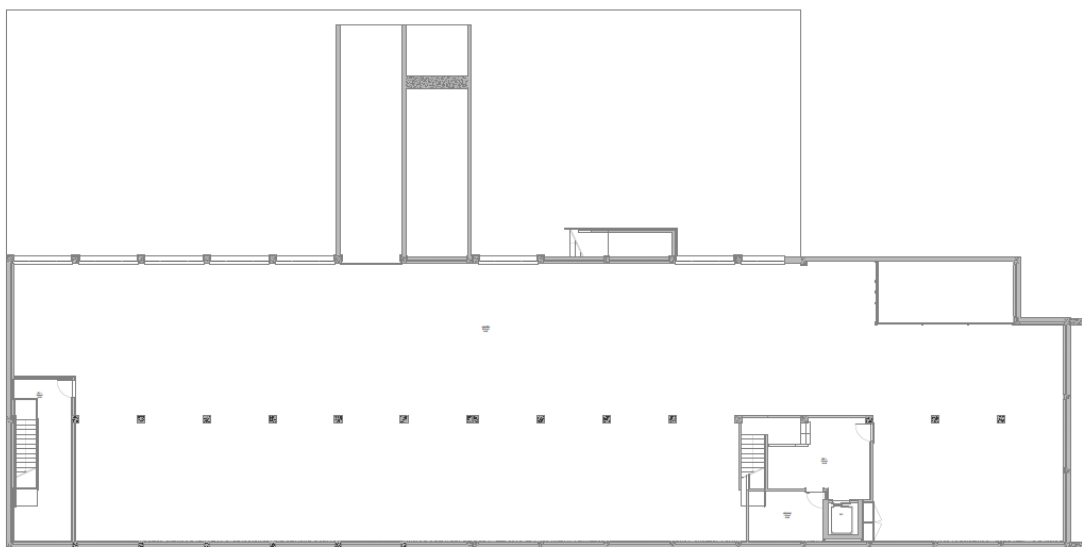


Figura 28 - Planta do Piso -1.

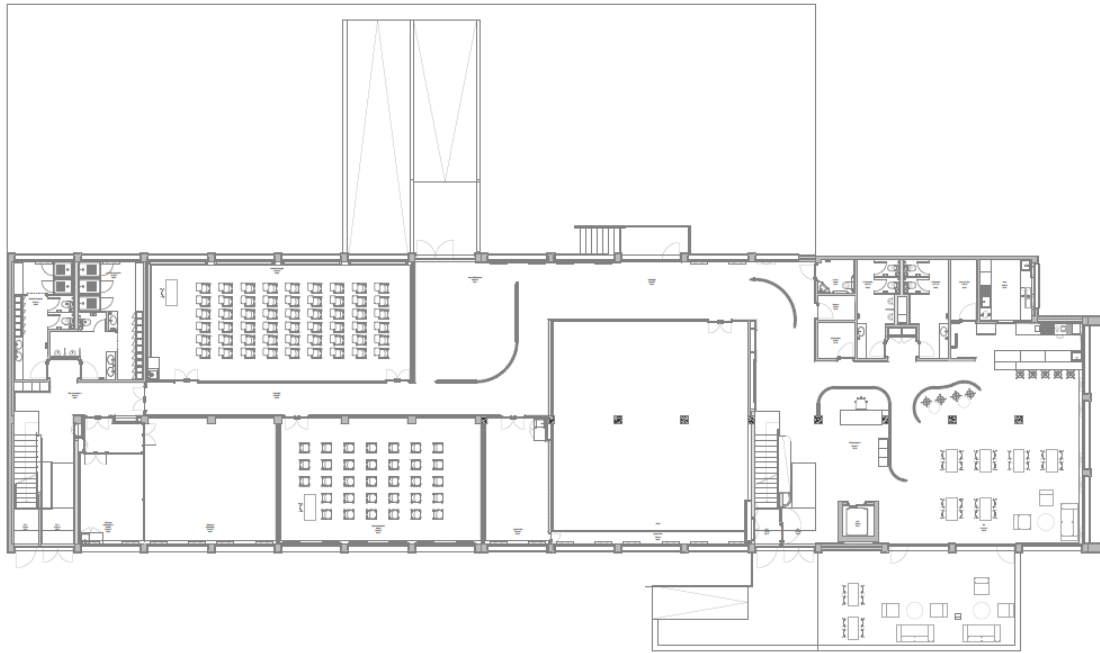


Figura 29 - Planta do Piso 0.



Figura 30 - Planta do Piso 0.

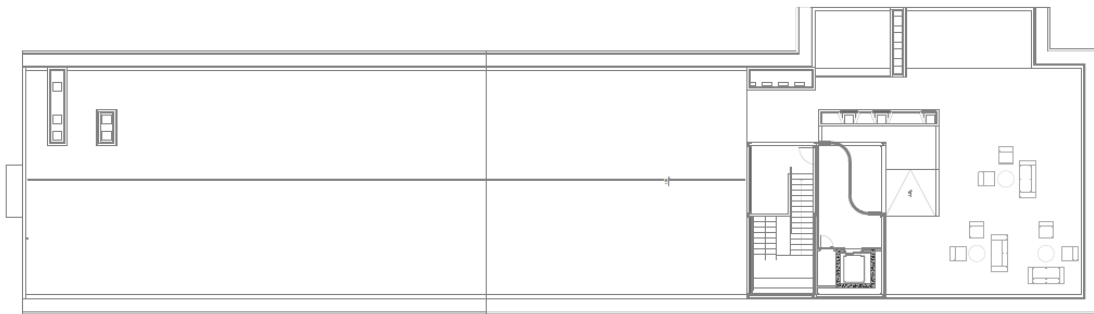


Figura 31 - Planta da Cobertura.

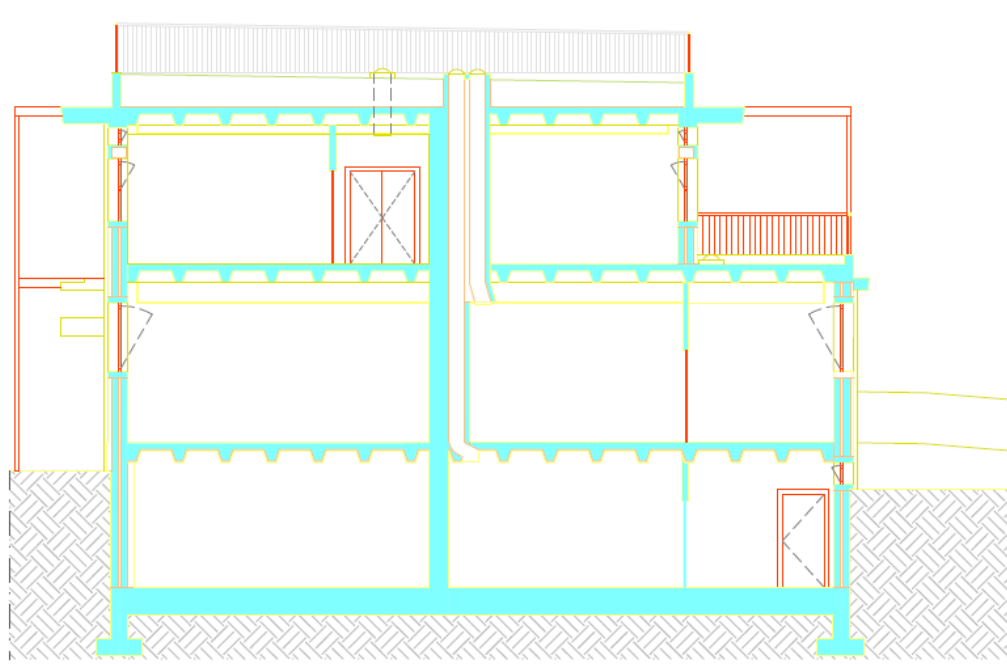
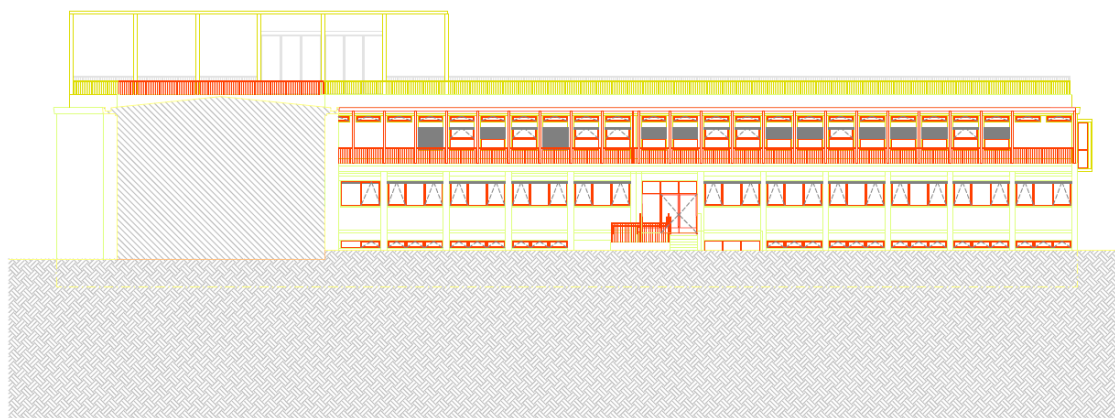
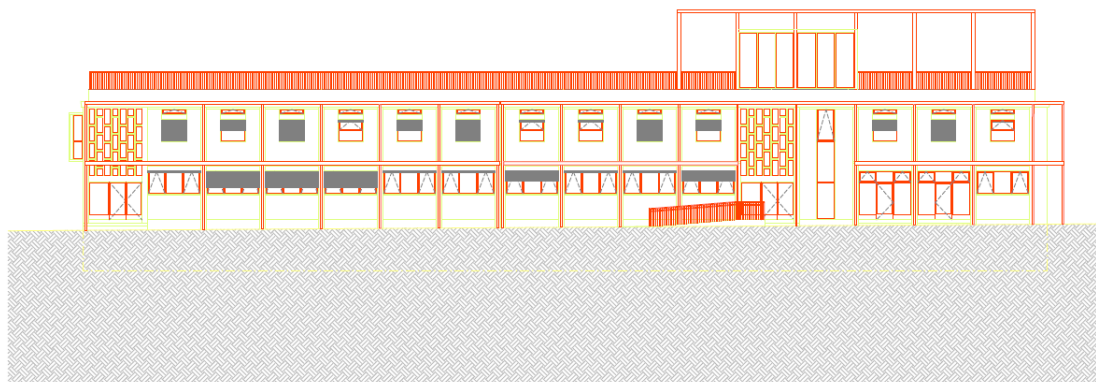


Figura 32 - Corte transversal do edifício.



ALÇADO NORTE

Figura 33 - Alçado Norte do edifício.



ALÇADO SUL

Figura 34 - Alçado Sul do edifício.

Tabela 16 - Lista de Salas completa do edifício.

Piso	N.º da Sala	Designação	Área (m²)	Pé Direito (m)	Volume (m³)
-1	-01.01	Escadas	27,6	3,0	82,7
-1	-01.02	Armazém	788,3	3,0	2 364,8
-1	-01.03	Escadas	27,3	3,0	82,0
-1	-01.04	Arrumos	11,3	3,0	33,9
-1	-01.05	Elevador	4,9	3,0	14,8
0	00.01	Escadas	7,7	3,0	23,0
0	00.02	Escadas	15,1	3,0	45,2
0	00.03	Átrio Secundário	12,8	3,0	38,3
0	00.04	I.S. Feminino	16,3	3,4	55,8
0	00.05	I.S. Masculino	23,4	3,4	80,3
0	00.06	Oficina de Canalização e Pintura	23,9	3,4	81,4
0	00.07	Oficina de Eletricidade	48,6	3,0	145,8
0	00.08	Circulação	27,0	3,0	81,0
0	00.09	Sala de Formação	91,7	3,0	275,0
0	00.10	Sala de Realidade Virtual	73,9	3,0	221,7
0	00.11	Sala Multifuncional	61,2	3,0	183,6
0	00.12	Apoio FCCN	29,2	3,0	87,7
0	00.13	Circulação	60,6	3,0	181,8
0	00.14	FCCN	117,8	3,0	353,4
0	00.15	Escadas	7,7	3,0	23,0
0	00.16	Escadas	15,0	3,0	44,9
0	00.17	Elevador	3,1	3,0	9,4
0	00.18	Átrio Principal	21,1	3,0	63,2
0	00.19	Bastidor	3,7	3,4	12,7
0	00.20	Arrumos	2,6	3,4	8,7
0	00.21	I.S. M.C.	3,4	3,4	11,5
0	00.22	I.S. Masculino	10,2	3,4	34,6
0	00.23	I.S. Feminino	10,7	3,4	36,4
0	00.24	Bar	128,8	3,0	386,3
0	00.25	Casa dos lixos	4,6	3,0	13,8
0	00.26	Copa	9,1	3,0	27,3
1	01.01	Escadas	23,3	2,8	65,2
1	01.02	Circulação	82,9	2,8	232,2
1	01.03	I.S. Masculino	5,7	3,0	17,1
1	01.04	I.S. Feminino	5,8	3,0	17,3
1	01.05	Gabinete	15,2	2,8	42,5
1	01.06	Arquivo	17,1	2,8	47,8
1	01.07	Gabinete	15,0	2,8	41,9
1	01.08	Arquivo	18,1	2,8	50,6

Piso	N.º da Sala	Designação	Área (m²)	Pé Direito (m)	Volume (m³)
1	01.09	Gabinete	15,0	2,8	41,9
1	01.10	Gabinete	18,0	2,8	50,3
1	01.11	Sala de Reuniões	30,6	2,8	85,7
1	01.12	Gabinete	18,0	2,8	50,3
1	01.13	Gabinete	18,1	2,8	50,6
1	01.14	sala de Telefonistas	16,0	2,8	44,7
1	01.15	Gabinete	19,6	2,8	54,8
1	01.16	Gabinete	14,6	2,8	40,8
1	01.17	Gabinete	17,9	2,8	50,2
1	01.18	Gabinete	15,0	2,8	41,9
1	01.19	Sala de Desenho	36,7	2,8	102,6
1	01.20	Gabinete	15,0	2,8	41,9
1	01.21	Gabinete	15,2	2,8	42,5
1	01.22	Hall I.S.	6,8	2,8	19,0
1	01.23	I.S. Masculino	4,4	3,0	13,2
1	01.24	I.S. Feminino	4,4	3,0	13,2
1	01.25	Escadas	14,4	2,8	40,4
1	01.26	Elevador	2,7	2,8	7,6
1	01.27	Área de Espera	15,8	2,8	44,1
1	01.28	Copa	9,3	2,8	26,2
1	01.29	Gabinete C.D.	13,3	2,8	37,2
1	01.30	Gabinete C.D.	15,0	2,8	41,9
1	01.31	Circulação	22,4	2,8	62,7
1	01.32	Secretariado	24,0	2,8	67,1
1	01.33	Gabinete C.D.	15,0	2,8	41,9
1	01.34	Sala de Reunião	23,0	2,8	64,4
1	01.35	Gabinete C.D.	14,6	2,8	40,8
1	01.36	Gabinete do Presidente C.D.	28,1	2,8	78,6
Total			2 334		6 915

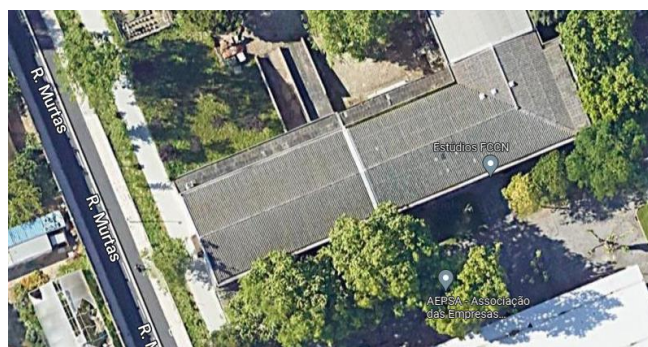


Figura 35 - Imagem satélite do edifício em caso de estudo. [37]

4.1.1. Zona Climática

O edifício em estudo está localizado em Lisboa pelo que é necessário definir o perfil climático a utilizar em simulação dinâmica, utilizado em ambos os softwares de simulação abordados. A localização geográfica de um edifício dita as possíveis trocas de calor entre o ambiente exterior e interior ao edifício devido a fatores como a temperatura e humidade exterior, altitude e ventos predominantes do local. O ficheiro de simulação meteorológica pode ser obtido diretamente através de uma base de dados climáticos fornecida pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) [38] onde é também possível extrair diretamente o ficheiro em formato *EnergyPlus Weather* (.epw) reconhecido pelos vários softwares de simulação dinâmica.

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

Seleção por município: Lisboa

Zona climática

NUTS 3: Grande Lisboa
Latitude: 38,9 °N (nominal)
Longitude: 9,2 °W (nominal)
Altitude: 109 m (referência)

Local específico

Município: Lisboa
Altitude: 109 m

Dados climáticos

	Referência	Neste local
Estação de aquecimento		
Período:	5,3	5,3 meses
T média:	10,8	10,8 °C
Graus-dia:	1071	1071 °C
Estação de arrefecimento		
T média:	21,7	21,7 °C

Zonas de verão e inverno

V 2 I 1

preparar ficheiro
EPW (formato EnergyPlus Weather)

LNEG Software para Políticas Públicas
Sistema Nacional de Certificação de Edifícios
Decreto-Lei 118/2013 de 20 agosto

Figura 36 - Dados climáticos de referência para Lisboa. [38]

Em Portugal, segundo o RECS, o território é dividido em 9 zonas climáticas com base na Nomenclatura de Unidade Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III recorrendo de dados referentes à localidade e região. A numeração destas zonas, I1,I2,I3 para inverno e V1,V2,V3 para verão, representam o grau de severidade do clima para ambas as estações do ano sendo o caso de estudo referente à zona climática V2,I1. [38]

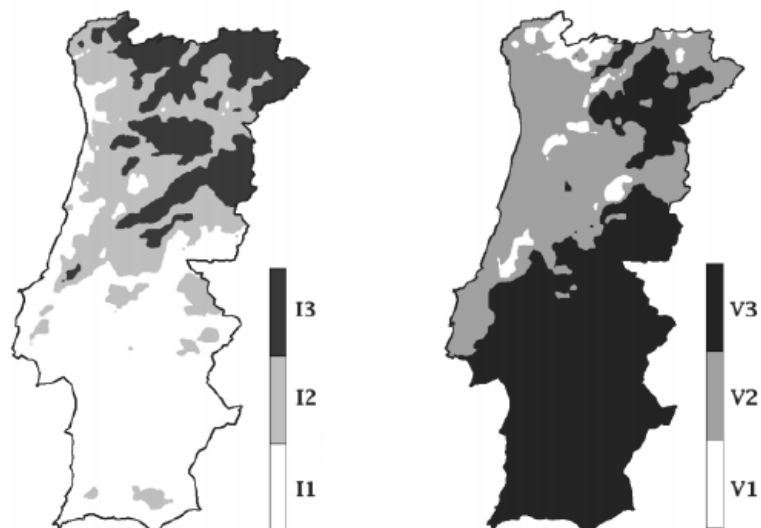


Figura 37 - Zonas de inverno (esquerda) e verão (direita). [38]

O perfil de temperaturas ao longo do ano, no qual foi confirmado o mês de projeto (verão), foi elaborado segundo as medições efetuadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) entre 1951 e 1980 para a região de Lisboa. [39]

Quanto ao mês de projeto, foi consultado o manual de temperaturas exteriores de projeto e números de graus-dias elaborado pelo LNEC onde são registadas as temperaturas extremas, para verão e inverno, com probabilidades de ocorrência de 99%, 97,5%, 95% e 90% sendo que, para o caso de estudo, foi optado pelo caso mais desfavorável nomeadamente de 99% (verão) e 1% (inverno), segundo uma distribuição normal. A temperatura média mensal ocorre entre Julho e Agosto e é cerca de 22°C sendo que, em termos extremos do perfil de temperatura, a temperatura máxima possível é cerca de 33°C. Quanto à temperatura média mensal mínima, esta ocorre entre Dezembro e Janeiro nos cerca de 11°C. [40]

A nível dos perfis de radiação, foi consultado o manual de radiação solar global em Portugal Continental pelo INMG onde são registados os valores médios de radiação solar (kWh/m²) para cada mês do ano com a finalidade de aplicar fatores de correção a valores apresentados em software que apresentam desvios consideráveis aos obtidos experimentalmente. [41]

4.1.2. Caracterização dos elementos da envolvente

Como referido no capítulo 3, o coeficiente global de transmissão térmica de paredes, pavimento, cobertura e vãos envidraçados ditam a eficiência energética de um edifício a nível das trocas de energia entre o interior e exterior do mesmo. Assim sendo, numa fase inicial do projeto, foram conhecidos todos os elementos construtivos que compõem o edifício a nível estrutural.

A nível de paredes interiores e exteriores, o edifício é uniforme ao longo de todos os pisos sendo a única diferença, a área de vãos envidraçados e a distribuição destes. A composição de todos os elementos estruturais do edifício é conhecida por parte da arquitetura do edifício tendo sido, no entanto, necessário consultar todos os valores referentes à condutividade térmica (ou resistência térmica) dos elementos de camada, de acordo com o manual ITE 50 [9]. Todos os parâmetros de cálculos efetuados poderão ser consultados em anexo (D).

No caso dos vãos envidraçados foi disponibilizado, por parte da arquitetura, as características dos vãos ao longo dos pisos nomeadamente a área, coeficiente global de transmissão térmica e respetivo fator solar.

Tabela 17 - Composição dos vãos envidraçados do edifício.

Vãos envidraçados					
Piso	Comprimento (m)	Altura (m)	Área (m²)	U (W/m².K)	Fator solar
0	1,02	1,35	1,377	2,9	0,36
1	1,4	1,23	1,722		

Em simulação dinâmica, é necessário estabelecer o coeficiente de sombreamento através da equação (4.1). [35]

$$coeficiente\ de\ sombreamento = \frac{fator\ solar}{0,87} \quad (4.1)$$

Assim sendo, para um fator solar de 0,36, resulta um coeficiente de sombreamento de 0,414, a ser introduzido em software para todos os vãos envidraçados ao longo de ambos os pisos.

A nível de dispositivos de proteção solar, existem dispositivos móveis e permanentes em ambos os pisos. Os dispositivos moveis são do tipo persianas de régua metálicas em ambos os pisos e existem palas de sombreamento (dispositivos permanentemente ativados) com uma extensão de 270mm, de acordo com as plantas apresentadas, a uma altura acima de cada vão envidraçado de cerca de 830mm.

4.1.3. Ocupação

A ocupação do edifício deve ser estimada apenas para os espaços com ocupação regular e que, por consequência, deverão ser os espaços a serem climatizados. Desta forma, excluem-se os espaços de passagem tais como corredores de circulação e escadarias assim como instalações sanitárias, no entanto, poderá haver projetos nos quais seja vantajoso climatizar estes espaços de modo a diminuir o choque térmico entre espaços e por forma a garantir uma melhor condição de conforto geral. Para o presente caso de estudo, optou-se por não considerar os espaços sem ocupação regular devido também ao clima ameno de Lisboa.

A ocupação definida em todos os espaços climatizados é referente à ocupação máxima expectável, por espaço, pelo que a ocupação instantânea é definida através do perfil de ocupação, em percentagem, ao longo do horário de funcionamento da instalação que deverá ser definido para efeitos de simulação dinâmica e cálculo das cargas térmicas dos vários espaços.

Ao longo do tempo, uma ocupação de 50% traduz-se em metade da ocupação máxima expectável, para o período de tempo definido, enquanto uma ocupação de 100% resulta na presença do número de pessoas máximo expectável, no período de tempo definido.

Tabela 18 - Ocupação dos espaços climatizados do edifício.

Piso	N.º da Sala	Nome da Sala	Área Útil (m ²)	Ocupação		
				(Ocup.)	(m ² /Ocup.)	(Ocup./m ²)
0	00.06	Oficina de Canalização e Pintura	23,9	15	1,6	0,6
0	00.07	Oficina de Eletricidade	48,6	15	3,2	0,3
0	00.09	Sala de Formação	91,7	55	1,7	0,6
0	00.10	Sala de Realidade Virtual	73,9	34	2,2	0,5
0	00.11	Sala Multifuncional	61,2	30	2,0	0,5
0	00.12	Apoio FCCN	29,2	10	2,9	0,3
0	00.18	Átrio Principal	21,1	4	5,3	0,2
0	00.24	Bar	128,8	50	2,6	0,4
0	00.26	Copa	9,1	1	9,1	0,1
1	01.05	Gabinete	15,2	1	15,2	0,1
1	01.06	Arquivo	17,1	1	17,1	0,1
1	01.07	Gabinete	15,0	1	15,0	0,1
1	01.08	Arquivo	18,1	1	18,1	0,1
1	01.09	Gabinete	15,0	1	15,0	0,1
1	01.10	Gabinete	18,0	1	18,0	0,1

Piso	N.º da Sala	Nome da Sala	Área Útil (m ²)	Ocupação		
				(Ocup.)	(m ² /Ocup.)	(Ocup./m ²)
1	01.11	Sala de Reuniões	30,6	12	2,6	0,4
1	01.12	Gabinete	18,0	1	18,0	0,1
1	01.13	Gabinete	18,1	1	18,1	0,1
1	01.14	sala de Telefonistas	16,0	2	8,0	0,1
1	01.15	Gabinete	19,6	1	19,6	0,1
1	01.16	Gabinete	14,6	1	14,6	0,1
1	01.17	Gabinete	17,9	1	17,9	0,1
1	01.18	Gabinete	15,0	1	15,0	0,1
1	01.19	Sala de Desenho	36,7	8	4,6	0,2
1	01.20	Gabinete	15,0	1	15,0	0,1
1	01.21	Gabinete	15,2	1	15,2	0,1
1	01.28	Copa	9,3	1	9,3	0,1
1	01.29	Gabinete C.D.	13,3	1	13,3	0,1
1	01.30	Gabinete C.D.	15,0	1	15,0	0,1
1	01.32	Secretariado	24,0	2	12,0	0,1
1	01.33	Gabinete C.D.	15,0	1	15,0	0,1
1	01.34	Sala de Reunião	23,0	12	1,9	0,5
1	01.35	Gabinete C.D.	14,6	1	14,6	0,1
1	01.36	Gabinete do Presidente C.D.	28,1	1	28,1	0,0
Totais			944,3	270	3,5	0,3

O perfil de ocupação do edifício pode ser estabelecido com base no Decreto-Lei nº79/2006, de 4 de abril, que aprova o RSECE, onde são definidos padrões de referência de utilização de edifícios (Anexo XV) [42]. Para o presente caso de estudo, tendo em consideração o horário de funcionamento do edifício, foi feita uma ampliação do padrão de referência definido pelo Decreto-Lei, ao considerar uma percentagem de ocupação superior em alguns períodos, de forma a delinear um perfil próximo ao expectável.

O edifício em estudo é composto por vários espaços com diferentes finalidades, porém, é possível reduzir os perfis de ocupação a essencialmente dois padrões de referência: escritórios e restaurantes, de acordo com o decreto-lei. Grande parte dos espaços climatizados, principalmente no piso 1, são gabinetes/escritórios pelo que ao efetuar um aumento, em relação ao padrão de referência, optou-se por considerar um único perfil de ocupação que traduz os restantes espaços (salas de reunião, formação, secretariado, entre outros). Relativamente ao bar aberto ao público, foi considerado o padrão de referência de restaurantes, sendo que foi também efetuado um aumento em relação ao padrão de referência, tendo em consideração o horário de funcionamento do edifício.

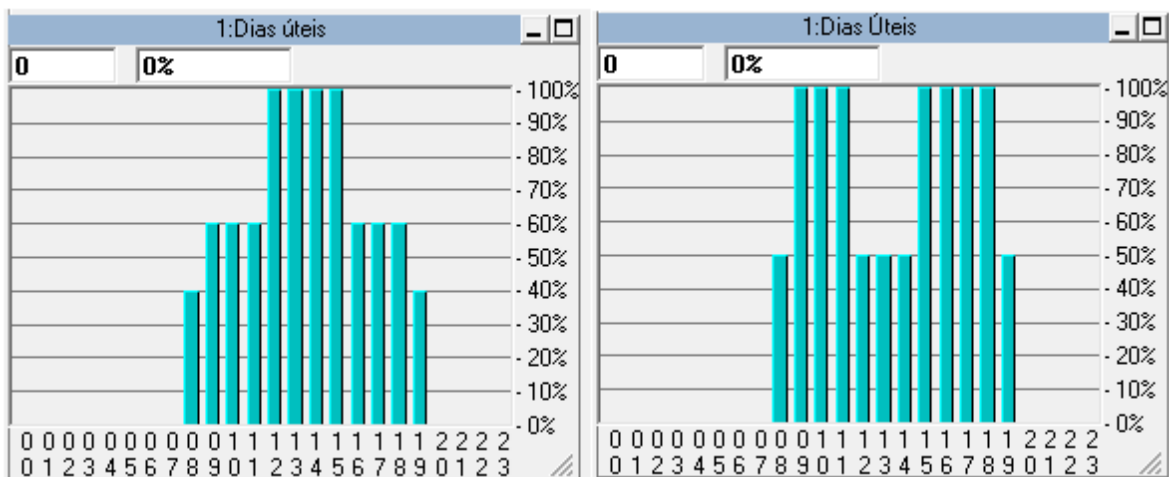


Figura 38 - Perfis de ocupação adotados ao longo do edifício: bar (esquerda) e restantes espaços (direita) - HAP.

De notar que durante os fins de semana e feriados, o edifício encontra-se fechado.

A nível de atividade metabólica, foi considerado um tipo de atividade sedentário em grande parte edifício uma vez que não existem funções que requeiram esforço físico por parte dos ocupantes.

4.1.4. Iluminação

Como definido no capítulo 3, a iluminação é um fator a considerar nos ganhos energéticos internos de um edifício pelo que é necessário ter conhecimento da potência elétrica consumida ou de valores de densidade de potência (W/m^2). Numa fase inicial de projeto e reconhecimento dos espaços a climatizar, para o presente caso de estudo, foram considerados valores convencionais conforme a finalidade de cada espaço, de acordo com o manual da ASHRAE [18].

Tabela 19 - Densidades de iluminação utilizados. [18]

Tipologia do Espaço	Densidade de iluminação (W/m^2)
Oficinas	20
Salas de formação e R.V	10
Sala Multifuncional	20
Sala Apoio FCCN	13
Bar	15
Copas	13
Gabinetes, sala de telefonistas e reunião	12
Arquivos	9

Assim como é definido o perfil de ocupação expectável ao longo do horário de funcionamento do edifício, é também necessário estabelecer um perfil a nível de utilização da iluminação, segundo o mesmo princípio.

O perfil de iluminação pode também ser definido segundo o padrão de referência apresentado no Decreto-Lei nº79/2006 [42] sendo que para o caso em estudo, foi novamente efetuado um aumento, em relação ao padrão de referência, devido ao horário de funcionamento (diferente do padrão de referência) e por forma a uniformizar os perfis iluminação de todos os espaços.

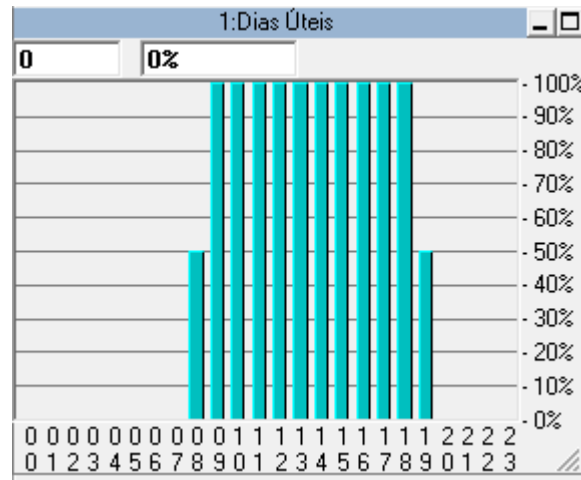


Figura 39 - Perfil de iluminação adotado ao longo do edifício - HAP.

4.1.5. Equipamentos

A potência de equipamentos pode ser definida quando é conhecido, especificamente, o tipo de equipamento utilizado e a potência elétrica consumida através da sua ficha técnica. A nível de projeto, é ideal que sejam definidos todos os equipamentos utilizados principalmente quando há espaços com cargas térmicas elevadas e que requerem um controlo das condições interiores especial.

Para o presente caso de estudo, foi novamente consultado o manual da ASHRAE [18] onde são indicados valores convencionais conforme a tipologia de cada espaço, uma vez que não houve informação específica a nível de equipamentos utilizados ao longo da instalação, para além do Bar e Copas.

Tabela 20 - Densidades de potência de equipamentos utilizados. [18]

Tipologia do Espaço	Densidade de potência de equipamentos (W/m ²)
Oficinas	6
Salas de formação e R.V	6
Sala Multifuncional	16,1
Sala Apoio FCCN Sala de reuniões	5,4
Bar	11,65 (especificado)

Tipologia do Espaço	Densidade de potência de equipamentos (W/m ²)
Copas	8,44 (especificado)
Gabinetes, sala de reunião	10,8
Arquivos	5,4

Por fim, é também necessário estabelecer o perfil de utilização dos equipamentos ao longo do horário de funcionamento do edifício pelo que foi novamente criado um perfil uniformizado, com percentagens superiores ao estabelecido pelo Decreto-Lei, de acordo com o horário de funcionamento do edifício.

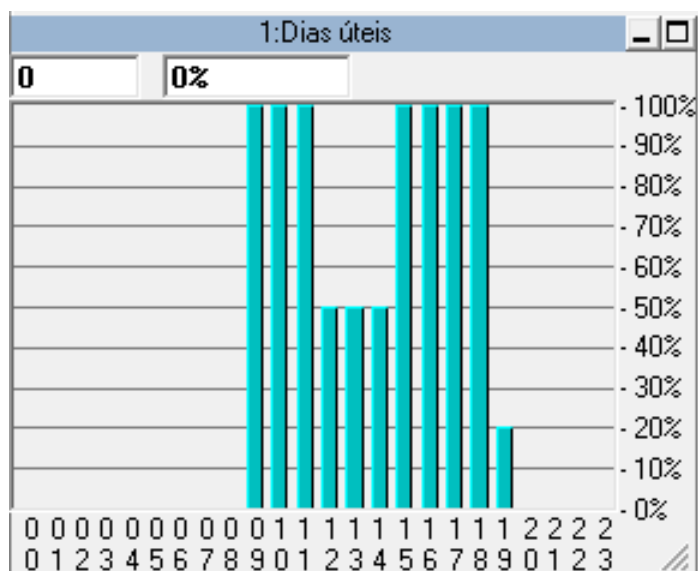


Figura 40 - Perfil de utilização de equipamentos adotado ao longo do edifício - HAP.

Relativamente aos equipamentos de AVAC, o perfil de utilização é análogo aos restantes equipamentos sendo, no entanto, diferente a grandeza do perfil, isto é, no caso dos sistemas de AVAC, estes podem estar ligados ou desligados, apenas, pelo que sendo o horário de funcionamento das 08:00H às 20:00H, assim será o perfil de utilização destes sistemas.

4.1.6. Cálculo de ar novo

O cálculo do ar novo é feito numa fase inicial de projeto onde são definidos os caudais de ar novo em cada espaço, independentemente da solução de climatização final adotada. O cálculo do caudal de ar novo necessário é feito conforme o volume/área dos espaços, ocupação, eficácia de ventilação, normas consultadas e a legislação em vigor.

Eficácia de ventilação

A eficácia de ventilação é referente à remoção de poluentes e varia conforme a solução de insuflação e extração adotada. Nesta fase, o projetista deverá ser capaz de identificar o método de insuflação e extração a adotar, independentemente do sistema de AVAC final a dimensionar, conforme a disposição e arquitetura dos vários espaços. Estas considerações requerem perícia e experiência por parte do projetista, conforme as várias soluções possíveis e práticas adotadas atualmente.

O valor referente à eficácia de ventilação é obtido segundo o manual SCE [8].

Tabela 21 - Valores de eficácia de ventilação (adaptado de [8]).

Valores de Eficácia de Ventilação ϵ_v				
Configuração da distribuição de ar na zona			Tipo de Fluxo de Ar	Eficácia de Ventilação
Tipo	Insuflação	Extração/Retorno		
1	Pelo teto	-	-	1
2	Pelo teto	Junto ao pavimento	-	1
3	Junto ao teto de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local	Junto ao teto	-	0,8
4	Junto ao teto de ar quente pelo menos 8°C acima da temperatura do local com velocidade superior a 0,8 m/s e alcance até 1,4 m	Junto ao teto	-	1
5	Junto ao pavimento de ar frio com velocidade de 0,8 m/s e alcance de 1,4m ou mais	Junto ao teto	-	1
6	Junto ao pavimento de ar frio com baixa velocidade	Junto ao teto	Ventilação tipo deslocamento, com fluxo unidirecional e estratificação térmica	1,2
7	Junto ao pavimento	Junto ao pavimento	Insuflação e extração em lados opostos	1
8	Junto ao pavimento	Junto ao teto	-	0,7

Valores de Eficácia de Ventilação ε_v				
Configuração da distribuição de ar na zona			Tipo de Fluxo de Ar	Eficácia de Ventilação
Tipo	Insuflação	Extração/Retorno		
9	Admissão natural junto ao teto ou junto ao pavimento	Extração mecânica junto ao teto ou junto ao pavimento	Insuflação e extração em lados opostos	0,8
10	Admissão natural junto ao teto ou junto ao pavimento	Extração mecânica junto ao teto ou junto ao pavimento	Insuflação e extração no mesmo lado	0,5
11	Junto ao pavimento de ar quente	Junto ao teto	Insuflação e extração no mesmo lado ou em localização próxima	0,5
12	Junto ao teto de ar frio	Junto ao pavimento	Insuflação e extração no mesmo lado ou em localização próxima	0,5

Caudal mínimo de ar novo segundo o manual SCE

O manual SCE [7] determina o cálculo do caudal de ar novo mínimo segundo o Decreto-Lei nº101-D/2020 de 7 dezembro em função de dois critérios: ocupação e edifício, de acordo com a equação (4.2).

$$Q_{AN_{min}} = \text{Máx}(Q_{AN_{critério ocupação}}; Q_{AN_{critério edifício}}) [m^3/h] \quad (4.2)$$

Em caso da adoção de sistemas de ventilação mecânica, é ainda necessário efetuar a correção do caudal de ar novo mínimo através da eficácia de remoção de poluentes (ε_v), através da equação (4.3).

$$Q_{ANF} = \frac{Q_{AN_{min}}}{\varepsilon_v} \quad (4.3)$$

Onde:

Q_{ANF} – Caudal de ar novo mínimo em espaços dotados de ventilação mecânica [m^3/h];

$Q_{AN_{min}}$ – Caudal de ar novo mínimo [m^3/h];

ε_v – Eficácia de remoção de poluentes.

De notar que ao efetuar a correção do caudal de ar novo, mesmo em sistemas em que adotem ventilação natural, é feito um sobredimensionamento do caudal de ar novo necessário pelo que a nível de simplificação de cálculo, esta correlação pode ser sempre utilizada e uniformizada para qualquer tipo de projeto.

Critério de ocupação – método prescritivo

A determinação do caudal de ar novo pelo critério de ocupação pode ser efetuada por um de dois métodos, prescritivo ou analítico, sendo a escolha da responsabilidade do projetista [8]. Perante o caso de estudo, será descrito o método prescritivo, devido à solução adotada (posteriormente descrita) uma vez que esta assegura o cumprimento do limiar de proteção de CO₂ que serve de base ao método analítico.

Os valores de caudal de ar novo pelo método prescritivo, para diluição da carga poluente devido aos ocupantes, devem ser obtidos através da equação (4.4). [8]

$$Q_{AN} = n \times Q_{AN,M_{met}} \quad (4.4)$$

Onde:

Q_{AN} – Caudal de ar novo [m³/h];

n – Número de ocupantes do espaço;

$Q_{AN,M_{met}}$ – Caudal de ar novo por ocupante, obtido através da Tabela 22 .

Tabela 22 - Caudal de ar novo mínimo em função da ocupação (adaptado de [8]).

Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à ocupação (m³/hora/pessoa)				
Tipo de atividade		Taxa de metabolismo dos ocupantes M (met)	Exemplos de tipos de espaços	Caudal de ar novo (m³/hora/pessoa)
1	Sono	0,8	Quartos, dormitórios e similares.	16
2	Descanso	1	Salas de repouso, salas de espera, salas de conferência, auditórios e bibliotecas.	20
3	Sedentário Baixo	1,2	Escritórios, gabinetes, secretarias, salas de aula, cinemas, salas de espetáculo, salas de refeições, lojas, museus, galerias, salas de convívio.	24

4	Sedentário Alto		Salas de jardim de infância, e pré-escolar e salas de creches.	28
5	Moderado	1,4 a 2,0	Laboratórios, ateliers, salas de desenho, salas de trabalhos oficinais, cafés, bares e salas de jogos.	35
6	Ligeiramente Alta	2,0 a 3,0	Pistas de dança e salas de ballet.	49
7	Alta	3,0 a 9,0	Ginásio, salas de musculação, pavilhões desportivos.	98

Critério de edifício

O critério do edifício destina-se a determinar o caudal de ar novo necessário à diluição e remoção da carga poluente devido ao próprio espaço, aos seus materiais de construção, incluindo mobiliário, e atividades nele desenvolvidas, de acordo com a equação (4.5).

$$Q_{AN} = A_{espaço} \times Q_{AN,área} \quad (4.5)$$

Onde:

$A_{espaço}$ – Área de pavimento do espaço;

$Q_{AN,área}$ – Caudal de ar novo por unidade de área, obtido através da Tabela 23 .

Tabela 23 - Caudal de ar novo mínimo em função da situação do edifício (adaptado de [8]).

Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida ao edifício (m³/hora/m²)			
Tipo	Situação do edifício	Exemplos de tipos de espaços	Caudal de ar novo (m³/hora/m²)
1	Predominância de Materiais de Baixa Emissão	-	2
2	Sem atividade de emissão de poluentes específicos	-	3
3	Com atividade de emissão de poluentes específicos	Lavandarias, perfumarias, farmácias, salões de beleza, lojas de animais, salas de artes, laboratórios e estabelecimentos comerciais de mobiliário e de madeiras.	5
4	Piscinas	A área de referência para este caso é a área do plano de água	20

Normas consultadas

Existem várias referências possíveis de consultar quando se pretende estabelecer qual o caudal de ar novo a adotar para cada espaço. Em gabinete, é feito o cálculo de acordo com o manual SCE [7] previamente descrito e de acordo com a norma EN15251:2007 [21]. Adicionalmente, em caso de instalações destinadas à saúde pública é ainda consultada a legislação adotada pela Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS - ERS).

Para o presente caso de estudo, sendo este um edifício de comércio e serviços, foi feito o cálculo de acordo com o manual SCE [7] e a norma EN15251:2007 [21] sendo que o valor de caudal a adotar surge do resultado com maiores necessidades entre ambas as referências, isto é, os valores de caudal de ar novo mínimo por espaço adotados resultam do valor máximo entre os caudais mínimos necessários por ambas as referências. Segundo a norma EN15251:2007 o caudal de ar novo mínimo é estabelecido de acordo com a categoria do edifício, conforme descrito no capítulo 3, e emissões do edifício sendo os valores de caudal obtidos através da Tabela 24 e Tabela 25 .

Tabela 24 - Caudal de ar novo mínimo segundo a categoria do edifício (adaptado de [21]).

Caudal de Ar Novo Mínimo por Pessoa		
Categoria	% de Insatisfeitos	l/s.ocup.
I	15	10
II	20	7
III	30	4
IV	>30	<4

Tabela 25 - Caudal de ar novo mínimo segundo as emissões de edifício (adaptado de [21]).

Categoria	Caudal de Ar Novo Mínimo por m² (l/s.m²)		
	Emissões do Edifício		
	Muito baixo	Baixo	Não baixo
I	0,5	1	2
II	0,35	0,7	1,4
III	0,3	0,4	0,8
IV	-	-	-

As emissões de edifício são referentes aos materiais utilizados em cada espaço que podem poluir o ambiente interior e ao facto de haver ou não atividades poluentes (espaço de fumadores, por exemplo). Materiais pouco poluidores são tradicionalmente naturais como vidro e metais nos quais são materiais com poucas emissões de compostos cancerígenos, orgânicos voláteis e não odorosos. O caudal de ar novo mínimo a adotar é obtido segundo ambas as condições, através da equação (4.6).

$$Q_{AN_{min}} = n \times q_p + A_{espaço} \times q_B \text{ [l/s]} \quad (4.6)$$

Onde:

q_p – Caudal de ar novo por ocupante [l/s.ocup];

q_B – Caudal de ar novo segundo as emissões do edifício [l/s.m²].

Adicionalmente, a norma indica ainda a possibilidade de efetuar a correção do ar novo, pela equação (4.7), através da eficácia de ventilação caso a mistura de ar novo e o ar interior não seja eficiente uma vez que os valores de ar novo apresentados são fornecidos para quando a concentração de poluentes é igual tanto no ar interior como no ar extraído do local [21].

$$Q_{AN_{min}} = \frac{n \times q_p + A_{espaço} \times q_B}{\epsilon_v} \text{ [l/s]} \quad (4.7)$$

Extração localizada

A legislação em vigor dita ainda os caudais mínimos de extração, aplicáveis a instalações sanitárias de acordo com a ocupação destes espaços (públicos ou privados, funcionamento normal ou intensivo), área e disposição dos sanitários [8].

Tabela 26 - Caudais mínimos de extração. [8]

Tipo de espaço	Sistema de extração	Caudal de extração mínimo [m³/h]
Instalação sanitária privada ⁽¹⁾	Com funcionamento contínuo ⁽³⁾	$Máx(45; 10 \times A_{espaço})$
	Sem funcionamento contínuo	$Máx(90; 10 \times A_{espaço})$
Instalação sanitária pública ⁽²⁾	Funcionamento normal ⁽⁴⁾	$Máx(90 \times (n^{\circ} \text{urinóis} + n^{\circ} \text{sanitas} + n^{\circ} \text{duches}); 10 \times A_{espaço})$
	Funcionamento intensivo ⁽⁵⁾	$Máx(125 \times (n^{\circ} \text{urinóis} + n^{\circ} \text{sanitas} + n^{\circ} \text{duches}); 10 \times A_{espaço})$

(1) – Espaço ocupado apenas por uma pessoa em cada utilização

(2) – Espaço ocupado por várias pessoas em simultâneo, incluindo balneários e similares

- (3) – O sistema de ventilação com horário de funcionamento, no mínimo, igual ao do espaço que a instalação sanitária serve
- (4) – O sistema afeto a espaços que não se caracterizem por um funcionamento intensivo
- (5) – O sistema afeto a espaços com probabilidade de elevada taxa de ocupação, designadamente, instalações sanitárias ou balneários em teatros, cinemas, escolas, instalações desportivas ou similares

Cabe ao projetista, conforme o dimensionamento aeráulico, assegurar a limpeza das condições interiores e a operação do sistema de AVAC ao definir os restantes caudais de extração ao longo dos diversos espaços, assegurando também que os requisitos de caudal ar novo são cumpridos.

Dependendo do projeto, poderá haver espaços em que não há insuflação direta de ar novo por motivos de sobrepressão, dificuldade a nível de condutas (distância elevada, dificuldade de execução em obra, pressão estática, entre outros) que levam a consumos/seleção de equipamentos com maiores requisitos que tornam a solução inviável. Assim sendo, existe sempre a possibilidade de recorrer a uma extração localizada que, caso não haja insuflação de ar novo, cria uma infiltração de ar no espaço (proveniente de espaços adjacentes) derivado do efeito de depressão criado.

Uma prática recorrente em vários projetos elaborados em gabinete, ao efetuar o mapeamento de pressões da instalação, consiste em admitir caudais de ar novo necessários em vários espaços, num único, e estipular as exfiltrações de ar para os espaços adjacentes (através de grelhas, por exemplo) onde existe extração de ar. Desta forma, reduz-se a área de condutas de insuflação necessária, e tira-se proveito da depressão criada pelos ventiladores de extração, assegurando a limpeza geral do ar interior em todos os espaços. Em suma, o projetista poderá optar por efetuar uma extração de ar, sem a necessidade de insuflação, garantindo uma limpeza do ar interior, caso os espaços adjacentes não sejam poluentes.

Com base nos cálculos previamente definidos, a seguinte listagem dispõe o caudal de ar novo necessário em cada espaço climatizado. De notar que os resultados obtidos representam o maior caudal obtido segundo o manual SCE [8] e a norma EN15251:2007 [21] com um arredondamento por excesso em múltiplos de 5, por mera convecção.

Tabela 27 - Caudais de ar novo e extração adotados ao longo do edifício.

Piso	N.º da Sala	Nome da Sala	Caudais adotados					R P H
			Ar Novo			Extração		
			(L/s)	(L/s.ocup.)	(L/s.m ²)	(L/s)	(L/s.m ²)	
0	00.06	Oficina de Canalização Pintura	185	12	7,7	-	-	8

Piso	N.º da Sala	Nome da Sala	Caudais adotados					R P H
			Ar Novo			Extração		
			(L/s)	(L/s.ocup.)	(L/s.m ²)	(L/s)	(L/s.m ²)	
0	00.07	Oficina de Eletricidade	155	10	3,2	-	-	4
0	00.09	Sala Formação	525	10	5,7	-	-	7
0	00.10	Sala Realidade Virtual	330	10	4,5	-	-	5
0	00.11	Sala Multifuncional	290	10	4,7	-	-	6
0	00.12	Apoio FCCN	105	11	3,6	-	-	4
0	00.18	Átrio Principal	45	11	2,1	-	-	3
0	00.24	Bar	610	12	4,7	-	-	6
0	00.25	Casa dos lixos	-	-	-	40	8,7	10
0	00.26	Copa	15	15	1,7	-	-	2
1	01.05	Gabinete	20	20	1,3	-	-	2
1	01.06	Arquivo	20	20	1,2	-	-	2
1	01.07	Gabinete	20	20	1,3	-	-	2
1	01.08	Arquivo	20	20	1,1	-	-	1
1	01.09	Gabinete	20	20	1,3	-	-	2
1	01.10	Gabinete	20	20	1,1	-	-	1
1	01.11	Sala de Reuniões	120	10	3,9	-	-	5
1	01.12	Gabinete	20	20	1,1	-	-	1
1	01.13	Gabinete	20	20	1,1	-	-	1
1	01.14	Sala de Telefonistas	25	13	1,6	-	-	2
1	01.15	Gabinete	20	20	1,0	-	-	1
1	01.16	Gabinete	20	20	1,4	-	-	2

Piso	N.º da Sala	Nome da Sala	Caudais adotados					R P H
			Ar Novo			Extração		
			(L/s)	(L/s.ocup.)	(L/s.m ²)	(L/s)	(L/s.m ²)	
1	01.17	Gabinete	20	20	1,1	-	-	1
1	01.18	Gabinete	20	20	1,3	-	-	2
1	01.19	Sala de Desenho	100	13	2,7	-	-	4
1	01.20	Gabinete	20	20	1,3	-	-	2
1	01.21	Gabinete	20	20	1,3	-	-	2
1	01.28	Copa	15	15	1,6	-	-	2
1	01.29	Gabinete C.D.	15	15	1,1	-	-	1
1	01.30	Gabinete C.D.	20	20	1,3	-	-	2
1	01.32	Secretariado	30	15	1,3	-	-	2
1	01.33	Gabinete C.D.	20	20	1,3	-	-	2
1	01.34	Sala de Reunião	120	10	5,2	-	-	7
1	01.35	Gabinete C.D.	20	20	1,4	-	-	2
1	01.36	Gabinete do Presidente C.D.	25	25	0,9	-	-	1

Quanto à eficácia de ventilação, a insuflação e extração de ar no local será feita junto ao teto e em lados opostos, de acordo com a solução adotada (descrita posteriormente), obtendo assim um valor de eficácia de 0,8, segundo o manual SCE [8].

De acordo com a norma consultada, a categoria no qual o edifício e os espaços a serem climatizados se inserem correspondem à categoria II com um nível normal de expectativa a ser utilizado para novas construções e renovações. A nível de emissões do edifício, assume-se que os materiais utilizados nos vários espaços são muito pouco poluentes, derivado da finalidade de cada espaço e os materiais tendencialmente a ser utilizados.

De acordo com o manual SCE [8], definiu-se o tipo de atividade 3, atividade metabólica sedentária baixa, devido também à finalidade da maioria dos espaços, à exceção do Bar, Copas, Sala de Desenho e Casa dos lixos pois estes enquadram-se em outros exemplos de tipos de espaços indicados

(atividade do tipo 5). De notar que a atividade metabólica indicada no cálculo de ar novo pode diferir da atividade considerada a nível de cargas térmicas uma vez que os critérios de cálculo são diferentes, isto é, o caudal de ar novo é indicado em função do tipo de espaço e uma taxa de metabolismo expectável (segundo o SCE), no entanto, a nível de simulação, caso não seja possível definir uma taxa de metabolismo concreta deverá ser considerado um valor próximo do recomendável pelo SCE de forma a manter uma coerência ao nível dos parâmetros definidos pela a ocupação do edifício.

Os caudais de extração mencionados são estipulados segundo o manual SCE para as instalações sanitárias, à exceção da sala 00.25 onde se optou, para efeitos de limpeza geral do ar, efetuar uma extração de 40 L/s uma vez que o espaço não recebe ar novo. Ao efetuar uma extração de ar neste local, existe inevitavelmente uma infiltração de ar no local que o limpa, no entanto, em projeto este incremento deverá ser contabilizado no(s) espaço(s) adjacente(s), isto é, havendo uma extração de 40 L/s deverá também haver uma insuflação que contabilize este incremento de modo a manter a pressão interior projetada para todos os espaços.

4.2. Modelação do edifício

Tendo sido feita toda a caracterização do edifício, segue-se a criação dos modelos utilizados em software. Pretende-se efetuar a simulação energética do edifício por parte dos sistemas de AVAC adotados através do cálculo das cargas térmicas em cada espaço do edifício.

Nesta secção serão descritos os procedimentos e considerações efetuadas ao longo do dimensionamento do sistema de AVAC do edifício através do software utilizado em gabinete, o HAP. Adicionalmente, será também introduzido o *DesignBuilder* com o objetivo de correlacionar ambos os softwares e tirar proveito das funcionalidades que ambos oferecem a um projetista.

4.2.1. Solução adotada

A solução adotada em gabinete surge do cálculo das cargas térmicas obtido pelo HAP que serão posteriormente descritos, perante o âmbito da dissertação, com a finalidade de ser feita uma comparação direta entre o HAP e o DB e efetuar a simulação energética do edifício. Adicionalmente, será também explico as limitações encontradas em HAP, conforme a solução adotada em gabinete, que enaltecem o propósito da utilização do *DesignBuilder* e a respetiva simulação energética.

Insuflação de ar novo

Edifícios com elevadas necessidades a nível de carga térmica são normalmente servidos por unidades de tratamento de ar (UTA) onde é feito todo o tratamento do ar a ser insuflado em cada espaço. Estes equipamentos apresentam elevadas capacidades de aquecimento e arrefecimento e são também capazes de regular a carga térmica latente através de humificação/desumificação, porém, poderão

ser adotadas soluções mais económicas desde que as necessidades sejam cumpridas e/ou o conforto térmico pretendido, atingido.

Ao considerar a disposição dos espaços e o clima de Lisboa, foi simulado em software (HAP) a possibilidade de recorrer de ventilação natural para a introdução de ar novo em cada espaço, em ambos os pisos. Verificou-se que a carga térmica proveniente do ar exterior, a ser diretamente insuflado em cada espaço era controlável pelo sistema de AVAC a adotar, no sentido em que foi possível cumprir com a carga térmica de pico calculada. Assim sendo, em cada espaço foi incorporado uma conduta (pleno) de teto acusticamente isolada, ligada a uma grelha auto-regulada onde é admitido o ar exterior a ser insuflado diretamente em cada sala. O ar exterior é conduzido ao longo da conduta e admitido no interior de cada espaço através de ventiladores de extração que criam um efeito de depressão e, portanto, pressão negativa em cada espaço de acordo com o seguinte corte conceptual (Figura 41).

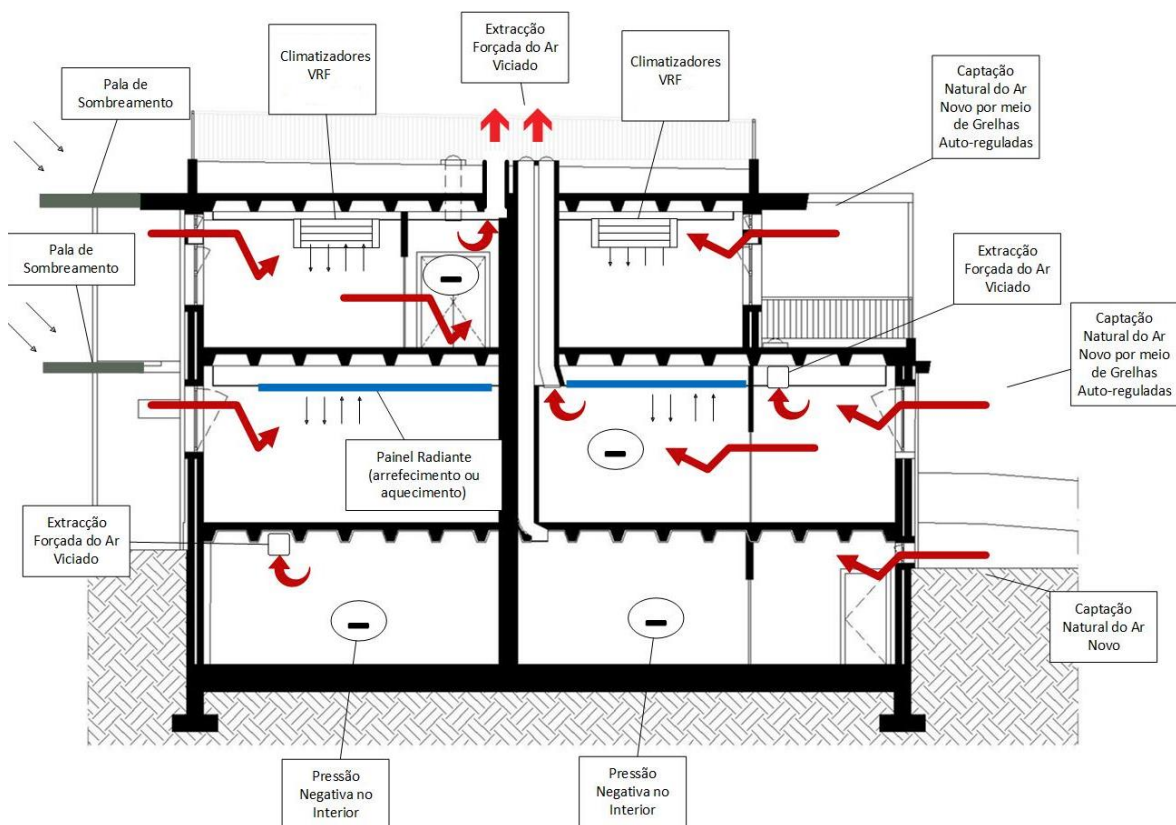


Figura 41 - Corte conceptual da solução de insuflação de ar novo adotada (ventilação natural).

No piso 0, a disposição da conduta de ar novo é feita de acordo com a distribuição dos painéis radiantes e dos ventiloconvectores de cassette, isto é, existem grelhas horizontais por onde o ar novo, proveniente diretamente do exterior, é admitido em cada espaço (verticalmente), entre os vários ventiloconvectores e painéis radiantes instalados sobre teto falso (ver Figura 42 e Figura 43).

PC 05 - SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL - DUCTO ACÚSTICO

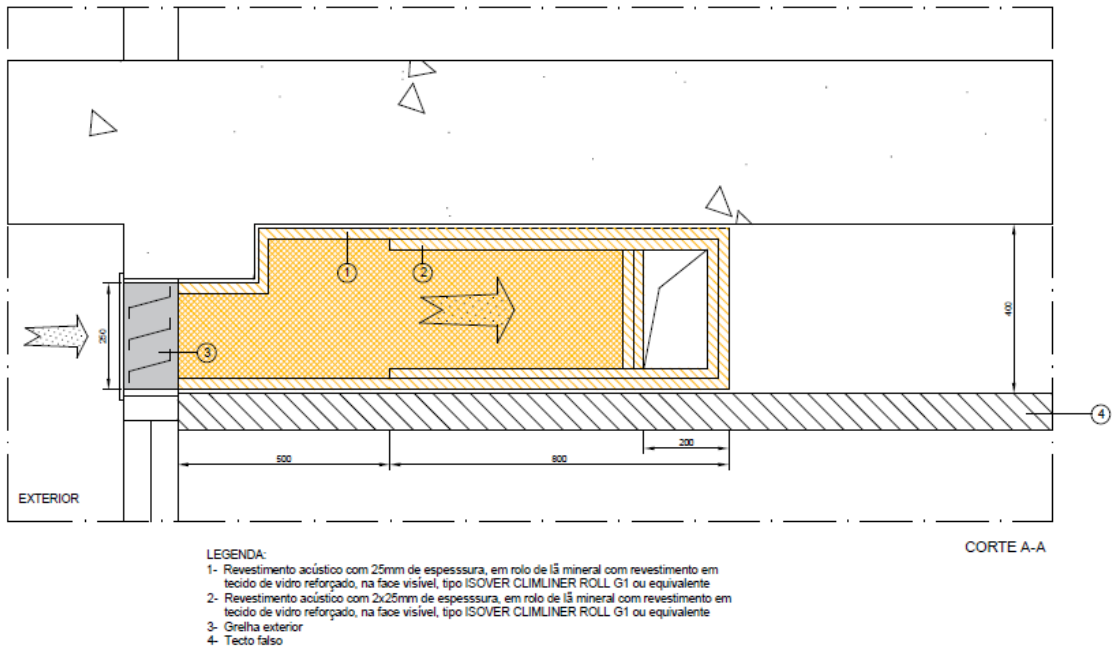


Figura 42 - Ducto de insuflação de ar novo diretamente proveniente do exterior (ventilação natural).

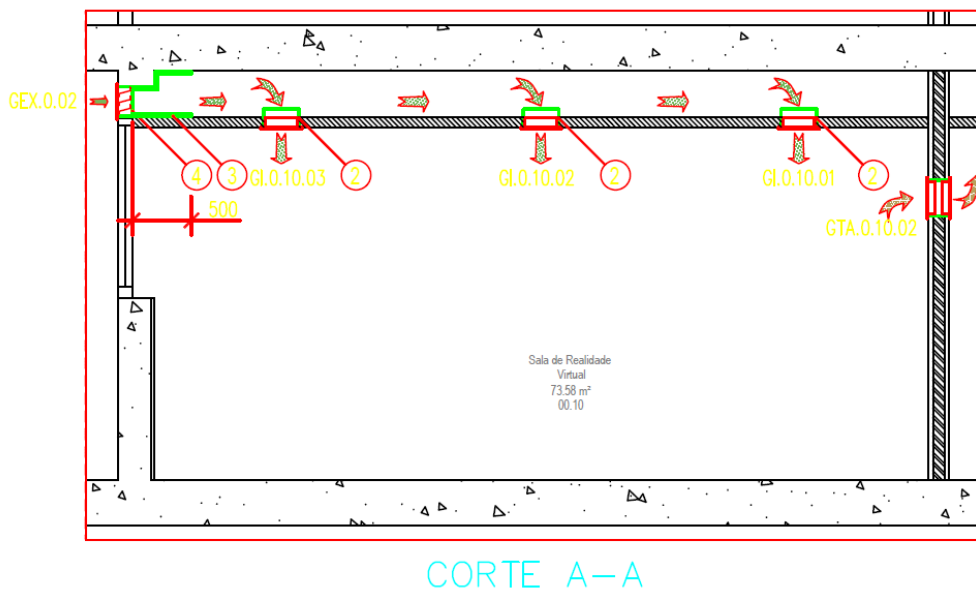


Figura 43 - Esquema de insuflação de ar novo em cada espaço.

A abertura das grelhas auto-reguladas é feita de acordo com a diferença de pressão entre o interior e o exterior do edifício, de forma automática, pelo que é possível estabelecer o caudal de insuflação conforme o caudal de extração a definir através de um balanço de caudal.

De notar que existem infiltrações e exfiltrações de ar através de portas, grelhas interiores e janelas, tanto entre espaços adjacentes como diretamente entre o interior e exterior do espaço/edifício, no entanto, o projeto é feito de acordo com as condições normais de funcionamento (portas e janelas

fechadas). Em ambos os pisos, a carga latente é controlada pelas unidades ventiloconvectoras (pisos 0) e unidades interiores de VRF (pisos 1) pelo que cada equipamento é instalado com um sistema de drenagem de condensados, derivado da carga latente a ser retirada do ar exterior que é admitido em cada sala climatizada.

Sistemas de AVAC adotados

A solução adotada para o sistema de AVAC a ser dimensionado ao longo do edifício é diferente em cada piso devido à carga térmica necessária por cada espaço, em cada piso, devido à finalidade que cada espaço apresenta e devido à ocupação regular em cada espaço. Assim sendo, em gabinete decidiu-se adotar dois sistemas de climatização, independentes, entre ambos os pisos 0 e 1 onde existe ocupação regular.

No piso 0, a organização dos espaços permitiu adotar duas formas de climatização dos espaços: climatização recorrente e climatização de reforço. No âmbito de climatização recorrente adotou-se sistemas de superfície radiante uma vez que as áreas entre espaços são amplas pelo que foi possível adotar painéis radiantes de teto tanto em aquecimento como arrefecimento. Estes sistemas são conhecidos pelo conforto obtido tanto a nível da distribuição (pelo ar) da carga sensível como através da radiação emitida, no entanto, a carga térmica introduzida nos espaços é bastante reduzida quando comparado com outros sistemas pelo que nos períodos em que as necessidades de aquecimento e arrefecimento são mais severas, poderá ser efetuada uma climatização de reforço através da utilização de ventiloconvectores.

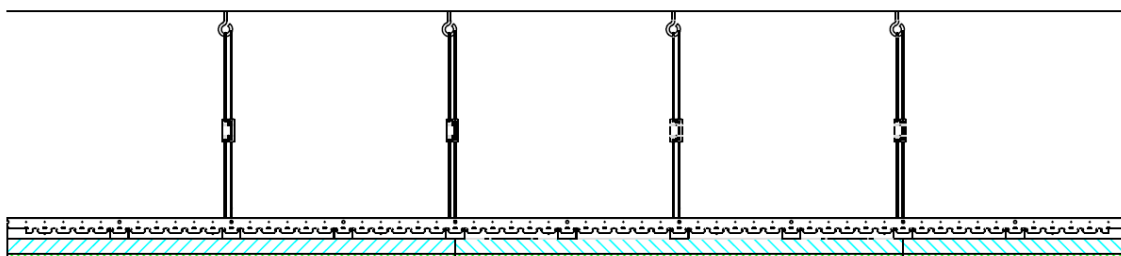


Figura 44 - Solução de climatização recorrente adotada: sistema de superfície radiante de teto.

Relativamente aos sistemas de superfície radiante, optou-se por adotar painéis radiantes de teto devido à distribuição do ar em regime de arrefecimento uma vez que a maior carga térmica a introduzir nos espaços acontece na estação de verão. O sistema funciona em ambos os regimes, porém foi dada prioridade ao regime com maior necessidade com a finalidade de tirar o maior proveito possível do sistema de climatização recorrente. Em aquecimento, devido à estratificação do ar, a disseminação da carga térmica não é ideal, porém as necessidades são consideravelmente reduzidas em comparação com a estação de arrefecimento. A adoção de pavimento radiante seria uma solução possível para a distribuição do ar/temperatura em regime de aquecimento mais eficaz,

porém por motivos monetários seria uma implementação bastante mais dispendiosa e pouco viável tendo em conta o clima de Lisboa em que a estação de inverno é relativamente quente. As unidades ventiloconvectoras selecionadas são do tipo cassette (de 2 vias) sendo que foi possível conjugar com o sistema de painel radiante e insuflação de ar novo.

No piso 1, uma vez que este é destinado a gabinetes e salas de arquivos, optou-se por considerar um sistema VRF dado que este sistema é capaz de servir a quantidade de espaços requerida e cumpre com a carga térmica calculada para cada espaço, ao adotar um único sistema. As unidades interiores são do tipo mural onde foi possível definir a projeção do ar climatizado em cada espaço, com o objetivo de delinear o melhor perfil de distribuição de temperatura possível, evitando zonas mortas.

4.2.2. Parâmetros de projeto

Ao definir todos os fatores que caracterizam o edifício, é também necessário definir quais os objetivos pretendidos a nível de climatização. Conforme cada espaço, deverão ser definidos os parâmetros de projeto pretendidos a nível de controlo tais como temperatura, humidade e pressão conforme a solução a adotar.

De acordo com a solução adotada, a pressão interior em cada espaço não é controlada uma vez que o caudal de insuflação de ar novo é definido pelo balanço de caudal efetuado com o caudal de extração em cada espaço, isto é, a quantidade de ar novo a insuflar corresponde à quantidade de ar interior a extrair dos espaços através do efeito de depressão criado. Desta forma, a diferença de pressão entre o interior e exterior do edifício é residual e não controlada.

A legislação atual assim como a ASHRAE não definem critérios de controlo de humidade relativa, no entanto, a carga latente dos espaços influencia as condições de conforto. Segundo a norma ASHRAE 62.1 é recomendado não atingir valores de humidade relativa acima dos 65% devido à probabilidade de haver condições favoráveis ao crescimento de microrganismos. A norma EN 15251:2007 [21] refere que apenas edifícios específicos (museus, controlo de processo, indústria do papel, entre outros) necessitam de controlo da humidade relativa, porém é ainda referido o intervalo recomendado de 25% a 60% caso seja necessário humidificar ou desumidificar, respetivamente. De acordo com o clima de Lisboa e a solução de ventilação natural adotada, optou-se por não recorrer de nenhum controlo de humidade interior nos vários espaços, sendo que o sistema de AVAC deverá ser capaz de desumidificar por forma a atingir a temperatura interior pretendida que é também influenciada pela temperatura de orvalho do ar exterior, havendo um controlo residual da carga latente.

A temperatura interior dos espaços a climatizar pode ser definida de acordo com a norma EN 15251:2007 [21], conforme especificado no capítulo 3. Assim sendo, tanto no piso 0 como piso 1, a gama do intervalo de temperaturas em todos os espaços climatizados reside entre os 20°C e 26°C de temperatura seca (categoria II, atividade sedentária).

Tabela 28 - Condições interiores de projeto consideradas.

Piso	N.º da Sala	Designação	Condições Interiores	
			TS (°C)	HR (%)
0	00.06	Oficina de Canalização e Pintura	20-26	NC
0	00.07	Oficina de Eletricidade	20-26	NC
0	00.09	Sala de Formação	20-26	NC
0	00.10	Sala de Realidade Virtual	20-26	NC
0	00.11	Sala Multifuncional	20-26	NC
0	00.12	Apoio FCCN	20-26	NC
0	00.18	Átrio Principal	NC	NC
0	00.24	Bar	20-26	NC
0	00.26	Copa	20-26	NC
1	01.05	Gabinete	20-26	NC
1	01.07	Gabinete	20-26	NC
1	01.09	Gabinete	20-26	NC
1	01.10	Gabinete	20-26	NC
1	01.11	Sala de Reuniões	20-26	NC
1	01.12	Gabinete	20-26	NC
1	01.13	Gabinete	20-26	NC
1	01.14	sala de Telefonistas	20-26	NC
1	01.15	Gabinete	20-26	NC
1	01.16	Gabinete	20-26	NC
1	01.17	Gabinete	20-26	NC
1	01.18	Gabinete	20-26	NC
1	01.19	Sala de Desenho	20-26	NC
1	01.20	Gabinete	20-26	NC
1	01.21	Gabinete	20-26	NC
1	01.28	Copa	20-26	NC
1	01.29	Gabinete C.D.	20-26	NC
1	01.30	Gabinete C.D.	20-26	NC
1	01.32	Secretariado	20-26	NC
1	01.33	Gabinete C.D.	20-26	NC
1	01.34	Sala de Reunião	20-26	NC
1	01.35	Gabinete C.D.	20-26	NC
1	01.36	Gabinete do Presidente C.D.	20-26	NC

4.2.3. Modelo HAP

A criação de um projeto no HAP é feita segundo a ordem de apresentação das várias categorias apresentadas no capítulo 3 - *Weather, Spaces, Systems e Buildings*.

Primeiramente, é indicado a localização geográfica da instalação e definidas as temperaturas de projeto para a estação de inverno e verão, de acordo com o manual de temperaturas exteriores de projeto previamente indicado. Alguns fatores, como a condutividade do solo, podem ser caracterizados pelo utilizador, sendo que o software apresenta já valores utilizados por norma.

De seguida, o HAP apresenta uma biblioteca de temperaturas (máximas e mínimas mensais) e perfis de radiação para a cidade definida, no entanto, de modo a aproximar o perfil climático à realidade, foram elaborados os perfis de temperatura e radiação com base em medições efetuadas, de acordo com as referências anteriormente definidas.

Tabela 29 - Perfil de temperaturas e fatores de correção em radiação a introduzir no HAP. [39] [40] [41].

Mês	Temperatura máxima		Temperatura mínima		Radiação (kWh/m ²) Fator de Correção
	TS °C	TH °C	TS °C	TH °C	
Janeiro	14,2	10,8	7,2	7,2	0,84
Fevereiro	15	11,28	7,7	7,7	0,76
Março	17	12,32	8,7	8,7	0,85
Abril	19,2	13,58	10,2	10,2	0,92
Maio	21,9	15,52	12,3	12,3	1,01
Junho	24,8	17,52	14,8	14,8	1,02
Julho	27,5	19,07	16,5	16,5	1,14
Agosto	27,8	19,18	16,8	16,8	1,18
Setembro	26,2	18,72	16	16	1,08
Outubro	22,4	16,65	13,6	13,6	1,05
Novembro	17,5	13,29	9,9	9,9	1,02
Dezembro	14,6	10,96	7,6	7,6	1,00

É importante tratar informação referente aos dados climatológicos uma vez que estas surgem com base em estudos efetuados localmente. A nível de temperaturas, estas diferem significativamente dos valores providenciados pelo HAP pelo que o cálculo das cargas térmicas seria diretamente afetado. O perfil de radiação evidencia a correção necessária de efetuar ao ser feita uma comparação direta entre a radiação horizontal difusa medida [41] e a obtida pelo HAP pelo que o cálculo da carga térmica seria também condicionado por este fator. Por último, no separador *Simulation* é introduzido o ficheiro de simulação meteorológica [38] de Lisboa e os feriados nacionais.

Após a introdução de todos os dados climatológicos necessários, são introduzidos os espaços climatizados ao longo da instalação, ao referir as características geométricas, caudais de ar novo necessários, cargas internas e infiltrações por espaço, conforme os dados apresentados na caracterização do edifício (capítulo 4).

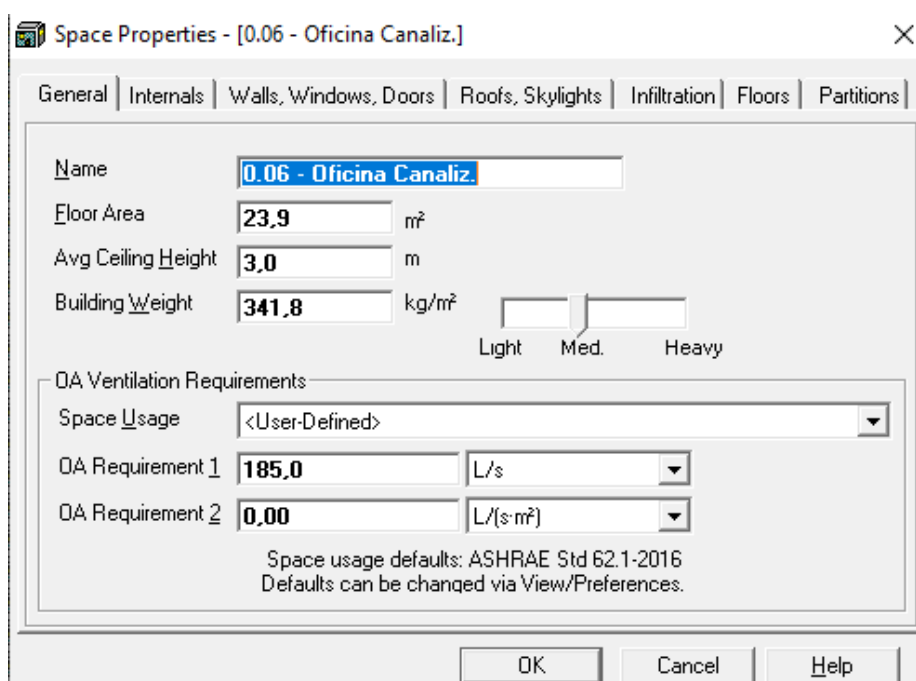


Figura 45 - Introdução de um espaço climatizado - HAP

Ao definir todos os espaços climatizados, deverá previamente ser elaborada a biblioteca do projeto no HAP, onde são definidos todos os perfis de ocupação, composição de paredes exteriores, cobertura, vãos envidraçados e palas de sombreamento a introduzir ao longo dos separadores *Walls, Windows, Doors* e *Roofs, Skylights* sendo que, para o caso em estudo, estes podem ser consultados na caracterização do edifício – capítulo 4.

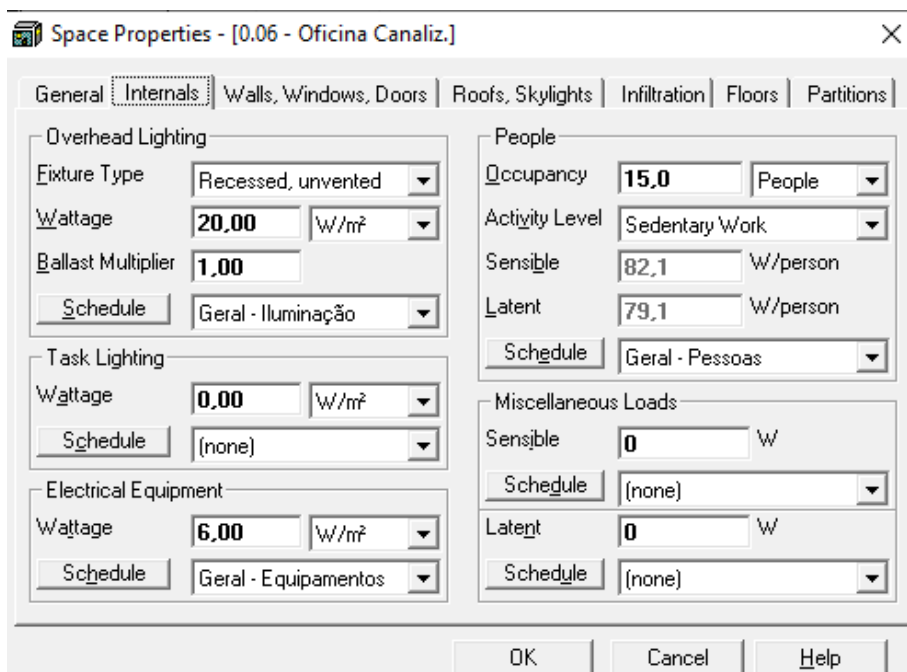


Figura 46 - Introdução das cargas internas e ocupação – HAP.

Ao ser estabelecida a composição das paredes exteriores, cabe ao utilizador indicar as áreas e as respetivas orientações a fim de a carga térmica solar ser considerada na simulação dinâmica. Adicionalmente, deve ser indicada a quantidade de vãos envidraçados em cada parede exterior, sendo que o software considera automaticamente a área do vão (e fator de sombreamento) quando este é inserido na biblioteca do projeto.

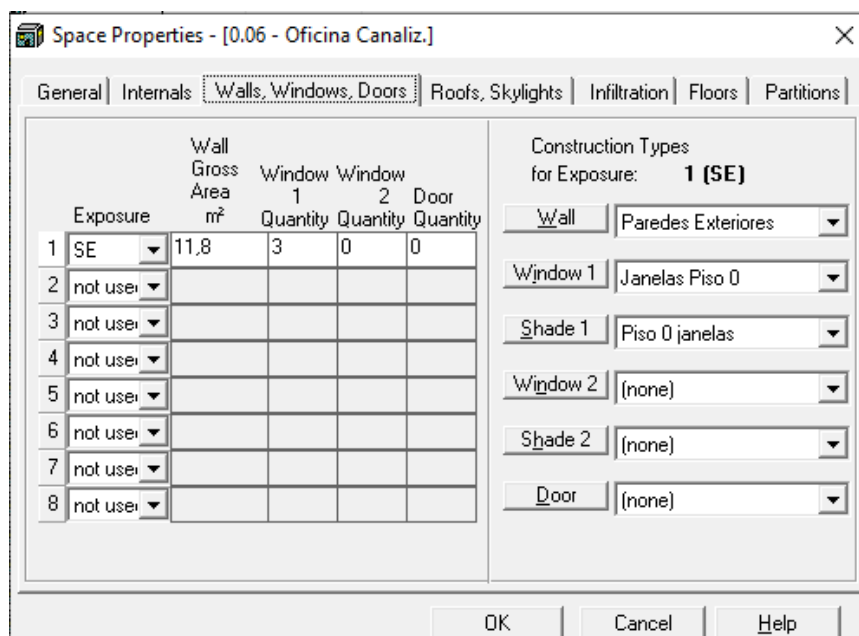


Figura 47 - Caracterização da envolvente - HAP.

A nível da cobertura, de acordo com o caso de estudo, esta deve ser considerada apenas nos espaços climatizados do piso 1, sendo este o último piso do edifício.

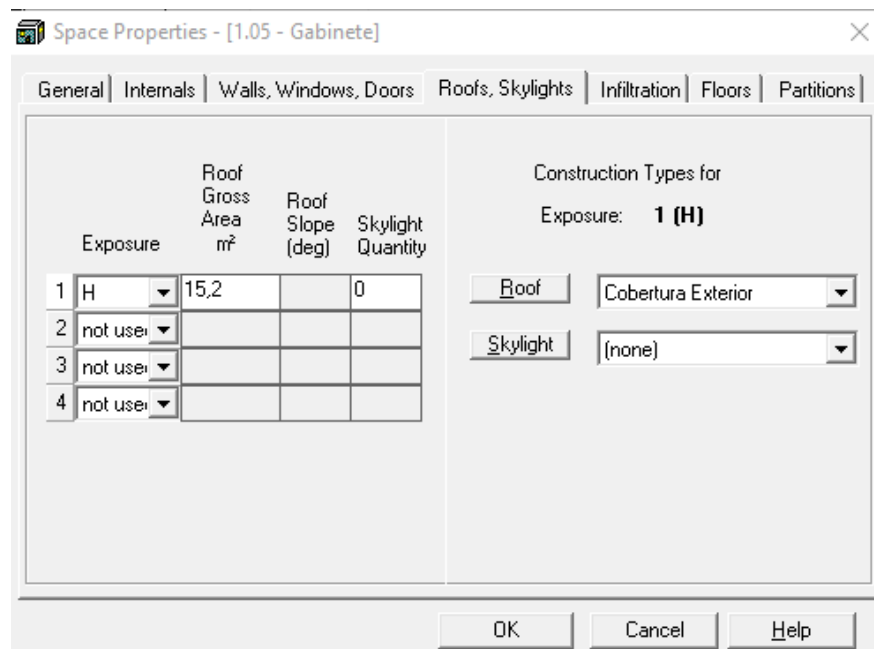


Figura 48 - Introdução da cobertura - HAP.

As infiltrações a serem consideradas no HAP resultam da entrada de ar exterior no edifício, o que acontece de acordo com a solução adotada (ventilação natural) em ambos os pisos do caso de estudo, no entanto, a admissão de ar é definida através de cavidades (grelhas auto reguladas) definidas e não por pequenas fugas/brechas existentes em portas, janelas, caixas de estore e outras ligações entre o interior e exterior do edifício, isto é, é inevitável que hajam fugas/infiltrações de ar do exterior para o interior do edifício através de elementos construtivos porém estas são residuais e não devem ser consideradas, perante a solução adotada, como forma de cumprir com o caudal de ar novo necessário. Assim sendo, para o presente caso de estudo, não será considerada a infiltração de ar vinda do exterior de modo a manter a coerência de caudal de ar novo a ser insuflado em cada espaço. De notar que o caudal de infiltração a ser introduzido em software, provém do mapeamento de pressões do edifício o que não é possível definir perante a solução adotada uma vez que não haverá controlo de pressão interior mas sim de caudal de insuflação, isto é, ao haver uma ligação direta pelas grelhas auto reguladas entre o interior e exterior do edifício, a diferença de pressão é mínima, no entanto, ao efetuar uma extração localizada em cada espaço, é possível extrair/induzir ar do exterior, cumprindo assim com os requisitos de caudal de ar novo sem que haja uma diferença de pressão significativa.

O separador *Floors* é referente à adjacência vertical entre espaços. Caso o espaço climatizado se encontre sobre um espaço não climatizado, é neste separador que se definem as condições do espaço não climatizado através do coeficiente global de transmissão térmica (do pavimento) e ao estabelecer

um perfil de temperaturas no qual o HAP utiliza uma relação de proporcionalidade linear, de acordo com o gráfico da Figura 49.

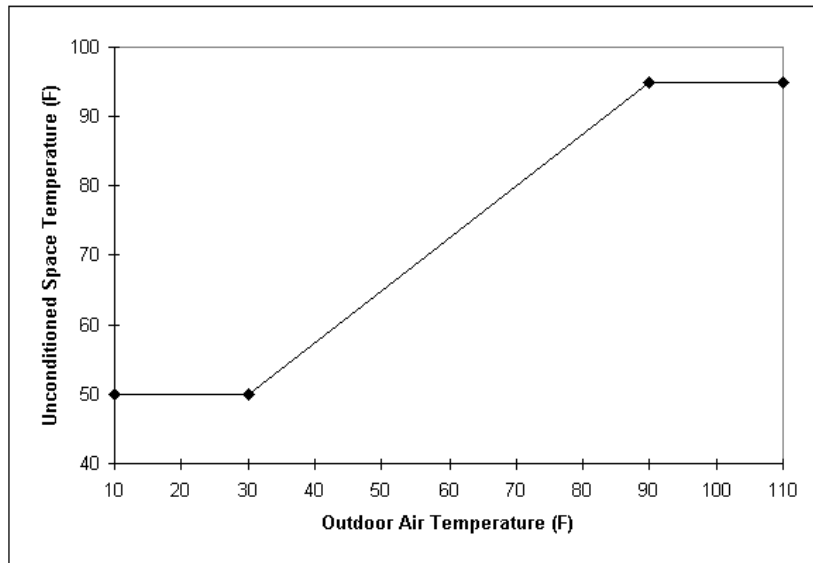


Figura 49 - Perfil de temperaturas de um espaço não climatizado, em função das condições exteriores - HAP.

Para o presente caso de estudo, o piso 0 encontra-se sobre um piso não climatizado pelo que foram estabelecidas as temperaturas interiores máximas e mínimas expectáveis do piso não climatizado, em concordância com as temperaturas de projeto definidas, por forma a que HAP considerasse possíveis perdas/ganhos de energia entre ambos os pisos.

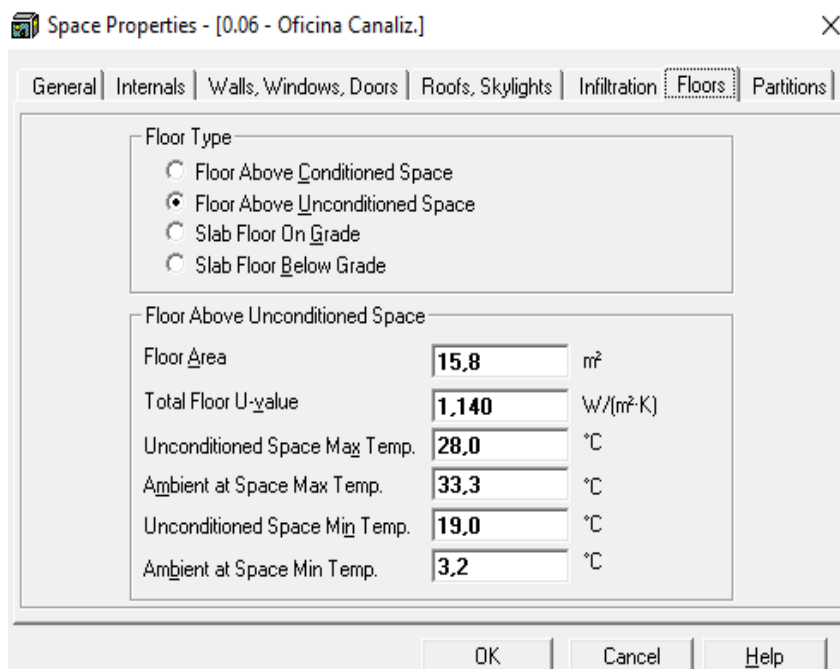


Figura 50 - Caracterização de espaços não climatizados adjacentes verticalmente – HAP.

A nível das paredes interiores, estas apenas devem ser consideradas no separador *Partitions* quando há adjacência entre um espaço climatizado e outro não climatizado que induza perdas de calor sobre o espaço a climatizar, isto é, caso um espaço climatizado seja adjacente a um espaço não climatizado onde é possível haver diferenças de temperatura significativas, cabe ao projetista avaliar se deverá ser considerada a transferência de calor entre ambos os espaços ao definir o perfil de temperaturas do espaço não climatizado e a respetiva área e coeficiente de transmissão térmica da parede interior. Um exemplo prático pode ser dado entre um espaço climatizado e um corredor de circulação com ligação direta ao exterior da instalação – o espaço a climatizar terá perdas de calor significativas pela parede interior que separa ambos os espaços caso o corredor de circulação não seja climatizado e seja exposto ao exterior da instalação durante um período de tempo considerável, o que pode acontecer conforme cada projeto.

Limitações do HAP

Ao introduzir todos os espaços a climatizar na instalação, o projetista pode estudar os vários sistemas possíveis de incorporar na instalação. Nesta fase, o projetista deverá ser capaz de conhecer as várias soluções possíveis, tendo em conta a disposição dos espaços, sendo que em software apenas deverão ser indicados os parâmetros de projeto pretendidos, isto é, conforme a configuração dos espaços e o zonamento efetuado em estudo prévio, poderão ser estudados todos os sistemas que o projetista considere possíveis de implementar sem que o software apresente qualquer incompatibilidade de implementação pelo que cabe ao projetista avaliar a viabilidade de cada sistema estudado.

No separador *Systems* são apresentados sistemas como unidades de *Rooftop*, *indoor* e split de Volume de Ar Variável (VAV) ou Constante (VAC) de conduta simples ou dupla, UTA's alimentadas por unidades de produção de água arrefecida (chiller) e, por fim, sistemas de unidades terminais tais como: unidades split de expansão direta (DX), unidades ventiloconvectoras (2 e 4 tubos), unidades de indução (vigas), sistemas VRF, entre outros. [35]

Apesar da ampla variedade de sistemas possíveis de utilizar, a versão mais recente do HAP até ao momento é incapaz de simular sistemas de superfície radiante conforme a solução adotada. De acordo com o caso de estudo, o tipo de equipamentos mais adequados a nível de software seriam o de unidades terminais uma vez que haverá uma central de produção de água arrefecida (verão) e aquecida (inverno) que alimenta os painéis radiantes e unidades ventiloconvectoras do piso 0. Para o piso 1, é possível incorporar o sistema VRF, no entanto, uma das limitações do software reside nas duas únicas opções de ventilação: ventilação direta e ventilação através de um sistema dedicado ao tratamento do ar exterior (DOAS) pelo que o software não considera a possibilidade de utilizar ventilação natural.

Assim sendo, de modo a ser possível efetuar a seleção de equipamentos com base no cálculo das cargas térmicas necessário, foram adotados sistemas semelhantes, em software, que melhor se aproximam à solução adotada baseado na perícia que um projetista deverá ter nestas situações e no conhecimento não só da área de AVAC como também do software HAP. Numa fase posterior da dissertação, será averiguado se as considerações efetuadas em gabinete são válidas.

Cálculo efetuado

Tendo em conta as limitações do software, a abordagem utilizada em gabinete para o piso 0 consistiu em utilizar apenas unidades ventiloconvectoras (piso 0) com ventilação direta ao indicar os parâmetros de projeto necessários tais como: temperaturas interiores (entre 20°C a 26°C) e o respetivo horário de funcionamento do sistema de AVAC.

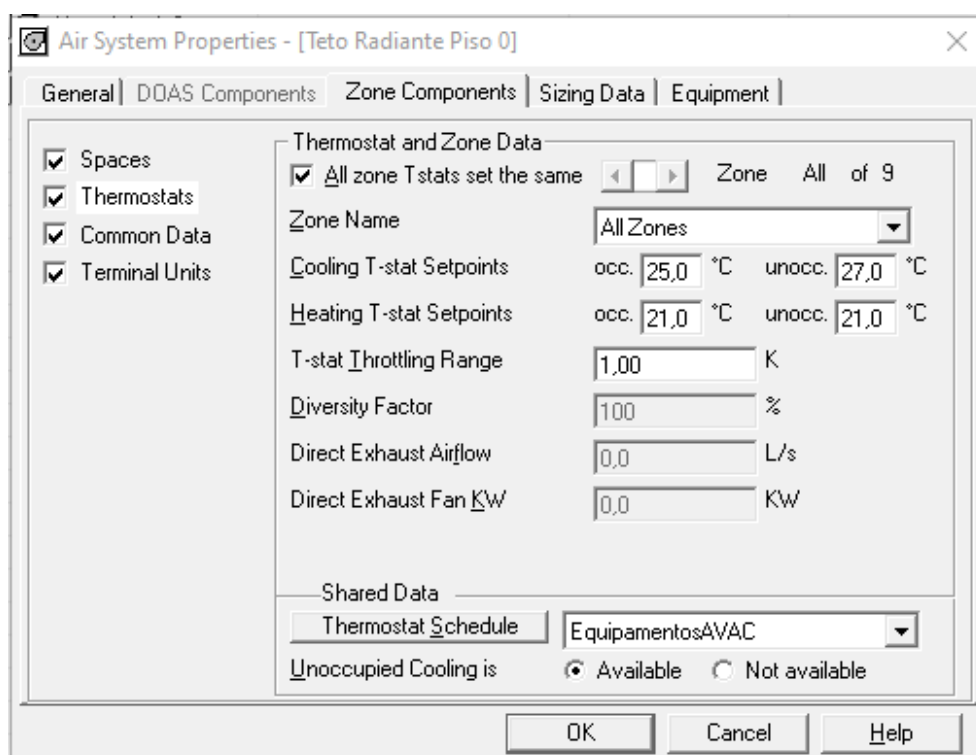


Figura 51 - Condições interiores de projeto do piso 0 - HAP.

Ao considerar apenas unidades ventiloconvectoras no piso 0, pretende-se obter a potência de pico necessária em aquecimento e arrefecimento. As centrais de produção de água arrefecida e aquecida funcionam segundo diferenças de temperatura de 5°C pelo que, em gabinete, são utilizadas as gamas de temperatura de 7°C (ida) e 12°C (retorno) e 45°C-40°C para verão e inverno, respetivamente.

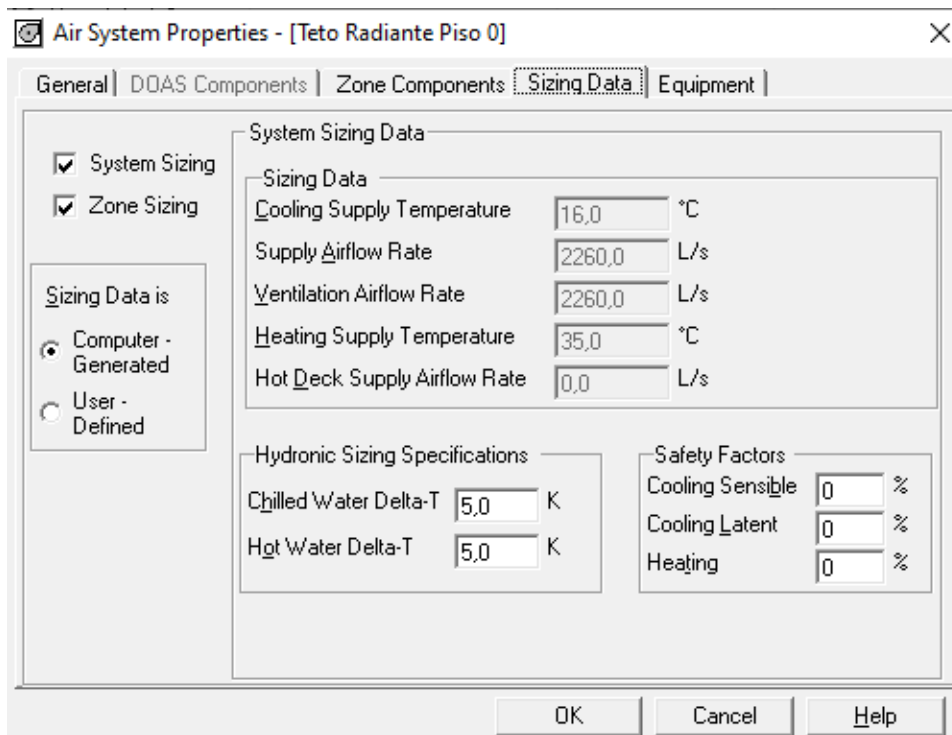


Figura 52 - Parâmetros de cálculo do sistema de VC's - HAP.

Entre cada unidade VC o projeto é efetuado para uma diferença de temperatura de 5°C entre o caudal de água que entra e sai da serpentina e, portanto, efetua a permuta de calor que irá climatizar o espaço.

Em gabinete foram adotados coeficientes de segurança (sobredimensionamento) de 5% e 15% para verão e inverno, respetivamente, no entanto, para o presente caso de estudo não serão considerados fatores de segurança devido à diferença de cálculo entre o HAP e o *DesignBuilder*, isto é, quando são considerados fatores de segurança/sobredimensionamento, o HAP não sobredimensiona a carga térmica derivada da ventilação direta (apenas os ganhos internos) o que não acontece com o *DesignBuilder* uma vez que este aplica um sobredimensionamento sobre a potência total necessária, incluindo tanto os ganhos internos como a carga derivada da ventilação natural. Assim sendo, ao considerar um fator de segurança, não seria possível efetuar uma comparação direta entre ambos os softwares uma vez que os pressupostos de cálculo são diferentes.

Relativamente ao piso 1, foi criado o sistema VRF também com ventilação direta e com os mesmos parâmetros de projeto, conforme descrito previamente. O tipo de ventilação adotada em software não corresponde à realidade uma vez que é assumido que o ar novo é introduzido diretamente nos ventilosconectores, no entanto, a carga térmica a retirar do ar exterior que é insuflado em cada espaço continua a ser considerada pelo que a potência de pico obtida em software resulta dos ganhos internos de cada espaço e o respetivo tratamento do ar exterior que é necessário pela solução adotada.

Tabela 30 - Carga térmica interna e potência de pico necessária por parte do sistema de AVAC.

		Ganhos internos dos espaços a climatizar			Potências de pico por parte do sistema de AVAC		
		Arref.		Aquec.	Arref.		Aquec.
Piso	Sala	Carga sensível (kW)	Carga latente (kW)	Carga sensível (kW)	Potência total (kW)	Potência sensível (kW)	Potência total (kW)
0	0.06	1,9	1,2	0,3	4,2	3,6	4,2
	0.07	2,8	1,2	0,5	5,4	4,2	3,7
	0.09	6,0	3,3	1,4	12,4	10,4	12,3
	0.10	4,0	2,0	0,8	8,9	7,1	7,7
	0.11	4,8	1,8	0,9	8,9	7,2	7
	0.12	2,8	0,6	1,0	4,5	3,7	3,1
	0.18	0,4	0,2	0,1	1	0,9	1,1
	0.24	8,4	4,0	1,7	16,7	13,6	14,2
0	0.26	0,6	0,1	0,3	1	0,7	0,5
Carga pico do piso 0		29,4	12,8	6,9	61,1	51,2	53,9
1	1.05	0,6	0,1	0,3	1	0,8	0,7
	1.06	0,7	0,1	0,4	1,1	0,9	0,8
	1.07	0,6	0,1	0,3	1	0,8	0,7
	1.08	0,7	0,1	0,4	1,1	0,9	0,8
	1.09	0,6	0,1	0,3	1	0,8	0,7
	1.10	0,9	0,1	0,4	1,2	1	0,8
	1.11	1,5	0,7	0,6	3,3	2,7	3,1
	1.12	0,9	0,1	0,4	1,2	1	0,8
	1.13	0,9	0,1	0,4	1,3	1,1	0,8
	1.14	0,7	0,1	0,3	1,1	0,9	0,8

		Ganhos internos dos espaços a climatizar			Potências de pico por parte do sistema de AVAC		
		Arref.		Aquec.	Arref.		Aquec.
Piso	Sala	Carga sensível (kW)	Carga latente (kW)	Carga sensível (kW)	Potência total (kW)	Potência sensível (kW)	Potência total (kW)
1	1.15	0,9	0,1	0,4	1,3	1,1	0,8
	1.16	0,6	0,1	0,3	1	0,8	0,7
	1.17	0,9	0,1	0,4	1,2	1,1	0,8
	1.18	0,6	0,1	0,3	1	0,8	0,7
	1.19	2,1	0,5	0,8	3,40	2,90	2,90
	1.20	0,6	0,1	0,3	1,00	0,80	0,70
	1.21	0,6	0,1	0,3	1,00	0,80	0,70
	1.28	0,3	0,1	0,1	0,50	0,40	0,40
	1.29	0,8	0,1	0,4	1,10	1,00	0,70
	1.30	0,6	0,1	0,3	1,00	0,80	0,70
	1.32	0,8	0,1	0,3	1,30	1,10	0,90
	1.33	0,6	0,1	0,3	1,00	0,80	0,70
	1.34	1,2	0,7	0,4	2,7	2,3	2,9
	1.35	0,9	0,1	0,5	1,2	1,1	0,9
1.36	1,0	0,1	0,5	1,6	1,3	1	
Carga pico do piso 1		19,9	3,4	9,4	32,0	27,4	25,3
Potência de arrefecimento de pico do piso 0 considerando a carga térmica do ar exterior: 61,1 kW (51,2 kW sensível + 9,85 kW latente)							
Potência de aquecimento de pico do piso 0 considerando a carga térmica do ar exterior: 53,9 kW							
Potência de condensação necessária por parte do sistema VRF (Piso 1): 32 kW (arrefecimento) - 25,3 kW (aquecimento)							

Os ganhos internos obtidos para cada espaço caracterizam os ganhos de energia por pessoas, equipamentos, iluminação, radiação solar e transmissão de calor através dos elementos construtivos que devem ser compensados pelo sistema de AVAC de forma a manter uma temperatura de 25°C em arrefecimento e 21°C em aquecimento. A nível da carga térmica derivada do tipo de ventilação utilizada, esta apenas é contabilizada nas potências de pico dos equipamentos de climatização.

As potências de pico contabilizam a carga térmica interna de cada espaço e a carga térmica adicionada/retirada ao ar exterior que é insuflado em cada espaço. Novamente, o método de ventilação direta simulado não coincide com a solução de ventilação natural adotada, no entanto, a carga térmica do ar exterior que é insuflado em cada sala é considerada pelo HAP embora o método de insuflação efetivamente seja diferente.

As potências de pico obtidas permitem seleccionar os ventiloconvectores e os painéis radiantes desde que as potências de pico possam ser cumpridas. Para tal, foi adjudicado o orçamento dado pela empresa Giacomini onde constam as potências obtidas pelos painéis radiantes em aquecimento e arrefecimento.

Tabela 31 - Potência térmica de aquecimento e arrefecimento dos painéis radiantes Giacomini.

ZONA	Sup. m ²	Tipo de teto	KS-60Y120	KS-120Y200	KS-60Y200	Emissão térmica Aquec.	Absorção térmica Arref.
						Ti = 35 °C	Ti = 14 °C
						W	W
006 - Oficina C	23,9	GKC-S			4	304	281
007 - Oficina E	48,6	GKC-S			8	608	561
009 - S. Formação	91,7	GKC-S	2	12	9	2 597	2 400
010 - S. R. Virtual	73,9	GKC-S			14	1 063	982
012 - S. Apoio	24,2	GKC-S			4	304	281
018 - Receção	8,5	GKC-S	5			228	211
024/024 - Bar e Copa	129,7	GKC-S			33	2 506	2 316
Em aquecimento: $\Delta T=3^{\circ}C$ Em arrefecimento: $\Delta T=2^{\circ}C$							

A potência térmica dos painéis radiantes obtida é feita para uma diferença de temperatura de 3°C e 2°C para os regimes de aquecimento e arrefecimento, respetivamente, de forma a evitar que haja condensações junto ao teto, segundo as condições do fornecedor. Os painéis radiantes apenas permitem a troca de calor sensível pelo que o remanescente da potência sensível de pico calculada deverá ser cumprida através da seleção dos ventiloconvectores (climatização de reforço). De notar que o regime de temperaturas dos painéis radiantes é diferente do regime de temperaturas dos ventiloconvectores (5°C), pelo que foi necessário separar ambos os circuitos hidráulicos, conforme o diagrama de funcionamento e hidráulico em anexo (A e B).

A carga de pico do piso 0 obtida em software é calculada para o período em que há maior necessidade de arrefecimento em todos os espaços em simultâneo (61,1kW), sendo que a potência de pico de cada espaço ocorre em diferentes períodos de tempo (63kW total somado). De acordo com a solução adotada, a carga de pico do piso 0 deve ser corrigida por forma a contabilizar as diferentes potências térmicas a distribuir pelos ventiloconvectores e painéis radiantes por parte da central de produção de água aquecida e arrefecida.

Tabela 32 - Carga térmica necessária por parte da climatização de reforço em arrefecimento

Sala	Potência total arref. (kW)	Potência sensível arref. (kW)	Potência sensível painéis em arref. (kW)	Potência sensível VC's em arref. (kW)	Potência latente VC's em arref. (kW)	Potência total necessária pelos VC's em arref. (kW)
0.06	4,20	3,60	0,28	3,32	0,60	3,92
0.07	5,40	4,20	0,56	3,64	1,20	4,84
0.09	12,40	10,40	2,40	8,00	2,00	10,00
0.10	8,90	7,10	0,98	6,12	1,80	7,92
0.11	8,90	7,20	0	7,20	1,70	8,90
0.12	4,50	3,70	0,28	3,42	0,80	4,22
0.18	1,00	0,90	0,21	0,69	0,10	0,79
0.24	16,70	13,60	2,32	11,28	3,10	14,38
0.26	1,00	0,70	0	0,70	0,30	1,00

O regime de temperaturas entre os VC's (climatização de reforço) e a central de produção são iguais ($\Delta T=5^{\circ}\text{C}$) pelo que o circuito hidráulico entre ambos é direto. Relativamente aos circuitos de painel radiante, sabendo o caudal de água que recircula e o regime de temperaturas em aquecimento e arrefecimento (de acordo com o orçamento adjudicado), foi necessário separar ambos os circuitos hidráulicos através de um permutador de calor.

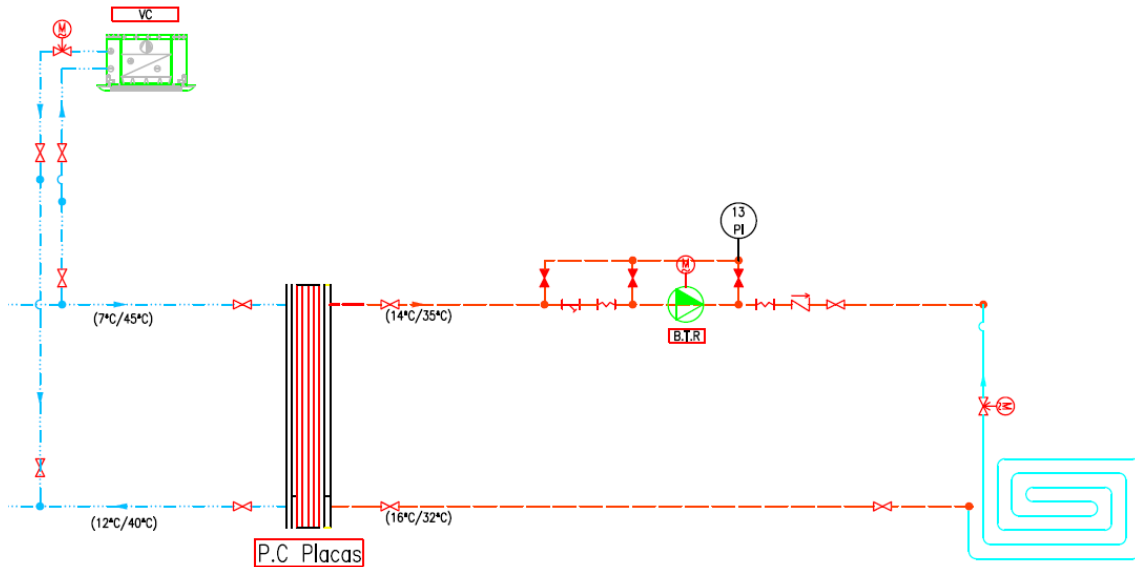


Figura 53 - Diagrama de princípio do funcionamento do sistema de AVAC do piso 0.

Sabendo a potência necessária por parte dos VC's e os caudais de água que recirculam ao longo dos painéis radiantes através do orçamento adjudicado, é então possível estimar as potências de pico reais, necessárias por parte da central de produção. Para tal, é feito um balanço térmico do permutador de calor, de forma a conhecer os caudais de água que circulam no lado primário (esquerda do permutador) e secundário (direita do permutador) partindo da equação (4.8).

$$\dot{P} = \dot{Q} \times C_p \times \Delta T \quad (4.8)$$

Onde:

\dot{P} – Potência térmica necessária pela central de produção de água aquecida/arrefecida [W];

\dot{Q} – Caudal de fluido térmico (água) que é encaminhado para as unidades terminais (VC's e painéis radiantes) [l/s];

C_p - Calor específico do fluido térmico [J/Kg.°C]

ΔT – Diferença entre a temperatura de ida e retorno em cada circuito [°C].

$$\text{Secundário} \left\{ \begin{array}{l} \dot{Q}_{Total} = 4008 \text{ l/h} = 1,113 \text{ l/s} \\ \Delta T_{\text{painéis}} = 2^{\circ}\text{C (arref.)}; 3^{\circ}\text{C (aquec.)} \\ \dot{P} = 1,113 \times 4,18 \times 2 = 9,30 \text{ kW (arref.)} \\ \dot{P} = 1,113 \times 4,18 \times 3 = 13,95 \text{ kW (aquec.)} \end{array} \right.$$

Conhecendo a potência térmica necessária de ser transferida entre o circuito primário e secundário, pelo permutador de calor, é então possível calcular o caudal de água necessário que circula no circuito primário com o regime de temperaturas considerado para a central de produção e ventiloconvectores ($\Delta T=5^{\circ}\text{C}$).

Tabela 33 - Carga térmica necessária pela climatização de reforço em aquecimento e caudais de água dos VC's.

Sala	Potência total necessária pelos VC's em arref. (kW)	Caudal VC's em arref. (l/s)	Potência total aquec. (kW)	Potência sensível painéis em aquec. (kW)	Potência sensível VC's em aquec. (kW)	Caudal VC's em aquec. (l/s)
0.06	3,92	0,19	4,20	0,30	3,90	0,19
0.07	4,84	0,23	3,70	0,61	3,09	0,15
0.09	10,00	0,48	12,30	2,60	9,70	0,46
0.10	7,92	0,38	7,70	1,06	6,64	0,32
0.11	8,90	0,43	7,00	0	7,00	0,33
0.12	4,22	0,20	3,10	0,30	2,80	0,13
0.18	0,79	0,04	1,10	0,23	0,87	0,04
0.24	14,38	0,69	14,20	2,51	11,69	0,56
0.26	1,00	0,05	0,50	0	0,60	0,02
Total		2,68				2,20

$$\text{Primário} \left\{ \begin{array}{l} \dot{Q}_{Total} = \dot{Q}_{VC's} + \dot{Q}_{\text{painéis,primário}} \\ \Delta T_{\text{primário}} = 5^{\circ}\text{C} \\ \dot{P}_{\text{painéis,primário}} = 9,30 \text{ kW (arref.)}; 13,95 \text{ kW (aquec.)} \\ \dot{Q}_{\text{painéis,primário}} = \frac{9,30}{4,18 \times 5} = 0,445 \text{ l/s (arref.)} \\ \dot{Q}_{\text{painéis,primário}} = \frac{13,95}{4,18 \times 5} = 0,667 \text{ l/s (aquec.)} \end{array} \right.$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \dot{P}_{arref. total} = (\dot{Q}_{VC's,arref.} + \dot{Q}_{paineis,primário}) \times C_p \times \Delta T_{primário} \\ \dot{P}_{arref. total} = (2,68 + 0,445) \times 4,18 \times 5 = 65,31 \text{ kW} \\ \dot{P}_{aquec. total} = (2,20 + 0,667) \times 4,18 \times 5 = 55,28 \text{ kW} \end{cases}$$

O cálculo efetuado é feito de acordo com as potências de pico obtidas para cada espaço, que ocorrem em diferentes períodos de tempo, meramente por simplificação do cálculo analítico uma vez que não é possível incorporar ambos os sistemas em software, e obter a potência de pico do piso 0 em simultâneo. A diferença entre o total de potências de pico em cada espaço e o total do piso 0 obtida em software foi cerca de 2kW pelo que o cálculo efetuado resulta num sobredimensionamento pouco acentuado.

Relativamente às unidades ventiloconvectoras, conhecendo as potências de aquecimento e arrefecimento necessárias de forma a cumprir com as potências de pico do piso 0, foi adjudicado o orçamento dado pela FläktGroup, conforme as especificações apresentadas em anexo (G).

Tabela 34 - Ventiloconvectores (climatização de reforço) selecionados para o piso 0.

Sala	Potência total em arref. (kW)	Potência sensível em arref. (kW)	Potência total em aquec. (kW)	Equipamentos selecionados	Velocidade
0.06	3,92	3,32	3,90	1x GCB1.UWW.SE5	3
0.07	4,84	3,64	3,09	2x GCS1.UWW.SE5	4
0.09	10,00	8,00	9,70	1x GCB1.UWW.SE5 3x GCS1.UWW.SE5	2 e 3x4
0.10	7,92	6,12	6,64	2x GCB1.UWW.SE5	3
0.11	8,90	7,20	7,00	2x GCB1.UWW.SE5	4
0.12	4,22	3,42	2,80	1x GCB1.UWW.SE5	3
0.18	0,79	0,69	0,87	1xGCS1.UWW.SE5	1
0.24	14,38	11,28	11,69	4x GCB1.UWW.SE5	2
0.26	1,00	0,70	0,50	1x GCS1.UWW.SE5	1

Tendo conhecimento das potências de aquecimento e arrefecimento necessárias por parte da instalação, para o período de maior necessidade (pico), procedeu-se à seleção do equipamento principal, a bomba de calor.

Tanto as unidades ventiloconvectorsas como os painéis radiantes funcionam segundo o mesmo regime, isto é, a instalação (piso 0) apenas deverá ser capaz de produzir água aquecida ou arrefecida, nunca em simultâneo. Assim sendo, foi adjudicado o orçamento efetuado pela *Mitsubishi Electric/Climaveneta* de uma bomba de calor ar-água reversível, conforme as especificações indicadas em anexo (H).

COOLING (EN 14511)											
Cooling capacity	kW	77.50									
Compressor power input	kW	21.29									
Fans power input (cooling mode)	kW	4.00									
Total power input	kW	25.60									
EER	kW/kW	3.030									
ESEER EN 14511	kW/kW	3.910									
HEATING (EN14511)											
Total heating capacity	kW	83.50									
Compressors power input (heating mode)	kW	22.63									
Fan power input (heating mode)	kW	2.20									
Total power input	kW	25.20									
COP	kW/kW	3.320									
COOLING PARTIAL LOADS											
Load	%	100.0	90.0	80.0	70.0	60.0	<i>50.0</i>	<i>40.0</i>	<i>30.0</i>	<i>20.0</i>	<i>10.0</i>
Outdoor air temperature	°C	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	<i>35.0</i>	<i>35.0</i>	<i>35.0</i>	<i>35.0</i>	<i>35.0</i>
Cooling load	kWh	78	70	62	54	47	<i>39</i>	<i>31</i>	<i>23</i>	<i>16</i>	<i>8</i>
Fans power input (cooling mode)	kW	4.00	3.66	3.32	2.98	2.64	<i>2.28</i>	<i>1.87</i>	<i>1.46</i>	<i>1.06</i>	<i>0.65</i>
Total power input	kW	25.60	22.80	20.10	17.30	14.60	<i>12.00</i>	<i>9.830</i>	<i>7.680</i>	<i>5.550</i>	<i>3.400</i>
Temp. evaporator inlet	°C	12.00	11.50	11.00	10.50	10.01	<i>9.65</i>	<i>9.65</i>	<i>9.65</i>	<i>9.65</i>	<i>9.65</i>
Temp. evaporator outlet	°C	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	<i>7.00</i>	<i>7.00</i>	<i>7.00</i>	<i>7.00</i>	<i>7.00</i>
Evaporator water flow	l/s	3.715	3.714	3.714	3.714	3.713	<i>3.713</i>	<i>3.713</i>	<i>3.713</i>	<i>3.713</i>	<i>3.713</i>
EER	kW/kW	3.030	3.050	3.090	3.130	3.190	<i>3.230</i>	<i>3.150</i>	<i>3.020</i>	<i>2.790</i>	<i>2.280</i>
Note	Note: italics texts mean integrated values under minimum step										
HEATING PART LOAD											
Load	%	100.0	90.0	80.0	70.0	60.0	<i>50.0</i>	<i>40.0</i>	<i>30.0</i>	<i>20.0</i>	<i>10.0</i>
Outdoor air temp.	°C	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	<i>7.0</i>	<i>7.0</i>	<i>7.0</i>	<i>7.0</i>	<i>7.0</i>
Heating load	kWh	84	75	67	59	50	<i>42</i>	<i>33</i>	<i>25</i>	<i>17</i>	<i>8</i>
Total power input	kW	25.20	22.60	20.00	17.40	14.80	<i>12.40</i>	<i>10.20</i>	<i>7.970</i>	<i>5.750</i>	<i>3.550</i>
Condenser input temperature	°C	40.00	40.50	41.00	41.50	42.00	<i>42.24</i>	<i>42.24</i>	<i>42.24</i>	<i>42.24</i>	<i>42.24</i>
Condenser output temperature	°C	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	<i>45.00</i>	<i>45.00</i>	<i>45.00</i>	<i>45.00</i>	<i>45.00</i>
Condenser fluid flow	l/s	4.021	4.021	4.021	4.021	4.021	<i>4.021</i>	<i>4.021</i>	<i>4.021</i>	<i>4.021</i>	<i>4.021</i>
COP	kW/kW	3.310	3.330	3.340	3.370	3.400	<i>3.380</i>	<i>3.290</i>	<i>3.150</i>	<i>2.900</i>	<i>2.350</i>
Note	Note: italics texts mean integrated values under minimum step										

Figura 54 - Especificações da bomba de calor reversível seleccionada.

Verifica-se um sobredimensionamento do equipamento selecionado tanto em aquecimento e arrefecimento o que dá espaço a possíveis alterações ao atual projeto, no âmbito de possíveis ampliações da instalação. Adicionalmente, o equipamento funciona segundo incrementos de 10% a nível de carga térmica pelo que é sempre possível optar pelo regime que cumpra com as necessidades sem um consumo energético excessivo, isto é, tendo em conta a necessidade de cerca de 66 kW em arrefecimento por parte da instalação a bomba de calor poderia operar a 90% da carga nominal sendo que, em aquecimento, os cerca de 55 kW necessários seriam cumpridos com uma operação de 70% da carga nominal.

Por último é feito o levantamento das potências térmicas obtidas em software para o piso 1 no qual foi adjudicado o orçamento dado pela *Mitsubishi Electric* com base nas potências obtidas em HAP, conforme as especificações apresentadas em anexo (J).

Tabela 35 - Unidade exterior VRF (condensador) selecionado para o piso 1.

Equip.	Regime	Capacidade (kW)		Alimentação elétrica (kW)		COP (kW/kW)	
		Nominal	Corrigido	Nominal	Corrigido	Nominal	Corrigido
PUHY P500YNW A1	Arref.	56.00	51.11	17.55	17.50	3.19	2.92
	Aquec.	63.00	60.77	15.98	15.40	3.94	3.86

Tabela 36 - Unidades interiores VRF selecionadas para o piso 1.

Equipamento	Qty.		Capacidade (kW)		Capacidade Sensível (kW)		Alimentação elétrica (kW)
			Nominal	Corrigido	Nominal	Corrigido	Nominal
PKFY- P15VLM-E	20	Arref.	1.70	1.63	1.23	1.13	0.02
		Aquec.	1.90	1.90			0.01
PKFY- P40VLM-E	3	Arref.	4.50	4.31	3.01	2.93	0.04
		Aquec.	5.00	5.00			0.03
PKFY- P32VLM-E	1	Arref.	3.60	3.45	2.17	2.40	0.04
		Aquec.	4.00	4.00			0.03
PKFY- P20VLM-E	1	Arref.	2.20	2.11	1.43	1.43	0.02
		Aquec.	2.50	2.50			0.01

4.2.4. Observações

Como previamente referido, a versão atual do HAP (5.11) é incapaz de simular sistemas de painel radiante e ventilação natural, porém foi possível estipular as potências de pico necessárias por parte dos sistemas de AVAC ao considerar ventilação direta e ao simular a carga térmica necessária por apenas ventiloconvectores (piso 0). No entanto, uma vez que não é possível simular os sistemas selecionados de acordo com a solução adotada, perde-se as funcionalidades de simulação energética que o HAP oferece.

Assim sendo, no âmbito da presente dissertação é introduzido o *DesignBuilder* que recorre da ferramenta de cálculo *EnergyPlus*. Pretende-se validar o projeto efetuado em gabinete, em HAP, ao efetuar novamente o cálculo das cargas térmicas (*Cooling Design* e *Heating Design*) e efetuar a respetiva simulação energética que não é possível pelo HAP. Ao recorrer do *DesignBuilder/EnergyPlus* é então possível considerar todos os sistemas adotados assim como recorrer de ventilação natural pelo que serão avaliados os cálculos obtidos em gabinete, que permitiram dar seguimento às seguintes fases de projeto, ao efetuar uma comparação direta entre ambos os softwares.

4.2.5. Modelo DesignBuilder

A criação do projeto em DB começa, assim como no HAP, pela definição do local e introdução dos dados climáticos. Por forma a manter a coerência entre os projetos, foram adotados os valores de temperatura mensais considerados ao longo do modelo HAP e a respetiva localização geográfica.

Após a definição geográfica do edifício, foi necessário modelar o edifício ao recorrer das ferramentas gráficas do DB, de acordo com as plantas do edifício apresentadas no capítulo 4 – caracterização do edifício. O processo de modelação começa com a definição das medidas exteriores do edifício ao definir o número de pisos que a instalação tem através das ferramentas gráficas. Posteriormente, é feita a modelação interior de cada piso, ao definir todas as paredes interiores (*partitions*) entre cada espaço distribuído ao longo do piso.

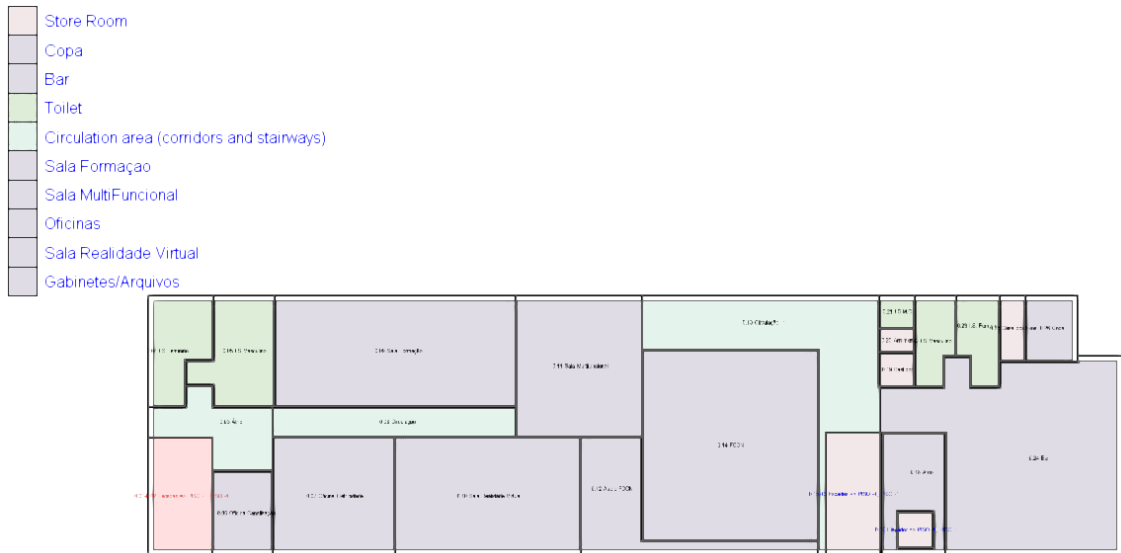


Figura 55 - Planta do Piso 0 - DB.

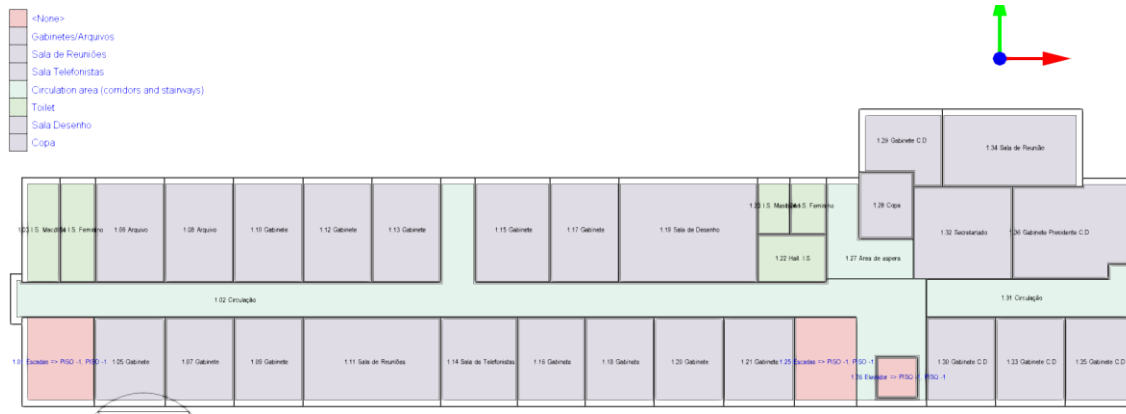


Figura 56 - Planta do Piso 1 - DB.

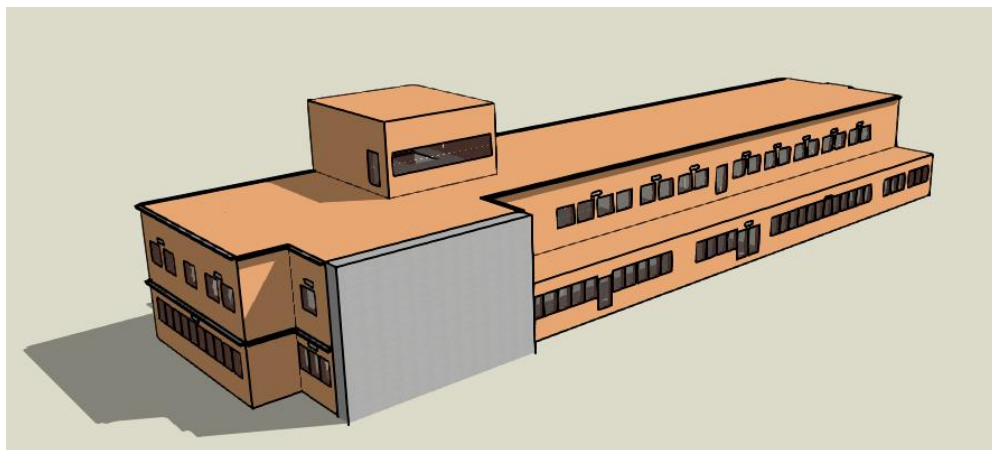


Figura 57 - Modelo 3D do edifício - DB.

Ao contrário do HAP, é necessário definir todos os espaços do edifício mesmo que estes não sejam climatizados por forma a definir todos os elementos construtivos da instalação, isto é, o DB reconhece automaticamente todos os elementos construtivos de um edifício (paredes exteriores, interiores, pavimento e cobertura) desde que os espaços sejam caracterizados independentemente de serem ou não climatizados. A definição dos espaços é feita ao preencher o separador *Activity* onde devem ser inseridos todos os parâmetros conhecidos a nível de cargas internas em cada espaço, conforme os dados apresentados na caracterização do edifício (capítulo 4).

The screenshot displays the 'Activity Template' configuration window. The 'Template' is 'Gabinetes/Arquivos' and the 'Sector' is 'B1 Offices and Workshop businesses'. The 'Zone type' is '1-Standard' and the 'Zone multiplier' is '1'. Both 'Include zone in thermal calculations' and 'Include zone in daylighting calculations' are checked. Under 'Occupancy', 'LEED v4 Daylighting BD+C: New Construction (sDA and ASE)' is checked, and 'Density (people/m2)' is set to 0.0670. The 'Schedule' is 'Horário de Funcionamento - Ocupação'. The 'Environmental Control' section shows 'Heating Setpoint Temperatures' with 'Heating (°C)' at 21.0 and 'Heating set back (°C)' at 21.0. 'Cooling Setpoint Temperatures' shows 'Cooling (°C)' at 25.0 and 'Cooling set back (°C)' at 27.0. 'Office Equipment' is set to 'On' with a 'Power density (W/m2)' of 10.80 and a 'Radiant fraction' of 0.200. Other sections like 'Computers', 'Miscellaneous', 'Catering', and 'Process' are also visible but not fully expanded.

Figura 58 - Introdução das cargas internas, ocupação e temperaturas interiores – DB.

Para os espaços não climatizados, foram considerados os *templates* disponibilizados em software que melhor caracterizam cada espaço (instalações sanitárias e corredores de circulação). Posteriormente, estes espaços foram descartados no cálculo das cargas térmicas ao não incluir estas zonas em cálculos térmicos e em cálculos de iluminação natural.

No separador *Activity* são ainda definidas as temperaturas interiores pretendidas pelo que foram considerados os mesmos parâmetros que o HAP nomeadamente a temperatura de 21°C em aquecimento e 25°C em arrefecimento (27°C quando o espaço não é ocupado). De notar que tanto os equipamentos como a ocupação (número de pessoas) são inseridos em função da área de cada espaço (pessoas/m²) por forma a simplificar as simulações a efetuar.

A definição de todos os espaços deve ser feita de acordo com a hierarquia estabelecida em software por forma a uniformizar as simulações e a não sobrecarregar o software quando os projetos são de grande dimensão, no entanto, isto só é possível quando os parâmetros de projeto são semelhantes entre os vários espaços. Para o presente projeto foram criados *templates* que foram adotados entre os vários espaços semelhantes (a azul quando os parâmetros são partilhados entre espaços) sendo posteriormente feita a correção dos parâmetros que diferem entre espaços (representados a vermelho) tais como ocupação, potências de equipamentos e caudal de ar novo necessário.

Definidos todos os espaços ao longo da instalação, são introduzidos os elementos construtivos no separador *Construction*.



Figura 59 - Introdução dos elementos construtivos - DB.

A caracterização dos elementos construtivos é feita ao especificar a quantidade e espessura das camadas constituintes das paredes, pavimento e cobertura. O software oferece duas formas de especificar cada camada: ao introduzir diretamente a resistência térmica de cada elemento ou ao definir a espessura, calor específico, densidade e coeficiente de condutibilidade. A resistência térmica é aconselhada para camadas sem massa térmica (câmaras de ar, em que a espessura da camada não afeta o cálculo do coeficiente global de transmissão térmica) enquanto que para as restantes camadas devem ser definidos todos os parâmetros. Ao contrário do HAP, o DB define automaticamente os valores de resistência superficial exterior e interior.

Edit construction - Paredes Exteriores

Constructions

Layers Surface properties Image Calculated Cost Internal source Condensation analysis

General

Name **Paredes Exteriores**

Source

Category Walls

Region PORTUGAL

Colour

Definition

Definition method 1-Layers

Calculation Settings

Layers

Number of layers 4

Outermost layer

Material Isolamento EPS100

Thickness (m) 0,0400

Bridged?

Layer 2

Material Tijolo furado 11cm

Thickness (m) 0,1100

Bridged?

Layer 3

Material Caixa de Ar 8cm

Thickness (not used in thermal calcs) (m) 0,0800

Innermost layer

Material Tijolo furado 11cm

Thickness (m) 0,1100

Bridged?

Figura 60 - Introdução das camadas dos elementos construtivos - DB.

Edit construction - Paredes Exteriores

Constructions

Layers Surface properties Image Calculated Cost Internal source Condensation analysis

Inner surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,540
Surface resistance (m ² -K/W)	0,130
Outer surface	
Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,130
Surface resistance (m ² -K/W)	0,040
No Bridging	
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	0,206
R-Value (m ² -K/W)	5,022
U-Value (W/m²-K)	0,199
With Bridging (BS EN ISO 6946)	
Thickness (m)	0,3400
Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)	200,2000
Upper resistance limit (m ² -K/W)	5,022
Lower resistance limit (m ² -K/W)	5,022
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	0,206
R-Value (m ² -K/W)	5,022
U-Value (W/m²-K)	0,199

Figura 61 - Coeficiente global de transmissão térmica de elementos construtivos - DB.

Neste separador é também definido os caudais de infiltração de ar esperados, conforme a qualidade de construção do edifício. Para o presente projeto, conforme o descrito no modelo HAP – capítulo 4, não será considerada a infiltração de ar do exterior devido à solução adotada.

Como previamente indicado, o DB delimita automaticamente cada elemento construtivo sendo necessário definir todos os espaços da instalação, mesmo que não climatizados, de acordo com a Figura 62 .

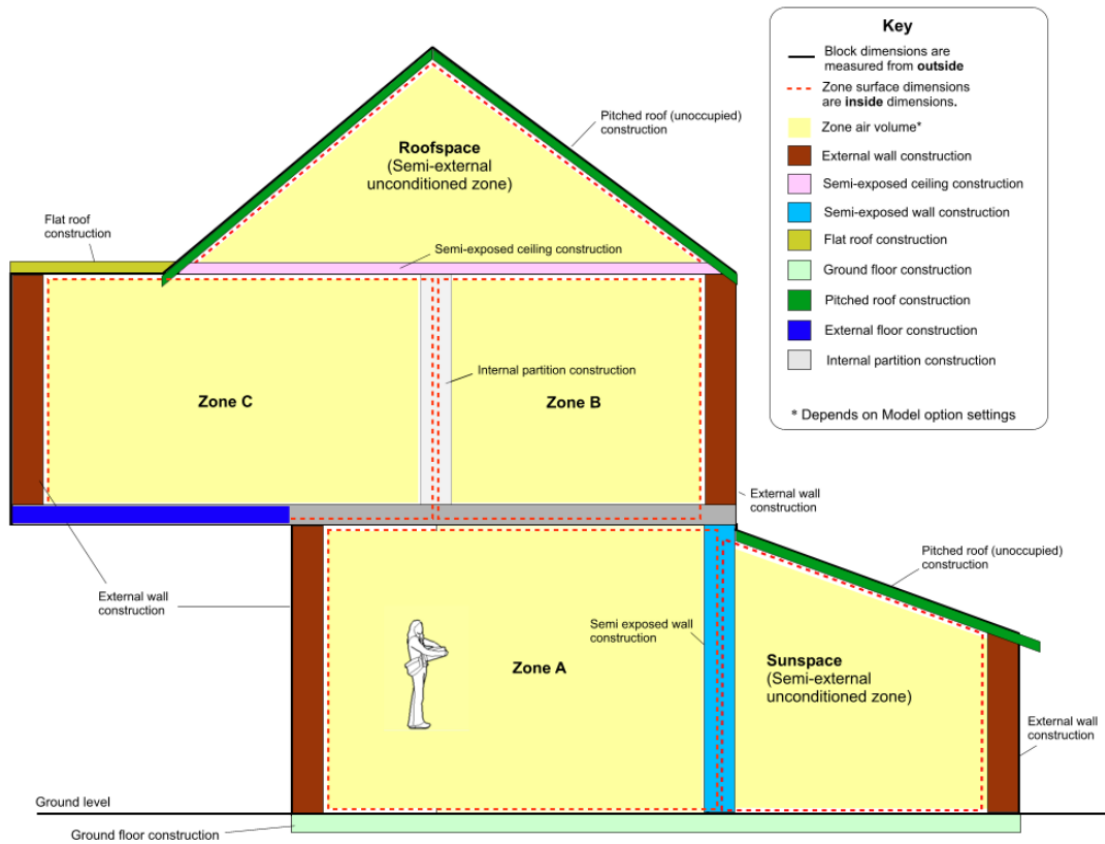


Figura 62 - Convecção dos elementos construtivos - DB. [36]

Ao definir todos os elementos construtivos, o utilizador deve sempre confirmar a convecção adotada pelo DB através do separador *Visualise*, de modo a confirmar a correta atribuição dos elementos construtivos envolventes a cada espaço.

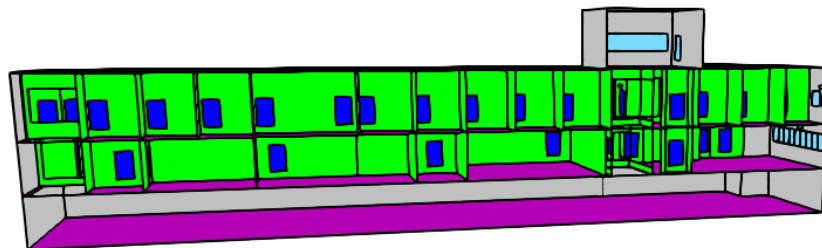
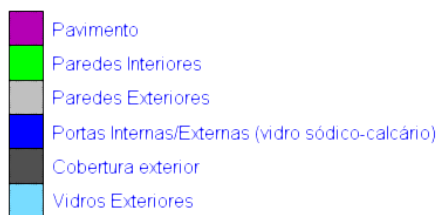


Figura 63 - Corte transversal do modelo criado para verificação dos elementos construtivos atribuídos – DB.

Definidos todos os elementos construtivos segue-se a introdução de vãos envidraçados, portas e grelhas através do separador *Openings*. O DB apresenta várias formas de introduzir a quantidade e distribuição de vãos envidraçados sem que o utilizador os tenha de desenhar manualmente sendo que para o presente caso de estudo, de acordo com as plantas da instalação, foi definida a área de cada vão e indicado o espaçamento entre vãos.



Figura 64 - Introdução dos vãos envidraçados e grelhas exteriores - DB.

O DB permite ainda definir um perfil de utilização dos dispositivos de proteção solar, o que não é possível no HAP, pelo que para efeitos de comparação entre ambos os softwares, apenas foram considerados os dispositivos de proteção permanentes (palas de sombreamento).

As especificações dos vidros, assim como no HAP, podem ser simplesmente definidas através do coeficiente global de transmissão térmica e o fator de sombreamento obtido por correção do fator solar (g) do vidro, conforme previamente efetuado, ou através da construção por camadas (ver Figura 65).

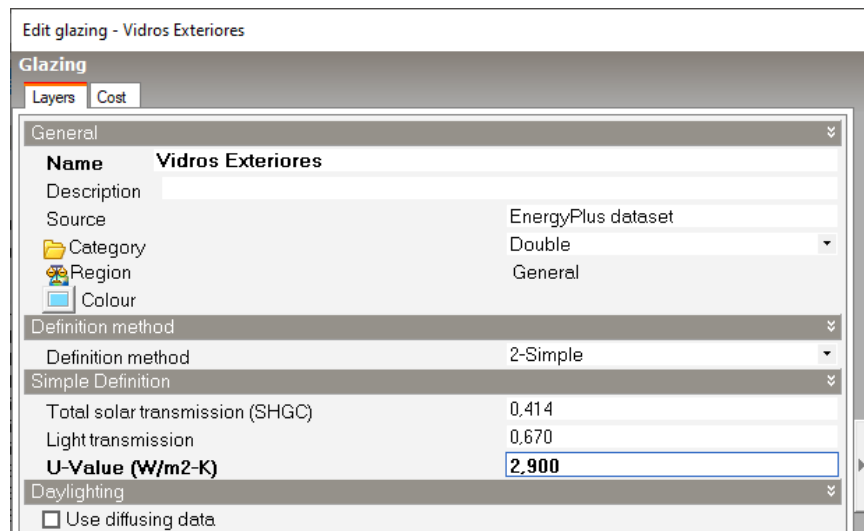


Figura 65 - Propriedades dos vãos envidraçados - DB.

Após a definição das aberturas do edifício, resta apenas a caracterização da iluminação de cada espaço através do separador *Lighting* onde é definida a potência de iluminação e o tipo de luminária previsto para cada espaço.

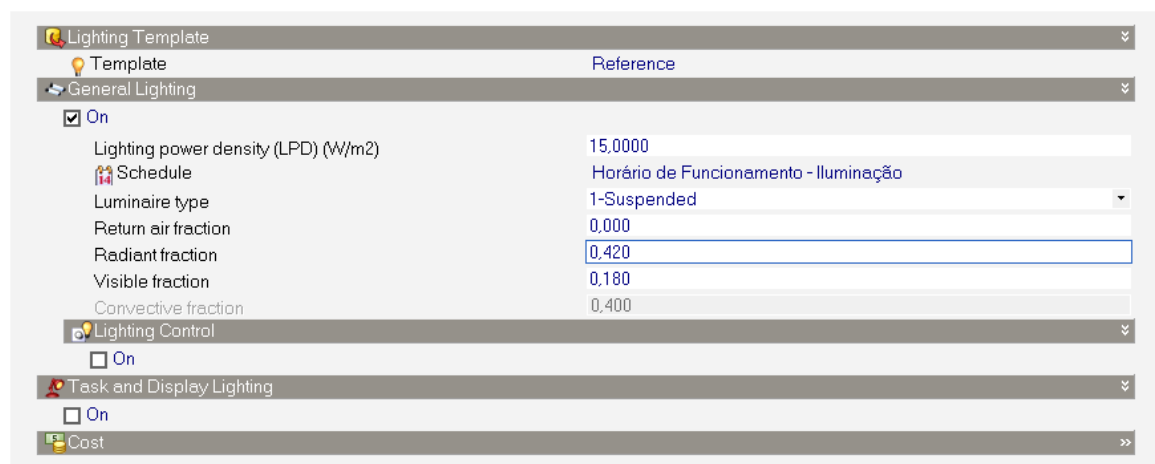


Figura 66 - Propriedades da iluminação do edifício - DB.

Por último, são definidos os sistemas de climatização a efetuar através do separador *HVAC*. O DB assim como o HAP permite adotar vários sistemas pré-definidos e efetuar o cálculo das cargas térmicas necessárias por parte dos equipamentos a selecionar (ver Figura 67).

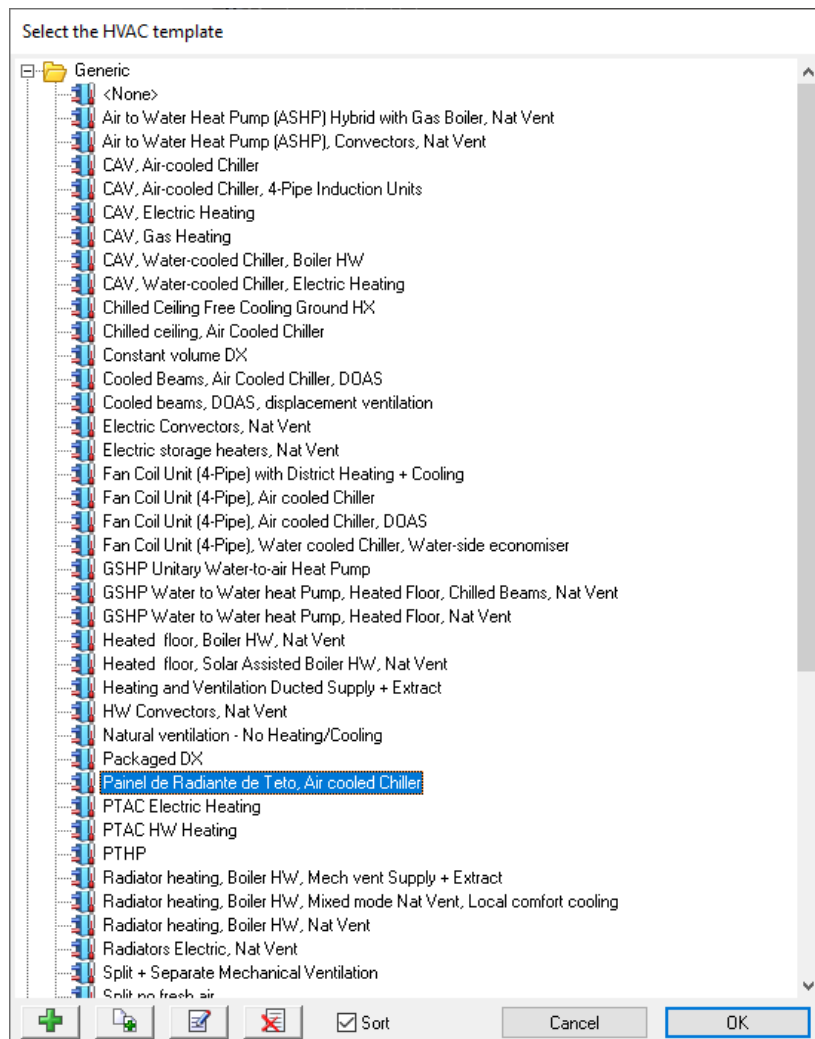


Figura 67 - Sistemas de climatização possíveis de utilizar – DB.

Em primeira instância, é selecionado/criado o *template* do sistema de climatização a utilizar em cada espaço e são introduzidos os parâmetros necessários ao cálculo das cargas térmicas como caudais, temperaturas e humidades de insuflação, horários de utilização dos equipamentos, várias opções de controlo, entre outras. Estes parâmetros são representados a verde (ver Figura 68) e são considerados numa fase inicial de projeto onde se pretende, primeiro, efetuar o cálculo das cargas térmicas de pico que os equipamentos a selecionar terão de induzir nos espaços a climatizar.

Numa fase final de projeto, após a seleção de todos os equipamentos, estes parâmetros não são contabilizados na simulação energética.

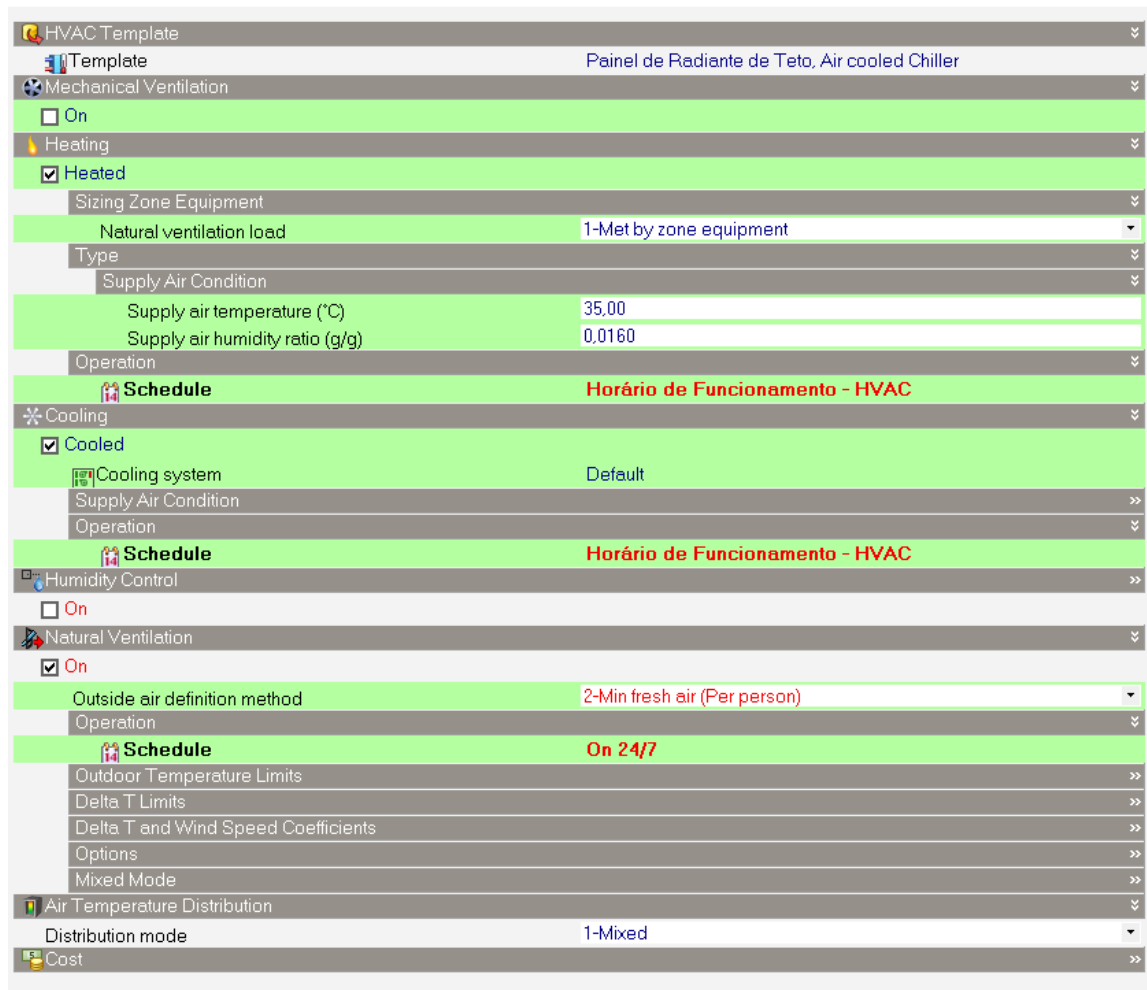


Figura 68 - Introdução dos sistemas de climatização a adotar - DB.

No presente caso de estudo, existem espaços com múltiplos sistemas de climatização (piso 0), no entanto, para efeitos de cálculo de cargas térmicas deve ser utilizado o sistema predominante pelo que para o piso 0 seria a utilização de painel radiante (sistema de climatização recorrente). Os parâmetros utilizados para o cálculo das cargas térmicas (a verde na Figura 68) não diferem entre os vários sistemas uma vez que estes não são utilizados em simulações energéticas, mas apenas no cálculo das cargas térmicas.

Para efeitos de simulação energética, serão referidos todos os sistemas utilizados, conforme as funcionalidades disponibilizadas pelo software, a referir posteriormente.

Cálculo efetuado

Tendo sido definidos todos os separadores que caracterizam cada espaço, é então feito o cálculo das cargas térmicas em regime de aquecimento (*Heating Design* - Tabela 37) e arrefecimento (*Cooling Design* - Tabela 38). Como previamente indicado, em regime de aquecimento tanto o DB como o HAP não contabilizam a carga térmica introduzida por pessoas, equipamentos e iluminação pelo que o cálculo reside nas cargas térmicas derivadas dos elementos construtivos e do tratamento do ar que deve ser insuflado.

Tabela 37 - Cargas térmicas internas e potências de pico necessárias por parte do sistema de AVAC em aquecimento (*Heating Design*) - DB.

Zone	Temp. (°C)	Steady State Heat Loss (kW)	Design Capacity (kW)	Glazing Gains (kW)	Wall Gains (kW)	Floor Gains (kW)	Roof Ceiling Gains (kW)	Ventilation Gains (kW)
0.06	20,18	4,38	4,38	-0,18	-0,02	0,00	0,00	-4,18
0.07	20,22	3,92	3,92	-0,36	-0,05	0,00	0,00	-3,50
0.09	19,76	13,17	13,17	-0,70	-0,06	0,01	-0,56	-11,86
0.10	20,16	8,1	8,1	-0,54	-0,10	0,00	-0,01	-7,46
0.11	19,94	7,31	7,31	-0,43	-0,04	0,00	-0,30	-6,55
0.12	19,79	3,14	3,14	-0,71	-0,06	0,00	0,01	-2,37
0.18	20,77	1,08	1,08	0,00	-0,07	0,00	0,01	-1,02
0.24	20,07	15,11	15,11	-1,21	-0,13	0,01	0,00	-13,79
0.26	19,87	0,56	0,56	-0,18	-0,04	0,00	0,00	-0,34
1.05	20,09	0,73	0,73	-0,07	-0,03	0,01	-0,18	-0,45
1.06	19,91	0,83	0,83	-0,14	-0,02	0,00	-0,21	-0,45
1.07	20,1	0,72	0,72	-0,07	-0,03	0,01	-0,18	-0,45
1.08	19,93	0,83	0,83	-0,14	-0,02	0,00	-0,21	-0,45
1.09	20,09	0,73	0,73	-0,07	-0,03	0,01	-0,18	-0,45
1.10	19,93	0,83	0,83	-0,14	-0,02	0,00	-0,21	-0,45
1.11	19,98	3,25	3,25	-0,14	-0,05	0,02	-0,36	-2,72
1.12	19,93	0,83	0,83	-0,14	-0,02	0,00	-0,21	-0,45
1.13	19,93	0,83	0,83	-0,14	-0,02	0,00	-0,21	-0,45
1.14	20,08	0,86	0,86	-0,07	-0,04	0,01	-0,20	-0,57
1.15	19,94	0,85	0,85	-0,14	-0,03	0,01	-0,23	-0,45
1.16	20,06	0,73	0,73	-0,07	-0,03	0,00	-0,18	-0,45
1.17	19,92	0,83	0,83	-0,14	-0,03	0,00	-0,21	-0,45
1.18	20,06	0,73	0,73	-0,07	-0,03	0,00	-0,18	-0,45
1.19	19,73	3,01	3,01	-0,28	-0,04	0,00	-0,43	-2,26
1.20	20,07	0,73	0,73	-0,07	-0,03	0,00	-0,18	-0,45
1.21	20,11	0,72	0,72	-0,07	-0,03	0,00	-0,17	-0,45
1.28	20,39	0,47	0,47	0,00	-0,02	0,00	-0,11	-0,34
1.29	19,86	0,66	0,66	-0,14	-0,03	0,00	-0,15	-0,34
1.30	20,12	0,72	0,72	-0,07	-0,03	0,00	-0,17	-0,45
1.32	20,31	0,98	0,98	0,00	-0,03	0,00	-0,27	-0,68
1.33	20,06	0,74	0,74	-0,07	-0,04	0,01	-0,18	-0,45

Zone	Temp. (°C)	Steady State Heat Loss (kW)	Design Capacity (kW)	Glazing Gains (kW)	Wall Gains (kW)	Floor Gains (kW)	Roof Ceiling Gains (kW)	Ventilation Gains (kW)
1.34	19,98	3,18	3,18	-0,07	-0,09	0,00	-0,31	-2,72
1.35	19,64	0,85	0,85	-0,21	-0,04	0,02	-0,16	-0,45
1.36	19,99	1,06	1,06	-0,14	-0,04	0,01	-0,33	-0,57

A temperatura apresentada na Tabela 37 representa a temperatura operativa do espaço, para uma temperatura de ar interno de 21°C. Um valor positivo representa um ganho de energia que resulta num aumento da temperatura interna de cada espaço sendo que um valor negativo representa uma perda de energia/calor para o exterior que resulta numa diminuição da temperatura interior.

O cálculo das cargas térmicas dos espaços é feito de acordo com as condições de insuflação inseridas no separador *HVAC* e não depende do tipo de equipamento/*template* utilizado. Neste separador obtém-se as potências de pico necessárias pelos equipamentos de AVAC (*Steady-State Heat Loss*) multiplicada pelo coeficiente de segurança (*Design Capacity*) em função das perdas de calor através dos elementos construtivos e da carga térmica necessária ao tratamento do ar novo (ventilação natural) a ser insuflado nos espaços, por forma a cumprir com os requisitos mínimos de caudal de ar novo necessário.

Como previamente indicado, não foi possível considerar os coeficientes de segurança adotados em gabinete devido à diferença de cálculo entre ambos os softwares uma vez que o HAP apenas sobredimensiona os ganhos internos calculados, enquanto o DB aplica o fator de segurança também sobre a carga térmica devida à ventilação natural (ar novo). Desta forma, ao considerar um fator de segurança, não seria possível efetuar uma comparação direta entre ambos os softwares, pela diferença de cálculo que ambos apresentam.

Em regime de arrefecimento, são agora contabilizadas as cargas térmicas resultantes da ocupação, equipamentos e iluminação uma vez que estes fatores contribuem negativamente para a temperatura de conforto pretendida (25°C).

Tabela 38 - Potências de pico necessárias por parte do sistema de AVAC em regime de arrefecimento (Cooling Design) – DB.

Zone	Design Capacity (kW)	Total Cooling Load (kW)	Sensible (kW)	Latent (kW)	Air Temp. (°C)	Humidity (%)
0.06	3,63	3,63	2,93	0,7	25	61,8
0.07	4,87	4,87	3,82	1,05	25	62,3
0.09	13,02	13,02	10,27	2,75	25	62,1
0.10	8,41	8,41	6,77	1,63	25	62
0.11	8,51	8,51	6,9	1,61	25	61,5
0.12	4,04	4,04	3,51	0,53	25	60,1
0.18	1,06	1,06	0,81	0,25	25	62,9
0.24	16,32	16,32	12,91	3,41	25	62,1
0.26	0,81	0,81	0,72	0,09	25	59,6
1.05	0,89	0,89	0,82	0,08	25	59
1.06	1,02	1,02	0,94	0,08	25	58,9
1.07	0,89	0,89	0,81	0,08	25	59
1.08	1,02	1,02	0,95	0,08	25	58,8
1.09	0,89	0,89	0,81	0,08	25	59
1.10	1,15	1,15	1,07	0,08	25	58,7
1.11	3,24	3,24	2,65	0,59	25	61,7
1.12	1,16	1,16	1,08	0,08	25	58,7
1.13	1,15	1,15	1,07	0,08	25	58,7
1.14	1,08	1,08	0,95	0,14	25	59,9
1.15	1,21	1,21	1,13	0,08	25	58,6
1.16	0,89	0,89	0,81	0,08	25	59
1.17	1,16	1,16	1,08	1	25	58,7
1.18	0,88	0,88	0,81	0,08	25	59
1.19	3,28	3,28	2,8	0,48	25	60,5
1.20	0,88	0,88	0,8	0,08	25	59
1.21	0,88	0,88	0,8	0,08	25	59
1.28	0,51	0,51	0,45	0,06	25	60
1.29	0,95	0,95	0,88	0,07	25	58,8
1.30	0,84	0,84	0,77	0,07	25	59,1
1.32	1,22	1,22	1,1	0,12	25	59,4
1.33	0,91	0,91	0,83	0,08	25	59
1.34	3,13	3,13	2,5	0,64	25	62,2
1.35	1,08	1,08	1	0,08	25	58,7
1.36	1,36	1,36	1,26	0,11	25	58,6

Tabela 39 - Cargas térmicas internas (de pico) em regime de arrefecimento (Cooling Design) - DB.

Zone	Glazing Gains (kW)	Wall Gains (kW)	Floor Gains (kW)	Roof Ceiling Gains (kW)	Vent. Gains (kW)	Electric Equip. Gains (kW)	Light Gains (kW)	People Gains (kW)	Solar Gains (kW)
0.06	0,1	-0,03	-0,01	-0,09	1,76	0,09	0,32	0,67	0,14
0.07	0,18	-0,01	-0,01	-0,2	1,42	0,28	0,94	0,99	0,27
0.09	1,01	-0,39	-0,8	-0,44	4,8	0,53	0,88	3,43	1,37
0.10	0,29	0,01	-0,03	-0,3	3,14	0,43	0,72	2,15	0,41
0.11	0,62	-0,3	-0,49	-0,36	2,65	0,96	1,19	1,88	0,84
0.12	0,79	-0,4	-0,03	-0,33	0,7	0,3	0,37	0,61	1,53
0.18	0	0,07	-0,01	-0,02	0,41	0	0,12	0,25	0
0.24	0,67	-0,16	0,03	-0,67	5,8	1,42	1,82	3,2	0,96
0.26	0,24	-0,2	-0,13	-0,13	0,02	0,08	0,13	0,07	0,64
1.05	0,1	-0,04	-0,02	0,06	0,13	0,16	0,18	0,06	0,19
1.06	0,22	-0,13	-0,15	0,04	0,13	0,09	0,16	0,07	0,53
1.07	0,1	-0,03	-0,02	0,06	0,13	0,16	0,17	0,06	0,19
1.08	0,21	-0,13	-0,15	0,05	0,13	0,09	0,16	0,06	0,53
1.09	0,1	-0,03	-0,02	0,06	0,13	0,16	0,17	0,06	0,19
1.10	0,22	-0,14	-0,15	0,04	0,13	0,19	0,21	0,06	0,53
1.11	0,07	-0,02	0	0,11	1,14	0,16	0,36	0,75	0,1
1.12	0,22	-0,13	-0,15	0,04	0,13	0,19	0,21	0,06	0,53
1.13	0,22	-0,13	-0,15	0,04	0,13	0,19	0,21	0,06	0,53
1.14	0,1	-0,04	-0,03	0,06	0,17	0,17	0,19	0,13	0,19
1.15	0,22	-0,13	-0,15	0,05	0,13	0,21	0,23	0,06	0,53
1.16	0,1	-0,03	-0,01	0,05	0,13	0,15	0,17	0,06	0,19
1.17	0,22	-0,13	-0,15	0,04	0,13	0,19	0,21	0,06	0,53
1.18	0,1	-0,03	-0,03	0,06	0,13	0,16	0,17	0,06	0,19
1.19	0,45	-0,29	-0,4	0,02	0,78	0,39	0,43	0,5	0,96
1.20	0,1	-0,04	-0,03	0,06	0,13	0,16	0,17	0,06	0,19
1.21	0,1	-0,04	-0,03	0,05	0,13	0,16	0,18	0,06	0,19
1.28	0	0,02	0	0,03	0,14	0,07	0,11	0,06	0
1.29	0,23	-0,17	-0,11	0,03	0,12	0,13	0,15	0,06	0,45
1.30	0,1	-0,04	-0,02	0,02	0,13	0,16	0,17	0,06	0,19
1.32	0	0,03	0,01	0,1	0,28	0,26	0,28	0,13	0
1.33	0,1	-0,01	-0,02	0,06	0,13	0,16	0,17	0,06	0,19
1.34	0,04	-0,07	-0,03	0,09	1,14	0,14	0,3	0,85	0,05
1.35	0,24	-0,12	-0,04	0,03	0,1	0,14	0,16	0,06	0,45
1.36	0,18	-0,14	-0,1	0,11	0,03	0,29	0,32	0,06	0,47

Os resultados obtidos em DB confirmam o mês de projeto considerado em gabinete uma vez que as potências de pico obtidas, individuais para cada espaço, acontecem em Julho sendo este considerado o mês de pico/projeto. Adicionalmente, os parâmetros de projeto considerados são também válidos em software no sentido em que é possível manter a temperatura de projeto pretendida em ambos os regimes. Perante o cálculo das cargas térmicas e potências de pico necessárias por parte do sistema

de climatização, é também possível avaliar o comportamento energético de cada espaço em intervalos horários e, portanto, para além das cargas térmicas que ocorrem no período de maior necessidade de climatização (potências de pico). Tendo em conta as potências obtidas, poderá ser feita uma análise à sala 1.17 pelo comportamento análogo aos restantes espaços.

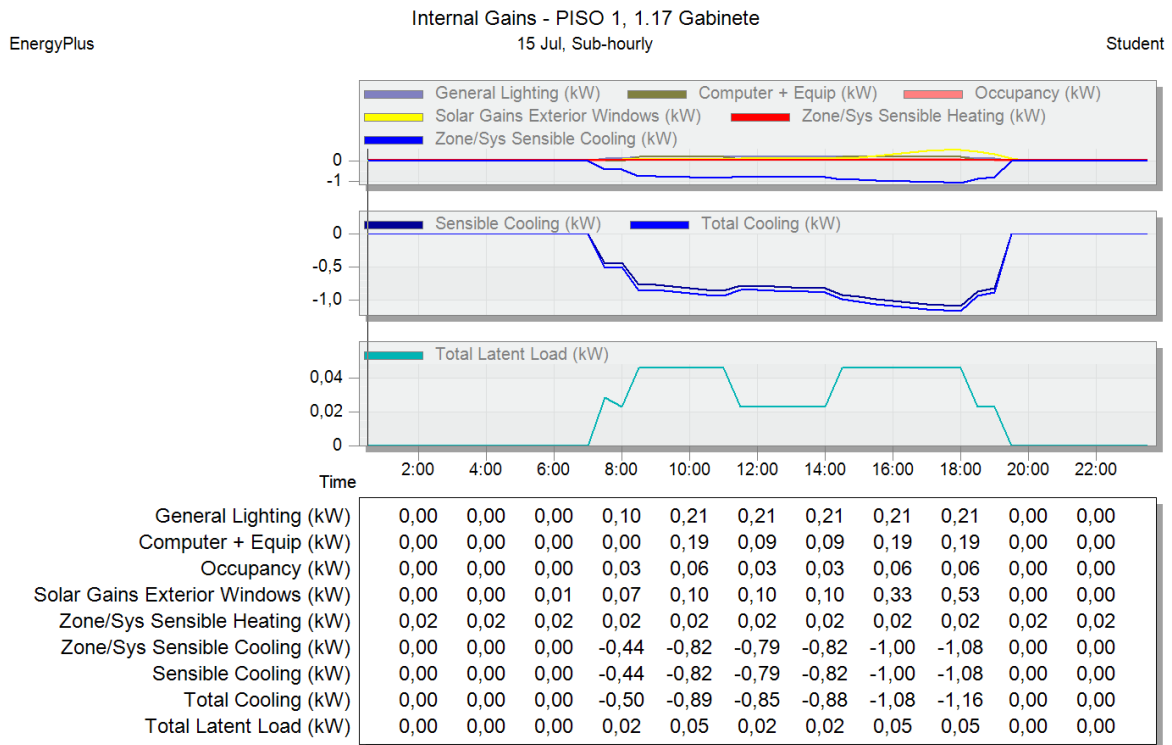


Figura 69 - Evolução horária dos ganhos internos de um espaço - DB.

Verifica-se que o horário de funcionamento da instalação (08:00 – 20:00 H) é cumprido uma vez que existe ocupação a partir das 08:00H assim como se verifica o perfil de utilização estabelecido para os equipamentos (a partir das 09:00H) e iluminação. Adicionalmente, verifica-se um ganho interno gradual proveniente da radiação solar através dos vãos envidraçados à medida que há uma maior exposição solar, isto é, a sala 1.17 é voltada a poente pelo que ao longo do tempo, a exposição solar aumenta até que o sol se põe (20:00H) e, portanto, os ganhos solares passam a ser nulos pelo que existe coerência geográfica.

O DB considera ainda um aquecimento residual por parte do sistema de climatização a fim de contabilizar o aquecimento inerente ao funcionamento de equipamentos como, por exemplo, ventiladores onde existe um aumento residual da temperatura do ar devido ao funcionamento dos motores associados aos ventiladores.

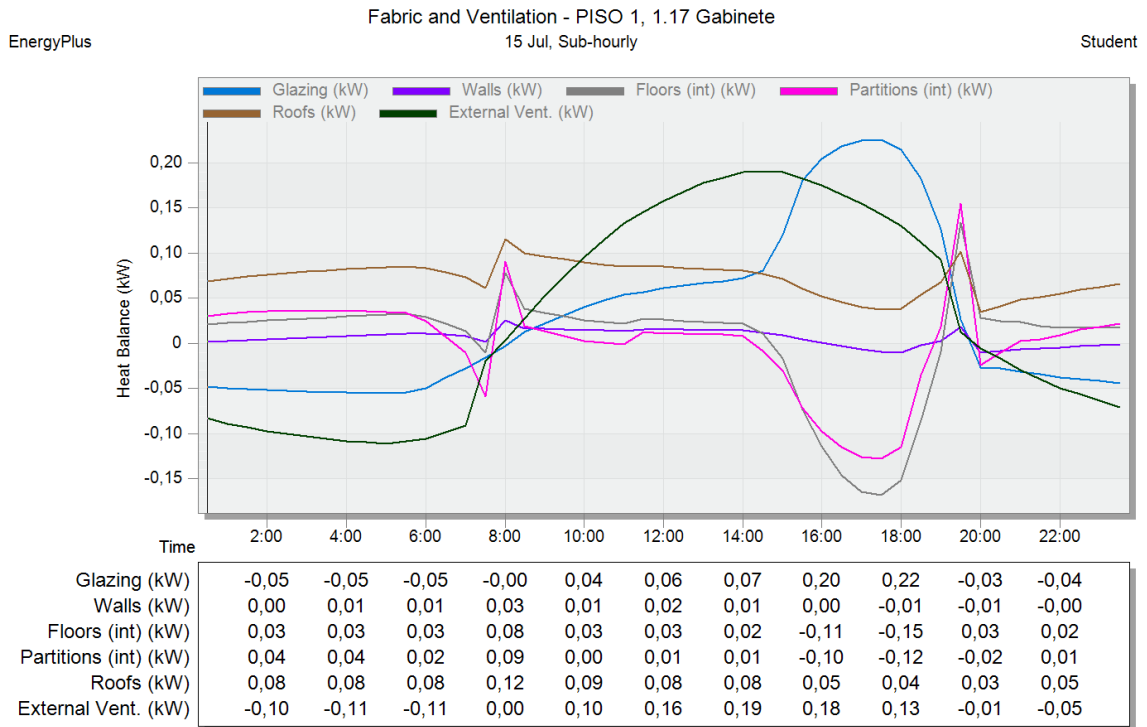


Figura 70 - Cargas térmicas provenientes dos elementos construtivos e da solução de ventilação natural adotada - DB.

A transferência de calor através dos vãos envidraçados reflete apenas os processos de condução e convecção, não contando com os ganhos solares, pelo que torna-se necessário avaliar outros fatores por forma a compreender os resultados apresentados. Assim sendo, uma das funcionalidades que o DB apresenta reside no facto de ser possível comparar vários fatores em simultâneo em valores tabelados ou graficamente, em intervalos horários, no qual é possível analisar o comportamento da envolvente (transferência de calor), parâmetros de conforto e condições exteriores relativamente à instalação. Portanto, por forma a entender uma perda de calor através dos vãos envidraçados, é importante considerar as condições exteriores à instalação, que ditam a taxa/fluxo de calor entre o interior e exterior da instalação.

Um ganho negativo resulta numa perda de energia do interior para o exterior da instalação e vice-versa. Segundo o gráfico da Figura 71, para o dia de projeto, verifica-se uma uniformidade na temperatura interior do espaço em estudo (*Air temperature* – azul escuro) uma vez que a temperatura oscila entre os 27°C quando não existe ocupação e 25°C quando há ocupação. No entanto, a temperatura exterior (a laranja) oscila entre os 23°C e 33,3°C pelo que desde que a temperatura interior seja superior à temperatura exterior, existe um ganho negativo (perda de energia) como no caso dos vãos envidraçados (00:00H-08:00H) e na carga térmica do ar que é insuflado no espaço (*External Vent*) por ventilação natural.

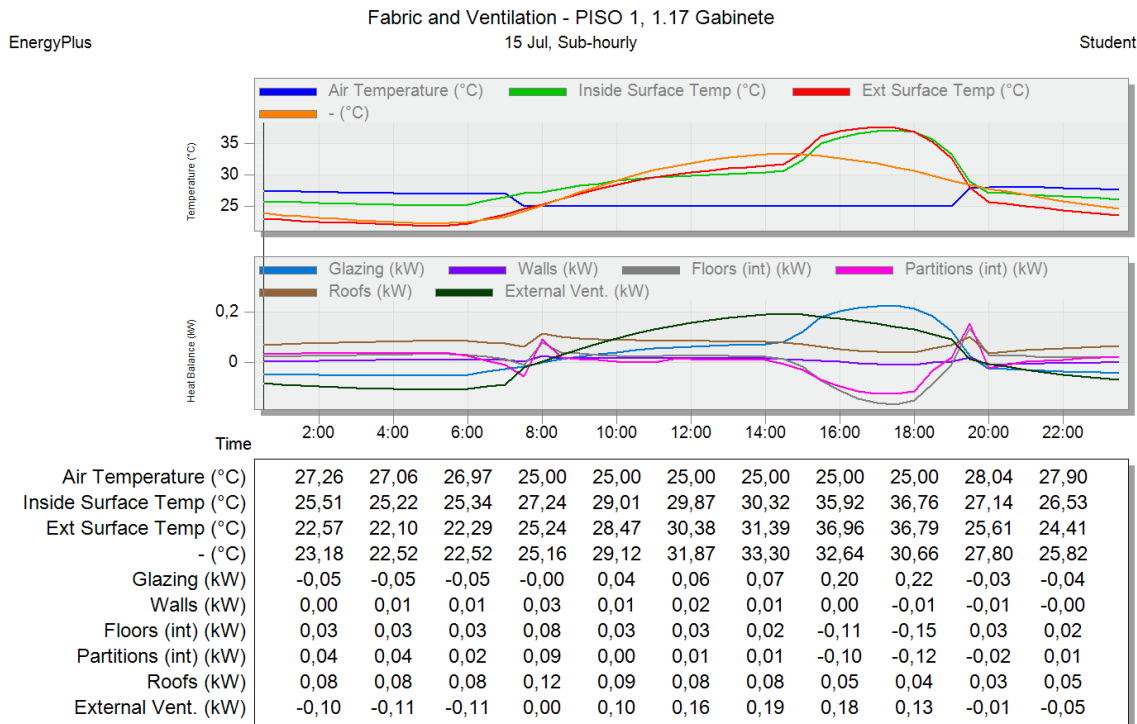


Figura 71 - Comportamento energético da envolvente em relação às condições exteriores - DB.

Relativamente aos restantes elementos construtivos, verifica-se um ganho de energia através do pavimento e das paredes interiores. Os ganhos de energia pelo pavimento são justificados pela adjacência vertical entre a sala 1.17 e a sala 0.13 (circulação) no sentido em que a sala 0.13 não é climatizada pelo que a temperatura interior deste espaço é superior à temperatura interior da sala 1.17. Assim, existe um ganho energético positivo que deverá ser colmatado pelo sistema de climatização de forma a manter as condições de conforto definidas. De notar que embora a sala 0.13 não seja climatizada, foram considerados parâmetros de ocupação, iluminação e equipamentos, típicos (recomendados pelo software) deste espaço. O mesmo acontece no caso das paredes interiores, onde existe contacto com a sala 1.32 (circulação) que não é climatizada.

Quanto à cobertura, verifica-se um ganho de energia positivo, constante, apesar de a temperatura interior do espaço ser superior à temperatura exterior e mesmo em períodos de tempo em que não há exposição solar. Assim sendo, é necessário ter em conta a composição da cobertura onde foi considerada uma caixa de ar de 624mm. O DB, ao contrário do HAP, considera a acumulação térmica que existe ao longo do tempo e, portanto, considera possíveis diferenças de temperatura entre as várias camadas que constituem um elemento construtivo, isto é, embora a temperatura da superfície mais interior do espaço (*Inside Surface Temp*) seja superior à temperatura da superfície mais exterior (*Ext Surface Temp*), é necessário ter em conta a temperatura interior das restantes camadas uma vez que embora as superfícies mais exteriores estejam a temperaturas inferiores, basta haver acumulação térmica (temperatura de uma camada intermédia superior) para que não existam perdas mas sim

ganhos de energia para o interior da instalação, o que acontece nos 624mm de camada de ar considerados na cobertura.

Por último, tal como sucede na cobertura, verificam-se ganhos de energia positivos ao longo das paredes exteriores em períodos de tempo no qual a temperatura interior é superior à temperatura exterior, devido à inércia térmica destes elementos e, portanto, acumulação térmica existente numa camada intermédia – devido ao isolamento EPS. Pelas 18:00H a temperatura exterior é ainda superior à temperatura interior do espaço, no entanto, existe uma perda de energia pela parede exterior pelo que é possível observar a eficácia do isolamento térmico.

De notar que quando é efetuado o cálculo das cargas térmicas e, portanto, são obtidas as potências de pico necessárias por parte do sistema de climatização, é necessário proceder a uma análise horária de forma a analisar o comportamento energético do edifício uma vez que as potências de pico são obtidas para o período de tempo onde há maior necessidade de aquecimento ou arrefecimento culminando todos os fatores adversos à carga térmica necessária (ocupação, radiação solar, equipamentos, entre outros). A potência térmica de pico em arrefecimento obtida para a sala 1.17 é de 1,16 kW com uma perda de calor de 0,13 kW e 0,15 kW através das paredes (interiores e exteriores) e pavimento, respetivamente, o que poderá parecer incorreto.

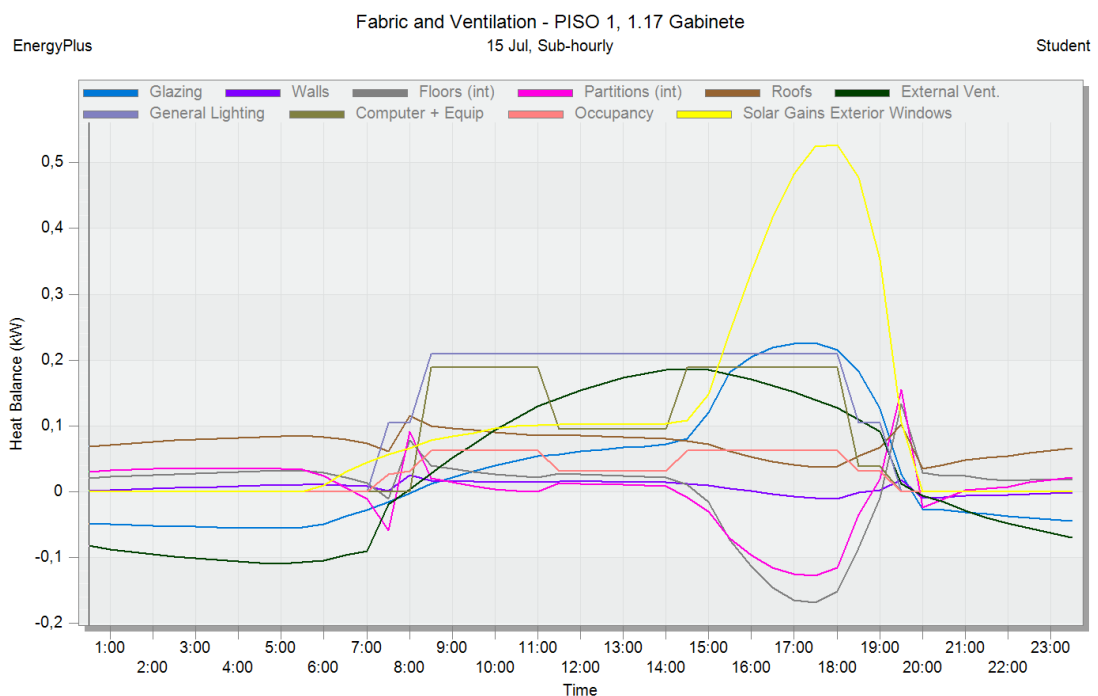


Figura 72 - Ganhos internos e externos segundo uma análise horária de um espaço – DB.

A potência de pico obtida ocorre em Julho às 18:00H, quando existe perdas de calor pelas paredes interiores e exteriores assim como através do pavimento, no entanto, para esta hora, ocorre o maior ganho energético positivo por ocupação, iluminação, equipamentos, vãos envidraçados e radiação solar, justificando assim os resultados obtidos pelo que destaca-se a importância da análise horária.

4.2.6. Comparações e conclusões

O projeto elaborado em gabinete resulta das considerações feitas em HAP tendo em conta as limitações deste software. Assim sendo, é importante validar os resultados obtidos ao efetuar uma comparação direta entre o HAP e o *DesignBuilder* uma vez que é possível simular grande parte das soluções atualmente utilizadas e meios de ventilação através do *DB-EnergyPlus*. A comparação direta entre ambos os softwares pode ser feita através das potências de pico obtidas onde culminam todos os fatores que influenciam o cálculo das cargas térmicas nomeadamente a carga derivada da ocupação, equipamentos, iluminação e método de ventilação que, inerentemente, influenciam a seleção de equipamentos.

Tabela 40 - Comparação entre os resultados das cargas térmicas obtidos em DB e HAP.

Espaço	Arrefecimento			Aquecimento		
	DesignBuilder	HAP	Diferença Percentual* (%)	DesignBuilder	HAP	Diferença Percentual* (%)
	Potência Total (kW)	Potência Total (kW)		Potência Total (kW)	Potência Total (kW)	
0.06	3,63	4,20	-13,57	4,38	4,20	4,29
0.07	4,87	5,40	-9,81	3,92	3,70	5,95
0.09	13,02	12,40	5,00	13,17	12,30	7,07
0.10	8,41	8,90	-5,51	8,10	7,70	5,19
0.11	8,51	8,90	-4,38	7,31	7,00	4,43
0.12	4,04	4,50	-10,22	3,14	3,10	1,29
0.18	1,06	1,00	6,00	1,08	1,10	-1,82
0.24	16,32	16,70	-2,28	15,11	14,20	6,41
0.26	0,81	1,00	-19,00	0,56	0,50	12,00
Total Piso 0	60,67	63,00	-3,70	56,77	53,80	5,52
1.05	0,89	1,00	-11,00	0,73	0,70	4,29
1.06	1,02	1,10	-7,27	0,83	0,80	3,75
1.07	0,89	1,00	-11,00	0,72	0,70	2,86
1.08	1,02	1,10	-7,27	0,83	0,80	3,75
1.09	0,89	1,00	-11,00	0,73	0,70	4,29
1.10	1,15	1,20	-4,17	0,83	0,80	3,75
1.11	3,24	3,30	-1,82	3,25	3,10	4,84
1.12	1,16	1,20	-3,33	0,83	0,80	3,75
1.13	1,15	1,30	-11,54	0,83	0,80	3,75
1.14	1,08	1,10	-1,82	0,86	0,80	7,50
1.15	1,21	1,30	-6,92	0,85	0,80	6,25
1.16	0,89	1,00	-11,00	0,73	0,70	4,29
1.17	1,16	1,20	-3,33	0,83	0,80	3,75

Espaço	Arrefecimento			Aquecimento		
	DesignBuilder	HAP	Diferença Percentual* (%)	DesignBuilder	HAP	Diferença Percentual* (%)
	Potência Total (kW)	Potência Total (kW)		Potência Total (kW)	Potência Total (kW)	
1.18	0,88	1,00	-12,00	0,73	0,70	4,29
1.19	3,28	3,40	-3,53	3,01	2,90	3,79
1.20	0,88	1,00	-12,00	0,73	0,70	4,29
1.21	0,88	1,00	-12,00	0,72	0,70	2,86
1.28	0,51	0,50	2,00	0,47	0,40	17,50
1.29	0,95	1,10	-13,64	0,66	0,70	-5,71
1.30	0,84	1,00	-16,00	0,72	0,70	2,86
1.32	1,22	1,30	-6,15	0,98	0,90	8,89
1.33	0,91	1,00	-9,00	0,74	0,70	5,71
1.34	3,13	2,70	15,93	3,18	2,90	9,66
1.35	1,08	1,20	-10,00	0,85	0,90	-5,56
1.36	1,36	1,60	-15,00	1,06	1,00	6,00
Total Piso 1	31,67	33,80	-6,30	26,70	26,00	2,69
*Referência: HAP						

Ao analisar os resultados obtidos é importante notar que existe uma diferença na criação de projetos, em ambos os softwares, relativamente à criação e caracterização de cada espaço num edifício. No HAP, todos os espaços climatizados são caracterizados através de introdução numérica de todos os fatores a considerar tais como áreas, altura de pé direito, ganhos internos, elementos construtivos, sistemas de AVAC, entre outros. No caso do DB, os espaços são também caracterizados numericamente, mas apenas relativamente aos fatores não geométricos da instalação tais como os ganhos internos, sistemas de AVAC e elementos construtivos, no entanto, a geometria da instalação é definida através das ferramentas gráficas pelo que é necessário conhecer todas as medidas internas da instalação, para além dos espaços climatizados. Assim sendo, existem diferenças entre as áreas indicadas na planta da instalação e as áreas obtidas através da modelação da instalação devido à simplificação do modelo necessária de efetuar, isto é, a planta da instalação apresenta todos os elementos construtivos da instalação tais como disposição de pilares, armários embutidos em paredes, inclinações representativas nos quais obstruem certas disposições de áreas, paredes interiores diferentes, entre outros, nos quais densificam as disposições dos espaços e tornam a modelação do edifício bastante mais complexa pelo que o modelo 3D criado deve ser simplificado perante as simulações efetuadas.

Em regime de arrefecimento verifica-se a maior diferença a nível de resultados, com uma diferença percentual entre pisos de 3,7% e 6,3% para o piso 0 e 1, respetivamente. Porém, existem diferenças consideráveis, entre espaços em ambos os pisos, sendo as maiores diferenças absolutas obtidas para os espaços de maior área, devido principalmente à diferença da geometria/modelação efetuada do edifício em ambos os softwares, isto é, uma vez que os ganhos internos variam em função da área de cada espaço tanto a nível de ocupação, equipamentos e iluminação, as perdas de calor calculadas diferem entre ambos os programas. Adicionalmente, como verificado previamente, existe ainda o fator de acumulação térmica no DB no sentido em que embora as temperaturas interiores sejam inferiores às temperaturas exteriores, são por vezes obtidos fluxos de calor contraditórios entre ambos os softwares (para a mesma hora de pico) uma vez que, ao contrário do HAP, as temperaturas das camadas intermédias não são constantes, influenciando a assim a perda/ganho de calor através de elementos construtivos, isto é, em pleno Verão, com o devido isolamento térmico, existem períodos de tempo em que a temperatura exterior (e radiação solar incidente) não são suficientes para que haja um ganho de calor interno num espaço, verificando assim a eficácia do isolamento.

Em regime de aquecimento, os resultados obtidos são já bastante semelhantes, sendo que grande parte dos resultados obtidos resultam numa diferença percentual inferior a 5% e sendo a diferença entre pisos de 5,5% e 2,7% para o piso 0 e 1, respetivamente. As perdas de calor através dos elementos construtivos obtidas são bastante semelhantes sendo que a maior diferença em cálculo resulta da carga térmica derivada do caudal de ar novo necessário, não havendo desvios consideráveis. De notar que a temperatura de conforto obtida em DB resulta da média entre a temperatura radiante calculada e a temperatura do ar interior definida (21°C) pelo que as condições de projeto são cumpridas.

Em suma, através dos resultados obtidos em regime de aquecimento, é possível validar o modelo criado em DB com base no projeto efetuado em HAP uma vez que não são considerados ganhos internos (ocupação, iluminação e equipamentos) nem ganhos por radiação pelo que as diferenças percentuais devem-se principalmente ao tratamento do ar novo por ventilação natural. Assim sendo, as potências de pico obtidas resultam da geometria da instalação e das condições exteriores consideradas sendo importante notar que o perfil de temperaturas adotado em HAP foi também incluído em DB sendo a única diferença o método de insuflação adotado em software uma vez que o HAP não suporta ventilação natural. Considerando as diferenças existentes entre ambos os modelos considerados em software e sendo os desvios percentuais reduzidos, é então possível concluir a similaridade entre projetos.

Uma vez que o DB suporta as condições da solução adotada e os resultados entre ambos os softwares são próximos, é também possível concluir que o cálculo das cargas térmicas efetuado em gabinete, embora as limitações do HAP, é válido e essencial às fases seguintes de projeto tanto a nível de seleção de equipamentos principais como terminais. No entanto, torna-se importante efetuar a simulação energética da instalação, que permite aferir os consumos energéticos associados aos equipamentos selecionados e que permitirá efetuar decisões quanto há necessidade, ou não, de alterar a solução adotada.

Em HAP, não é possível considerar sistemas de superfície radiante nem o método de insuflação por ventilação natural pelo que se destacam as possibilidades que a ferramenta de cálculo *EnergyPlus* oferece devido à variedade de sistemas possíveis de simular. Assim sendo, é agora importante efetuar a simulação energética da instalação sendo tal possível apenas em DB. Para tal, será considerada toda a documentação técnica apresentada em anexo, de acordo com os equipamentos selecionados em projeto/gabinete.

Capítulo 5. Simulação Energética

A simulação energética permitirá aferir os consumos associados aos equipamentos selecionados em projeto e que definem, por fim, a viabilidade da solução adotada. Tendo sido validado o modelo efetuado em DB será agora descrito todo o procedimento efetuado ao longo da simulação energética desde a construção dos diagramas em software e considerações efetuadas, aos resultados obtidos.

5.1. Criação do modelo de climatização

O sistema de climatização a adotar, é primeiramente introduzido no separador *HVAC* conforme previamente demonstrado sendo que existem duas opções de simulação/cálculo energético, ambas com base de cálculo *EnergyPlus*, nomeadamente: *Simple HVAC* ou *Detailed HVAC*. Ambas as opções permitem que o cálculo das cargas térmicas seja efetuado assim como a devida simulação energética, no entanto, a opção simples poderá não ser suficiente perante a precisão da simulação desejada, isto é, o projetista poderá facilmente efetuar uma simulação energética numa fase inicial de projeto e avaliar várias soluções que considere viáveis de adotar porém, conforme a complexidade de cada projeto, a simulação efetuada segundo a opção *Simple HVAC* poderá não ser próxima à realidade, principalmente quando existem vários sistemas de climatização em espaços singulares.

A opção simples reside na introdução do sistema de climatização pretendido (VRF, Ventilconvector, Paineis Radiantes, Convectores elétricos, entre outros) sendo o cálculo das cargas térmicas efetuado com base na introdução de parâmetros simples como temperatura e humidade de insuflação do ar, contabilização (ou não) da carga térmica derivada da ventilação natural, perfis/horários de utilização, caudais de ar novo necessário, entre outros. Através desta opção, é também possível efetuar simulações energéticas ao indicar os parâmetros sazonais dos equipamentos (COP, EER, SEER). Desta forma, o utilizador pode efetuar o cálculo da carga térmica necessária por parte dos equipamentos numa fase inicial de projeto e efetuar decisões perante os vários tipos de sistemas possíveis e viáveis de adotar, assim como no HAP, sendo a grande diferença a maior variedade de sistemas possíveis de estudar, que torna possível efetuar a simulação energética da solução adotada.

Para o presente caso de estudo, uma vez que é conhecida a solução final adotada, será utilizada a opção detalhada onde é possível definir todos os sistemas utilizados em simultâneo. A opção detalhada tira partido da interface gráfica do DB onde é possível definir cada elemento utilizado ao longo da instalação, ao desenhar todos os diagramas que compõem uma instalação e inserir parâmetros com maior detalhe face à opção simples pelo que, assim, é possível efetuar simulações energéticas mais próximas da realidade através da interação existente entre os vários sistemas em estudo. Adicionalmente, o software apresenta uma base de dados intensiva em que o utilizador pode

recorrer, na eventualidade de não serem conhecidos todos os fatores de projeto a nível de funcionamento de equipamentos, a informação proveniente de equipamentos reais, enriquecendo assim as simulações efetuadas.

A construção do modelo de climatização inicia-se ao selecionar um *template* predefinido em software, próximo do sistema que o utilizador pretende simular, por forma a facilitar a construção do diagrama. Na eventualidade de existirem diferenças a nível de equipamentos principais ou terminais, o utilizador pode alterar estes sem que seja necessário construir o modelo de raiz.

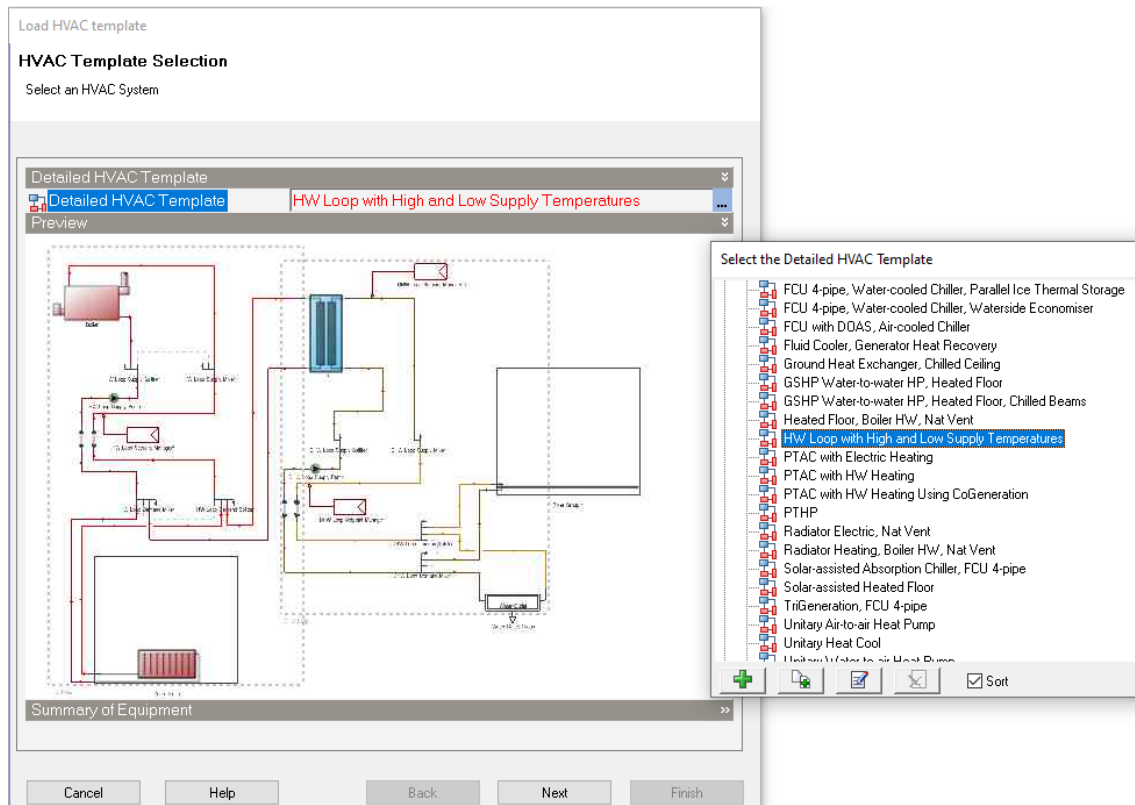


Figura 73 - Seleção do template de simulação energética mais adequado para o piso 0 - DB.

Através da demonstração apresentada em software, o utilizador poderá selecionar o esquema mais próximo do que pretende simular. Perante o presente caso de estudo e a solução adotada, um sistema de produção de água aquecida para convectores e pavimento radiante foi considerado como base de construção ao modelo a simular para o piso 0. Relativamente ao piso 1, foi possível considerar um sistema VRF, similar ao adotado em projeto.

No DB, não existem equipamentos de produção de água aquecida e arrefecida num só módulo, isto é, uma bomba de calor reversível deverá ser representada através de um módulo para água arrefecida e outro para água aquecida embora na realidade ambos sejam um só equipamento. Portanto, tendo por base o *template* selecionado, a caldeira seria substituída pelo módulo de bomba de calor em aquecimento (*Heat Pump Heating*) e o pavimento radiante por teto radiante sendo que para regime

de arrefecimento, o mesmo sucede-se para a bomba de calor em arrefecimento (*Heat Pump Cooling*). Por consequência, os restantes equipamentos (sistema de bombagem, permutador de calor) são também representados duas vezes, embora na realidade sejam apenas um só equipamento.

Uma vez que o teto radiante funciona em regime de aquecimento e arrefecimento, tal representação é possível através da introdução de um módulo *Radiant Surfaces* sendo que a disposição do sistema é indicada através dos elementos construtivos definidos previamente ao considerar a camada de fixação dos painéis, isto é, no caso de se tratar de um sistema de teto radiante, é indicada a camada de fixação dos painéis (*internal source*) a partir do qual o software reconhece a posição do sistema. Uma vez que apenas existe teto radiante no piso 0, a camada de fixação deverá ser representada sobre o elemento construtivo de pavimento da instalação (comum entre pisos) sendo o sistema radiante incorporado sobre a camada mais exterior que se trata do teto do piso inferior, isto é, o sistema é incorporado sobre o pavimento do piso 1 na camada mais exterior que se trata do teto do piso 0.

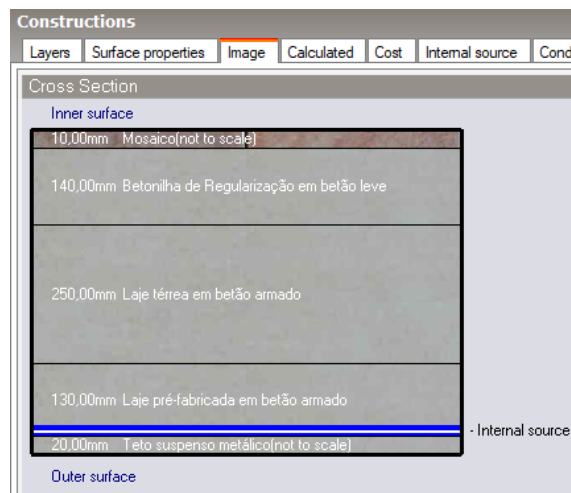


Figura 74 - Camada de fixação do sistema de teto radiante – DB.

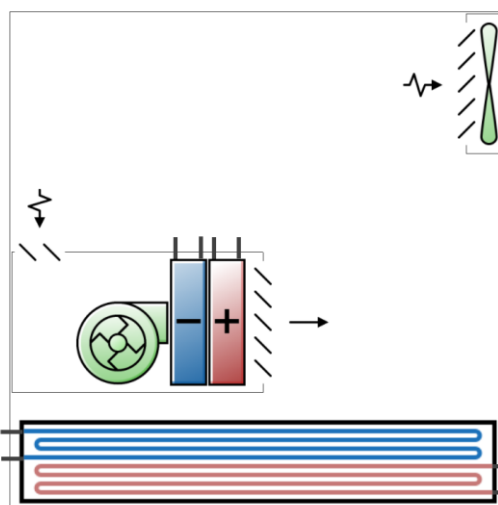


Figura 75 - Representação gráfica dos sistemas de climatização do piso 0 - DB.

Ao definir a posição do sistema radiante, garante-se a possibilidade de aquecimento e arrefecimento perante qualquer disposição uma vez que, para o presente caso, o sistema de teto radiante não poderia ser considerado uma vez que este funciona em regime de aquecimento e arrefecimento pelo que o software considera os sistemas mais usuais nomeadamente teto radiante para arrefecimento (*Chilled Ceiling*) e pavimento radiante para aquecimento (*Heated Floor*), de acordo com a convecção natural do ar interior, quando não são consideradas superfícies radiantes (*Radiant Surfaces*).

Relativamente à representação gráfica dos ventiloconvectores (*Fan Coil Unit*) estes são sempre representados a 4 tubos, no entanto, perante o caso de estudo, ao definir os perfis de utilização dos regimes de arrefecimento (primavera-verão) e aquecimento (outono-inverno), o sistema funciona a 2 tubos.

Por último, os sistemas de climatização do piso 1 são facilmente recriados, ao considerar um *template* de VRF, sendo que para o presente caso de estudo é descartada a unidade de tratamento de ar (UTA).

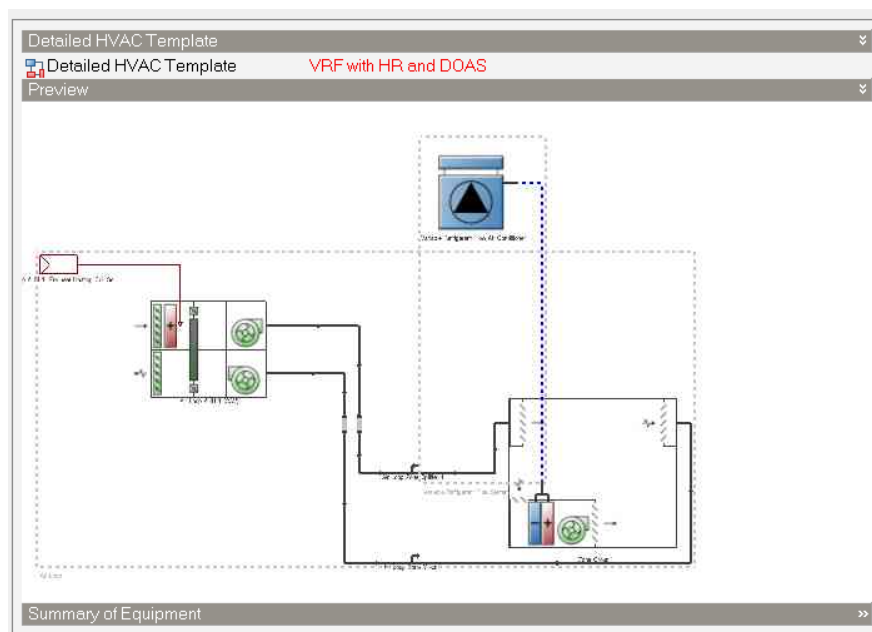


Figura 76 - Seleção do template de simulação energética mais adequado para o piso 1 - DB.

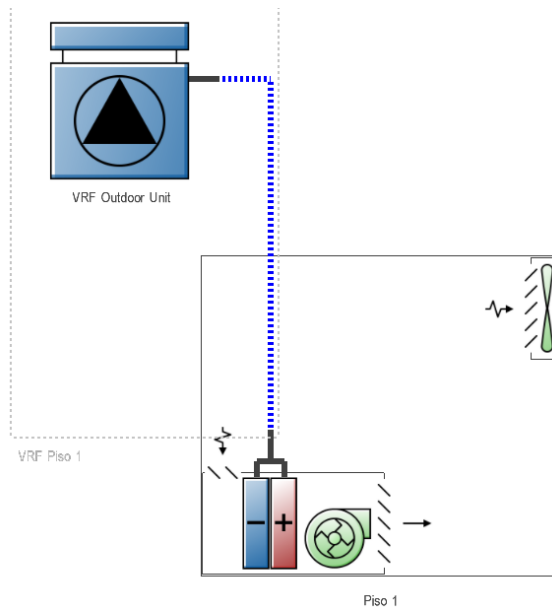


Figura 77 - Representação gráfica dos sistemas de climatização do piso 1 - DB.

5.2. Representação gráfica

Considerando os *templates* selecionados foi possível construir diagramas próximos dos apresentados em anexo (A), substituindo essencialmente os equipamentos principais e considerando os equipamentos terminais adotados realmente.

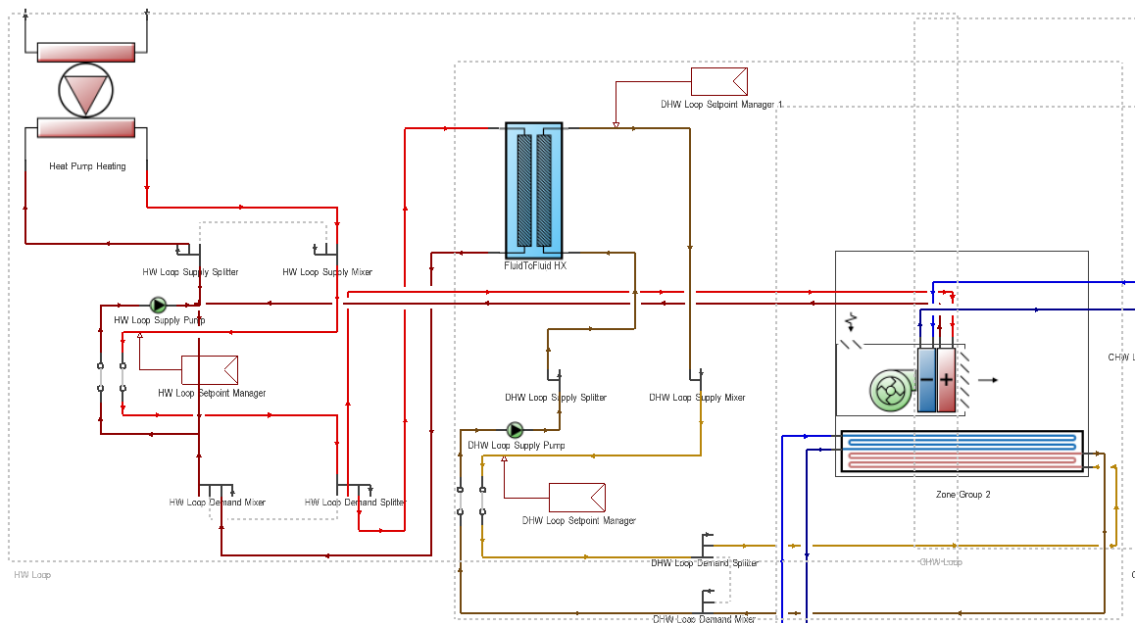


Figura 78 - Primeira aproximação efetuada ao sistema de climatização do piso 0 - DB

O circuito representado na Figura 78 é igualmente reproduzido para a produção de água arrefecida.

A versão comercial do DB (v7.0.0.116) utilizada ao longo da presente dissertação dispõe apenas de bombas de calor geotérmicas em que apenas é possível utilizar um condensador/permutador de calor submerso pelo que, comparativamente a uma bomba de calor ar-água, existe uma diferença considerável a nível de eficiência sazonal dos equipamentos, devido à uniformidade da temperatura do solo no caso de uma bomba de calor geotérmica enquanto que numa bomba de calor ar-água a variação da temperatura do ar exterior ao longo do ano influencia diretamente o consumo energético necessário por parte dos ventiladores, compressores, e não só.

Face às dificuldades apresentadas pelo software, foi possível contactar a equipa de suporte do *DesignBuilder* onde, após longa discussão na procura da melhor representação fidedigna do sistema em estudo, foi possível aceder a uma versão beta (v7.1.4.009) e, portanto, não oficial do DB no qual são implementadas as bombas de calor ar-água em ambos os regimes de aquecimento e arrefecimento, em fase de teste, não sendo necessário considerar qualquer módulo de condensação da bomba de calor uma vez que passa ser possível considerar as condições do ar exterior que influenciam as condições de funcionamento da bomba tanto a nível de capacidade de aquecimento/arrefecimento como a nível de consumos energéticos.

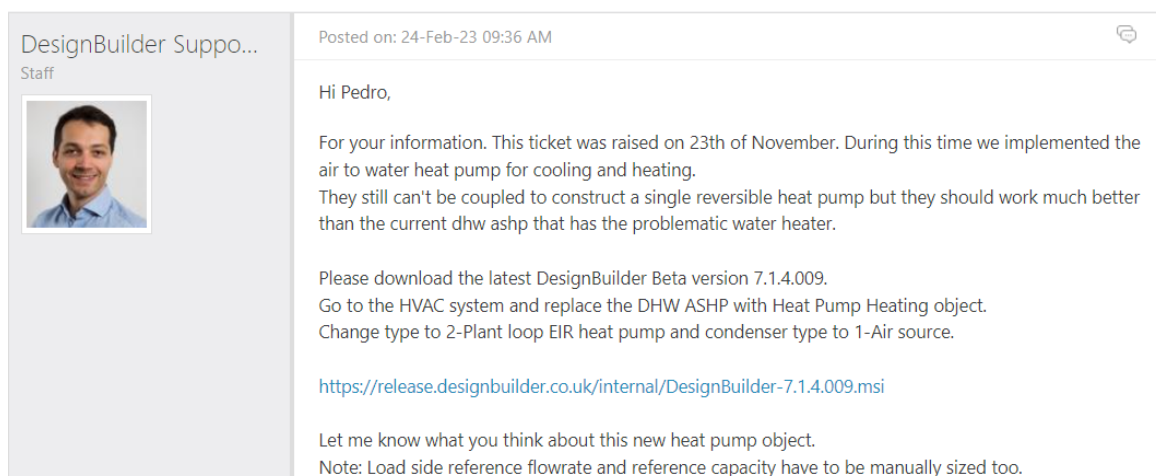


Figura 79 - Versão beta do DesignBuilder utilizada na simulação dinâmica.

Um especial agradecimento ao Eng^o. Bartłomiej Tokarzewski da equipa de suporte do DB por toda a atenção dispensada através das várias hipóteses sugeridas e a versão não oficial disponibilizada ao longo de vários meses de discussão.

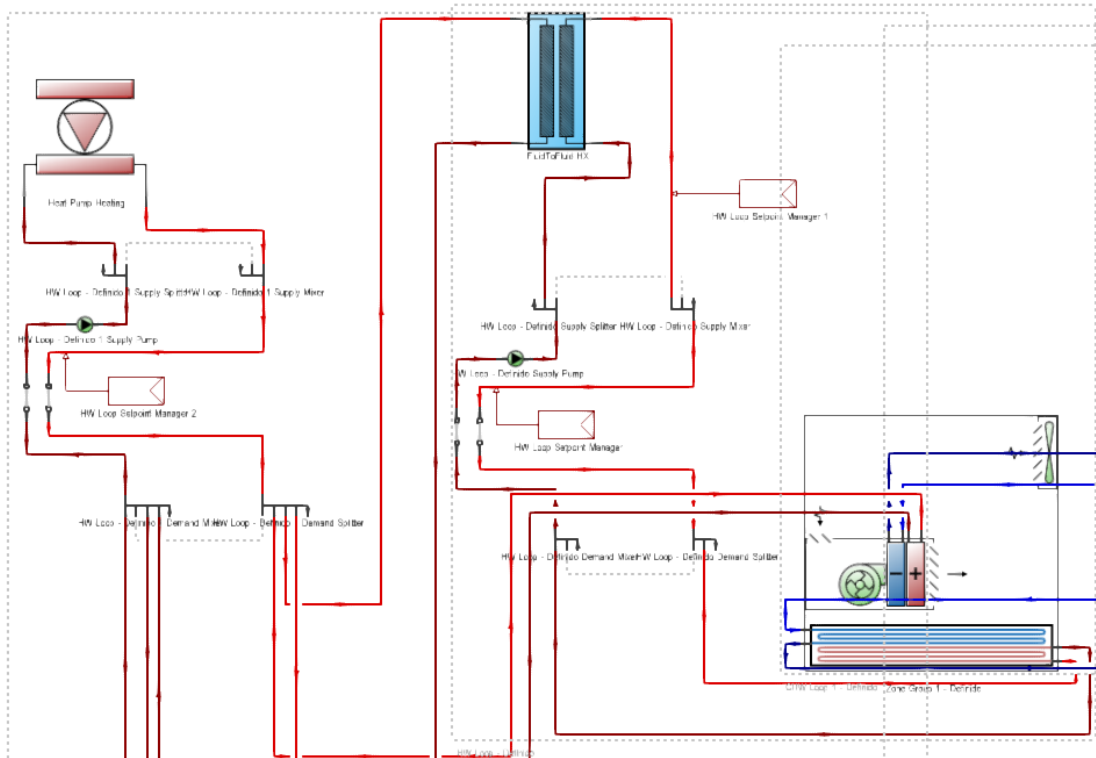


Figura 80 - Solução adotada para o circuito de água aquecida (piso 0) – DB.

Graficamente, a diferença entre a solução adotada e a primeira aproximação efetuada é visível apenas nos módulos da bomba de calor, não sendo necessário efetuar qualquer ligação a um módulo de condensação. Os sistemas de climatização representados na Figura 80, correspondem a todas as salas do piso 0 climatizadas à exceção das salas 0.11 e 0.26 onde existe apenas as unidades ventiloconvectors e, portanto, não existe o sistema de teto radiante tanto em aquecimento como arrefecimento.

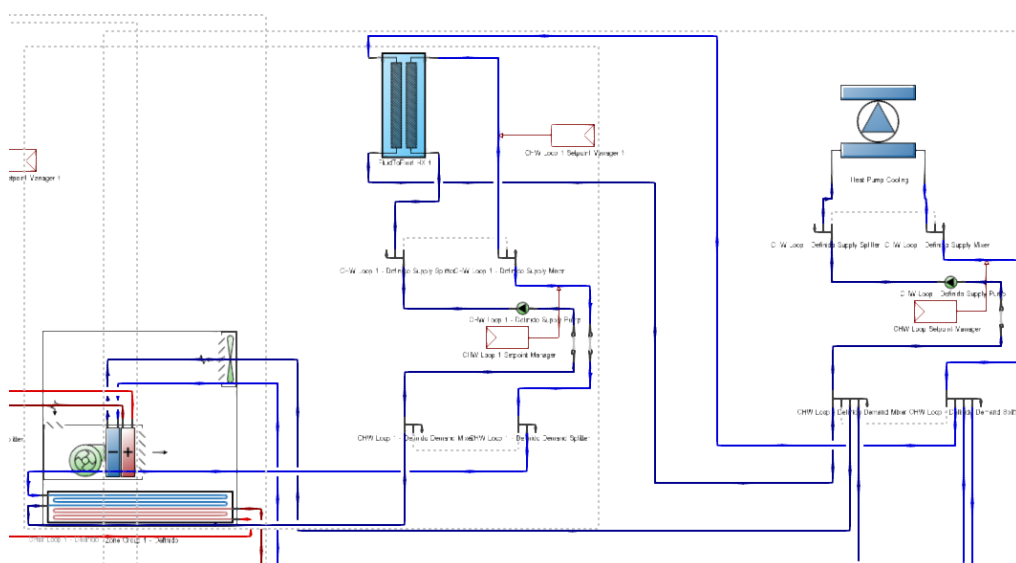


Figura 81 - Solução adotada para o circuito de água arrefecida (piso 0) – DB.

Perante os equipamentos selecionados, foi efetuado em gabinete todo o cálculo necessário à seleção dos equipamentos secundários nomeadamente a nível do vaso de expansão, depósito de inercia, válvulas e afins, bombas recirculadoras, cálculo de condutas e posterior seleção dos ventiladores de extração em fase de projeto, embora alguns destes componentes não sejam representados graficamente.

Do cálculo hidráulico, conhecendo os caudais necessários por parte dos equipamentos (piso 0) e de acordo com o diagrama hidráulico apresentado em anexo (B), definiu-se os caudais de projeto para ambos os regimes de aquecimento e arrefecimento onde se obteve uma perda de carga máxima de cerca de 102 kPa no circuito primário sendo que o circuito secundário é assegurado pelo orçamento adjudicado, onde são apresentados os caudais de projeto e é auferido uma perda de carga máxima de 7 metros de coluna de água, sendo a seleção destes equipamentos apresentada em anexo (I).

Do cálculo de condutas, conforme o diagrama aeráulico apresentado em anexo (B), resultou uma perda de carga de 105 Pa nas condutas de extração do piso 0 e 43 Pa para o piso 1 sendo a seleção dos ventiladores também apresentada em anexo (K).

5.3. Resultados obtidos

Os resultados obtidos são fruto de todo o cálculo previamente apresentado e toda a informação recolhida em anexo relativamente aos equipamentos selecionados, desde potências térmicas a consumos energéticos por parte dos diversos componentes, de acordo com os *inputs* necessários por parte do DB ao funcionamento da instalação. O DB oferece vários *outputs* possíveis de analisar para qualquer projeto, para vários intervalos de tempo tais como análises diárias, mensais, anuais e até horárias sendo que o utilizador deverá definir quais as informações de maior interesse perante também os vários objetivos de estudo.

Para o presente caso de estudo serão analisados os resultados obtidos a nível de conforto térmico atingido, distribuição de temperaturas (condições interiores e exteriores), evolução dos ganhos internos e balanço das cargas térmicas e, por último, os consumos energéticos associados à climatização dos diversos espaços. Os resultados apresentados serão representados apenas para os períodos com ocupação e, portanto, quando a instalação se encontra em funcionamento e será feita uma análise ao espaço mais requisitado a nível de climatização de acordo com o cálculo de cargas térmicas efetuado no capítulo 4, para ambos os pisos, uma vez que o mesmo comportamento é observado ao longo da instalação. Assim sendo, serão considerados os resultados da sala 0.24 (Bar) por ser o espaço mais requisitado e amplo, com mais de 120 m² climatizados, e os resultados da sala 1.19 (Sala de desenho) também por ser o espaço mais amplo do piso 1 e que melhor poderá representar a climatização efetuada por meio do sistema VRF.

Distribuição de temperaturas e conforto térmico

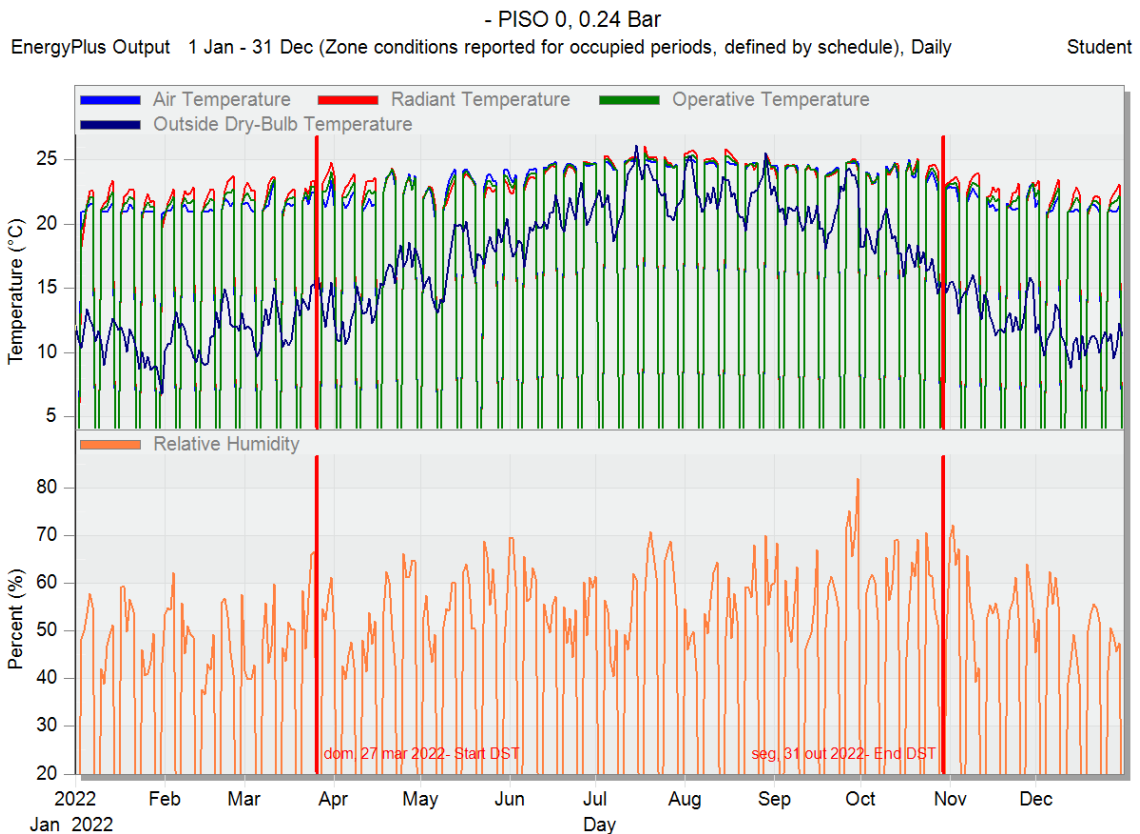


Figura 82 - Temperaturas interiores e humidade relativa obtida anualmente para o piso 0 – DB.

O perfil de temperaturas anualmente simulado permite confirmar a capacidade de aquecimento e arrefecimento dos equipamentos de climatização utilizados no piso 0, nomeadamente os painéis de teto radiante e os ventiloconvectores, dado que a temperatura média do ar interior dos espaços (a azul) mantém-se pelos 21°C nos meses de aquecimento e 25°C em arrefecimento.

A temperatura radiante, devido à utilização de painéis radiantes, é também ideal em regime de aquecimento, uma vez que esta é superior à temperatura do ar o que beneficia a nível de conforto térmico. Em regime de arrefecimento, a mesma eficácia não se observa, porém mantém-se dentro do intervalo de temperaturas de conforto considerado (20°C-26°C). É também possível verificar que a temperatura operativa (média entre a temperatura do ar e a temperatura radiante do local) é também ótima, pelo que embora não tenha sido uma condição de projeto adotada, é benéfico ao conforto térmico que se pretende atingir e tal pode ser confirmado através de um gráfico PMV do modelo de Fanger (ver Figura 83).

Adicionalmente, é também possível verificar um dos problemas de adotar ventilação natural sem controlo de humidade uma vez que existe a possibilidade de a humidade relativa atingir valores acima de 70%, em conformidade com as condições exteriores, acima dos valores recomendados de 60%, pelo que este poderia ser um parâmetro a melhorar.

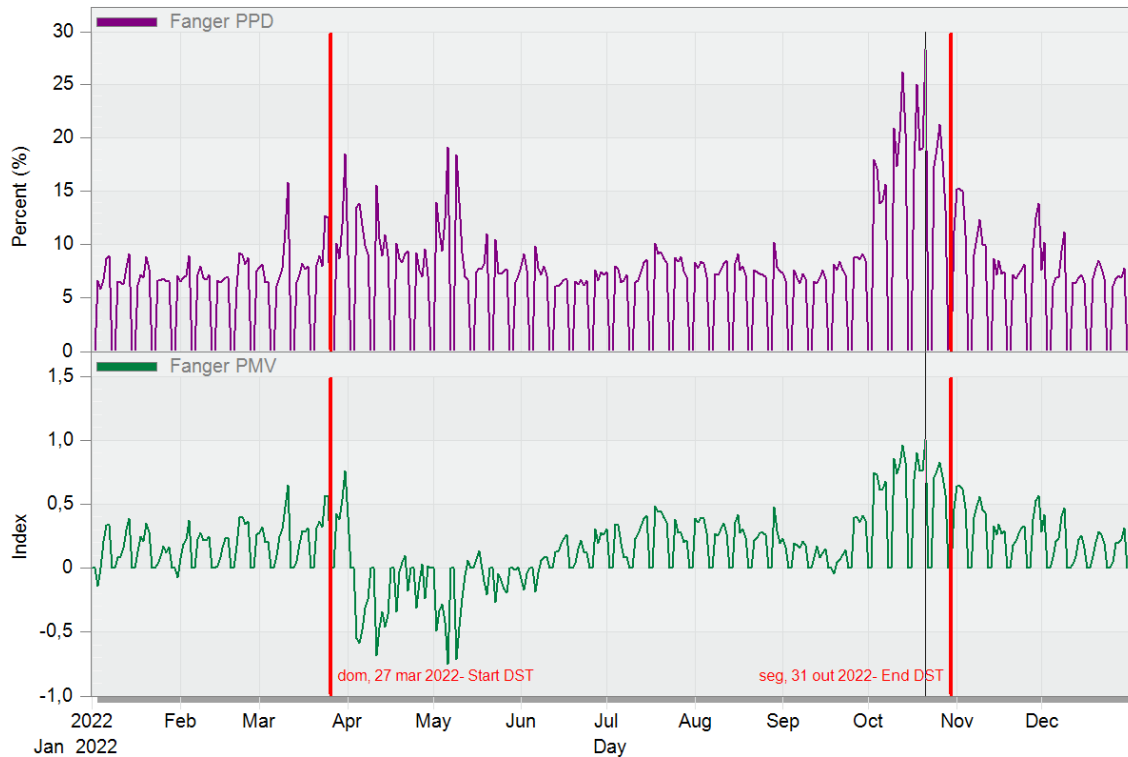


Figura 83 - Índices PMV-PPD obtidos anualmente para o piso 0 - DB.

O índice PMV anualmente obtido reflete o voto mais provável de ser obtido em qualquer período sendo um índice entre -0,5 e 0,5 considerado ideal pela ASHRAE como sendo um espaço termicamente confortável, porém são vários os fatores considerados no cálculo deste índice. Anualmente, o voto previsto reside no intervalo considerado confortável pela ASHRAE sendo que é possível verificar que nos períodos com maior humidade relativa, aumenta também o voto expectável, até um valor máximo de 1 (ligeiramente quente) que equivale a uma percentagem máxima de cerca de 30% de pessoas insatisfeitas.

Tendo em conta a área de espaço a climatizar e o método de insuflação considerado, a percentagem de pessoas insatisfeitas obtida poderá ser considerada aceitável uma vez que é necessário ter noção dos custos associados à redução deste parâmetro que encarecem e alteram a implementação da solução adotada, isto é, não havendo condutas de insuflação e unidades de tratamento de ar, ou outras soluções de climatização, que permitam um maior controlo sobre as condições do ar interiores, é expectável que as condições de conforto sejam inferiores pelo cabe ao projetista cumprir com as condições de projeto definidas e avaliar a viabilidade de cada solução possível, considerando o melhor custo-benefício. Em suma, é possível concluir que as condições de projeto são cumpridas e o conforto térmico obtido aceitável sendo a humidade interior um dos parâmetros a melhorar e que resultaria num maior conforto expectável.

- PISO 1, 1.19 Sala de Desenho

EnergyPlus Output 1 Jan - 31 Dec (Zone conditions reported for occupied periods, defined by schedule), Daily

Student

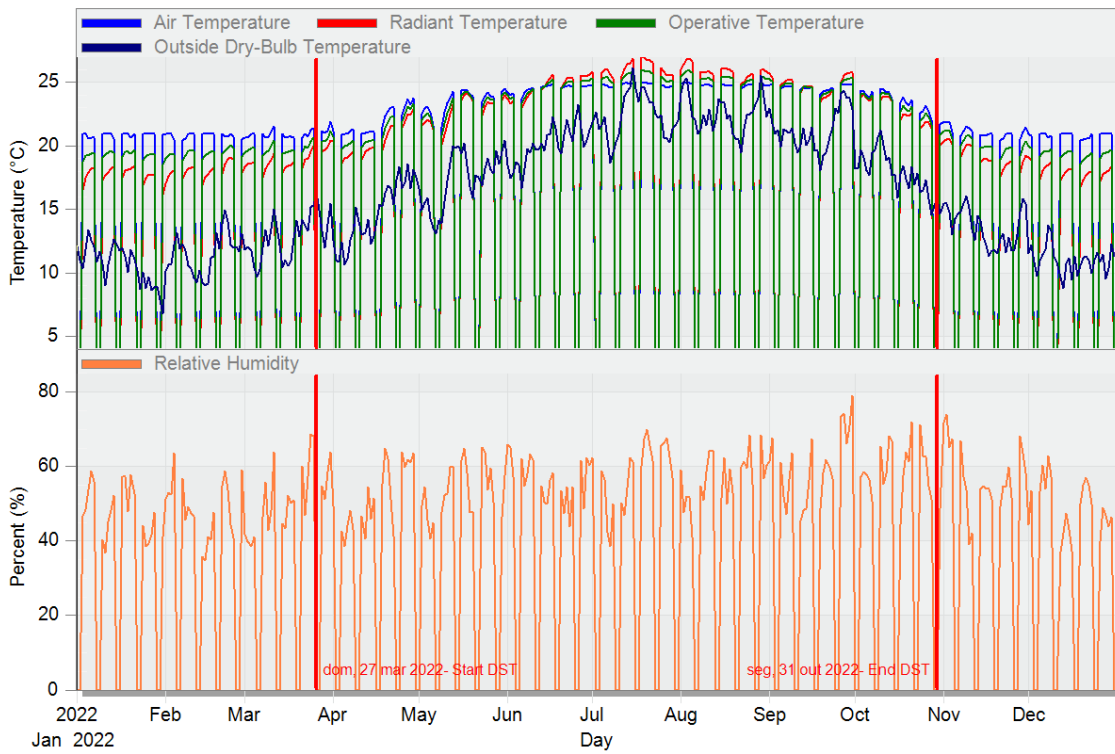


Figura 84 - Temperaturas interiores e humidade relativa obtida anualmente para o piso 1 – DB.

- PISO 1, 1.19 Sala de Desenho

EnergyPlus Output 1 Jan - 31 Dec (Zone conditions reported for occupied periods, defined by schedule), Daily

Student

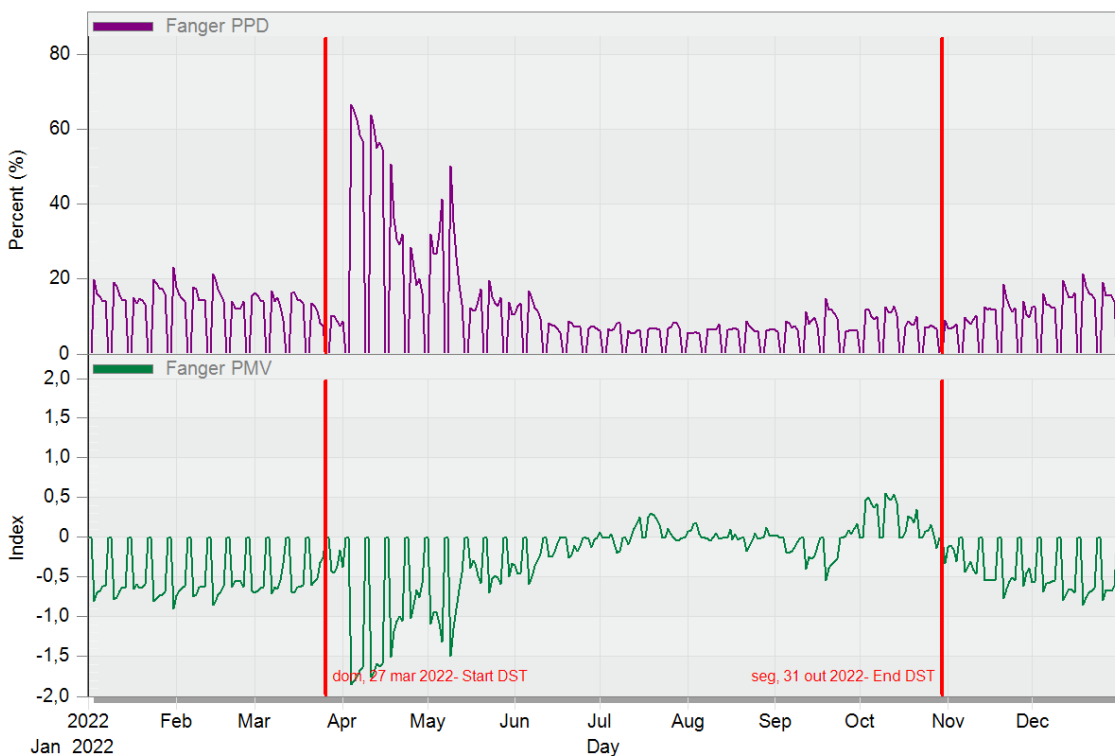


Figura 85 - Índices PMV-PPD obtidos anualmente para o piso 1 - DB.

Relativamente ao piso 1 verifica-se que a temperatura do ar interior cumpre com as condições de projeto em ambos os regimes de aquecimento e arrefecimento, porém a temperatura operativa mantém-se nos 19°C em que aquecimento, inferior ao piso 0, uma vez que não existem sistemas de painel radiante e, portanto, a temperatura da envolvente (radiante) não acompanha a temperatura do ar interior, resultando em índices PMV-PPD de maior desconforto. Inerentemente, em arrefecimento a temperatura da envolvente é também superior.

A humidade relativa seria novamente um fator a melhorar uma vez que, assim como no piso 0, existem vários dias com valores acima dos 60% recomendados. No entanto, contrariamente ao que sucede no piso 0, existe uma percentagem de pessoas insatisfeitas prevista bastante superior, que coincide num período de tempo onde a humidade relativa interior (em conformidade com a humidade relativa exterior) é cerca de 40% pelo que existem outros fatores que causam uma maior percentagem de pessoas insatisfeitas prevista e um voto previsto de -1,8. De acordo com a norma, as condições de insuflação, atividade metabólica, vestuário, entre outras, resultam no voto obtido pelo que não bastaria analisar a temperatura e humidade interior, mas sim considerar outro método de insuflação ao partir do pressuposto que as condições interiores do espaço não se alteram pelo que, novamente, é evidente que o método de insuflação adotado pode não ser considerado o ideal, por não haver o devido tratamento do ar exterior que uma UTA oferece, porém o voto previsto ao longo dos vários meses do ano reside maioritariamente entre os -0,8 e 0,5 pelo que é possível concluir que o sistema VRF adotado cumpre com as condições de projeto definidas e cumpre com condições de conforto aceitáveis.

Balanço energético

O balanço energético é referente à envolvente do edifício onde são caracterizados os ganhos/perdas de calor através dos elementos construtivos, em função das condições exteriores à instalação. Adicionalmente, é também descrita a carga térmica introduzida no espaço através do caudal de ar novo insuflado por ventilação natural.

A Figura 86, referente ao piso 0, permite confirmar que grande parte da carga térmica a colmatar pelos sistemas de climatização deve-se ao método de insuflação adotado dado que os ganhos/perdas de calor pela envolvente são bastante reduzidos, comparativamente, pelo que as oscilações observadas referentemente ao teto (*Ceilings*), devem-se à energia transferida entre o espaço e o sistema de painel radiante. Verifica-se também que o caudal de ar novo definido cumpre com o número de recirculações horárias definido no cálculo de ar novo – capítulo 4.

Fabric and Ventilation - PISO 0, 0.24 Bar
 EnergyPlus Output 1 Jan - 31 Dec (Zone conditions reported for occupied periods, defined by schedule), Daily Student

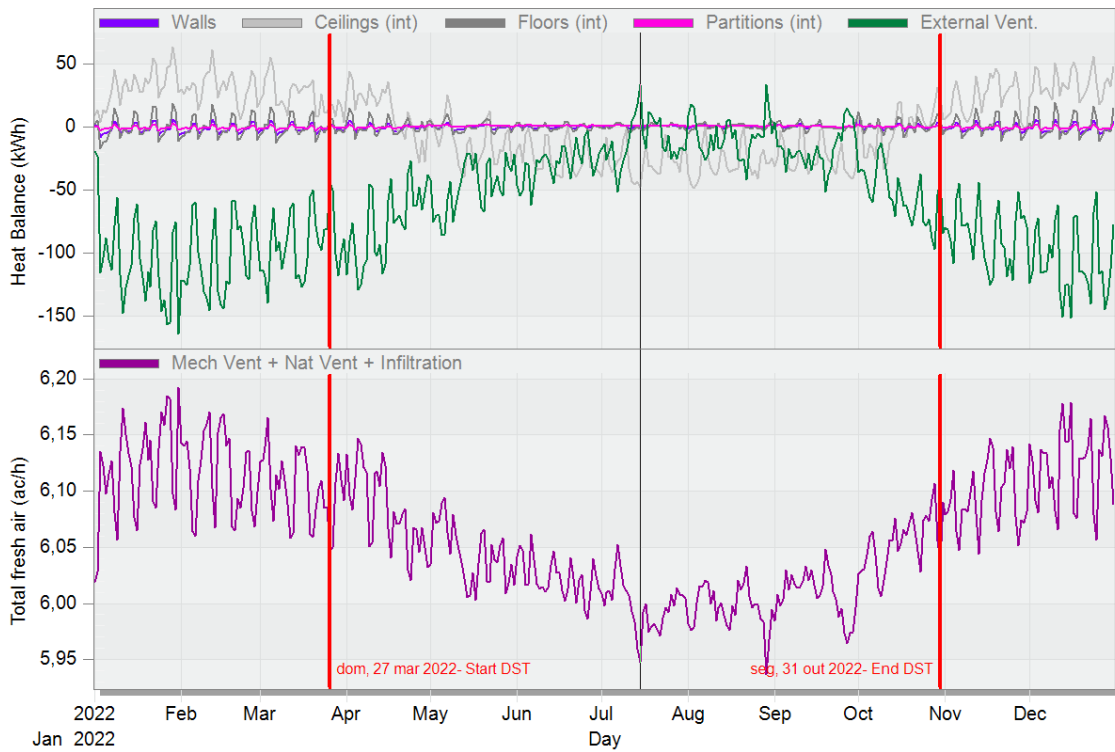


Figura 86 - Balanço energético anualmente obtido para o piso 0 - DB.

Fabric and Ventilation - PISO 1, 1.19 Sala de Desenho
 EnergyPlus Output 1 Jan - 31 Dec (Zone conditions reported for occupied periods, defined by schedule), Daily Student

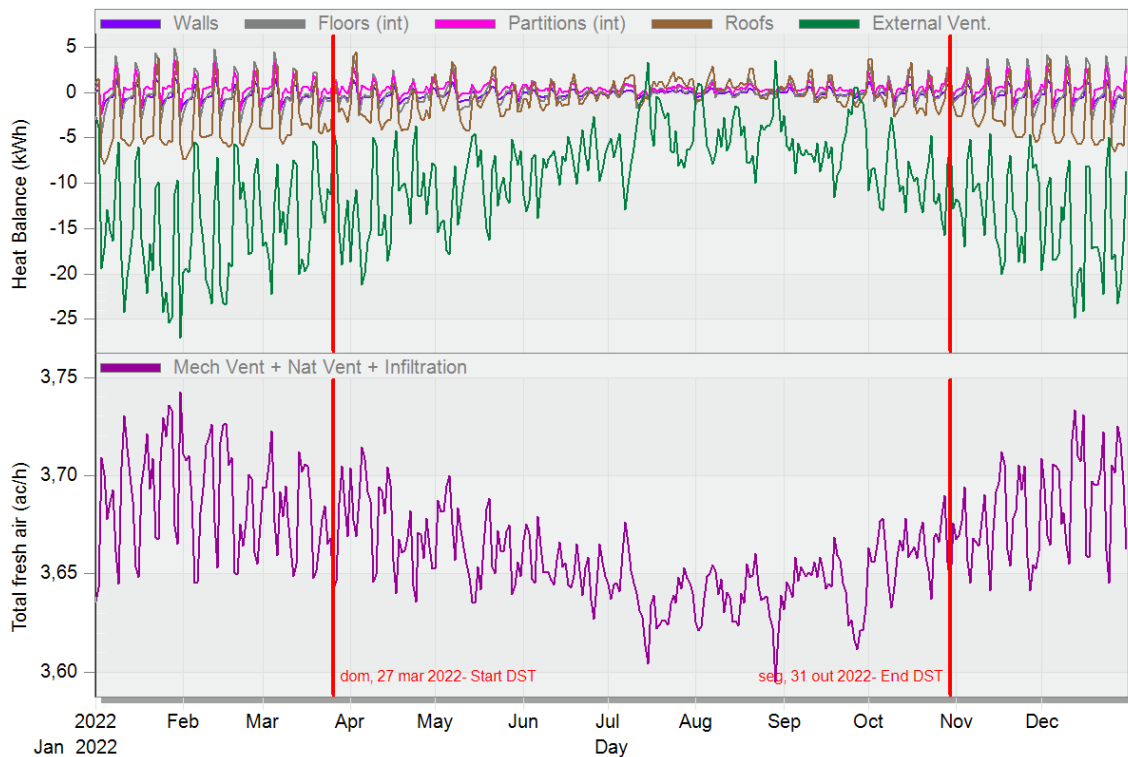


Figura 87 - Balanço energético anualmente obtido para o piso 1 - DB.

Relativamente ao piso 1 (ver Figura 87) o mesmo comportamento sucede-se sendo que não existe qualquer ganho ou perda de calor significativo pelo teto, uma vez que não existe um sistema de painel radiante de teto.

Ganhos internos

A representação gráfica dos ganhos internos permite observar quais os dias com maior consumo energético associado à climatização dos espaços em função dos ganhos de energia derivados da utilização de equipamentos, iluminação e ocupação sendo que é agora considerada a radiação solar, ao contrário do que é efetuado no cálculo das cargas térmicas.

De forma a entender os resultados obtidos, para além dos ganhos internos, é necessário considerar as condições exteriores à instalação e o balanço energético obtido.

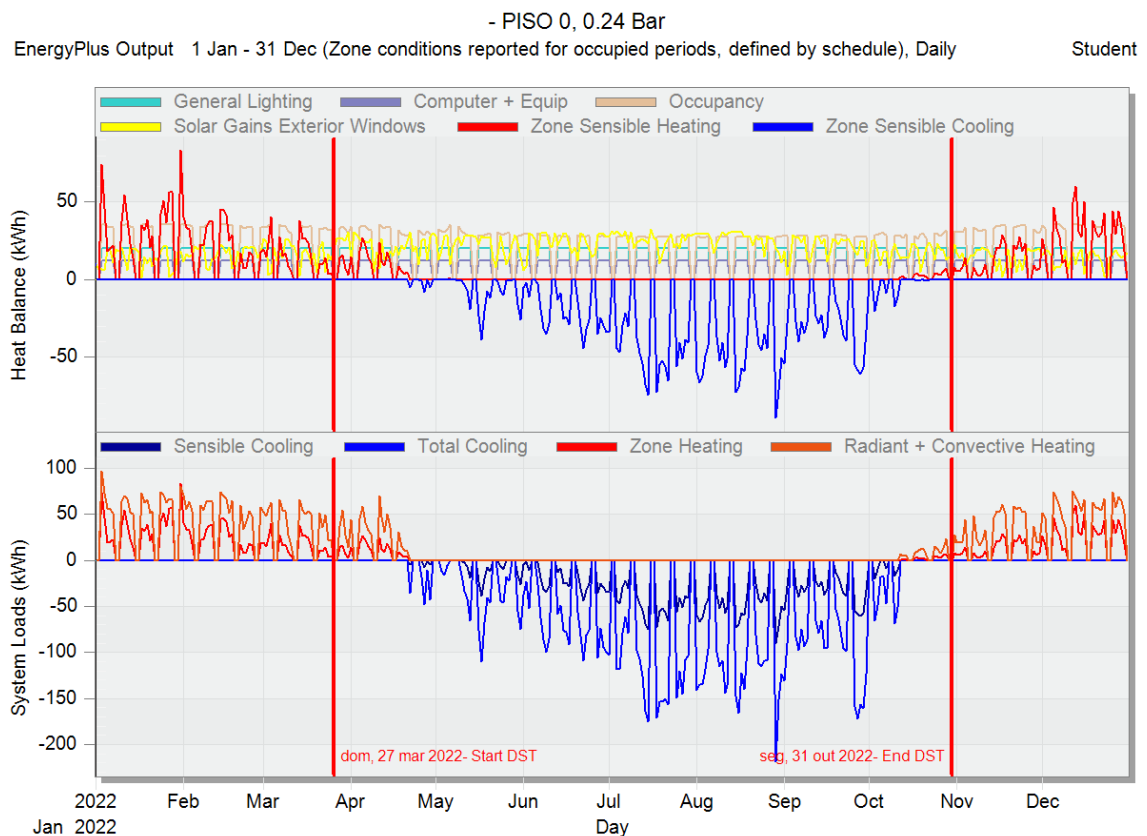


Figura 88 - Ganhos internos obtidos anualmente para o piso 0 - DB.

A Figura 88, referente ao piso 0, permite concluir que a necessidade de aquecimento varia essencialmente devido à carga térmica do ar novo introduzido no espaço uma vez que ao considerar a radiação solar, esta não é suficiente para atingir a temperatura interna pretendida pelo que um aumento de energia em aquecimento deve-se a um decréscimo da carga térmica introduzida no espaço pelo ar novo.

De notar que o ganho de energia *Zone Sensible Heat* é referente ao calor introduzido no espaço por meio dos ventiloconvectores enquanto o parâmetro *Radiant + Convective Heating* é referente aos painéis de teto radiante sendo que o sistema de painel radiante apresenta prioridade sobre o sistema de ventiloconvectores, isto é, a carga térmica dos ventiloconvectores serve de reforço à carga térmica introduzida pelos painéis radiantes, conforme o pretendido pela solução adotada.

Contrariamente ao regime de aquecimento, as cargas térmicas introduzidas pela ocupação (especialmente a carga latente), iluminação e equipamentos ditam a carga de arrefecimento necessária uma vez que o clima de Lisboa, durante o verão, apresenta um perfil de temperatura seca próxima da temperatura de 25°C definida, como é visível através do balanço energético e da distribuição de temperaturas apresentada.

Por último, conforme a Figura 89, o piso 1 apresenta o mesmo comportamento sendo que não existe o sistema de painel radiante e a carga latente é bastante inferior devido principalmente ao nível de ocupação espetável. A carga térmica introduzida pela radiação solar é também bastante inferior, devido ao reduzido número de vão envidraçados e a área de exposição solar.

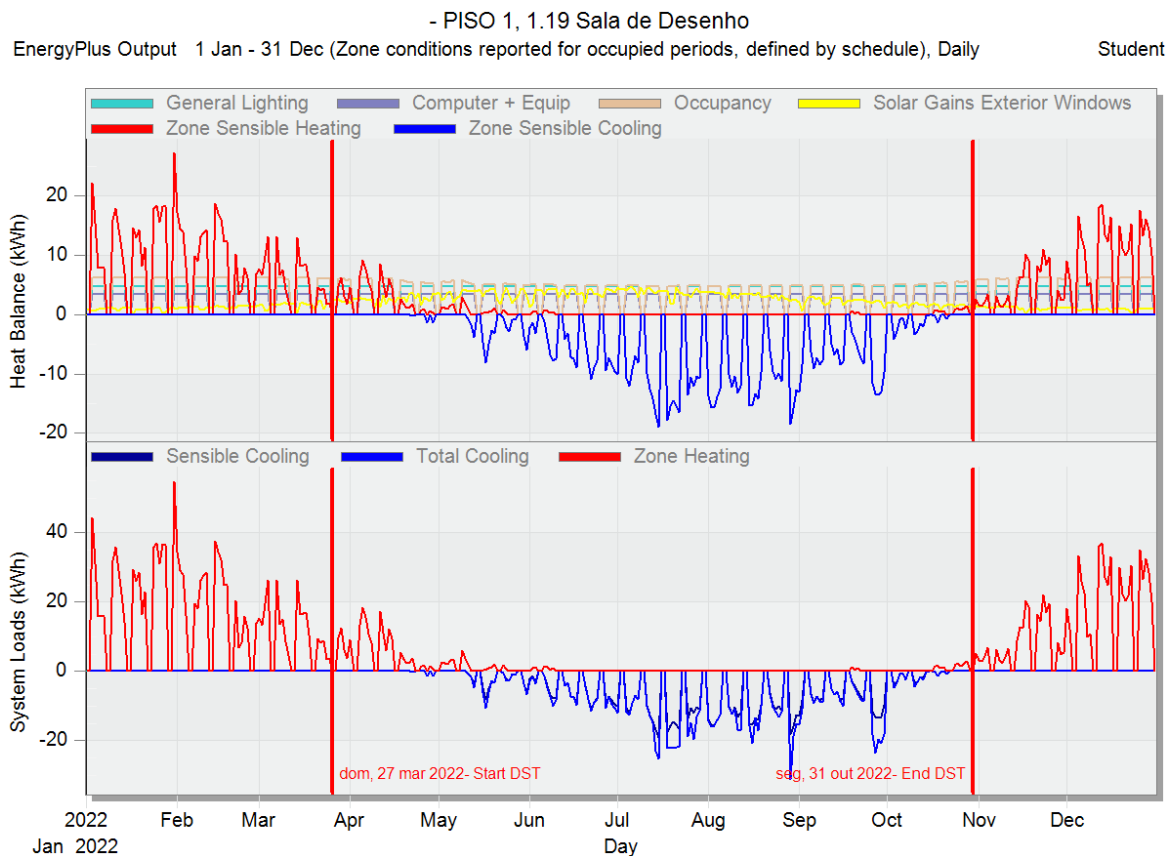


Figura 89 - Ganhos internos obtidos anualmente para o piso 1 - DB.

Em suma, o projeto elaborado em gabinete (HAP) cumpriu com os requisitos apresentados pelo DB uma vez que o cálculo e seccionamento dos equipamentos apresentados em anexo foi capaz de cumprir com as condições de projeto definidas e introduzidas no DB assim como foram obtidas condições de conforto aceitáveis perante a solução adotada.

Ao consultar o relatório elaborado pela ferramenta *EnergyPlus* é possível aferir, de forma direta, as horas de desconforto expectáveis ao longo de um ano ao definir um intervalo de temperaturas aceitáveis relativamente à temperatura do ar interior, conforme a Figura 90. Perante as condições de projeto definidas de 21°C e 25°C em aquecimento e arrefecimento, respetivamente, e sabendo que o intervalo de temperaturas aceitáveis é entre 20°C a 26°C, é possível definir uma tolerância de 2°C sendo, portanto, considerado que as condições interiores não são cumpridas quando a temperatura interior é de 19°C em aquecimento e 27°C em arrefecimento.

Setpoint Not Met Criteria

	Degrees [deltaC]
Tolerance for Zone Heating Setpoint Not Met Time	2.00
Tolerance for Zone Cooling Setpoint Not Met Time	2.00

Comfort and Setpoint Not Met Summary

	Facility [Hours]
Time Setpoint Not Met During Occupied Heating	60.00
Time Setpoint Not Met During Occupied Cooling	62.00

Figura 90 - Horas de desconforto anuais obtidas - DB.

Os resultados apresentam uma soma total de 122 horas de desconforto anuais, para ambos os regimes, o que poderá ser aproximado a cerca de 15 dias de desconforto térmico, porém o período de desconforto obtido resulta da soma de várias instâncias, para os vários espaços ao longo de um ano, nos quais a temperatura de projeto não é atingida. Assim sendo, os resultados obtidos são considerados aceitáveis segundo a norma ASHRAE 90.1.

Consumos energéticos anuais

Para além dos parâmetros de conforto, temperaturas e cargas térmicas introduzidas por parte dos equipamentos, um dos principais objetivos da presente dissertação reside no valor de consumo energético associado à climatização da instalação por forma a avaliar a viabilidade da solução adotada.

Ao recorrer ao relatório elaborado pelo *EnergyPlus* é possível extrair um resumo de todos os consumos utilizados ao longo da instalação, conforme a Figura 91.

End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Gasoline [kWh]	Diesel [kWh]	Coal [kWh]
Heating	12260.98	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	16942.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	33687.35	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	18968.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	2028.29	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	1653.87	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	85540.63	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: Electricity appears to be the principal heating source based on energy usage.

Figura 91 - Consumos energéticos anuais obtidos conforme cada categoria - DB.

A simulação dinâmica efetuada apresenta um consumo energético anual de cerca de 12,3 MWh em aquecimento e cerca de 17 MWh em arrefecimento sendo considerado, em média, um consumo anual de 36,09 kWh/m² para fins de climatização, conforme a Figura 92.

Normalized Metrics

Utility Use Per Conditioned Floor Area

	Electricity Intensity [kWh/m ²]	Natural Gas Intensity [kWh/m ²]
Lighting	36.97	0.00
HVAC	36.09	0.00
Other	20.81	0.00
Total	93.86	0.00

Figura 92 - Consumo energético médio anual por metro quadrado – DB.

5.4. Proposta alternativa

Os valores de humidade relativa obtidos nos vários espaços da instalação mostrou ser o principal parâmetro a ser melhorado uma vez que estes variam em conformidade com as condições exteriores e atingem valores considerados fora dos limites recomendáveis. Assim sendo, apresenta-se como proposta alternativa a utilização de uma unidade de tratamento de ar (UTA) central, como forma de controlo da humidade interior de cada espaço em ambos os pisos, de acordo com a Figura 93.

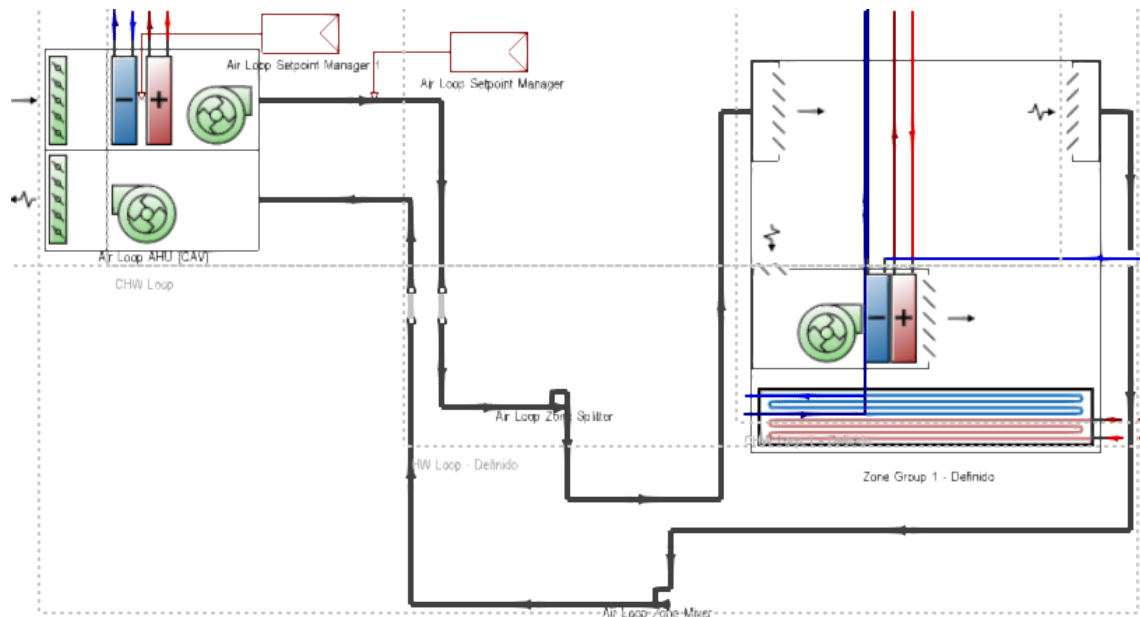


Figura 93 - Proposta alternativa à solução adotada - DB.

Ao analisar as condições interiores obtidas ao longo de um ano, verifica-se que os valores extremos de humidade relativa excedem apenas os 60% considerados confortáveis pela ASHRAE pelo que não se justifica a utilização de um humidificador, visto que a humidade relativa mínima obtida mantém-se pelos 40% ao longo do ano.

De modo a que seja possível haver controlo de humidade em qualquer período de tempo, é necessário considerar outros equipamentos principais uma vez que a bomba de calor selecionada, de acordo com a solução adotada, funciona apenas em aquecimento (inverno) ou arrefecimento (verão), nunca em simultâneo. Assim sendo, meramente para efeitos de cálculo, será considerada uma caldeira e um chiller que funcionam continuamente e respondem às necessidades por parte da instalação. Relativamente aos equipamentos terminais, serão adotadas as mesmas condições consideradas na solução previamente adotada, em ambos os pisos, mudando apenas o método de insuflação de ar novo (ventilação mecânica).

A unidade de tratamento de ar considerada será de 100% ar novo (UTAN) de modo que a proposta efetuada siga a mesma abordagem que a solução adotada, porém com controlo de humidade. Por consequência, não será considerada ventilação natural pelo que os requisitos de ar novo serão totalmente cumpridos por este equipamento.

Resultados obtidos

Os resultados obtidos da simulação dinâmica efetuada surgem de acordo com a biblioteca de dados do DB, no qual os equipamentos principais e UTAs são considerados de acordo com as potências de aquecimento e arrefecimento calculadas pelo *EnergyPlus*.

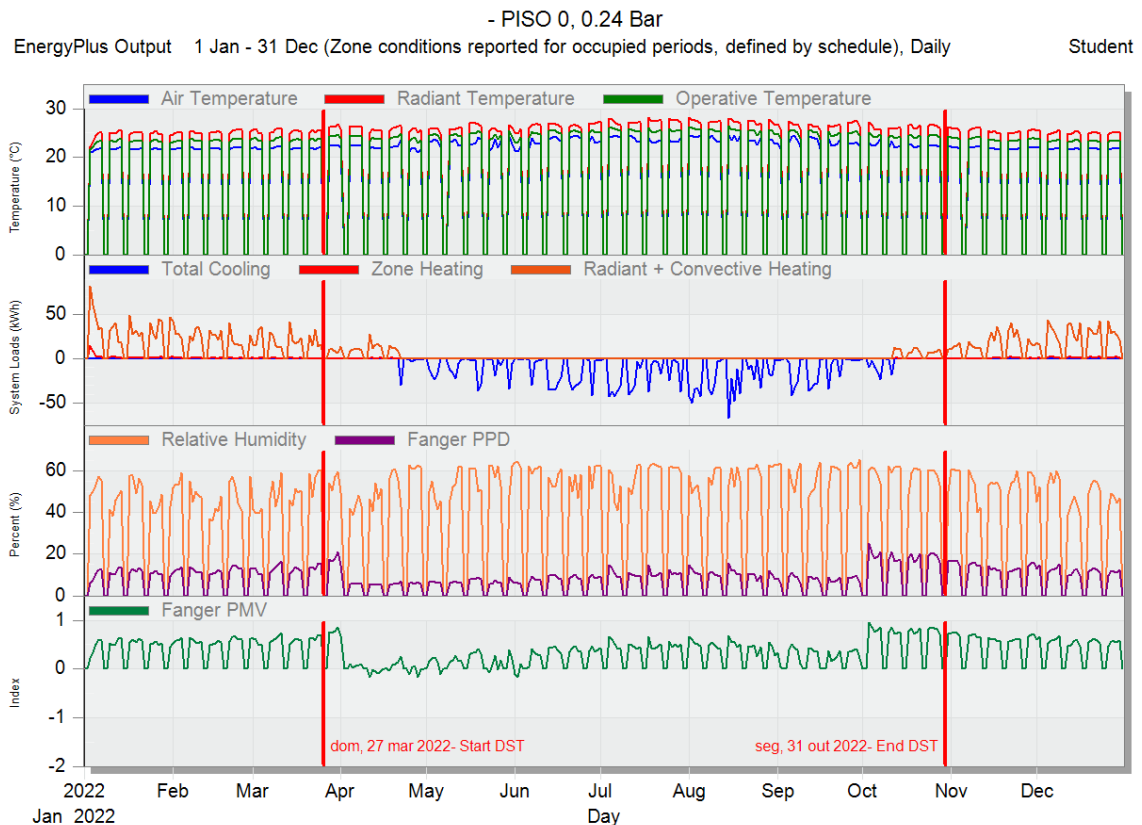


Figura 94 - Conforto térmico obtido no piso 0 pela proposta alternativa - DB.

Os resultados obtidos ao longo do piso 0 permitem concluir que ao adotar uma UTAN é possível obter um consumo energético em arrefecimento reduzido uma vez que grande do arrefecimento pode ser realizado pela UTAN e, portanto, poderiam ser considerados equipamentos terminais de menor capacidade, isto é, dado que a UTAN seria capaz de compensar todas as cargas térmicas necessárias para manter uma temperatura de 25°C, o sistema de painel radiante e de ventiloconvectores torna-se uma combinação excessiva. De notar que a simulação é efetuada através dos cálculos realizados pelo *EnergyPlus*, onde é dada prioridade de climatização à UTA e posteriormente aos equipamentos terminais pelo que só efetuando um novo projeto, poderia ser possível distribuir as cargas térmicas introduzidas nos vários espaços pelos vários equipamentos terminais devidamente.

Em regime de aquecimento, verifica-se que o sistema de painel radiante é ainda requisitado sendo que, comparativamente à solução adotada, o consumo energético (laranja- *Radiant* + *Convective Heating*) é consideravelmente inferior pelo que grande parte do aquecimento necessário é também efetuado pela UTAN. De notar que o uso dos ventiloconvectores (vermelho - *Zone Heating*) é agora nulo pelo que a utilização deste equipamento terminal poderia ser dispensada.

A nível de conforto térmico, verifica-se um voto previsto entre 0 e 0,9 ao longo de todo o ano para o piso 0, sendo que foi possível reduzir o pico de percentagem prevista de pessoas insatisfeitas de 30% para cerca de 25% devido principalmente ao controlo de humidade efetuado uma vez que os valores obtidos não ultrapassam os 60% de humidade relativa.

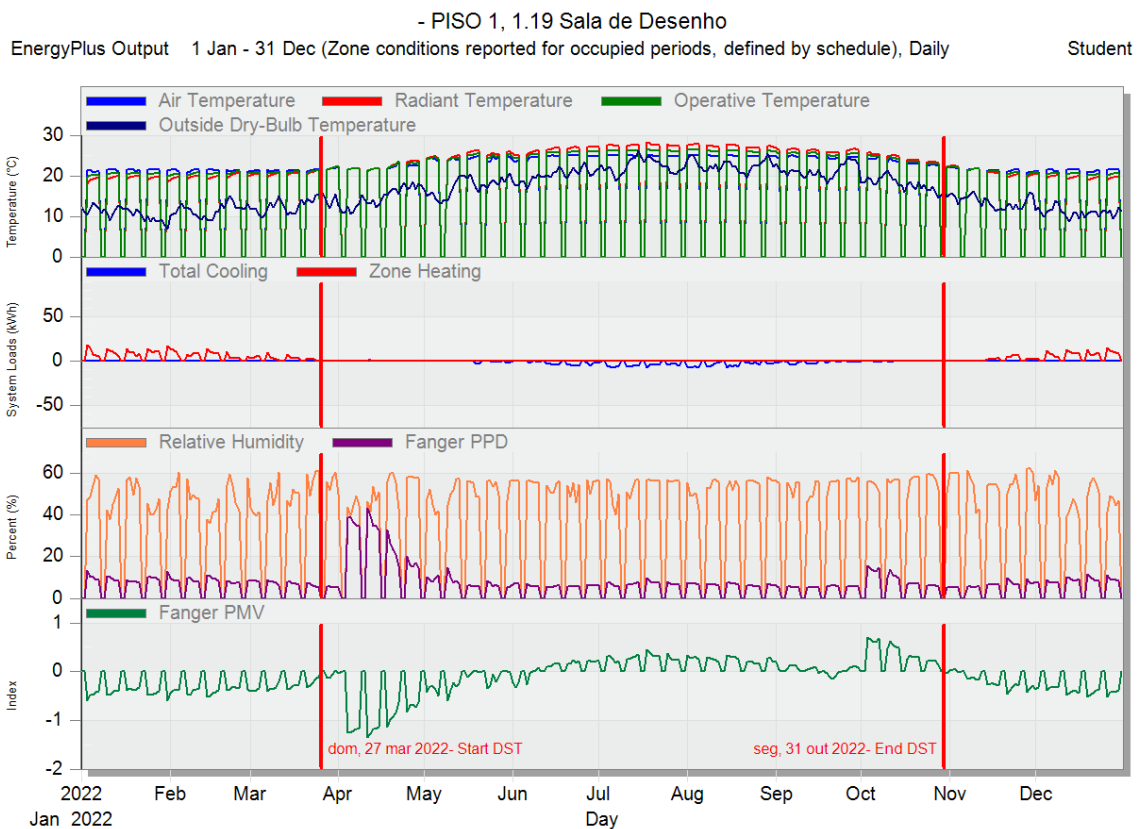


Figura 95 - Conforto térmico obtido no piso 1 pela proposta alternativa – DB.

Relativamente ao piso 1 (ver Figura 95), é possível obter uma temperatura operativa mais uniforme devido à UTAN dado que a carga térmica exterior (ventilação natural) é agora nula. Por consequência, não existe uma oscilação considerável entre a temperatura do ar interior e a temperatura radiante sendo a unidade interior de mural (VRF) capaz de manter esta uniformidade principalmente em regime de aquecimento, porém em arrefecimento, verifica-se ainda uma temperatura radiante máxima de 28°C não sendo possível controlar este parâmetro, como no piso 0, uma vez que não é considerado nenhum sistema radiante.

Em concordância com o que se sucede no piso 0, é possível concluir que a grande parte da carga térmica é compensada pela UTAN uma vez que o consumo energético por parte da unidade interior é consideravelmente inferior, tanto em arrefecimento como aquecimento, pelo que poderiam ser adotados equipamentos de menor capacidade sendo que tal poderia ser definido apenas efetuando um novo projeto.

Referentemente ao conforto térmico expectável, obtém-se um voto previsto entre -1,35 e 0,7 sendo que a percentagem de pessoas insatisfeita reduziu de 60% para cerca de 40% apenas com o controlo de humidade. O período de maior insatisfação corresponde a um voto de ligeiramente frio, quando não é utilizado a unidade interior VRF pelo que, na prática, o utilizador pode recorrer a esta unidade interior conforme as suas necessidades, embora a UTAN seja já capaz de manter as condições interiores definidas de 21°C.

Potência dos equipamentos

De modo a que o tratamento do ar novo seja efetuado e as necessidades térmicas sejam cumpridas, é necessário estabelecer as potências necessárias por parte dos equipamentos principais e da própria UTAN, isto é, os equipamentos principais devem ser capazes de fornecer a potência térmica necessária por parte dos equipamentos terminais e da própria UTAN. Assim sendo, recorrendo da ferramenta de cálculo *EnergyPlus*, obtém-se os seguintes resultados.

Tabela 41 - Potências térmicas dos equipamentos adotados na proposta alternativa - EnergyPlus.

	Potências térmicas		
	Arrefecimento		Aquecimento
	Potência total (kW)	Potência Sensível (kW)	Potência total (kW)
Equipamentos principais	166,1	-	138
UTAN	91,2	62,14	78,9

Portanto, para além da potência térmica requerida por parte das unidades ventiloconvectoras e dos painéis radiantes (piso 0), seria necessário efetuar o selecionamento de uma UTAN com uma potência mínima de 91,2 kW e 78,9 kW em arrefecimento e aquecimento, respetivamente. De notar que as potências obtidas surgem do regime de temperaturas considerado na solução adotada (7°C/12°C em arrefecimento e 45°C/40°C em aquecimento) para os circuitos de água arrefecida e aquecida, de acordo com as práticas adotadas em gabinete.

Comparativamente à solução adotada em projeto, as potências térmicas dos equipamentos principais são agora de 166,1 kW e 138 kW de arrefecimento e aquecimento, respetivamente, pelo que resultam num aumento de cerca de 113% em arrefecimento e 151% em aquecimento uma vez que é dada prioridade ao tratamento de ar novo, isto é, o consumo energético por parte dos equipamentos

terminais é reduzido porém tal deve-se à carga térmica do ar novo que é tratada pela UTAN, nos vários espaços, que apresenta prioridade sobre potência térmica induzida pelos equipamentos terminais.

Adicionalmente, dado que existe necessidade de haver aquecimento e arrefecimento em simultâneo, torna-se necessário considerar dois equipamentos principais, individuais, por forma a cumprir com os requisitos de operação. Por consequência, seria necessário redimensionar o sistema de bombagem adotado ao considerar novos circuitos de água aquecida e arrefecida assim como seria necessário dimensionar as condutas de insuflação de ar novo da UTAN, o que requer o dimensionamento e seleção de novos ventiladores.

Estas medidas, resultam inerentemente num expectável aumento do consumo energético anual por parte da instalação pelo que numa fase inicial de projeto, embora não sejam conhecidos todos os parâmetros de projeto, o *EnergyPlus* permite efetuar um dimensionamento automático da instalação em que é possível obter uma estimativa dos consumos energéticos da instalação e, portanto, aferir a viabilidade da proposta alternativa ao projeto.

Consumos energéticos anuais

Embora fosse possível recorrer de equipamentos terminais de menor capacidade devido à redução dos consumos observados previamente, é importante considerar os consumos energéticos anuais nos quais se incluem o tratamento do ar insuflado por parte da UTAN, de acordo com a Figura 96.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Gasoline [kWh]	Diesel [kWh]	Coal [kWh]
Heating	16268.65	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	37553.24	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	33687.35	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	18968.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	2762.79	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	797.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	110037.63	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: Electricity appears to be the principal heating source based on energy usage.

Figura 96 - Consumos energéticos anuais obtidos conforme cada categoria perante a proposta alternativa - DB.

Obtém-se um consumo de cerca de 16,3 MWh em aquecimento e 37,5 MWh em arrefecimento correspondente a um aumento de 32% e 121%, respetivamente, comparativamente à solução adotada. Por consequência, obtém-se um consumo médio anual de cerca de 63kWh/m² para fins de climatização, correspondente a um aumento de 174%.

De notar que o modelo criado carece de novo projeto pelo que os consumos obtidos resultam do dimensionamento efetuado pelo *EnergyPlus* e, portanto, seria necessário proceder à seleção de novos equipamentos principais, bombas, UTAN e ventiladores, caudais de recirculação, cálculo de condutas, perdas de carga, entre outras. Assim sendo, o consumo apresentado por parte do sistema de bombagem e ventiladores é meramente indicativo.

O aumento observado, perante a solução adotada, resulta do tratamento do ar novo relativamente à humidade específica interior, onde foi considerado um intervalo aceitável entre 6 g/Kgv e 12 g/Kgv de onde resultam humidades relativas interiores entre 40% e 60% para as condições de 21°C e 25°C em aquecimento e arrefecimento, respetivamente. Assim sendo, o incremento de 121% em arrefecimento representa, em parte, a desumidificação necessária de efetuar por parte da serpentina de arrefecimento por forma a definir uma humidade relativa máxima de 60%. Por consequência, os 32% representam, também em parte, o reaquecimento necessário por forma a manter a temperatura de insuflação pretendida.

Devido ao tratamento de ar novo que a UTAN oferece, o período de tempo em que a temperatura interior definida não é atingida é também reduzido quando comparado com a solução adotada, de acordo com a Figura 97.

Setpoint Not Met Criteria

	Degrees [deltaC]
Tolerance for Zone Heating Setpoint Not Met Time	2.00
Tolerance for Zone Cooling Setpoint Not Met Time	2.00

Comfort and Setpoint Not Met Summary

	Facility [Hours]
Time Setpoint Not Met During Occupied Heating	6.50
Time Setpoint Not Met During Occupied Cooling	4.50

Figura 97 - Horas de desconforto anuais obtidas perante a proposta alternativa - DB.

Os resultados apresentam uma soma total de 11 horas de desconforto anuais, para ambos os regimes, o que poderá ser aproximado a cerca de 1 dia de desconforto térmico.

Em suma, a simulação dinâmica efetuada serve apenas para fins de comparação uma vez que os resultados apresentados são bastante voláteis, isto é, uma vez que não são conhecidos parâmetros de projeto e os equipamentos/acessórios selecionados perante a proposta alternativa, não é possível obter uma estimativa de consumo energético real pelo que seria necessário efetuar um novo projeto. Porém, é possível concluir que o tratamento da humidade interior de cada espaço acarreta custos bastante superiores ao longo de um ano, embora os equipamentos terminais pudessem ser de menor capacidade e alguns até dispensados pelo que a proposta alternativa, de acordo com os resultados obtidos, mostra ser uma solução pouco viável, uma vez que as condições de projeto não requerem controlo de humidade. Adicionalmente, embora o período de desconforto seja inferior, o aumento do consumo energético anual observado não justifica a utilização da UTAN, uma vez que a solução adotada de ventilação natural cumpre com os requisitos de ar novo.

Capítulo 6. Conclusões

A presente dissertação tem como um dos objetivos principais a validação do projeto efetuado em gabinete tendo em conta as limitações do software (HAP) utilizado para o cálculo termodinâmico das cargas térmicas dos espaços climatizados. As limitações encontradas passam pelo método de insuflação considerado e os sistemas de climatização utilizados pela solução adotada no sentido em que a versão do HAP utilizada (v5.11) é incapaz de simular sistemas de painel radiante e caudais de ar novo por ventilação natural.

Apesar das adversidades, foi efetuado o cálculo das cargas térmicas dos espaços climatizados através do elevado conhecimento do software em gabinete, ao considerar um sistema composto apenas por ventiloconvectores (piso 0), partindo do pressuposto que parte da carga térmica seria compensada pelo sistema de painel radiante (sistema recorrente) e a restante pelo uso de ventiloconvectores (sistema de reforço). Por forma a contabilizar a carga térmica do ar exterior, foi considerado que os ventiloconvectores seriam diretamente alimentados, isto é, este equipamento recebe ar novo proveniente do exterior sendo o tratamento do ar efetuado diretamente nas serpentinas de aquecimento e arrefecimento, conforme a altura do ano, simulando assim o método de ventilação natural. Relativamente ao piso 1, embora seja possível simular o sistema de VRF adotado, o método de insuflação continuou a não ser suportado pelo que não foi possível conduzir uma simulação energética do projeto efetuado em HAP.

Tendo em conta as limitações encontradas em gabinete, recorreu-se ao *EnergyPlus*, uma ferramenta de cálculo que suporta todos os sistemas adotados no caso de estudo, tendo sido utilizado o software *DesignBuilder*, um programa que serve de interface à utilização do *EnergyPlus* no qual foi possível considerar os sistemas de climatização adotados, o método de insuflação por ventilação natural e proceder ao cálculo das cargas térmicas dos espaços climatizados. Os resultados obtidos permitiram validar o projeto efetuado em gabinete uma vez que as diferenças percentuais obtidas, apesar dos diferentes sistemas simulados e das diferenças geométricas de ambos os modelos, são de 3,7% e 5,5% para o piso 0 e de 6,3% e 2,7% para o piso 1 em arrefecimento e aquecimento, respetivamente.

A simulação energética de um projeto permite aferir uma estimativa dos custos associados à climatização de uma instalação, conforme a solução adotada, no qual é possível avaliar a viabilidade de um projeto tanto numa fase inicial como final. Devido às limitações encontradas em HAP, apenas foi possível efetuar a simulação energética da solução adotada em *EnergyPlus*, ao considerar todos os equipamentos e documentação técnica conhecida nas fases posteriores de projeto e apresentadas em anexo.

Os resultados obtidos na simulação energética efetuada, permitiram concluir que os sistemas de climatização adotados foram capazes de cumprir com as cargas térmicas previamente calculadas dado que as condições de projeto definidas foram cumpridas. No piso 0, verificou-se a eficácia do sistema de painel radiante uma vez que foi possível obter uma temperatura radiante superior à temperatura do ar interior de 21°C definida para a estação de inverno e, portanto, que conduz a melhores condições de conforto. Relativamente à estação de verão, a mesma eficácia verifica-se uma vez que a temperatura radiante é próxima da temperatura do ar interior, conduzindo a uma temperatura operativa ideal, abaixo dos 25°C estabelecido para a estação de verão. No piso 1, verificou-se que o sistema de VRF cumpre com as condições de projeto uma vez que a temperatura do ar interior reside entre os 21°C e 25°C considerados para a estação de inverno e verão, respetivamente, no entanto, comparativamente ao piso 0, a temperatura operativa obtida na estação de inverno é consideravelmente inferior devido à baixa temperatura radiante, por não haver qualquer tipo de sistema de painel radiante. Na estação de verão, o mesmo comportamento verifica-se, dado que a temperatura radiante excede os 26°C de temperatura interior recomendada pela norma EN 15251:2007 resultando numa temperatura operativa por vezes superior a 26°C embora a temperatura do ar interior seja inferior aos 25°C estabelecidos.

Por consequência do método de ventilação natural, a humidade relativa interior dos espaços ao longo do ano supera os 60%, recomendados como confortáveis pela ASHRAE, pelo que este fator embora não sendo uma condição de projeto, mostrou ser um parâmetro recomendado de ser controlado. Assim sendo, foi feita uma proposta alternativa ao projeto efetuado em gabinete, ao considerar uma Unidade de Tratamento de Ar Novo (UTAN) capaz de controlar a humidade relativa interior de cada espaço. Tendo em conta o perfil de humidade relativa observado através da solução adotada, foram consideradas apenas serpentinas de aquecimento e arrefecimento (com desumidificação) dado que a humidade relativa mínima obtida é cerca de 40% ao longo do ano e, portanto, considerada aceitável pela ASHRAE.

A proposta alternativa surge no âmbito de conhecer o custo associado ao controlo da humidade interior de cada espaço mantendo o desempenho dos equipamentos terminais previamente selecionados, isto é, a unidade tratamento de ar seria responsável pelo controlo de humidade interior efetuando um aquecimento/arrefecimento interior residual, sendo as condições interiores pretendidas atingidas pelos equipamentos terminais considerados pela solução adotada pelo que o dimensionamento da UTA e restantes equipamentos foi efetuado pelo *EnergyPlus*. Os resultados permitiram concluir que embora os equipamentos terminais selecionados inicialmente pudessem ser de menor capacidade e/ou até descartados, seria necessário adotar outros equipamentos principais uma vez que passaria a ser necessário produzir água aquecida e arrefecida, em simultâneo, e com

capacidades consideravelmente superiores, pelo que a bomba de calor previamente adotada não seria capaz de cumprir com as novas necessidades.

Os resultados obtidos por parte da proposta alternativa revelam uma estimativa de consumo energético de 16,3 MWh e 37,5 MWh, resultando num aumento de 32% e 121% em aquecimento e arrefecimento, respetivamente, pelo que a proposta de controlo de humidade relativa interior acarreta custos bastante significativos sendo que o controlo de humidade não era uma condição de projeto. Adicionalmente, ao adotar uma UTAN seria necessário dimensionar um novo circuito de condutas com as respetivas perdas de carga e ventiladores assim como novos circuitos de água aquecida e arrefecida pelo que a nível de projeto, seria uma solução de difícil execução.

Em suma, a solução adotada em projeto mostrou ser uma solução viável dado que todas as condições de projeto foram cumpridas assim como foi possível obter condições de conforto aceitáveis. A proposta alternativa, embora forneça um maior controlo das condições interiores, mostrou ser uma solução pouco viável devido ao aumento significativo do consumo energético anual ao manter os equipamentos terminais inicialmente adotados. Assim sendo, se o controlo de humidade interior fosse uma condição de projeto, seria necessário efetuar novo projeto por forma a estudar o comportamento térmico do edifício caso fosse utilizado uma UTA uma vez que os resultados da simulação dinâmica efetuada demonstram que os equipamentos terminais inicialmente utilizados poderiam ser de menor capacidade térmica.

Como trabalho futuro, seria interessante realizar uma análise económica da solução adotada contabilizando custos de instalação e manutenção que poderia servir de comparação à proposta alternativa (após novo projeto) associando indicadores de eficiência energética a ambas as soluções. Adicionalmente, seria também pertinente realizar um estudo CFD por forma a estudar a distribuição do ar interior de cada espaço, algo possível em *DesignBuilder* ao adquirir uma licença de uso profissional, ao invés da versão de estudante.

A realização do estágio curricular permitiu consolidar conhecimentos adquiridos ao longo da licenciatura e mestrado aplicáveis ao desenvolvimento de projeto não só do caso de estudo apresentado na presente dissertação, como também profissão através dos contactos estabelecidos entre clientes, fornecedores e diferentes áreas de engenharia.

Referências bibliográficas

- [1] DGEG, “Eficiência Energética de Edifícios,” [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>. [Acedido em Dezembro 2021].
- [2] DGEG, ADENE, “Energia em Números,” Maio 2021. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/32skj5iv/dgeg-aen-2021e.pdf>. [Acedido em Dezembro 2021].
- [3] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho,” 2013, pp. 37-80.
- [4] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, and A. S. Lavine, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 2007.
- [5] F. Kreith, M. Bohn, R. Kirkpatrick, Principles of Heat Transfer, 7th Ed. 2011.
- [6] “Energia Radiante,” Goldenergy, [Online]. Available: <https://goldenergy.pt/glossario/energia-radiante/>. [Acedido em Dezembro 2021].
- [7] L. Jorge, “Determinação do coeficiente de transmissão térmica em paredes de edifícios,” Covilhã, Universidade da Beira Interior, 2011.
- [8] DGEG, ADENE, “Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho,” [Online]. Available: <https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2021/07/Manual-SCE.pdf>.
- [9] C. A. P. Santos e L. Matias, “Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios,” Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.
- [10] Guia SCE, “Parâmetros de Cálculo,” 13 Março 2020. [Online]. Available: https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/3.0-Guia-SCE-Par%C3%A2metros-de-C%C3%A1culo_V1.pdf. [Acedido em Fevereiro 2022].
- [11] Despacho n.º 15793-K/2013, Diário da República 2.ª série — N.º 234, 3 de dezembro de 2013.

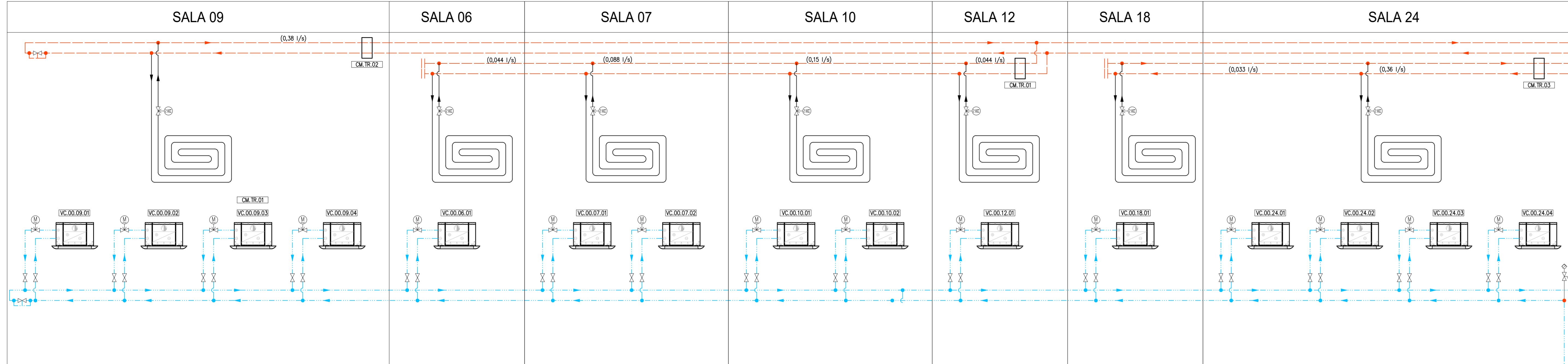
- [12] P. Silva, “Análise do comportamento térmico de construções não convencionais através de simulação em VisualDOE,” Braga, Universidade do Minho, 2006.
- [13] A. Moret Rodrigues, A. Canha da Piedade, A. M. Braga, *Térmica de edifícios*, ORION, 2009.
- [14] L. Carvalho, J. Barbosa, T. Teixeira e V. Calado, *Manual de Instalação de Sistemas Solares Térmicos*, Porto: Publindústria, 2012.
- [15] AIMinho - Associação Empresarial, *Guia de Orientação para utilização das Energia Renováveis nas Empresas*, Braga, 2010.
- [16] Solargis, “Solar resource maps of Portugal,” [Online]. Available: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/portugal>. [Acedido em Abril 2022].
- [17] P. Rahul, N. Gauri, M. Sharmila, V. Shraddha,, “A Review Paper on Comparative Study and Analysis of Illuminating Lamps,” *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*,, nº ISSN: 2319-8753 , Junho de 2017, India.
- [18] ASHRAE, *Fundamentals Handbook*, 2021.
- [19] ASHRAE Standard 55-2010, “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”.
- [20] ISO 7730, *Ergonomics of the termal environment – Analytical determination and interpolation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*, 2005.
- [21] EN 15251:2007, “Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics,” 2007.
- [22] V. Monteiro, *Refrigeração I - Técnicas e competências ambientais - Bases e Fundamentos*, Lisboa: ETEP, 2015.
- [23] Y. A. Çengel, M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, McGraw-Hill, 5th ed, 2006.

- [24] T. A. Reddy, J. F. Kreider, P. S. Curtiss e A. Rabl, Heating and Cooling of Buildings - Principles and Practice of Energy Efficient Design, CRC Press, 2017.
- [25] L. Roriz, A. Gonçalves, C. Soares, F. Lourenço, J. B. Barreto, J. Jesus, L. Vazquez e L. Malheiro, Climatização - Conceção, instalação e condução de sistemas, Alfragide: Edições Orion, 2007.
- [26] S. Seyam, “Types of HVAC Systems”, in HVAC System. London, United Kingdom: IntechOpen,” 2018. [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/chapters/62059> doi: 10.5772/intechopen.78942. [Acedido em Maio 2022].
- [27] V. Monteiro, Refrigeração II - Técnicas e competências ambientais - Aplicações e Certificação, Lisboa: ETEP, 2016.
- [28] A. Bhatia, HVAC Variable Refrigerant Flow Systems, CED Engineering.
- [29] K.-N. Rhee, B. W. Olesen e K. W. Kim, “Ten questions about radiant heating and cooling systems,” Building and Environment, 2016.
- [30] J. Babiak, B. W. Olesen e D. Petrás, Aquecimento a baixa temperatura e arrefecimento a temperatura elevada, Lisboa: REHVA, 2009.
- [31] UPONOR, Manual técnico de aplicações de aquecimento radiante e climatização.
- [32] Ministério Da Economia E Do Emprego, Portaria nº 349-D/2013 de 2 de dezembro, Diário da República, vol. 1.a série, no. 233, pp. 40–73, 2013.
- [33] P. D. V. Ribeiro, “Análise de Programas de Cálculo de Consumo de Energia em Edifícios,” Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- [34] Carrier Corporation, Hourly Analysis Program Quick Reference Guide, 10ª Edição, pp. 1– 144, 2016.
- [35] Carrier, Software Carrier's Hourly Analysis Program - versão 5.11.
- [36] DesignBuilder , “Help-Introducing DesignBuilder,” [Online]. Available: <https://designbuilder.co.uk/helpv7.0/index.htm>.

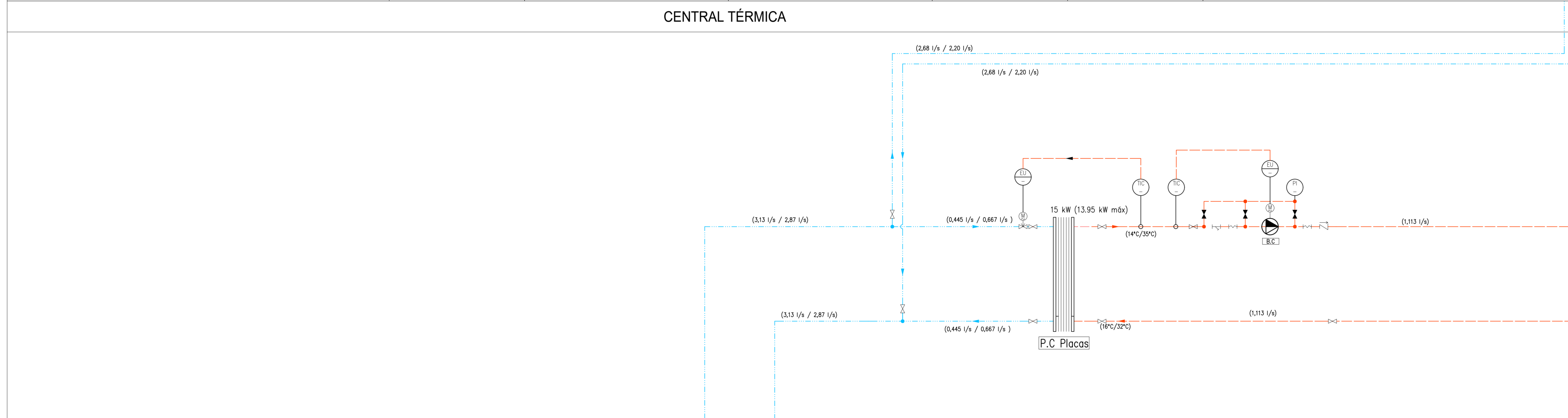
- [37] Google Maps, “Estúdios FCCN, 1700-111 Lisboa,” [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/place/@38.7585628,-9.1436388,19z/data=!3m1!4b1>.
- [38] Aguiar et al, Climatologia e Anos Meteorológicos de Referência para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios, Lisboa, LNEG, 2013, 55 p.
- [39] INMG, O Clima de Portugal, 1951-1980. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa: ISSN 0870-4767, 1991.
- [40] LNEC/IM, Temperaturas exteriores de projecto e números de graus dias, Lisboa - 2ª edição , 1995.
- [41] M. Silva Rocha, Radiação solar global em Portugal continental, Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Vol. 4, Julho/Dezembro de 1981.
- [42] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “Decreto-Lei N°79/2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios,” 4 de Abril de 2006.

ANEXO A.
DIAGRAMAS DE FUNCIONAMIENTO

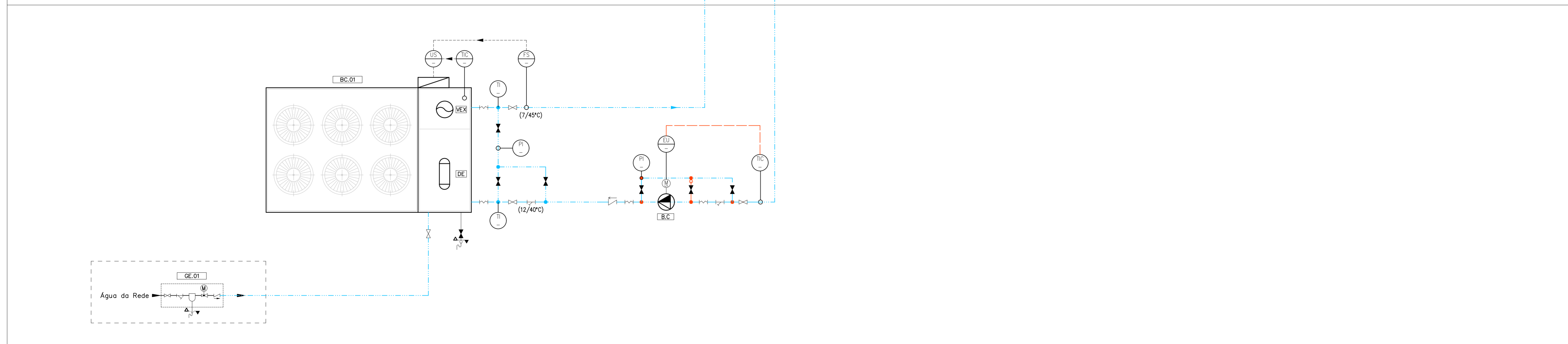
PISO 0



PISO -1



EXTERIOR



NOTAS

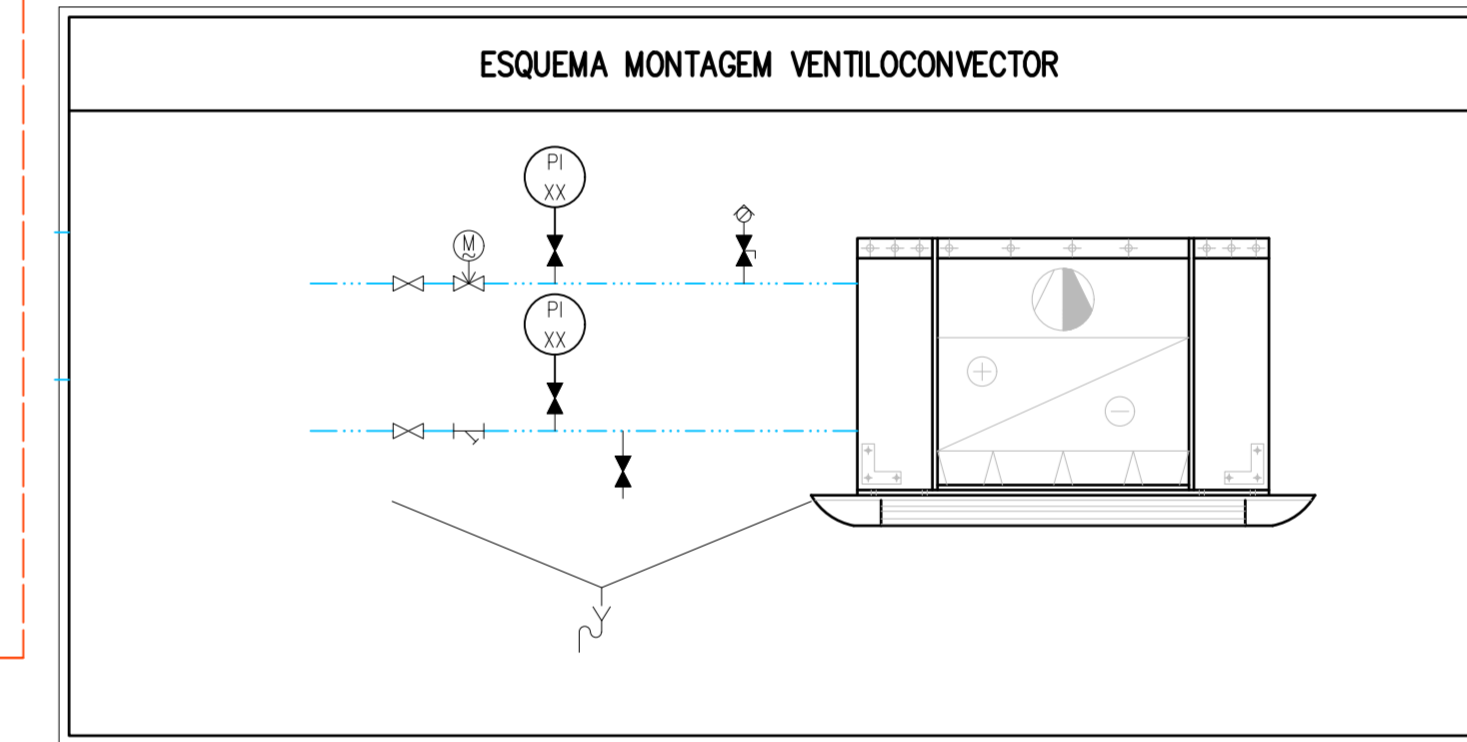
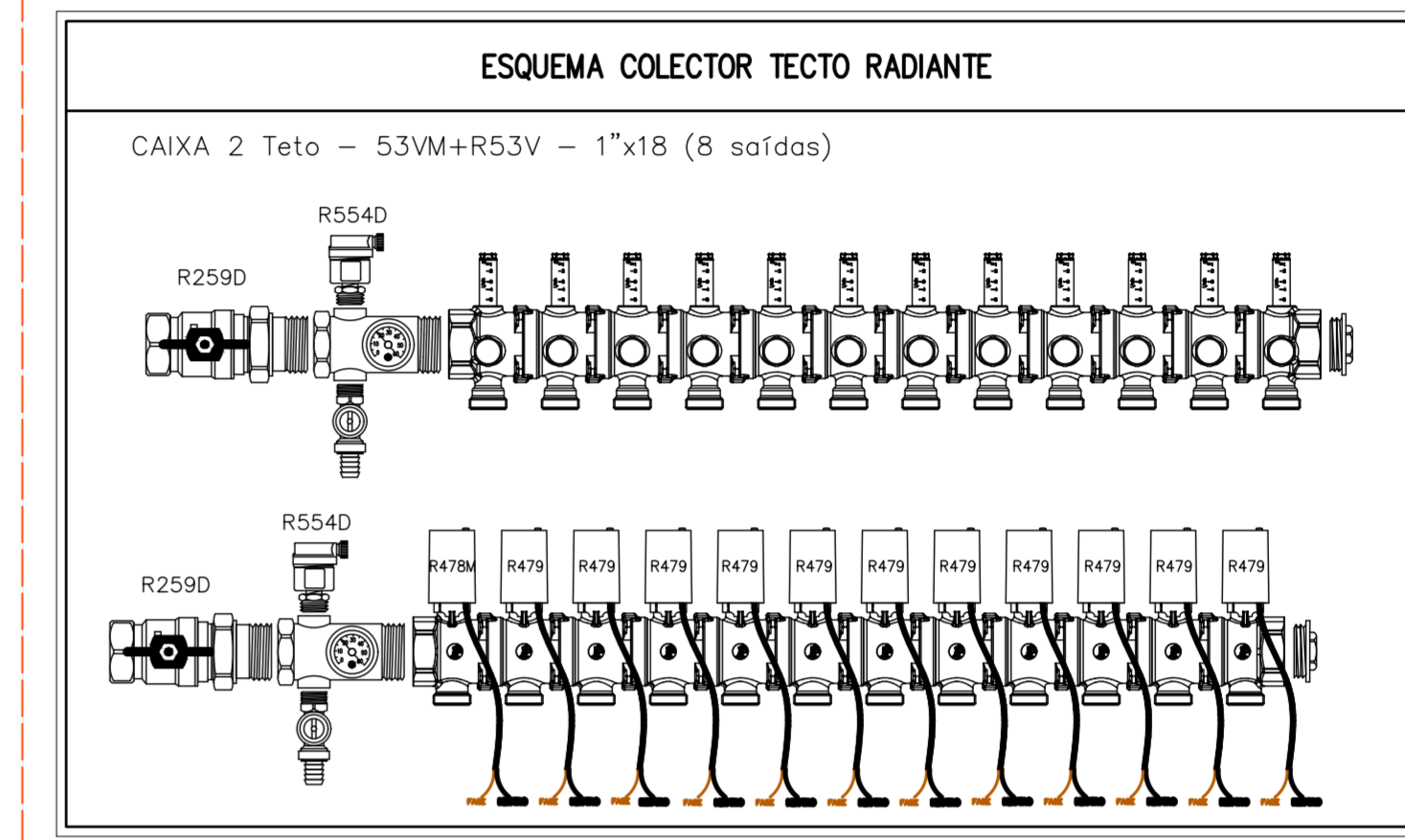
0- PARA VERIFICAÇÃO COMPLETA DAS ESPECIFICAÇÕES DO PROJECTO CONSULTAR OBRIGATORIAMENTE AS FICHAS TÉCNICAS DO CADerno DE ENCARGOS.

1 - TODOS OS SUPORTES, SUSPENSÕES DE TUBAGEM E CONDUITAS, SERÃO EXECUTADOS EM OBRA, DEVENDO O SEU AFASTAMENTO, ESTAR DE ACORDO COM AS DISTANCIAS DEFINIDAS NAS FICHAS TÉCNICAS DE CADA FLUIDO.

2 - IDENTIFICAÇÃO DE SIGLAS:
AVC - AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO.

3 - DEFINIÇÃO DE LIMITES DE EMPREITADA.

▲ EMPREITADA
▼ FORA DA EMPREITADA



SÍMBOLO	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
	AF	ÁGUA ARREFECIDA
	AQ	ÁGUA QUENTE
	-	PONTO DE MEDIÇÃO
	-	LINHA DE REFERÊNCIA
	-	LINHA DE COMANDO
	-	SETA DE CONTROLO
	-	O ELEMENTO DO MOTOR, EM CASO DE FALHA NA UNIDADE DE CORRECÇÃO, VAI AS CONFIGURAÇÕES DE FLUIDO MASSA MANUO OU FLUIDO DE ENERGIA.
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA NA ENERGIA AUXILIAR, A UNIDADE DE CORRECÇÃO COLOCA A POSIÇÃO DE FLUIDO MASSA MANUO OU FLUIDO DE ENERGIA.
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA NA ENERGIA AUXILIAR, A UNIDADE DE CORRECÇÃO PERMANECE NA ÚLTIMA POSIÇÃO ADOTADA.
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA NA ENERGIA AUXILIAR, A UNIDADE DE CORRECÇÃO PERMANECE NA ÚLTIMA POSIÇÃO ADOTADA, A SETA DÁ A DIRECÇÃO PERMITIDA DE SENTIDO DE FLUXO.
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA NA ENERGIA AUXILIAR, A UNIDADE DE CORRECÇÃO PERMANECE NA ÚLTIMA POSIÇÃO ADOTADA, A SETA DÁ A DIRECÇÃO PERMITIDA DE SENTIDO DE FLUXO.
	-	VÁLVULA MOTORIZADA DE 2 VAS
	-	VÁLVULA MOTORIZADA DE 3 VAS
	-	VÁLVULA DE SECCIONAMENTO
	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NA GTC
	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NO EQUIPAMENTO LOCAL
	-	PONTO DE CONTROLO OU MONITORIZAÇÃO COM VISUALIZAÇÃO NO QUADRO LOCAL

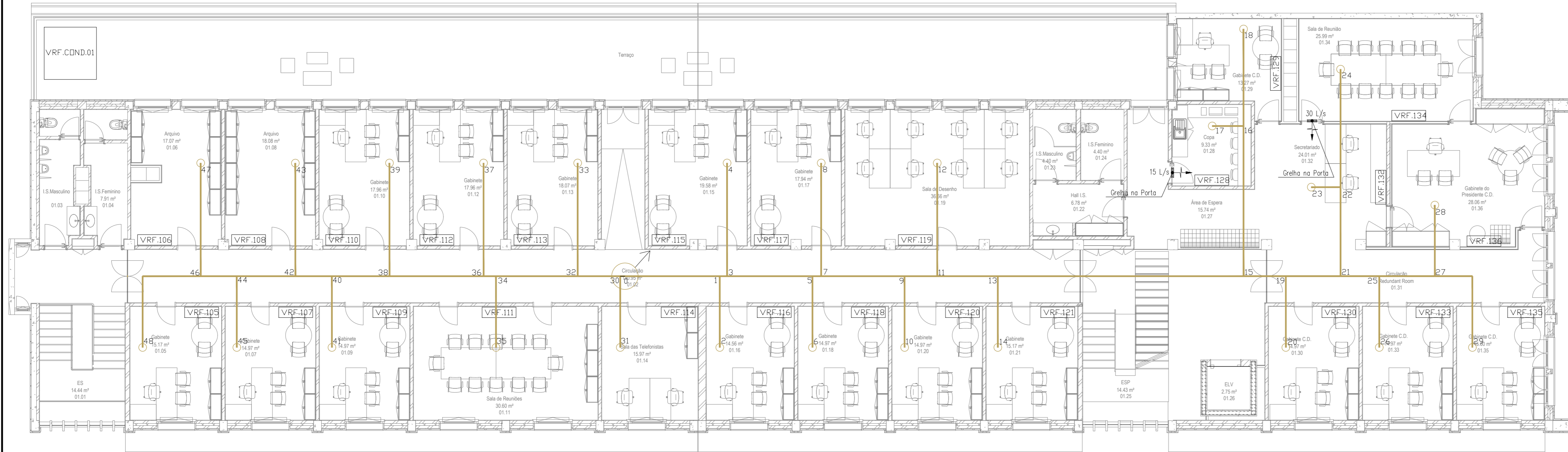
Letra de código	Grupo 1		Grupo 2
	Parametro de medição ou outro	1ª Letra de código	Letras de identificação: I, R, C
A			Alarme
B			
C	Condutividade / PH		Controlo Automático
D	Densidade	Diferença	
E	Parâmetro Eléctrico		Função de Leitura
F	Caudal	Proporção	
G	Distância, Comprimento, Posição, Tempo, Amplitude		
H	Ação Manual		Limite Máximo
I			Indicação
J			Parâmetro Solicitado
K	Tempo		Escolha Livre
L	Espera, Nivel		Limite Mínimo
M	Humidade Relativa		Escolha Livre
N	Escolha Livre		
O	Escolha Livre		On/Sem Indicação
P	Pressão		
Q	Propriedade, Análise de Qualidade (excepto D.M.V)	Soma Integral	
R			Registo - Relatório
S	Velocidade, Rotação, Frequência		Ligar/Desligar, Controlo
T	Temperatura		Transdutor
U			Parametros Eléctricos Combinados
V			
W	Peso/Massa		
Y			Função de Cálculo
Z			Emergência, Segurança por gatilho, Equipamento de segurança, Eventos de segurança

Índice	Alterações	Data	Nome
Projeto:	Verifica:	AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO	
Execução:	Desenho:	DIAGRAMA DE FUNCIONAMENTO	
		Piso 0	
		Fase de Projeto:	Desenho nº:
		EXECUÇÃO	AVC.001

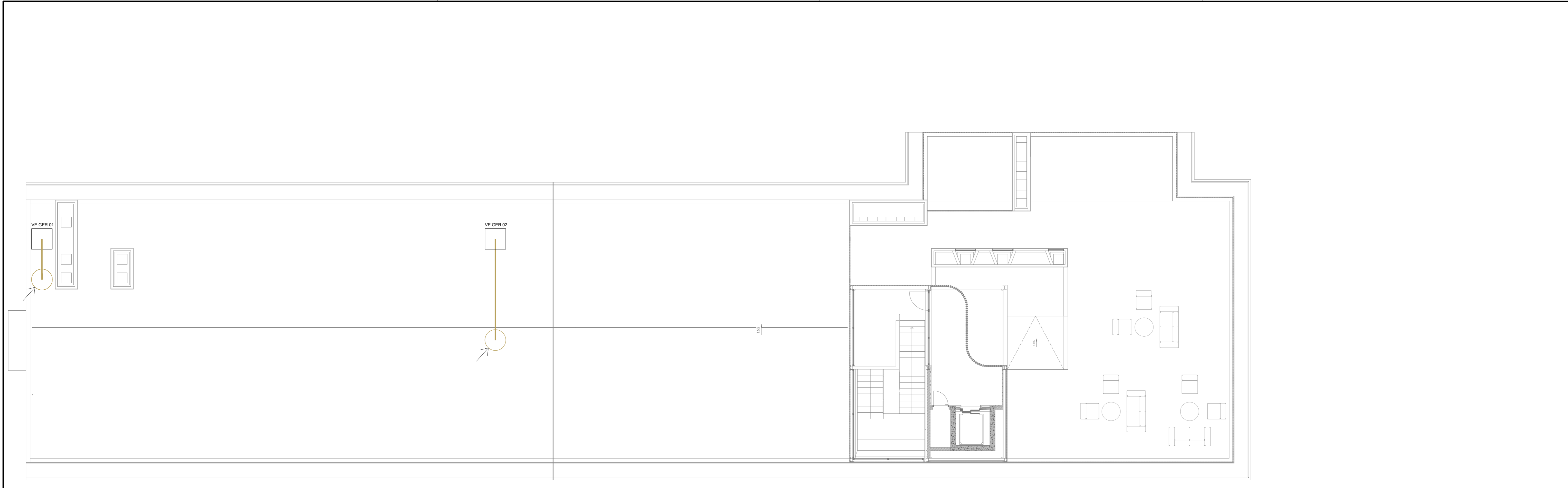


Indice	Alterações	Data	Nome
Projeto:	Verificou:	AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO	
Pedro Rebelo	João Cardoso	DIAGRAMA DE PRINCIPIO	
Piso 1			
Escala:	Data:	Fase do Projeto:	Desenho n°:
1:100	Setembro 2023	EXECUÇÃO	AVC.002
			Indice
			E0

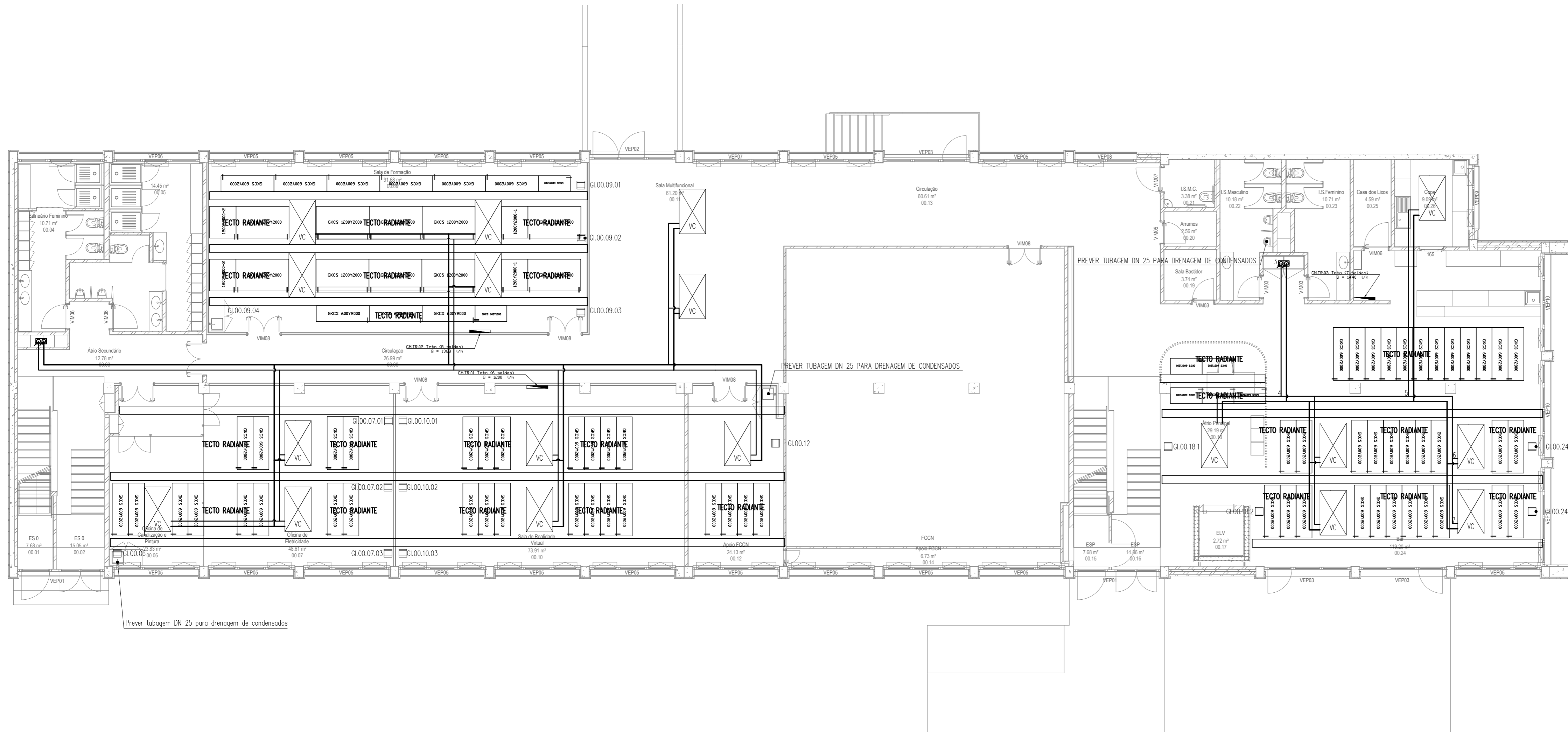
ANEXO B.
**IMPLEMENTAÇÃO DE CONDUTAS, TUBAGEM
E EQUIPAMENTOS**



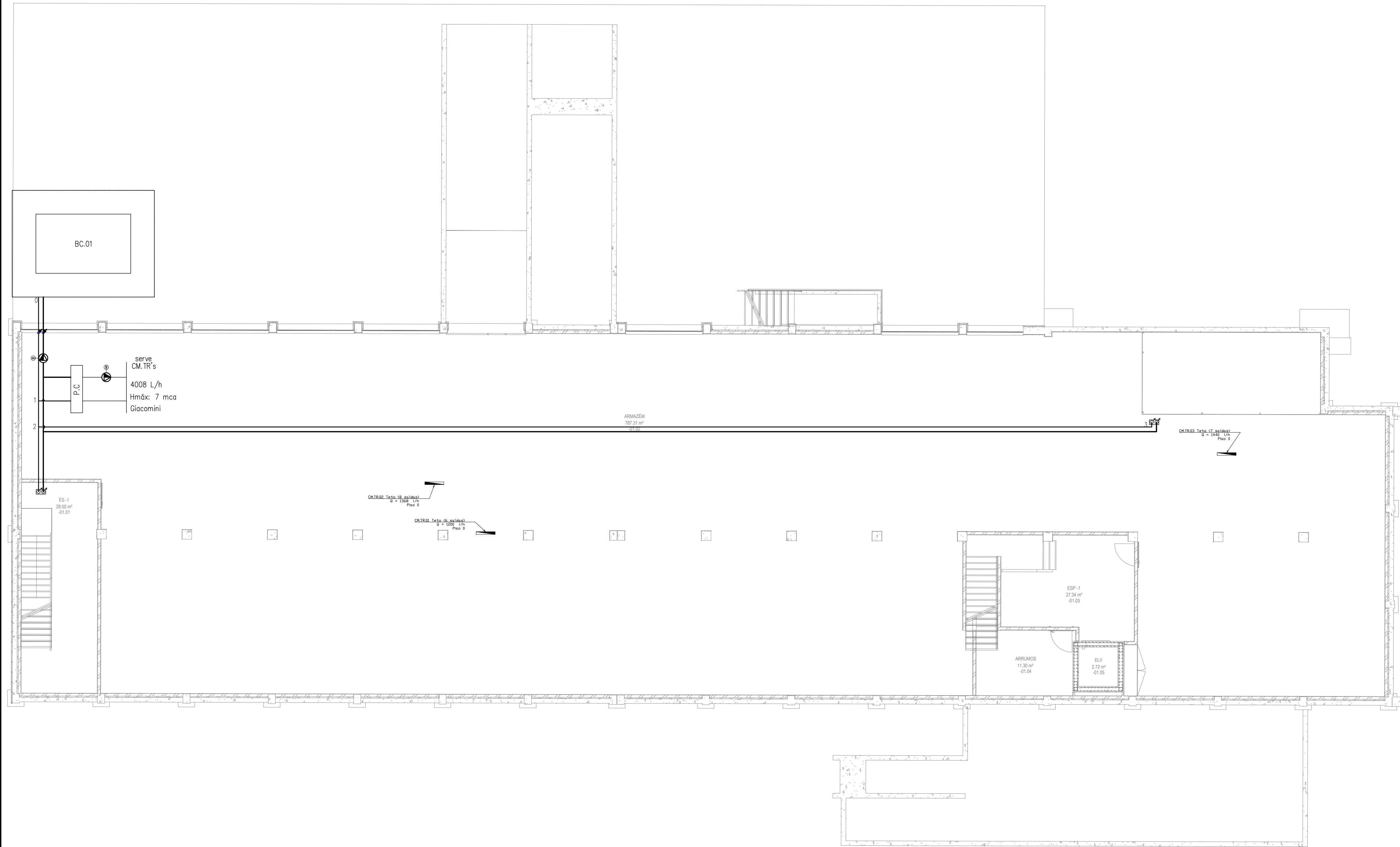
Índice	Alterações	Data	Nome
Projeto:	Verificou:	AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO TRAÇADO DE CONDUTAS E IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS Planta do Piso 1	
Pedro Rebelo	João Cardoso		
Escola:	Data:	Fase do Projecto:	Desenho nº:
1:100	Setembro 2023	EXECUÇÃO	AVC.004
			Índice
			EO



Indice	Alterações	Data	Nome
Projeto:	Verificou:	AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO	
Pedro Rebelo	João Cardoso	TRAÇADO DE CONDUTAS E IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	
Escola:	Data:	Fase do Projeto:	Desenho n.º:
1:100	Setembro 2023	EXECUÇÃO	AVC.005
			EO



Indice	Alterações	Data	Nome
Projeto:	Verificou:	AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO TRAÇADO DE TUBAGEM E IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS Planta do Piso 0	
Pedro Rebelo	João Cardoso		
Escola:	Data:	Fase do Projecto:	Desenho nº:
1:100	Setembro 2023	EXECUÇÃO	AVC.006
			Indice
			E0



Indice	Alterações	Data	Nome
Projeto:	Verificar:	AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO TRAÇADO DE TUBAGEM E IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS Planta do Piso -1	
Escala:	Data:	Fase do Projeto:	Desenho n.º:
1:100	Setembro 2023	EXECUÇÃO	AVC.007
			Indice
			E0

ANEXO C.
DIAGRAMA P&ID

ANEXO D.

Caracterização dos elementos da envolvente



Figura 1 - Esquemático das paredes exteriores do edifício - DB.

Tabela 1 - Composição das paredes exteriores do edifício.

Paredes Exteriores - Isolamento EPS 40 mm - 34cm						
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mi (kg/m ²)
Resistência Exterior	-		0,130	0,199	-	441 143
Isolamento EPS 100	0,040	0,036	1,111		8	
Tijolo de 11 cm furado	0,110	0,407	0,270		2002 650	
Caixa de Ar	0,080	0,025	3,200		1	
Tijolo de 11 cm furado	0,110	0,407	0,270		2002 650	
Resistência Interior	-	-	0,040		-	



Figura 2 - Esquemático das paredes interiores do edifício - DB.

Tabela 2 - Composição das paredes interiores do edifício.

Paredes Interiores (alvenaria) – 15cm						
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m².K/W)	U (W/m².K)	mti (kg/m³)	mt (kg/m²)
Resistência Interior	-	-	0,040	2,105	-	160
Estuque tradicional	0,010	0,57	0,018		1000	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,130	0,481	0,270		700	
Estuque tradicional	0,010	0,57	0,018		1000	
Resistência Interior	-	-	0,130		-	

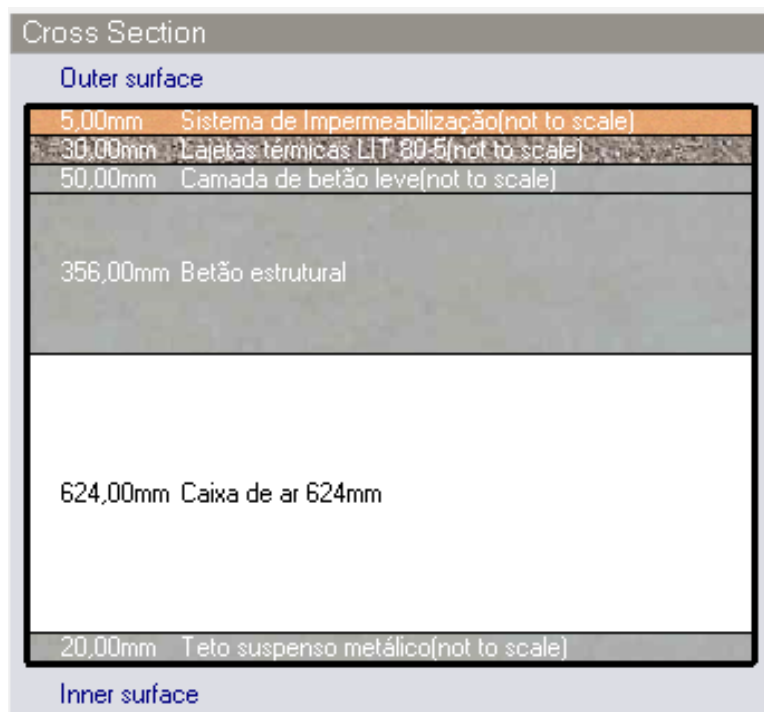


Figura 3 - Esquemático da cobertura exterior do edifício - DB.

Tabela 3 - Composição da cobertura exterior do edifício.

Cobertura Exterior						
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mi (kg/m ²)
Resistência Exterior	-	-	0,040	0,657	-	948
Sistema de Impermeabilização	0,005	0,23	0,022		1000	
Lajetas térmicas LIT 80-5	0,030	0,04	0,750		230	
Camada de forma com pendente em betão leve	0,050	0,19	0,263		550	
Betão estrutural	0,356	2,0	0,178		2400	
Caixa de Ar	0,624	-	0,170		1	
Teto suspenso metálico	0,020	230,0	0,00009		27	
Resistência Interior	-	-	0,100		-	

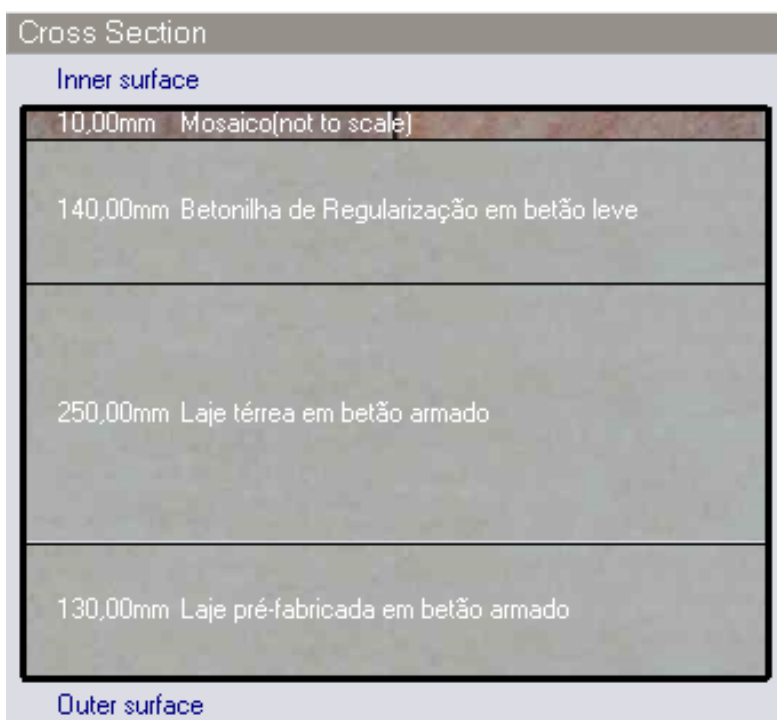


Figura 4 - Esquemático do pavimento do edifício - DB.

Tabela 4 - Composição do pavimento do edifício.

Pavimento						
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ³)	mi (kg/m ²)
Resistência Interior	-	-	0,170	1,14	-	1022
Laje pré-fabricada em betão armado	0,130	2,5	0,052		2400	
Laje térrea em betão armado	0,250	2,0	0,125		2300	
Betonilha de Regularização em betão leve	0,140	0,33	0,424		800	
Mosaico	0,010	1,3	0,008		2300	
Resistência Interior	-	-	0,100		-	

ANEXO E.
RELATÓRIOS HAP

Dedicated Outdoor Air System (DOAS) Sizing Summary for Teto Radiante Piso 0

Project Name: TFM - Pedro Rebelo - LNEC
Prepared by: isel

04/24/2023
02:53

Air System Information

Air System Name **Teto Radiante Piso 0**
Equipment Class **TERM**
Air System Type **2P-FC**

Number of zones **9**
Floor Area **487,5** m²
Location **Lisbon, Portugal**

Sizing Calculation Information

Calculation Months **Jan to Dec**
Sizing Data **Calculated**

Zone L/s Sizing **Sum of space airflow rates**
Space L/s Sizing **Individual peak space loads**

NOTE: No other data is applicable for a Terminal Units air system without a Dedicated Outdoor Air System (DOAS).

Zone Sizing Summary for Teto Radiante Piso 0

Project Name: TFM - Pedro Rebelo - LNEC
Prepared by: isel

04/24/2023
02:53

Air System Information

Air System Name **Teto Radiante Piso 0**
Equipment Class **TERM**
Air System Type **2P-FC**

Number of zones **9**
Floor Area **487,5** m²
Location **Lisbon, Portugal**

Sizing Calculation Information

Calculation Months **Jan to Dec**
Sizing Data **Calculated**

Zone L/s Sizing **Sum of space airflow rates**
Space L/s Sizing **Individual peak space loads**

Terminal Unit Sizing Data - Cooling

Zone Name	Total Coil Load (kW)	Sens Coil Load (kW)	Coil Entering DB / WB (°C)	Coil Leaving DB / WB (°C)	Water Flow @ 5,0 K (L/s)	Time of Peak Coil Load	Zone L/(s·m ²)
0.06 - Oficina Canaliz.	4,2	3,6	33,5 / 22,2	17,3 / 16,2	0,20	Jul 1600	7,74
0.07 - Oficina Eletric.	5,4	4,2	30,3 / 21,5	16,7 / 15,9	0,26	Jul 1500	5,37
0.09 - Sala de Formação	12,4	10,4	32,7 / 22,0	17,1 / 16,1	0,60	Jul 1700	6,13
0.10 - Sala Realidade V.	8,9	7,1	32,3 / 21,9	16,5 / 15,6	0,43	Jul 1500	5,06
0.11 - Sala Multifunc.	8,9	7,2	30,1 / 21,2	16,7 / 15,8	0,43	Jul 1800	7,33
0.12 - Apoio FCCN	4,5	3,7	28,9 / 21,0	17,1 / 16,3	0,21	Jul 1500	8,86
0.18 - Átrio Principal	1,0	0,9	33,5 / 22,2	17,6 / 16,5	0,05	Jul 1600	2,13
0.24 - Bar	16,7	13,6	31,6 / 21,8	17,0 / 16,0	0,80	Jul 1500	6,04
0.26 - Copa	1,0	0,7	28,1 / 21,0	17,0 / 16,3	0,05	Jul 1500	5,99

Terminal Unit Sizing Data - Heating, Fan, Ventilation

Zone Name	Heating Coil Load (kW)	Heating Coil Ent/Lvg DB (°C)	Htg Coil Water Flow @5,0 K (L/s)	Fan Design Airflow (L/s)	Fan Motor (BHP)	Fan Motor (kW)	OA Vent Design Airflow (L/s)
0.06 - Oficina Canaliz.	4,2	3,4 / 22,5	0,20	185	0,047	0,037	185
0.07 - Oficina Eletric.	3,7	10,5 / 22,5	0,18	261	0,066	0,052	155
0.09 - Sala de Formação	12,3	4,5 / 22,8	0,59	563	0,142	0,113	525
0.10 - Sala Realidade V.	7,7	5,5 / 22,8	0,37	374	0,094	0,075	330
0.11 - Sala Multifunc.	7,0	9,7 / 22,8	0,34	448	0,113	0,090	290
0.12 - Apoio FCCN	3,1	13,8 / 23,8	0,15	259	0,065	0,052	105
0.18 - Átrio Principal	1,1	3,4 / 23,3	0,05	45	0,011	0,009	45
0.24 - Bar	14,2	7,2 / 22,4	0,68	777	0,196	0,155	610
0.26 - Copa	0,5	16,1 / 24,3	0,03	55	0,014	0,011	15

Zone Peak Sensible Loads

Zone Name	Zone Cooling Sensible (kW)	Time of Peak Sensible Cooling Load	Zone Heating Load (kW)	Zone Floor Area (m ²)
0.06 - Oficina Canaliz.	1,9	Jul 1800	0,3	23,9
0.07 - Oficina Eletric.	2,8	Jul 1700	0,5	48,6
0.09 - Sala de Formação	6,0	Jul 1800	1,4	91,7
0.10 - Sala Realidade V.	4,0	Jul 1700	0,8	73,9
0.11 - Sala Multifunc.	4,8	Jul 1800	0,9	61,2
0.12 - Apoio FCCN	2,8	Jul 1100	1,0	29,2
0.18 - Átrio Principal	0,4	Jul 1800	0,1	21,1
0.24 - Bar	8,4	Jul 1500	1,7	128,8
0.26 - Copa	0,6	Jul 1600	0,3	9,1

Zone Sizing Summary for Teto Radiante Piso 0

Project Name: TFM - Pedro Rebelo - LNEC
Prepared by: isel

04/24/2023
02:53

Space Loads and Airflows

Zone Name / Space Name	Mult.	Cooling Sensible (kW)	Time of Peak Sensible Load	Air Flow (L/s)	Heating Load (kW)	Floor Area (m ²)	Space L/(s·m ²)
0.06 - Oficina Canaliz.							
0.06 - Oficina Canaliz.	1	1,9	Jul 1800	185	0,3	23,9	7,74
0.07 - Oficina Eletric.							
0.07 - Oficina Eletric.	1	2,8	Jul 1700	261	0,5	48,6	5,37
0.09 - Sala de Formação							
0.09 - Sala de Formação	1	6,0	Jul 1800	563	1,4	91,7	6,13
0.10 - Sala Realidade V.							
0.10 - Sala Realidade V.	1	4,0	Jul 1700	374	0,8	73,9	5,06
0.11 - Sala Multifunc.							
0.11 - Sala Multifunc.	1	4,8	Jul 1800	448	0,9	61,2	7,33
0.12 - Apoio FCCN							
0.12 - Apoio FCCN	1	2,8	Jul 1100	259	1,0	29,2	8,86
0.18 - Átrio Principal							
0.18 - Átrio Principal	1	0,4	Jul 1800	45	0,1	21,1	2,13
0.24 - Bar							
0.24 - Bar	1	8,4	Jul 1500	777	1,7	128,8	6,04
0.26 - Copa							
0.26 - Copa	1	0,6	Jul 1600	55	0,3	9,1	5,99

Air System Design Load Summary for Teto Radiante Piso 0

Project Name: TFM - Pedro Rebelo - LNEC
Prepared by: isel

04/24/2023
02:53

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 33,3 °C / 22,2 °C			HEATING OA DB / WB 3,2 °C / 2,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	97 m ²	7120	-	97 m ²	-	-
Wall Transmission	171 m ²	408	-	171 m ²	606	-
Roof Transmission	73 m ²	274	-	73 m ²	855	-
Window Transmission	97 m ²	1774	-	97 m ²	5016	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	195 m ²	533	-	195 m ²	444	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	6877 W	5520	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	3548 W	3200	-	0	0	-
People	194	10532	12816	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	29361	12816	-	6921	0
Zone Conditioning	-	30446	12816	-	6762	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	0 L/s	0	-	0 L/s	0	-
Ventilation Load	2260 L/s	20138	-2967	2260 L/s	47709	0
Ventilation Fan Load	0 L/s	0	-	0 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	593	-	-	-593	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	51177	9848	-	53877	0
Terminal Unit Cooling	-	51205	9853	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	53918	-
>> Total Conditioning	-	51205	9853	-	53918	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Dedicated Outdoor Air System (DOAS) Sizing Summary for VRF - Piso 1

Project Name: TFM - Pedro Rebelo - LNEC
Prepared by: isel

04/24/2023
02:54

Air System Information

Air System Name **VRF - Piso 1**
Equipment Class **TERM**
Air System Type **VRF**

Number of zones **25**
Floor Area **456,4** m²
Location **Lisbon, Portugal**

Sizing Calculation Information

Calculation Months **Jan to Dec**
Sizing Data **Calculated**

Zone L/s Sizing **Sum of space airflow rates**
Space L/s Sizing **Individual peak space loads**

NOTE: No other data is applicable for a Terminal Units air system without a Dedicated Outdoor Air System (DOAS).

Zone Sizing Summary for VRF - Piso 1

Project Name: TFM - Pedro Rebelo - LNEC
Prepared by: isel

04/24/2023
02:54

Air System Information

Air System Name **VRF - Piso 1**
Equipment Class **TERM**
Air System Type **VRF**

Number of zones **25**
Floor Area **456,4** m²
Location **Lisbon, Portugal**

Sizing Calculation Information

Calculation Months **Jan to Dec**
Sizing Data **Calculated**

Zone L/s Sizing **Sum of space airflow rates**
Space L/s Sizing **Individual peak space loads**

Terminal Unit Sizing Data - Cooling

Zone Name	Total Coil Load (kW)	Sens Coil Load (kW)	Coil Entering DB / WB (°C)	Coil Leaving DB / WB (°C)	Water Flow @ 5,0 K (L/s)	Time of Peak Coil Load	Zone L/(s·m ²)
1.05 - Gabinete	1,0	0,8	28,6 / 20,4	16,2 / 15,4	-	Jul 1500	3,61
1.06 - Arquivo	1,1	0,9	27,9 / 20,4	16,9 / 16,2	-	Jul 1800	4,02
1.07 - Gabinete	1,0	0,8	28,7 / 20,4	16,1 / 15,4	-	Jul 1500	3,63
1.08 - Arquivo	1,1	0,9	27,9 / 20,4	16,9 / 16,2	-	Jul 1800	4,02
1.09 - Gabinete	1,0	0,8	28,7 / 20,4	16,1 / 15,4	-	Jul 1500	3,63
1.10 - Gabinete	1,2	1,0	27,6 / 20,3	16,9 / 16,2	-	Jul 1800	4,58
1.11 - Sala de Reuniões	3,3	2,7	32,2 / 21,8	16,5 / 15,5	-	Jul 1600	4,70
1.12 - Gabinete	1,2	1,0	27,6 / 20,3	16,9 / 16,2	-	Jul 1800	4,58
1.13 - Gabinete	1,3	1,1	27,5 / 20,1	16,6 / 15,9	-	Jul 1800	4,57
1.14 - Sala de Telefon.	1,1	0,9	29,0 / 20,6	16,4 / 15,6	-	Jul 1500	3,82
1.15 - Gabinete	1,3	1,1	27,5 / 20,1	16,6 / 15,9	-	Jul 1800	4,39
1.16 - Gabinete	1,0	0,8	28,7 / 20,4	16,1 / 15,3	-	Jul 1500	3,67
1.17 - Gabinete	1,2	1,1	27,6 / 20,3	16,9 / 16,2	-	Jul 1800	4,59
1.18 - Gabinete	1,0	0,8	28,7 / 20,4	16,1 / 15,4	-	Jul 1500	3,63
1.19 - Sala de Desenho	3,4	2,9	29,3 / 20,8	16,9 / 16,1	-	Jul 1800	5,34
1.20 - Gabinete	1,0	0,8	28,7 / 20,4	16,1 / 15,4	-	Jul 1500	3,63
1.21 - Gabinete	1,0	0,8	28,6 / 20,4	16,2 / 15,4	-	Jul 1500	3,61
1.28 - Copa	0,5	0,4	30,5 / 21,2	16,4 / 15,6	-	Jul 1500	2,58
1.29 - Gabinete C.D	1,1	1,0	27,4 / 20,0	16,6 / 15,9	-	Jul 1700	5,73
1.30 - Gabinete C.D	1,0	0,8	28,7 / 20,4	16,1 / 15,4	-	Jul 1500	3,63
1.32 - Secretariado	1,3	1,1	29,0 / 20,6	16,3 / 15,5	-	Jul 1500	3,03
1.33 - Gabinete C.D	1,0	0,8	28,7 / 20,4	16,1 / 15,4	-	Jul 1500	3,63
1.34 - Sala Reunião	2,7	2,3	33,5 / 22,2	17,3 / 16,2	-	Jul 1600	5,22
1.35 - Gabinete C.D	1,2	1,1	27,9 / 20,2	16,7 / 16,0	-	Jul 1600	5,58
1.36 - Gabinete Pres.C.D	1,6	1,3	28,0 / 20,3	16,4 / 15,6	-	Jul 1500	3,30

Terminal Unit Sizing Data - Heating, Fan, Ventilation

Zone Name	Heating Coil Load (kW)	Heating Coil Ent/Lvg DB (°C)	Htg Coil Water Flow @10,0 K (L/s)	Fan Design Airflow (L/s)	Fan Motor (BHP)	Fan Motor (kW)	OA Vent Design Airflow (L/s)
1.05 - Gabinete	0,7	14,5 / 24,9	-	55	0,014	0,011	20
1.06 - Arquivo	0,8	15,8 / 25,5	-	69	0,017	0,014	20
1.07 - Gabinete	0,7	14,4 / 25,1	-	54	0,014	0,011	20
1.08 - Arquivo	0,8	15,8 / 25,5	-	69	0,017	0,014	20
1.09 - Gabinete	0,7	14,4 / 25,1	-	54	0,014	0,011	20
1.10 - Gabinete	0,8	16,6 / 24,6	-	82	0,021	0,016	20
1.11 - Sala de Reuniões	3,1	6,3 / 24,2	-	144	0,036	0,029	120
1.12 - Gabinete	0,8	16,6 / 24,6	-	82	0,021	0,016	20
1.13 - Gabinete	0,8	16,7 / 24,9	-	83	0,021	0,017	20
1.14 - Sala de Telefon.	0,8	13,8 / 25,1	-	61	0,015	0,012	25
1.15 - Gabinete	0,8	16,8 / 24,8	-	86	0,022	0,017	20
1.16 - Gabinete	0,7	14,3 / 25,2	-	54	0,014	0,011	20
1.17 - Gabinete	0,8	16,7 / 25,1	-	82	0,021	0,016	20
1.18 - Gabinete	0,7	14,4 / 25,1	-	54	0,014	0,011	20
1.19 - Sala de Desenho	2,9	12,0 / 24,5	-	196	0,049	0,039	100
1.20 - Gabinete	0,7	14,4 / 25,1	-	54	0,014	0,011	20

Zone Sizing Summary for VRF - Piso 1

Project Name: TFM - Pedro Rebelo - LNEC
Prepared by: isel

04/24/2023
02:54

Zone Name	Heating Coil Load (kW)	Heating Coil Ent/Lvg DB (°C)	Htg Coil Water Flow @10,0 K (L/s)	Fan Design Airflow (L/s)	Fan Motor (BHP)	Fan Motor (kW)	OA Vent Design Airflow (L/s)
1.21 - Gabinete	0,7	14,5 / 24,9	-	55	0,014	0,011	20
1.28 - Copa	0,4	9,9 / 24,4	-	24	0,006	0,005	15
1.29 - Gabinete C.D	0,7	17,5 / 24,8	-	76	0,019	0,015	15
1.30 - Gabinete C.D	0,7	14,4 / 25,1	-	54	0,014	0,011	20
1.32 - Secretariado	0,9	13,7 / 23,7	-	73	0,018	0,015	30
1.33 - Gabinete C.D	0,7	14,4 / 25,1	-	54	0,014	0,011	20
1.34 - Sala Reunião	2,9	3,4 / 23,5	-	120	0,030	0,024	120
1.35 - Gabinete C.D	0,9	16,5 / 25,5	-	82	0,021	0,016	20
1.36 - Gabinete Pres.C.D	1,0	16,1 / 25,1	-	93	0,023	0,019	25

VRF Outdoor Unit Sizing Data

	Cooling [kW]	Heating [kW]
Peak Coincident Indoor Unit Loads	32,0	25,3
Estimated Piping / Line Losses	0,0	0,0
Total Required ODU Capacity	32,0	25,3

Note: VRF piping / line losses are based on typical loss factors for this class of equipment. Actual line loss varies widely from one product to another. Therefore, when selecting equipment it is critical to consult manufacturer's guidance to utilize actual line loss data.

Zone Peak Sensible Loads

Zone Name	Zone Cooling Sensible (kW)	Time of Peak Sensible Cooling Load	Zone Heating Load (kW)	Zone Floor Area (m²)
1.05 - Gabinete	0,6	Jul 1100	0,3	15,2
1.06 - Arquivo	0,7	Jul 1800	0,4	17,1
1.07 - Gabinete	0,6	Jul 1100	0,3	15,0
1.08 - Arquivo	0,7	Jul 1800	0,4	17,1
1.09 - Gabinete	0,6	Jul 1100	0,3	15,0
1.10 - Gabinete	0,9	Jul 1800	0,4	18,0
1.11 - Sala de Reuniões	1,5	Jul 1800	0,6	30,6
1.12 - Gabinete	0,9	Jul 1800	0,4	18,0
1.13 - Gabinete	0,9	Jul 1800	0,4	18,1
1.14 - Sala de Telefon.	0,7	Jul 1700	0,3	16,0
1.15 - Gabinete	0,9	Jul 1800	0,4	19,6
1.16 - Gabinete	0,6	Jul 1100	0,3	14,6
1.17 - Gabinete	0,9	Jul 1800	0,4	17,9
1.18 - Gabinete	0,6	Jul 1100	0,3	15,0
1.19 - Sala de Desenho	2,1	Jul 1800	0,8	36,7
1.20 - Gabinete	0,6	Jul 1100	0,3	15,0
1.21 - Gabinete	0,6	Jul 1100	0,3	15,2
1.28 - Copa	0,3	Jul 1800	0,1	9,3
1.29 - Gabinete C.D	0,8	Jul 1800	0,4	13,3
1.30 - Gabinete C.D	0,6	Jul 1100	0,3	15,0
1.32 - Secretariado	0,8	Jul 1800	0,3	24,0
1.33 - Gabinete C.D	0,6	Jul 1100	0,3	15,0
1.34 - Sala Reunião	1,2	Jul 1800	0,4	23,0
1.35 - Gabinete C.D	0,9	Jul 1500	0,5	14,6
1.36 - Gabinete Pres.C.D	1,0	Jul 1600	0,5	28,1

Zone Sizing Summary for VRF - Piso 1

Project Name: TFM - Pedro Rebelo - LNEC
Prepared by: isel

04/24/2023
02:54

Space Loads and Airflows

Zone Name / Space Name	Mult.	Cooling Sensible (kW)	Time of Peak Sensible Load	Air Flow (L/s)	Heating Load (kW)	Floor Area (m ²)	Space L/(s·m ²)
1.05 - Gabinete							
1.05 - Gabinete	1	0,6	Jul 1100	55	0,3	15,2	3,61
1.06 - Arquivo							
1.06 - Arquivo	1	0,7	Jul 1800	69	0,4	17,1	4,02
1.07 - Gabinete							
1.07 - Gabinete	1	0,6	Jul 1100	54	0,3	15,0	3,63
1.08 - Arquivo							
1.08 - Arquivo	1	0,7	Jul 1800	69	0,4	17,1	4,02
1.09 - Gabinete							
1.09 - Gabinete	1	0,6	Jul 1100	54	0,3	15,0	3,63
1.10 - Gabinete							
1.10 - Gabinete	1	0,9	Jul 1800	82	0,4	18,0	4,58
1.11 - Sala de Reuniões							
1.11 - Sala de Reuniões	1	1,5	Jul 1800	144	0,6	30,6	4,70
1.12 - Gabinete							
1.12 - Gabinete	1	0,9	Jul 1800	82	0,4	18,0	4,58
1.13 - Gabinete							
1.13 - Gabinete	1	0,9	Jul 1800	83	0,4	18,1	4,57
1.14 - Sala de Telefon.							
1.14 - Sala Telefonistas	1	0,7	Jul 1700	61	0,3	16,0	3,82
1.15 - Gabinete							
1.15 - Gabinete	1	0,9	Jul 1800	86	0,4	19,6	4,39
1.16 - Gabinete							
1.16 - Gabinete	1	0,6	Jul 1100	54	0,3	14,6	3,67
1.17 - Gabinete							
1.17 - Gabinete	1	0,9	Jul 1800	82	0,4	17,9	4,59
1.18 - Gabinete							
1.18 - Gabinete	1	0,6	Jul 1100	54	0,3	15,0	3,63
1.19 - Sala de Desenho							
1.19 - Sala de Desenho	1	2,1	Jul 1800	196	0,8	36,7	5,34
1.20 - Gabinete							
1.20 - Gabinete	1	0,6	Jul 1100	54	0,3	15,0	3,63
1.21 - Gabinete							
1.21 - Gabinete	1	0,6	Jul 1100	55	0,3	15,2	3,61
1.28 - Copa							
1.28 - Copa	1	0,3	Jul 1800	24	0,1	9,3	2,58
1.29 - Gabinete C.D							
1.29 - Gabinete C.D	1	0,8	Jul 1800	76	0,4	13,3	5,73
1.30 - Gabinete C.D							
1.30 - Gabinete C.D	1	0,6	Jul 1100	54	0,3	15,0	3,63
1.32 - Secretariado							
1.32 - Secretariado	1	0,8	Jul 1800	73	0,3	24,0	3,03
1.33 - Gabinete C.D							
1.33 - Gabinete C.D	1	0,6	Jul 1100	54	0,3	15,0	3,63
1.34 - Sala Reunião							
1.34 - Sala Reunião	1	1,2	Jul 1800	120	0,4	23,0	5,22
1.35 - Gabinete C.D							
1.35 - Gabinete C.D	1	0,9	Jul 1500	82	0,5	14,6	5,58
1.36 - Gabinete Pres.C.D							
1.36 - Gabinete Pres.C.D	1	1,0	Jul 1600	93	0,5	28,1	3,30

Air System Design Load Summary for VRF - Piso 1

Project Name: TFM - Pedro Rebelo - LNEC
Prepared by: isel

04/24/2023
02:54

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 33,0 °C / 22,1 °C			HEATING OA DB / WB 3,2 °C / 2,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	65 m ²	5234	-	65 m ²	-	-
Wall Transmission	192 m ²	459	-	192 m ²	679	-
Roof Transmission	456 m ²	1709	-	456 m ²	5334	-
Window Transmission	65 m ²	1176	-	65 m ²	3378	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	5374 W	4383	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	4560 W	4066	-	0	0	-
People	56	2876	3383	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	19904	3383	-	9391	0
Zone Conditioning	-	20416	3383	-	9159	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	0 L/s	0	-	0 L/s	0	-
Ventilation Load	790 L/s	6626	1197	790 L/s	16545	0
Ventilation Fan Load	0 L/s	0	-	0 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	382	-	-	-382	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	27424	4581	-	25322	0
Terminal Unit Cooling	-	27434	4577	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	0	-	-	25349	-
>> Total Conditioning	-	27434	4577	-	25349	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

ANEXO F.
PAINÉIS RADIANTES



Estudo Teto Radiante

O seu Projeto

Neste documento encontrará toda a informação necessária para que possa avaliar e realizar corretamente a sua instalação de tecnologia radiante Giacomini, começando pela **Pontuação LiCOM**, uma avaliação dos benefícios e economia energética que lhe oferecemos.

Porquê um projeto LiCOM?

O LiCOM nasce, porque acreditamos que o caminho para economizar energia não passa por colocar de lado o conforto, e porque acreditamos ser possível desfrutar de um ambiente mais saudável e sustentável, fazendo um uso mais eficiente e responsável dos recursos ao nosso dispor, em particular da energia.

Neste projeto, será proposta a arquitetura de instalações radiantes com sistemas Giacomini, focado na obtenção do máximo conforto e economia energética; ao mesmo que autoavalia o nível dos benefícios, mediante um método objectivo de avaliação baseado em normas europeias.

Medindo o conforto de baixo impacto

O método de avaliação LiCOM analisa um conjunto de parâmetros objectivos extraídos de normas, que avaliam os aspectos da instalação, tais como a regulação da temperatura de ida, o controlo da humidade relativa, a inércia do sistema, a regulação secundária ou a integração do controlo de ar. Sempre segundo a dupla perspetiva: do conforto e do baixo impacto energético. Finalmente, o resultado desta análise é expresso num único valor, que pontua a instalação sobre um valor ótimo de 100. Deste modo, as nossas propostas de tecnologia radiante serão sempre enviadas com a respetiva pontuação LiCOM, o conforto de baixo impacto.

As tabelas de pontuação e o resultado final serão mostrados de seguida.

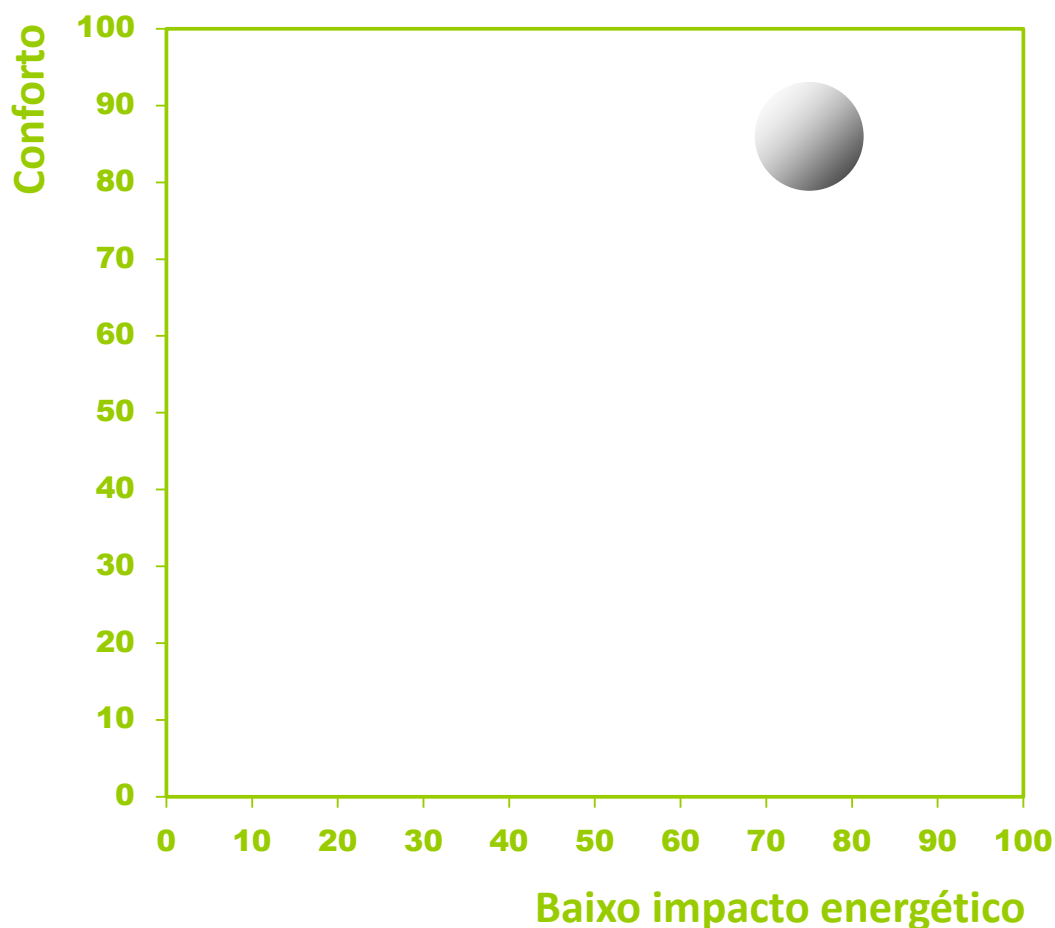
Obrigado por confiar na Giacomini.

Pontuação LiCOM

Pontuação LiCOM
Classificação do projeto

81
Premium

Um projeto é considerado premium quando a pontuação é superior a 80 pontos, Advance quando a pontuação é superior a 65 pontos e Basic quando a pontuação é superior a 50 pontos. Os projetos com uma pontuação inferior a 50 pontos não são considerados.



Pontuação obtida da avaliação de 33 parâmetros de um total de 41, equivalente a um nível de economia energética de 25% com base nas normas UNE EN 15232 Eficiência energética nos edifícios, e com uma percentagem de insatisfeitos inferior a 9% segundo a norma UNE EN 12831 Sistemas de aquecimento em edifícios, UNE EN ISO 7730 Ergonomia do ambiente térmico e UNE EN 15251 Parâmetros do ambiente interior a considerar para o projeto e avaliação da eficiência energética de edifícios.

Critérios de pontuação da eficiência energética (UNE EN 15232)	D	C	B	A
----------------------------------------------------------------	---	---	---	---

Regulação do aquecimento

Regulação da emissão	Regulação automática das divisões individualizadas com o BACS (Building			X
Regulação da temperatura (ida e retorno) da água quente	Regulação com compensação exterior	X		
Controlo das bombas de distribuição	Com controlo Liga/Desliga	X		
Controlo intermitente da emissão e/ou distribuição	Regulação automática com otimização do arranque/paragem			X
Controlo do gerador (fonte térmica)	A temperatura constante	X		
Sequência de diferentes geradores				

Regulação do arrefecimento

Regulação da emissão	Regulação automática das divisões individualizadas com o BACS (Building			X
Regulação da temperatura (ida e retorno) da água quente	Regulação com compensação exterior	X		
Controlo das bombas de distribuição	Com controlo Liga/Desliga	X		
Controlo intermitente da emissão e/ou distribuição	Regulação automática com otimização do arranque/paragem			X
Interligação entre a regulação do aquecimento e da refrigeração	Interligação Total			X
Controlo do gerador (fonte térmica)	A temperatura constante	X		
Sequência de diferentes geradores				

Sistema automático para moradias e controlo de edifícios

Controlo de moradias e edifícios	Otimização centralizada de ajuste de reguladores ou pontos de set point			X
Gestão técnica de edifícios. Detecção de falhas	Sim			X
Gestão técnica de edifícios. Apresentação de reports sobre o consumo e possibilidades de melhoria				

Critérios de pontuação de conforto (UNE-EN 15251 e UNE EN ISO 7730)	IV	III	II	I
---------------------------------------------------------------------	----	-----	----	---

Parâmetros de conforto do ambiente interior em aquecimento

Gradiente vertical das temperaturas na zona ocupada	Variações da temperatura entre os 0,1 m e 2 m em relação ao solo inferiores a 2 graus celsius				X
Temperatura máxima superficial do pavimento					
Assimetria da temperatura radiante: Diferença entre as temperaturas do teto e a ambiente	Inferior a 5 graus celsius				X
Assimetria da temperatura radiante: Diferença entre as temperaturas da parede e a ambiente					
Varição temporal das temperaturas interiores em comparação com as recomendadas	Variações temporais inferiores a 2,5 graus celsius		X		

Parâmetros de conforto do ambiente interior em arrefecimento

Gradiente vertical das temperaturas na zona ocupada	Variações da temperatura entre os 0,1 m e 2 m em relação ao solo inferiores a 2 graus celsius				X
Temperatura superficial mínima do pavimento					
Assimetria da temperatura radiante: diferença entre as temperaturas do teto e a ambiente	Inferior a 14 graus celsius				X
Assimetria da temperatura radiante: diferença entre as temperaturas das paredes e a ambiente					
Varição temporal das temperaturas interiores em relação às recomendadas	Variações temporais inferiores a 1 grau celsius				X

Parâmetros de conforto interiores: qualidade do ar interior

Qualidade do ar interior					
Máxima velocidade média do ar na zona ocupada no verão	superior a 0,24m/s		X		
Máxima velocidade média do ar na zona ocupada no inverno	0,10 m/s				X

Outros parâmetros de pontuação da eficiência energética e do conforto					
Temperatura de ida máxima em aquecimento	<35				X
Inércia térmica do sistema	<50 (gesso)			X	
Elementos de equilibragem de cada circuito do sistema	Caudalímetro, detentor com memória				X
% de cobertura da carga térmica em arrefecimento	>20%		X		
% divisões com termostatos	>80%				X
Visualização da temperatura ambiente	No termostato ou no controlo central				X



Estudo Teto Radiante

Memória técnica

I. MEMÓRIA

1. Objetivo

2. Dados e condições de projeto

3. Descrição do sistema radiante

3.1. Sistema radiante por teto ou parede

3.2. Componentes de teto ou parede radiante

4. Termorregulação do sistema radiante em aquecimento. Regulação primária.

5. Termorregulação do sistema radiante em arrefecimento. Regulação primária.

6. Termorregulação do sistema radiante. Regulação secundária.

1. Objetivo

Esta memória técnica tem por objetivo, auxiliar o projetista e/ou instalador, facultando-lhe a melhor informação possível, para que este possa levar a cabo a instalação do sistema de climatização por tecnologia radiante.

Incluem-se os cálculos, dimensionamentos, seleção de materiais assim como as condições de instalação, de implementação e de manutenção, de acordo com as normas de cumprimento obrigatório, de reconhecido prestígio ou de boa prática.



A validade dos resultados apresentados nesta memória está vinculada à qualidade da informação com que se efectuou o estudo.

No caso de existir algum erro ou variação nos pressupostos de cálculo, contacte a GIACOMINI PORTUGAL para realizar as devidas alterações e adaptar os resultados às necessidades reais.

2. Dados e condições de projeto

Descrição livre (moradia... geriátrico...)

Estudo Teto Radiante

Uso do edifício

Salas de conferências

Localidade

Desconhecido

Estação meteorológica

Desconhecido

Técnico/Comercial

Miguel Rodrigues

DADOS DO REQUERENTE

DADOS DO CLIENTE

CONDIÇÕES DE PROJETO

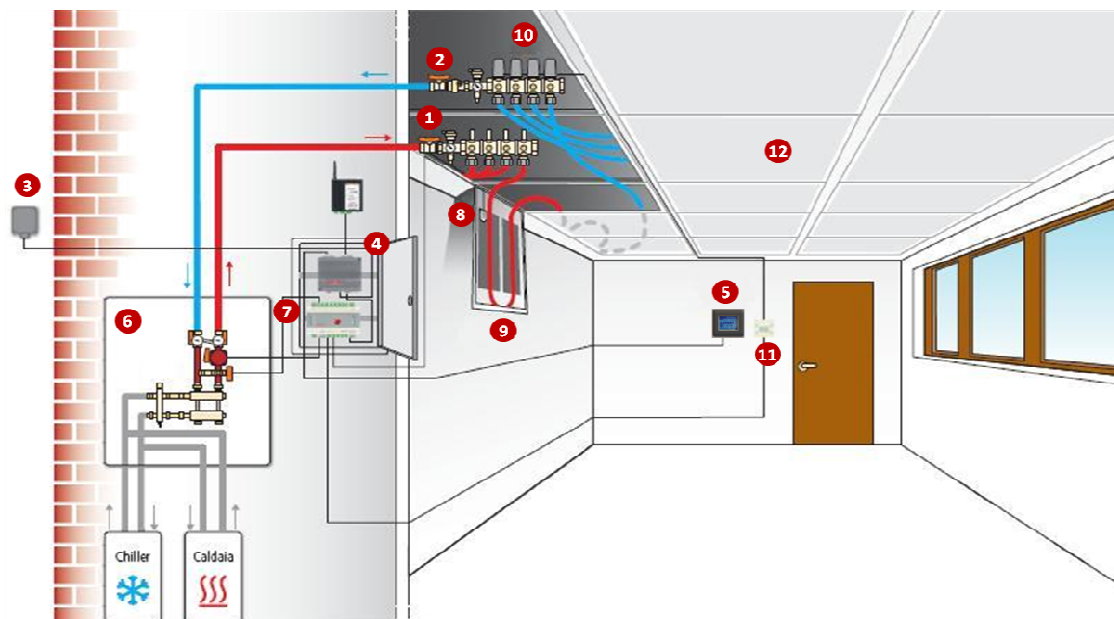
Temperatura interior do ar seco de verão	26 °C
Temperatura interior do ar húmido de verão	18 °C
Temperatura do ar interior de inverno	20 °C
Qualidade do isolamento	Médio
Temperatura exterior mínima de inverno	0 °C
Temperatura exterior de bolbo seco de verão	32 °C
Temperatura exterior de bolbo húmido de verão	22 °C

3. Descrição do sistema radiante

Os sistemas radiantes pertencem ao tipo de instalações térmicas centralizadas, que utilizam a água como um fluido portador de calor, pelo que necessitam duma central de produção de energia térmica, uma rede hidráulica de distribuição e um emissor de calor.

A natureza do emissor e localização: pavimento, parede ou teto, assim como a sua configuração determinará a capacidade do sistema para trocar calor com o ambiente climatizado, o seu rendimento e o consumo de energia primária.

3.1. Sistema radiante por teto ou parede



Na imagem da figura está representado um sistema de teto radiante, formado por um teto ativo (12), no qual circula água quente ou fria proveniente do coletor de distribuição (10).

A montante, um grupo universal (6) que incorpora um controlo da temperatura de ida da água aos circuitos, impulsiona a água tratada termicamente na fonte térmica até aos coletores através de uma rede de condutas.

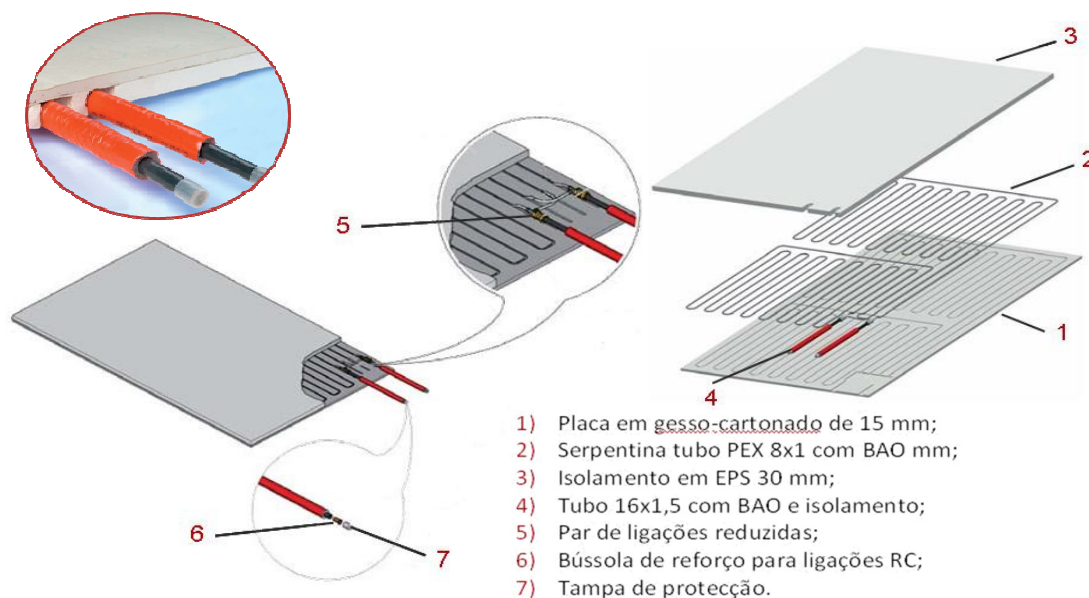
O sistema de regulação (4) gere o sistema através do controlo da temperatura de ida e das emissões de calor em cada divisão. A qualidade e avanço tecnológico do sistema de regulação incide diretamente ao nível do conforto presenciado e da poupança energética do sistema.

O utilizador controla diretamente a temperatura de cada divisão através do termostato ambiente (11), com capacidade para gerir diretamente o fan-coil e a emissão de calor do sistema radiante. Também é possível incorporar um controlo centralizado (5) com cronos de funcionamento e visualização de dados.

3.2. Componentes de teto ou parede radiante

A solução de climatização com tecnologia radiante apresentada neste estudo, incorpora vários componentes, cujas características essenciais e funções vêm descritas de seguida. A quantidade destes componentes e o seu preço são indicados no ponto Proposta.

PLACA ATIVA GKCS



- 1) Placa em gesso-cartonado de 15 mm;
- 2) Serpentina tubo PEX 8x1 com BAO mm;
- 3) Isolamento em EPS 30 mm;
- 4) Tubo 16x1,5 com BAO e isolamento;
- 5) Par de ligações reduzidas;
- 6) Bússola de reforço para ligações RC;
- 7) Tampa de protecção.

A placa ativa da série GKCS é constituída por uma camada de 15 mm em cartão-gesso, em contacto com o ar ambiente e, na face oposta, por circuitos de tubos em Pe-X - 8x1 mm com barreira anti-oxigénio, fixos numa camada isolante em EPS de 30 mm. É fornecida nas dimensões padrão de 1200x2000, 1200x1000 e 600x2000 permitindo efetuar tanto o revestimento de paredes como a colocação em tetos falsos suspensos.

Estas placas são instaladas como qualquer outra placa em cartão-gesso, e ligam-se aos coletores mediante tubo em Pb 16x1,5 mm; deste modo podem ser usados os mesmos coletores utilizados para o pavimento radiante.

ADAPTADORES R179



O sistema de união R179 permite ao instalador ligar os circuitos hidráulicos ao coletor de distribuição, com fiabilidade e no mínimo espaço de tempo. Esta união, totalmente desmontável, garante a estanquicidade da ligação através do o-ring interior e do anel de aperto exterior.

A certificação DVGW, obtida depois da realização de testes de fadiga térmica e mecânicos exigidos pelas normas DIN, proporcionaram ao conjunto tubo-acessório a obtenção da CERTIFICAÇÃO DO SISTEMA, que garante uma vida útil do conjunto superior a 50 anos nas condições de uso normais.

COLETOR R53M + R53V



O coletor modular de encaixe rápido R53 permite montar rapidamente coletores com um número de saídas variável em função das necessidades. Formando assim um coletor de ida e outro de retorno, fixos por dois suportes, em chapa de aço com tratamento antioxidante e com sistema de fixação por abraçadeira isofónica.

O coletor de ida com corpo em latão estampado é dotado para cada circuito de um medidor de caudal, 0-5 l/min e de um detentor, que permite regular o caudal em circulação para o ajustar às condições de projeto na fase de implementação. Este detentor, incorpora um anel de bloqueio (memória), que permite fechar e isolar completamente o circuito.

O coletor de retorno vem dotado de válvulas termostatizáveis com assento em EPDM, de fácil substituição sem que haja necessidade de esvaziar o circuito, e que permitem o controlo da água em circulação em combinação com o sistema de regulação secundária.

GRUPO INTERMÉDIO R554D



O grupo intermédio, que se instala na ida e retorno de cada coletor, inclui termómetro, purgador de ar automático e torneira de descarga, o que permite levar a cabo as operações de arranque da instalação de forma simples: enchimento, teste de estanquicidade, purga, etc.

VÁLVULA DE ESFERA R259



A válvula de esfera cromada R259, com manípulo em borboleta, permite isolar cada coletor do resto da instalação assim como a sua total desconexão.

ATUADOR ELETROTÉRMICO R473 / R478



As cabeças electotérmicas R473 (NC) e R478 (NO) permitem controlar eletricamente cada um dos circuitos do sistema radiante, permitindo a separação entre zonas a climatizar.

VÁLVULA MISTURADORA DE GRANDE CAUDAL R297 E MOTOR PROPORCIONAL K275



A válvula misturadora R297, com os seus 5 modelos (DN20-DN50) juntamente com o motor K275 permite a regulação da temperatura de ida em instalações de grande caudal.

Permite caudais até 12.500 l/h.

4. Termorregulação do sistema radiante em aquecimento. Regulação primária.

A regulação da contribuição térmica dos sistemas radiantes de cada divisão climatizada tem por objetivo manter as condições interiores da temperatura do ar, da temperatura média radiante e assim, da temperatura operativa, dentro das condições de projeto.

Para tal, é necessário que o sistema de climatização conte com os dispositivos necessários à conveniente regulação da temperatura de ida da água (regulação primária) assim como dos elementos que permitam controlar a contribuição do sistema radiante em cada divisão (regulação secundária).

A regulação primária pode ser a ponto fixo modulante, contribuindo em cada caso com diferentes níveis de conforto e eficiência energética; esta pode ser obtida diretamente a partir do sistema de produção térmica: de caldeiras a baixa temperatura ou de condensação, de bombas de calor geotérmicas ou bombas de calor ar água.

Também é possível obter uma temperatura ida fixa através de elementos de regulação termostática ou eletrónica, situados no próprio coletor ou no grupo universal, responsável por impulsionar a água aos coletores do sistema radiante.

As regulações primária e secundária, juntamente com a gestão correta do ar primário dotarão os espaços climatizados com as condições exigíveis para obter o nível máximo de conforto e de poupança energética.

REGULAÇÃO DA TEMPERATURA DE IDA DA ÁGUA AOS CIRCUITOS RADIANTES. REGULAÇÃO PRIMÁRIA EM MODULAÇÃO COM CENTRALINA KPM30

A regulação primária em modulação estabelece uma temperatura variável da água de ida aos circuitos radiantes em função de critérios de regulação incorporados na centralina KPM30.

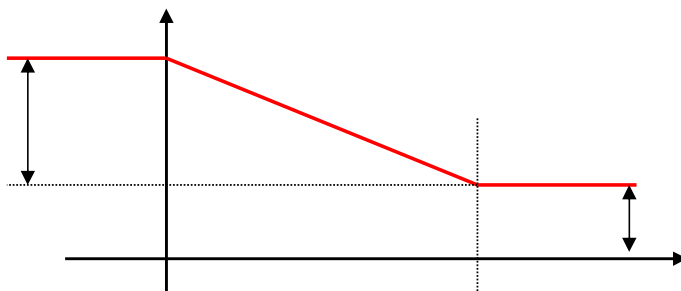


Esta temperatura pode ser obtida tendo em conta as condições exteriores (compensação climática exterior), ou interiores (compensação climática interior), ou ambas (monitorização do salto térmico).

Em ambos os casos, a variação da temperatura de ida será obtida através de elementos de regulação eletrónica situados no próprio coletor ou no grupo universal, responsável por impulsionar a água aos coletores do sistema radiante.

REGULAÇÃO DA TEMPERATURA DE IDA DA ÁGUA AOS CIRCUITOS RADIANTES. REGULAÇÃO PRIMÁRIA COM COMPENSAÇÃO CLIMÁTICA EXTERIOR.

A compensação climática exterior permite a regulação automática da temperatura ótima de impulsão da água aos circuitos do sistema radiante em função das condições exteriores, com base numa curva como a seguinte:



Deste modo, a temperatura de ida ótima é determinada pela centralina e é proporcional às necessidades térmicas, que dependem em grande parte, das condições exteriores.

5. Termorregulação do sistema radiante em arrefecimento. Regulação primária.

REGULAÇÃO DA TEMPERATURA DE IMPULSÃO DA ÁGUA AOS CIRCUITOS RADIANTES. REGULAÇÃO PRIMÁRIA EM MODULAÇÃO COM CENTRALINA KPM30

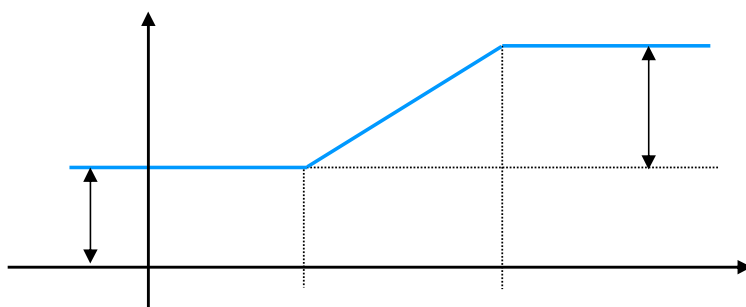
A regulação primária em modulação, estabelece uma temperatura de impulsão da água aos circuitos radiantes variável em função de critérios de regulação incorporados na centralina KPM30.

Esta temperatura pode ser obtida tendo em conta as condições exteriores (compensação climática exterior) ou interiores (Cálculo do ponto de condensação).

Em qualquer dos casos, a variação da temperatura de ida será obtida através de elementos de regulação eletrónica situados no próprio coletor ou no grupo universal, responsável por impulsionar a água aos coletores do sistema radiante.

REGULAÇÃO DA TEMPERATURA DE IDA DA ÁGUA AOS CIRCUITOS RADIANTES. REGULAÇÃO PRIMÁRIA COM COMPENSAÇÃO CLIMÁTICA EXTERIOR.

A compensação climática exterior permite a regulação automática da temperatura ótima de impulsão da água aos circuitos do sistema radiante em função das condições exteriores, com base numa curva como a seguinte:



Deste modo, a temperatura de ida ótima é determinada pela centralina e é proporcional às necessidades térmicas, que dependem em grande parte, das condições exteriores.

REGULAÇÃO DA TEMPERATURA DE IMPULSÃO DA ÁGUA AOS CIRCUITOS RADIANTES. REGULAÇÃO PRIMÁRIA CONSIDERANDO A HUMIDADE RELATIVA DO AMBIENTE.

Este tipo de regulação permite enviar a água aos circuitos radiantes à temperatura mínima possível, sem que haja risco da ocorrência de condensações, otimizando assim o rendimento do sistema radiante.

A temperatura ótima de impulsão é determinada pela centralina KPM30 e varia em função das condições térmicas e higrométricas detetadas pelos termostatos do sistema.

6. Termorregulação do sistema radiante. Regulação secundária.

A regulação secundária tem por objetivo, controlar a emissão de calor dos sistemas radiantes nas divisões climatizadas e manter as condições interiores da temperatura ambiente, da temperatura média radiante e, assim, da temperatura operativa dentro das condições de conforto.

DISPLAY KD201



A unidade Display KD410 é um terminal de visualização e controlo dos parâmetros do sistema da série KLIMABUS. A ser utilizado nos sistemas Giacomini de aquecimento e/ou arrefecimento radiante por pavimento ou por teto.

Esta unidade permite a gestão centralizada do sistema de climatização radiante e tem como principais funções:

- comutar o modo de condução VERÃO/INVERNO centralmente;
- visualizar e modificar individualmente os parâmetros dos dispositivos K492B ligados ao bus do sistema;
- visualizar e modificar parâmetros a configurar em função da instalação.

Tudo isto é conseguido através da interação do utilizador através de simples toques no display percorrendo facilmente os seus menus intuitivos.

MÓDULO DE EXPANSÃO KPM35



O módulo de expansão KPM35 tem duas principais funções:

- expandir a capacidade do sistema KLIMABUS;
- funciona como interface para a supervisão local.

TERMOSTATO K492B. REGULAÇÃO SECUNDÁRIA.



O termostato K492B permite regular a temperatura ambiente em cada divisão através da variação do caudal, tudo/nada do fluido portador de calor, que circula pelos circuitos do sistema radiante.

Permite ao utilizador selecionar os modos de funcionamento: Conforto e Off, tornando possível adequar a temperatura da divisão ao valor desejado através das teclas de modificação da temperatura.

O display permite a visualização em qualquer momento da temperatura ambiente da divisão climatizada e outras informações como a modalidade de funcionamento e o tipo de regulação (verão/inverno).

O termostato deve ser instalado num local representativo da divisão, dentro da zona ocupada, a uma altura em relação ao solo de 1,4 m.

Dimensionamento do sistema de teto radiante
P21.11698-V1

Piso	ZONA	Sup. m ²	Tipo de teto	KS-60Y120	KS-120Y200	KS-60Y200	GK60x60	GK60x60	GK60x120	GK60x120	GK120	GK120 NA	GK60	GK60 NA	PAREDE	PAREDE 60	Nome do Coletor	Nº Circuitos Necessários	Distância ao coletor	Caudal Total por LOCAL	Caudal Total por Circuito	Caudal Total por Circuito	Perda de carga do circuito	Emissão térmica	Absorção térmica
																								Ti = 35 °C	Ti = 14 °C
																						W	W		
PB	006 - Oficina C	23,9	GKC-S														Col. Teto- 1	1	13	160,00	160,00	2,75	2 218	304	281
PB	007 - Oficina E	48,6	GKC-S														Col. Teto- 1	2	9	320,00	160,00	2,75	2 081	608	561
PB	009 - S. Formação	91,7	GKC-S	2	12	9											Col. Teto- 2	8	6	1368,00	171,00	2,75	2 007	2 597	2 400
PB	010 - S. R. Virtual	73,9	GKC-S														Col. Teto- 1	2	5	560,00	280,00	4,75	2 297	1 063	982
PB	012 - S. Apoio	24,2	GKC-S														Col. Teto- 1	1	10	160,00	160,00	2,75	2 115	304	281
PB	018 - Recepção	8,5	GKC-S														Col. Teto- 3	1	7	120,00	120,00	2,00	1 907	228	211
PB	024/024 - Bar e Copa	129,7	GKC-S														Col. Teto- 3	6	7,5	1320,00	220,00	3,75	2 259	2 506	2 316
TOTAL:		401																		57,5	4 008			7 609	7 031

DEFINIÇÕES:

Tipo de teto:	É o modelo de teto radiante atribuído à zona. GKCS ou GKC para acabamento de gesso e GK para teto radiante metálico.
Nome do Coletor:	É o nome do coletor ao qual se devem ligar os circuitos dessa zona.
Nº Circuitos Necessários:	É o número de circuitos necessários para cobrir a superfície radiante com as placas atribuídas e uma perda de carga aceitável.
Distância ao coletor:	É a distância entre o coletor e a zona onde se instala o teto radiante. É determinada em função da localização dos coletores.
Caudal Total por LOCAL:	É o caudal de água que deve circular por cada zona para garantir uma emissão térmica de cálculo, com base no método de cálculo da UNE-EN-1264.
Caudal Total por Circuito:	É o caudal de água que deve circular por cada circuito para garantir uma emissão térmica de cálculo, com base no método de cálculo da UNE-EN-1264.
Perda de carga do circuito:	É a perda de carga de cada circuito, sem ter em conta o coletor instalado.
Ti	Temperatura de ida da água

Se os valores indicados nesta tabela não coincidirem com a realidade do projeto, contacte a GIACOMINI Portugal para realizar as devidas alterações

Coletores de teto
P21.11698-V1

Nº	Tipo de Coletor	Piso	Nome	Circuitos (máx. 12)	Caudal (l/h)	Perda de carga máxima (mmca)	Termostatos Atribuídos	Cabeças	Válvula de Zona	Subcentral hidráulica atribuída
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	R53-M-V Col. Mod. com caudalímetro	PB	Col. Teto- 1	6	1 200	4 544	4	6	0	Sub. teto-1
2	R53-M-V Col. Mod. com caudalímetro	PB	Col. Teto- 2	8	1 368	4 254	1	8	0	Sub. teto-1
3	R53-M-V Col. Mod. com caudalímetro	PB	Col. Teto- 3	7	1 440	4 505	2	7	0	Sub. teto-1
TOTAL:				21	4 008	4 544	7	21	0	

DEFINIÇÕES:

Piso:	Planta do edifício onde se encontra instalado o coletor.
Nome:	Nome do coletor.
Circuitos (máx. 12):	É o número de circuitos de teto radiante do coletor.
Caudal (l/h):	É o caudal que deve circular pelo coletor.
Perda de carga máxima (mmca):	Representa a perda de carga do circuito mais desfavorável juntamente com a perda de carga do próprio coletor.
Termostatos Atribuídos:	É o número de termostatos afetos a este coletor.
Cabeças:	É o número de cabeças elétricas previstas para este coletor.
Válvula de Zona:	Indica se o coletor está previsto que se instale com válvula de zona.
Subcentral hidráulica atribuída:	É a subcentral hidráulica associada ao coletor.

Se os valores indicados nesta tabela não coincidirem com a realidade do projeto, contacte a GIACOMINI Portugal para realizar as devidas alterações

Subcentrais teto
P21.11698-V1

Nº	Tipo de Subcentral	Caudal (l/h)	Nome	Caudal Máximo (l/h)	Perda de carga máxima (mca)	Cumpre Caudal?	Inclui BOMBA Circuladora	Inclui V3V	Zonas de regulação
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	DN 32	4 008	Sub. teto-1	6 000	7	SIM	Não	Sim	7
TOTAL:		4 008							7

DEFINIÇÕES:

Caudal (l/h):	Caudal que deve circular pela subcentral hidráulica.
Nome:	Nome da subcentral hidráulica.
Caudal Máximo (l/h):	Caudal máximo associado à subcentral selecionada.
Inclui BOMBA Circuladora:	Indica se a subcentral é fornecida com a bomba incorporada.
Inclui V3V:	Indica se a subcentral é fornecida com a válvula misturadora de três vias.
Zonas de regulação:	É o número de zonas previstas para regulação afetos ao circuito hidráulico da subcentral.
Se os valores indicados nesta tabela não coincidirem com a realidade do projeto, contacte a GIACOMINI Portugal para realizar as devidas alterações	

ANEXO G.
VENTILOCONVECTORES

Projecto:
Oferta:

1.1.1.0 GCB1.UWW.SE5 Cassette-Geko® 1 Pcs.

Alvalade / 0.06-Oficina Canaliz.

FLÄKTGROUP CASSETTE-GEKO

Big Single

Estágio de capacidade 1

- Funcionamento em recirculação de ar para
- Arrefecimento e aquecimento em sistema a 2 tubos

CONSTITUIÇÃO BASIC

- unidade com estrutura autoportante em chapa de aço galvanizado sendzimir, com revestimento exterior em chapa de aço com isolamento interno em polietileno
- Material de construção classe B2 (DIN 4102)

VENTILADOR CENTRIFUGO

- Com única admissão de ar, com pás curvadas para trás
- Com rolamentos de esferas de baixo ruído e sem manutenção
- accionamento directo através da variação continua do motor EC, 230 V/50/60Hz, Sinal de controlo 0-10V/DC
- Impulsor plástico
- Classe de protecção IP44
- Classe de isolamento F
- Com integrado° protecção do motor
- contacto livre de volts como mensagem de erro colectiva para motor de ventilador e bomba de condensado
- Regulação de velocidade MIN...MAX (regulação escalonada ou modo de variação continua dependendo no sistema de controlo) (de acordo com a DIN EN 60335-1 deverá ser fornecido com corte de todos os pólos. Este dispositivo de corte deverá ser fornecido por outros no local.)

PERMUTADOR DE CALOR

Adequado para o arrefecimento ou aquecimento em sistema a 2-tubos com:

- 2 fiadas para arrefecimento e 1 fiada para aquecimento
- Meio de aquecimento água quente, temp.max. do caudal 80°C
- Meio de arrefecimento água refrigerada, temp.min. do caudal 6°C
- Conteúdo máx. de Glicol 50%
- ligações da bateria com rosca fêmea R 3/4"
- tubos em cobre com alhetas de alumínio
- Pressão de funcionamento máximo 16 bar
- Purga e válvula de drenagem (apenas para permutadores de calor com água/glicol)

TABULEIRO DE CONDENSADOS

- Tabuleiro de condensados principal em poliestireno expandido com admissão integrada para o ventilador
- Material de construção classe B2 (DIN 4102)
- Tabuleiro de condensados auxiliar constituído em ABS
- para recolher o condensado das válvulas de controlo (fornecidos separadamente)

FILTRO

- Meio filtrante sintético, regenerativo

Projecto:
Oferta:

- Qualidade de filtragem G1 (DIN EN 779)
- De fácil substituição

BOMBA DE CONDENSADOS

- bomba elevatória de condensado integrada
- cabeça de entrega máxima 1 m>p>- potência nominal 27 W>p>- interruptor flutuante de 2 níveis>p>- todas as cablagens internas são executadas em bloco de terminais e estão prontas para ligações no local

DESIGN DO PAINEL

Design do painel atractivo e elegante,
constituído por:
-Painel e grelha de admissão pintado em poliestireno,
-Deflectores, ajustável individualmente,
-Material de construção classe B2 (DIN 4102)
Tonalidade do painel semelhante a RAL 9003 (sinal branco)
Deflectores semelhantes a RAL 9003 (sinal branco)

Límites de aplicação unidade básica

Máx. Pressão/temperatura de funcionamento 1,6 Mpa (16 bar) @ 85°C
Máx. Temperatura ambiente 40°C
Temperatura ambiente mínima 6°C
Temperatura mínima do líquido refrigerante 6°C
envolvente IP20
Unknown Tag
Modo de disposição Standard

Dados técnicos

		1	2	3	4	5
Velocidade						
Caudal ar	m ³ /h	620	770	920	1150	1530
Ventilador(es):						
Potência	W	9	16	24	45	115
SFPv	kW/(m ³ /s)	0.05	0.07	0.09	0.14	0.27
Consumo de corrente	A	0.09	0.13	0.19	0.34	0.83
Tensão / frequência	V/Hz	1 x 230/50.00				
Controlo de tensão Motor EC	V	1.24	2.69	4.13	6.34	9.99

Arrefecimento:

Ar

Temperatura entrada	°C	25.0				
Temperatura saída	°C	13.3	13.4	13.6	13.8	14.1
HR retorno	%	50				
HR insuflação	%	88	89	89	89	90
Condensados	l/h	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Condensados	g/kg	1.7	1.5	1.4	1.3	1.1

Meio

Meio de arrefecimento:		Água				
Temperatura entrada	°C	7.0				
Temperatura saída	°C	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Caudal mássico	kg/h	559	674	783	942	1186
Perda carga no perm.calor	kPa	2.44	3.44	4.52	6.33	9.69
Perda de carga na válvula	kPa	4.99	7.27	9.81	14.18	22.51
perda de carga mínima de corte da válvula	kPa	12.90	18.77	25.34	36.62	58.13
Cap.Arrefecimento tot.	kW	3.23	3.89	4.52	5.42	6.82
Cap.Arrefecimento sens.	kW	2.42	2.96	3.48	4.27	5.54
Classe energética Eurovent / FCEER		A	234.04			

Aquecimento:

Ar

Temperatura entrada	°C	20.0				
Temperatura saída	°C	34.4	33.6	33.1	32.3	31.4
HR retorno	%	50				
HR insuflação	%	22	22	23	24	25

Meio

Projecto:
Oferta:

Meio aquecimento:		Água				
Temperatura entrada	°C	45.0				
Temperatura saída	°C	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Caudal mássico	kg/h	522	616	705	832	1026
Perda carga no perm.calor	kPa	4.62	6.31	8.12	11.11	16.53
Perda de carga na válvula	kPa	4.40	6.13	8.01	11.16	16.99
perda de carga mínima de corte da válvula	kPa	11.37	15.82	20.69	28.83	43.89
Cap.Aquecimento	kW	3.01	3.55	4.06	4.79	5.90
Classe energética Eurovent / FCCOP		A	339.92			
Nível sonoro*(A-ponderado) para uma unidade						
Potência sonora	dB(A)	34	40	44	51	59
Pressão sonora	dB(A)	31	37	41	47	56
Curva NR	NR	28	33	37	44	53
Curva NC	NC	25	31	35	43	52
*)condições de medição:						
Distância	m	5.0				
Volume da sala	m ³	100				
Tempo de reverberação	s	2.0				
Factor de direccionalidade		Área central				
Dimensões e peso						
Largura	mm	822				
Altura	mm	322				
Profundidade	mm	822				
Peso	kg	44.0				

A certificação dos dados de desempenho, condições e a certificação do software de cálculo devem ser verificadas em www.eurovent-certification.com.

Fabricante: FläktGroup
Tipo: GCB1.UWW.SE5

1.1.2.0 VT32525.1B Válvula 1 Pcs.

FLÄKTGROUP EQUIPADO COM VÁLVULA PARA CASSETTE GEKO

seoaramente, para instalação no local por outros

PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO EM SISTEMA A 2 TUBOS

CIRCUITO DE ARREFECIMENTO:

- Tipo de função do actuador da válvula
- Actuador termostático 230V
- Tipo de construção do corpo da válvula
- 3 - Vias
- Valor - Kvs = 2,50
- Ligação de rosca macho R 3/4", vedação plana
- a pressão diferencial máxima quando a válvula ainda fecha é de 50 kPa
- Válvulas de corte
- Ligações de parafusos para corte e pré-configuração
- Pré-configuração permanente
- Valor - Kvs= 2.20
- 2 peças para entrada e saída de água
- rosca macho R3/4"

CIRCUITO DE AQUECIMENTO:

- Funcionalidade da unidade da válvula:
- tracção termoelétrica (230V~, 2 pontos)
- Concepção do modelo do corpo da válvula:
- 3 vias
- Kvs-valor= 2,50
- rosca externa de parafuso G 3/4", vedação plana
- a pressão diferencial máxima quando a válvula ainda fecha é de 50 kPa

Projecto:
Oferta:

1.2.1.0 GCS1.UWW.SE5 Cassette-Geko® 1 Pcs.

Alvalade / 0.18-Atrio

FLÄKTGROUP CASSETTE-GEKO

Simplex

Estágio de capacidade 1

- Funcionamento em recirculação de ar para
- Arrefecimento e aquecimento em sistema a 2 tubos

CONSTITUIÇÃO BASIC

- unidade com estrutura autoportante em chapa de aço galvanizado sendzimir, com revestimento exterior em chapa de aço com isolamento interno em polietileno
- Material de construção classe B2 (DIN 4102)

VENTILADOR CENTRIFUGO

- Com única admissão de ar, com pás curvadas para trás
- Com rolamentos de esferas de baixo ruído e sem manutenção
- accionamento directo através da variação continua do motor EC, 230 V/50/60Hz, Sinal de controlo 0-10V/DC
- Impulsor plástico
- Classe de protecção IP44
- Classe de isolamento F
- Com integrado° protecção do motor
- contacto livre de volts como mensagem de erro colectiva para motor de ventilador e bomba de condensado
- Regulação de velocidade MIN...MAX (regulação escalonada ou modo de variação continua dependendo no sistema de controlo) (de acordo com a DIN EN 60335-1 deverá ser fornecido com corte de todos os pólos. Este dispositivo de corte deverá ser fornecido por outros no local.)

PERMUTADOR DE CALOR

Adequado para o arrefecimento ou aquecimento em sistema a 2-tubos com:

- 2 fiadas para arrefecimento e 1 fiada para aquecimento
- Meio de aquecimento água quente, temp.max. do caudal 80°C
- Meio de arrefecimento água refrigerada, temp.min. do caudal 6°C
- Conteúdo máx. de Glicol 50%
- ligações da bateria com rosca fêmea R 1/2"
- tubos em cobre com alhetas de alumínio
- Pressão de funcionamento máximo 16 bar
- Purga e válvula de drenagem (apenas para permutadores de calor com água/glicol)

TABULEIRO DE CONDENSADOS

- Tabuleiro de condensados principal em poliestireno expandido com admissão integrada para o ventilador
- Material de construção classe B2 (DIN 4102)
- Tabuleiro de condensados auxiliar constituído em ABS
- para recolher o condensado das válvulas de controlo (fornecidos separadamente)

FILTRO

- Meio filtrante sintético, regenerativo

Projecto:
Oferta:

- Qualidade de filtragem G1 (DIN EN 779)
- De fácil substituição

BOMBA DE CONDENSADOS

- bomba elevatória de condensado integrada
- cabeça de entrega máxima 1 m>p>- potência nominal 27 W>p>- interruptor flutuante de 2 níveis>p>- todas as cablagens internas são executadas em bloco de terminais e estão prontas para ligações no local

DESIGN DO PAINEL

Design do painel atractivo e elegante,
constituído por:
-Painel e grelha de admissão pintado em poliestireno,
-Deflectores, ajustável individualmente,
-Material de construção classe B2 (DIN 4102)
Tonalidade do painel semelhante a RAL 9003 (sinal branco)
Deflectores semelhantes a RAL 9003 (sinal branco)

Límites de aplicação unidade básica

Máx. Pressão/temperatura de funcionamento 1,6 Mpa (16 bar) @ 85°C
Máx. Temperatura ambiente 40°C
Temperatura ambiente mínima 6°C
Temperatura mínima do líquido refrigerante 6°C
envolvente IP20
Unknown Tag
Modo de disposição Standard

Dados técnicos

		1	2	3	4	5
Velocidade						
Caudal ar	m ³ /h	250	330	480	660	850
Ventilador(es):						
Potência	W	7	9	16	31	57
SFPv	kW/(m ³ /s)	0.10	0.09	0.12	0.17	0.24
Consumo de corrente	A	0.06	0.07	0.13	0.24	0.41
Tensão / frequência	V/Hz	1 x 230/50.00				
Controlo de tensão Motor EC	V	3.06	3.92	5.53	7.47	9.51

Arrefecimento:

Ar

Temperatura entrada	°C	25.0				
Temperatura saída	°C	13.1	13.0	13.3	13.6	14.2
HR retorno	%	50				
HR insuflação	%	98	98	98	98	95
Condensados	l/h	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5
Condensados	g/kg	0.9	0.9	0.8	0.6	0.5

Meio

Meio de arrefecimento:		Água				
Temperatura entrada	°C	7.0				
Temperatura saída	°C	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Caudal mássico	kg/h	202	272	376	489	588
Perda carga no perm.calor	kPa	0.98	1.67	3.01	4.87	6.82
Perda de carga na válvula	kPa	0.65	1.18	2.26	3.83	5.52
perda de carga mínima de corte da válvula	kPa	1.68	3.05	5.85	9.88	14.26
Cap.Arrefecimento tot.	kW	1.17	1.55	2.15	2.80	3.40
Cap.Arrefecimento sens.	kW	0.99	1.31	1.87	2.49	3.05
Classe energética Eurovent / FCEER		B	168.07			

Aquecimento:

Ar

Temperatura entrada	°C	20.0				
Temperatura saída	°C	33.8	32.9	31.7	30.7	29.9
HR retorno	%	50				
HR insuflação	%	22	23	25	26	28

Meio

Projecto:
Oferta:

Meio aquecimento:		Água				
Temperatura entrada	°C	45.0				
Temperatura saída	°C	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Caudal mássico	kg/h	202	250	330	416	499
Perda carga no perm.calor	kPa	3.65	5.46	9.30	14.54	20.58
Perda de carga na válvula	kPa	1.61	2.45	4.29	6.83	9.80
perda de carga mínima de corte da válvula	kPa	3.92	5.98	10.44	16.62	23.86
Cap.Aquecimento	kW	1.16	1.44	1.89	2.39	2.86
Classe energética Eurovent / FCCOP		B	247.08			

Nível sonoro*(A-ponderado) para uma unidade

Potência sonora	dB(A)	29	36	45	53	60
Pressão sonora	dB(A)	26	33	42	50	57
Curva NR	NR	21	28	38	46	53
Curva NC	NC	18	26	36	45	52

***)condições de medição:**

Distância	m	5.0
Volume da sala	m ³	100
Tempo de reverberação	s	2.0
Factor de direccionalidade		Área central

Dimensões e peso

Largura	mm	575
Altura	mm	298
Profundidade	mm	575
Peso	kg	27.0

A certificação dos dados de desempenho, condições e a certificação do software de cálculo devem ser verificadas em www.eurovent-certification.com.

Fabricante: FläktGroup
Tipo: GCS1.UWW.SE5

1.2.2.0 VT32516.1S Válvula 1 Pcs.

FLÄKTGROUP EQUIPADO COM VÁLVULA PARA CASSETTE GEKO

seoaramente, para instalação no local por outros

PARA AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO EM SISTEMA A 2 TUBOS

CIRCUITO DE ARREFECIMENTO:

- Tipo de função do actuador da válvula
- Actuador termostático 230V
- Tipo de construção do corpo da válvula
- 3 - Vias
- Valor - Kvs = 2,50
- Ligação de rosca macho R 3/4", vedação plana
- a pressão diferencial máxima quando a válvula ainda fecha é de 50 kPa
- Válvulas de corte
- Ligações de parafusos para corte e pré-configuração
- Pré-configuração permanente
- Valor - Kvs= 2.20
- 2 peças para entrada e saída de água
- rosca macho R3/4"

CIRCUITO DE AQUECIMENTO:

- Funcionalidade da unidade da válvula:
- tracção termoelétrica (230V~, 2 pontos)
- Concepção do modelo do corpo da válvula:
- 3 vias
- Kvs-valor= 1.60
- rosca externa de parafuso G1/2", vedação plana
- a pressão diferencial máxima quando a válvula ainda fecha é de 150 kPa

ANEXO H.
BOMBA DE CALOR REVERSIVEL

TECHNICAL SELECTION

Software version: ELCA World v. 1.7.4.0
User: Marta Correia
Database version: 1.8.4.0
Print data:07/11/2022 10:45



TECHNICAL SELECTION

NX-N-G06 /CA /0302P

Reversible unit, air source for outdoor installation



Code	NX-N-G06 /CA /0302P	
Version	CA	
Size	0302P	
Power supply	V/ph/Hz	400/3/50

1	TECHNICAL SELECTION	pg.3
1.1	Performance at design conditions	pg.3
1.2	Part load data	pg.4
1.3	Exchangers	pg.5
1.4	Fans	pg.5
1.5	Compressors	pg.6
1.6	Noise data	pg.6
1.7	Operating limits	pg.8
1.8	Electrical data	pg.9
1.9	Accessories	pg.9
1.10	Weight & dimensions	pg.10
1.11	Technical documentation - regulation (eu) no 813/2013 - heat pumps for space heating	pg.11

1 TECHNICAL SELECTION

Software version: ELCA World v. 1.7.4.0
Database version: 1.8.4.0
User: Marta Correia
Print data: 07/11/2022 10:45
Calculation type: EN 14511 - EN 14825



NX-N-G06 /CA /0302P



1.1 PERFORMANCE AT DESIGN CONDITIONS

RUNNING CONDITIONS

COOLING

HEAT EXCHANGER USER SIDE

Fluid type		WATER
Glycol	%	0
Fouling factor	m ² K/kW	0.000
Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	12.00
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	7.00
Water flow	l/s	3.714
Pressure drop at the heat exchanger	kPa	34.0
Available unit head	kPa	0.00

OUTDOOR CONDITION

Air temperature (cooling mode)	°C	35.0
--------------------------------	----	------

HEATING

HEAT EXCHANGER USER SIDE

Fluid type		WATER
Glycol	%	0
Fouling factor	m ² K/kW	0.000
Fluid inlet temperature (heating mode)	°C	40.00
Fluid outlet temperature (heating mode)	°C	45.00
Water flow	l/s	4.021
Pressure drop at the heat exchanger	kPa	39.8
Available unit head	kPa	0.00

OUTDOOR CONDITION

Air temperature (heating mode)	°C	7.0
--------------------------------	----	-----

COOLING (EN 14511)

Cooling capacity	kW	77.50
Compressor power input	kW	21.29
Fans power input (cooling mode)	kW	4.00
Total power input	kW	25.60
EER	kW/kW	3.030
ESEER EN 14511	kW/kW	3.910

HEATING (EN14511)

Total heating capacity	kW	83.50
Compressors power input (heating mode)	kW	22.63
Fan power input (heating mode)	kW	2.20
Total power input	kW	25.20
COP	kW/kW	3.320

SCOP

The performance shown are obtained from theoretical calculations and tolerances will apply. Rpt.version: 1.0.6.0

TECHNICAL SELECTION

Software version: ELCA World v. 1.7.4.0
 Database version: 1.8.4.0
 User: Marta Correia
 Print data: 07/11/2022 10:45
 Calculation type: EN 14511 - EN 14825



NX-N-G06 /CA /0302P



SCOP Official (Reg. 813/2013 EU)

LOW TEMPERATURE

Type climate		Average
Temperature application	°C	35
Type flow		Fixed
Type Temperature		Variable
Bivalent temperature	°C	-5.0
PDesign	kW	70.7
Qhe	kWh	40276
SCOP		3.63
Performance ηs	%	142
Seasonal efficiency class		-

SCOP Editable (EN 14825)

LOW TEMPERATURE

Type climate		Colder	Average	Warmer
Temperature application	°C	0.00	35.00	0.00
Type flow		-	Fixed	-
Type Temperature		-	Variable	-
Bivalent temperature	°C	0.0	-5.0	0.0
PDesign	kW	0.00	70.7	0.00
Qhe	kWh	0	40276	0
SCOP		0.00	3.63	0.00
Performance ηs	%	0	142	0
Seasonal efficiency class		-	-	-

Note

Any SCOP values different from what is reported in commercial documentations are due to the different configuration of the unit and/or different calculation parameters input by the user.

1.2 PART LOAD DATA

COOLING PARTIAL LOADS

Load	%	100.0	90.0	80.0	70.0	60.0	50.0	40.0	30.0	20.0	10.0
Outdoor air temperature	°C	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Cooling load	kWh	78	70	62	54	47	39	31	23	16	8
Fans power input (cooling mode)	kW	4.00	3.66	3.32	2.98	2.64	2.28	1.87	1.46	1.06	0.65
Total power input	kW	25.60	22.80	20.10	17.30	14.60	12.00	9.830	7.680	5.550	3.400
Temp. evaporator inlet	°C	12.00	11.50	11.00	10.50	10.01	9.65	9.65	9.65	9.65	9.65
Temp. evaporator outlet	°C	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Evaporator water flow	l/s	3.715	3.714	3.714	3.714	3.713	3.713	3.713	3.713	3.713	3.713
EER	kW/kW	3.030	3.050	3.090	3.130	3.190	3.230	3.150	3.020	2.790	2.280
Note		Note: italics texts mean integrated values under minimum step									

The performance shown are obtained from theoretical calculations and tolerances will apply. Rpt.version: 1.0.6.0

TECHNICAL SELECTION

Software version: ELCA World v. 1.7.4.0
 Database version: 1.8.4.0
 User: Marta Correia
 Print data: 07/11/2022 10:45
 Calculation type: EN 14511 - EN 14825



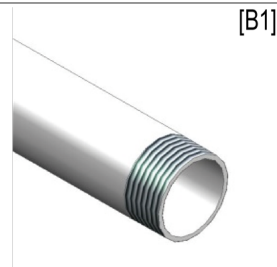
NX-N-G06 /CA /0302P



HEATING PART LOAD											
Load	%	100.0	90.0	80.0	70.0	60.0	<i>50.0</i>	<i>40.0</i>	<i>30.0</i>	<i>20.0</i>	<i>10.0</i>
Outdoor air temp.	°C	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	<i>7.0</i>	<i>7.0</i>	<i>7.0</i>	<i>7.0</i>	<i>7.0</i>
Heating load	kWh	84	75	67	59	50	<i>42</i>	<i>33</i>	<i>25</i>	<i>17</i>	<i>8</i>
Total power input	kW	25.20	22.60	20.00	17.40	14.80	<i>12.40</i>	<i>10.20</i>	<i>7.970</i>	<i>5.750</i>	<i>3.550</i>
Condenser input temperature	°C	40.00	40.50	41.00	41.50	42.00	<i>42.24</i>	<i>42.24</i>	<i>42.24</i>	<i>42.24</i>	<i>42.24</i>
Condenser output temperature	°C	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	<i>45.00</i>	<i>45.00</i>	<i>45.00</i>	<i>45.00</i>	<i>45.00</i>
Condenser fluid flow	l/s	4.021	4.021	4.021	4.021	4.021	<i>4.021</i>	<i>4.021</i>	<i>4.021</i>	<i>4.021</i>	<i>4.021</i>
COP	kW/kW	3.310	3.330	3.340	3.370	3.400	<i>3.380</i>	<i>3.290</i>	<i>3.150</i>	<i>2.900</i>	<i>2.350</i>
Note	Note: italics texts mean integrated values under minimum step										

1.3 EXCHANGERS

HEAT EXCHANGER USER SIDE		
Typology		PLATE
Quantity	N°	1
Type of connections		[B1] - Male threaded pipe (EN 10226 - R: external taper thread)
Diameter of connections		2"
Min flow	l/s	2.056
Max flow	l/s	4.833
Heat exchanger water content	l	5.00
Minimum water content admitted in the plant	l	201



1.4 FANS

Fans type		AXIAL AC
Quantity	N°	2
Total fans power input	kW	4.00
F.L.I.	kW	2x2
F.L.A.	A	2x3.9

COOLING		
Total fans power input	kW	4.00
Air flow	m³/s	11.51
Available static pressure	Pa	0

HEATING		
Total fans power input	kW	2.20
Air flow	m³/s	8.41
Fan available static pressure	Pa	0

The performance shown are obtained from theoretical calculations and tolerances will apply. Rpt.version: 1.0.6.0

TECHNICAL SELECTION

Software version: ELCA World v. 1.7.4.0
 Database version: 1.8.4.0
 User: Marta Correia
 Print data: 07/11/2022 10:45
 Calculation type: EN 14511 - EN 14825



NX-N-G06 /CA /0302P



1.5 COMPRESSORS

COMPRESSORS

Compressor type		SCROLL
Compressors nr.	N°	2
No. Circuits	N°	1
Number of capacity steps	N°	2
Min. capacity step	%	50
Regulation		STEPS
Oil charge	kg	5.40
F.L.I. - Max absorbed power	kW	2x15.4
F.L.A. - Max absorbed current	A	2x24.9
L.R.A. - Locked rotor amperes for single compressor	A	2x172

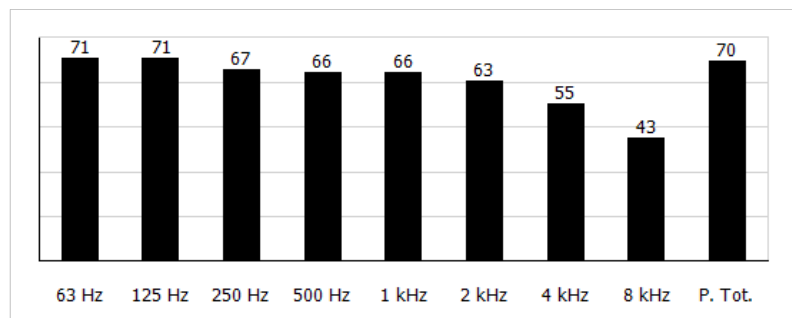
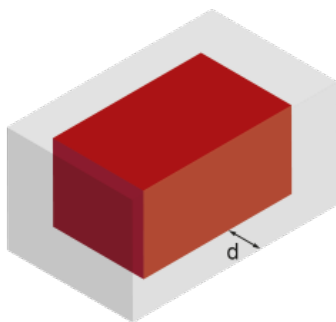
REFRIGERANT

Refrigerant		R454B
Theoretical refrigerant charge	kg	18.0
GWP100 value (from IPCC AR5)		467
CO2 equivalent	t	8.41

1.6 NOISE DATA

SOUND DATA COLD

Frequencies	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Sound power (spectrum)	dB	89	89	85	84	84	81	73	61
Total sound power level in cooling	dB(A)	88							
Sound pressure level (spectrum)	dB	71	71	67	66	66	63	55	43
Total sound Pressure	dB(A)	70							



SOUND DATA OUTDOOR HOT

Total sound power level in heating	dB(A)	89
------------------------------------	-------	----

The performance shown are obtained from theoretical calculations and tolerances will apply. Rpt.version: 1.0.6.0

TECHNICAL SELECTION

Software version: ELCA World v. 1.7.4.0
Database version: 1.8.4.0
User: Marta Correia
Print data: 07/11/2022 10:45
Calculation type: EN 14511 - EN 14825



NX-N-G06 /CA /0302P



Note

Distance	m	1
Note	Average sound pressure level at 1 m distance, unit in a free field on a reflective surface; non-binding value calculated from the sound power level. Sound power on the basis of measurements taken in compliance with ISO 9614.	

TECHNICAL SELECTION

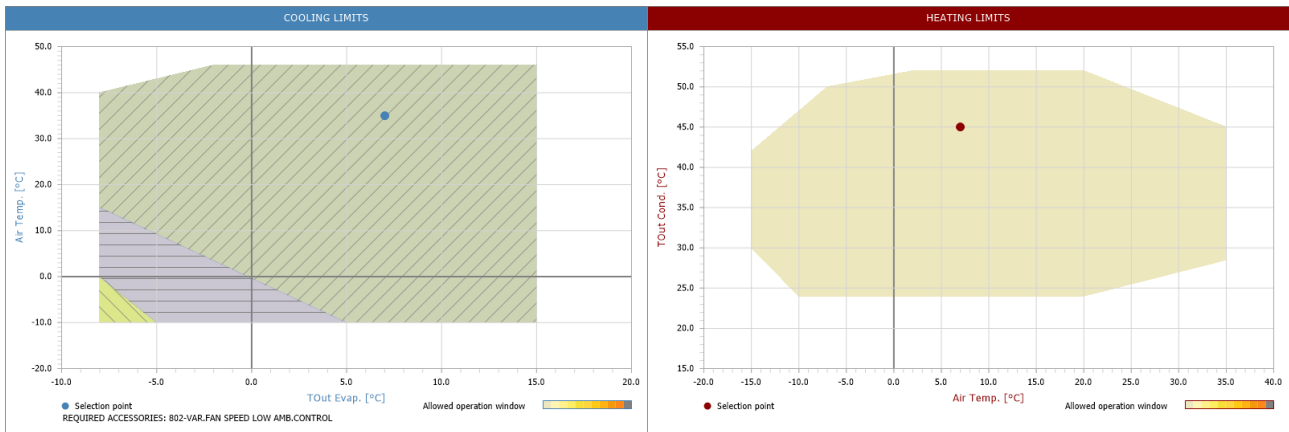
Software version: ELCA World v. 1.7.4.0
 Database version: 1.8.4.0
 User: Marta Correia
 Print data: 07/11/2022 10:45
 Calculation type: EN 14511 - EN 14825



NX-N-G06 /CA /0302P



1.7 OPERATING LIMITS



COOLING LIMITS	HEATING LIMITS
<ul style="list-style-type: none"> 802-VAR.FAN SPEED LOW AMB.CONTROL 821-DVV2F 819-DVWF 	

The performance shown are obtained from theoretical calculations and tolerances will apply. Rpt.version: 1.0.6.0

TECHNICAL SELECTION

Software version: ELCA World v. 1.7.4.0
Database version: 1.8.4.0
User: Marta Correia
Print data: 07/11/2022 10:45
Calculation type: EN 14511 - EN 14825



NX-N-G06 /CA /0302P



1.8 ELECTRICAL DATA

Power supply	V/ph/Hz	400/3/50
F.L.I. - Max absorbed power	kW	34.80
F.L.A. - Max absorbed current	A	58
S.A. - Inrush current	A	205

1.9 ACCESSORIES

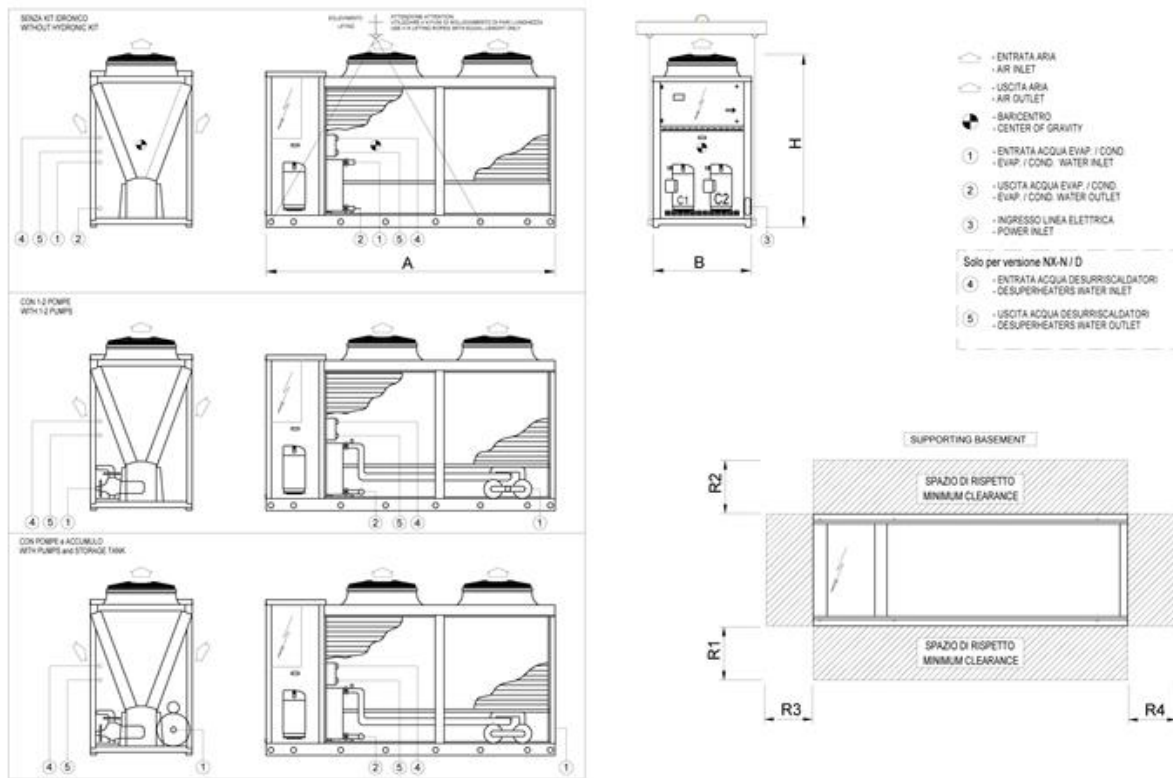
REQUIRED ACCESSORIES

Accessory	802 - VAR.FAN SPEED LOW AMB.CONTROL
-----------	-------------------------------------

The performance shown are obtained from theoretical calculations and tolerances will apply. Rpt.version: 1.0.6.0

1.10 WEIGHT & DIMENSIONS

A	mm	2825
B	mm	1195
H	mm	1980
Operating weight	kg	830
R1	mm	1000
R2	mm	1000
R3	mm	1000
R4	mm	1000



The performance shown are obtained from theoretical calculations and tolerances will apply. Rpt.version: 1.0.6.0



TECHNICAL DOCUMENTATION - REGULATION (EU) No 813/2013 - Heat pumps for space heating

NX-N-G06 /CA /0302P			
Air-to-water heat pump:	yes / no		yes
Water-to-water heat pump:	yes / no		no
Brine-to-water heat pump:	yes / no		no
Low-temperature heat pump:	yes / no		yes
With supplementary heater:	yes / no		no
Mixed unit with heat pump:	yes / no		no
Temperature application (1)	(low 35°C/ medium 55°C)		low 35°C
Water flow rate	fixed / variable		fixed
Outlet temperature	fixed / variable		variable
Parameters are declared for average/warmer/colder climate conditions (1)	average / warmer / colder		average
Rated heat output at T_{designh}	Prated = P_{designh}	[kW]	71
Seasonal space heating energy efficiency	η_s	[%]	142
Seasonal space heating energy efficiency class	-	-	
Declared capacity for heating for part load at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature T _j			
Declared capacity for heating with outdoor temperature T _j = - 7 °C	P _{dh}	[kW]	54.8
Declared capacity for heating with outdoor temperature T _j = +2 °C	P _{dh}	[kW]	38.1
Declared capacity for heating with outdoor temperature T _j = +7 °C	P _{dh}	[kW]	49.3
Declared capacity for heating with outdoor temperature T _j = +12 °C	P _{dh}	[kW]	56.5
Declared capacity for heating with outdoor temperature T _j = Bivalent temperature	P _{dh}	[kW]	57.1
Declared capacity for heating with outdoor temperature T _j = Operation limit temperature	P _{dh}	[kW]	52.0
For air-to-water heat pumps: T _j = - 15 °C (if TOL < - 20 °C)	P _{dh}	[kW]	-
Bivalent temperature	T _{biv}	[°C]	-5
Degradation coefficient	C _{dh}	-	0.90
Declared coefficient of performance or primary energy ratio for part load at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature T _j			
Declared coefficient of performance with outdoor temperature T _j = - 7 °C	COP _d	-	2.87
Declared coefficient of performance with outdoor temperature T _j = +2 °C	COP _d	-	3.65
Declared coefficient of performance with outdoor temperature T _j = +7 °C	COP _d	-	4.83
Declared coefficient of performance with outdoor temperature T _j = +12 °C	COP _d	-	5.68
Declared coefficient of performance with outdoor temperature T _j = Bivalent temperature	COP _d	-	3.02
Declared coefficient of performance with outdoor temperature T _j = Operation limit temperature	COP _d	-	2.70
For air-to-water heat pumps: T _j = - 15 °C (if TOL < - 20 °C)	COP _d	-	-
For air-to-water HP : Operation limit temperature	TOL	[°C]	-15
Heating water operating limit temperature	WTOL	[°C]	42
Power consumption in modes other than active mode			
Off mode	POFF	[kW]	0.000
Thermostat-off mode	PTO	[kW]	0.640
Standby mode	PSB	[kW]	0.239
Crankcase heater mode	PCK	[kW]	0.239
Supplementary heater			
Nominal heating capacity	P _{sup}	[kW]	18.7
Other items			
Capacity control	fixed / variable		variable
Sound power level, indoors	LWA	[dB(A)]	-
Sound power level, outdoors	LWA	[dB(A)]	89
Annual electricity consumption for heating	QHE	[kWh]	40276
Outdoor heat exchanger			
For air-to-water HP: Rated air flow rate, outdoors	Q _{airsource}	[m³/h]	30276.01
For water-/brine-to-water heat pumps: Rated brine or water flow rate, outdoor heat exchanger	Q _{water/brine source}	[m³/h]	-

Contact details: Mitsubishi Electric Hydronics & IT Cooling Systems S.p.A., via Caduti di Cefalonia 1 - 36061 Bassano del Grappa (VI) - Italy
(1) The parameters are declared for application at medium temperature, except in the case of low temperature heat pumps. For low temperature heat pumps, the parameters are declared for application at low temperature.

NOTE: Technical data referred to selected unit.

ANEXO I.
BOMBAS PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO

Quantid.	Descrição
----------	-----------

1	MAGNA3 40-150 F
---	------------------------



Nota! Imagem do produto pode diferir do prod. real

Código: [97924271](#)

A bomba MAGNA3 é um circulador de rotor húmido, sendo a escolha ideal para qualquer projeto de construção. Com sua eficiência, alcance operacional e recursos de comunicação, o MAGNA3 é ideal para a criação de sistemas de aquecimento e refrigeração de alto desempenho.

As principais características da bomba MAGNA3 são:

- Tela colorida com infográficos 3D
- Índice EEI médio <0,19
- Baixo nível de ruído
- Entrada analógica configurável
- Arranque/paragem ocorre por meio de entrada digital
- Relés de estado e alarme configuráveis em NO ou NC
- Vários protocolos de comunicação com cartões CIM (opcional)
- Função multibomba sem fios entre dois circuladores (bombas simples)
- Sensor integrado de temperatura e pressão diferencial.
- Válido para aplicações de água quente doméstica (N - versões em aço inoxidável)
- Kit de isolamento integrado
- Grundfos Eye - fornece informações sobre o estado da bomba
- Comunicação e relatórios via Grundfos GO

MAGNA3 é a escolha superior para uma ampla gama de aplicações de aquecimento e refrigeração, incluindo:

- Superfícies de aquecimento
- Loops de mistura, especialmente compatível com Grundfos MIXIT
- Superfícies de ar condicionado
- Sistemas de bombeamento geotérmico
- Aplicações de refrigeração pequenos

Para se adaptar a todas as aplicações do mercado, a bomba MAGNA3 possui as seguintes características:

- AutoAdapt, a bomba ajusta-se automaticamente às características atuais do sistema
- FlowAdapt, que reduz a necessidade de válvulas de estrangulamento, reduzindo custos com componentes do sistema
- Controlo de pressão proporcional
- Controlo de pressão constante
- Controlo de temperatura constante
- Controlo de curva constante
- FlowLimit
- Monitorização de energia térmica (requer um sensor de temperatura adicional)
- Controlo de temperatura diferencial (requer um sensor de temperatura adicional)
- Modo noturno

Líquido:

Líquido bombeado: Água de aquecimento

Gama de temperatura do líquido: -10 .. 110 °C

Temperatura do líquido durante operação: 2 °C

Densidade: 992.2 kg/m³

Quantid.	Descrição
1	<p>Técnicos:</p> <p>Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma: 3824 rpm</p> <p>Caudal efectivo calculado: 3.13 l/seg</p> <p>Altura manométrica resultante da bomba: 102 kPa</p> <p>Classe TF: 110</p> <p>Approvals: CE,VDE,EAC,MOROCCO,UKCA,TSERCM,UkrSEPRO</p> <p>Materiais:</p> <p>Corpo da bomba: Ferro fundido EN-GJL-250 ASTM A48-250B</p> <p>Impulsor: PES 30% FIBRA DE VIDRO</p> <p>Instalação:</p> <p>Gama de temperatura ambiente: 0 .. 40 °C</p> <p>Pressão máx. de funcionamento: 10 bar</p> <p>Flange padrão: DIN</p> <p>Ligação à tubagem: DN 40</p> <p>Estágio da pressão: PN 6/10</p> <p>Distância entre flanges: 250 mm</p> <p>Car. eléctricas:</p> <p>Pot. abs. - P1: 17 .. 608 W</p> <p>Frequência da rede: 50 / 60 Hz</p> <p>Voltagem nominal: 1 x 230 V</p> <p>Consumo máximo de energia: 0.19 .. 2.78 A</p> <p>Classe de protecção (IEC 34-5): X4D</p> <p>Classe de isolamento (IEC 85): F</p> <p>Outros:</p> <p>Energia (EEI): 0.18</p> <p>Peso líquido: 16 kg</p> <p>Peso bruto: 17.6 kg</p> <p>Volume de expedição: 0.039 m³</p> <p>Dinamarca VVS N°: 380952415</p> <p>Suécia RSK n°: 5732490</p> <p>Finlândia LVI n°: 4615149</p> <p>Noruega NRF n°: 9042663</p> <p>Environmental approvals: CN ROHS,WEEE</p>

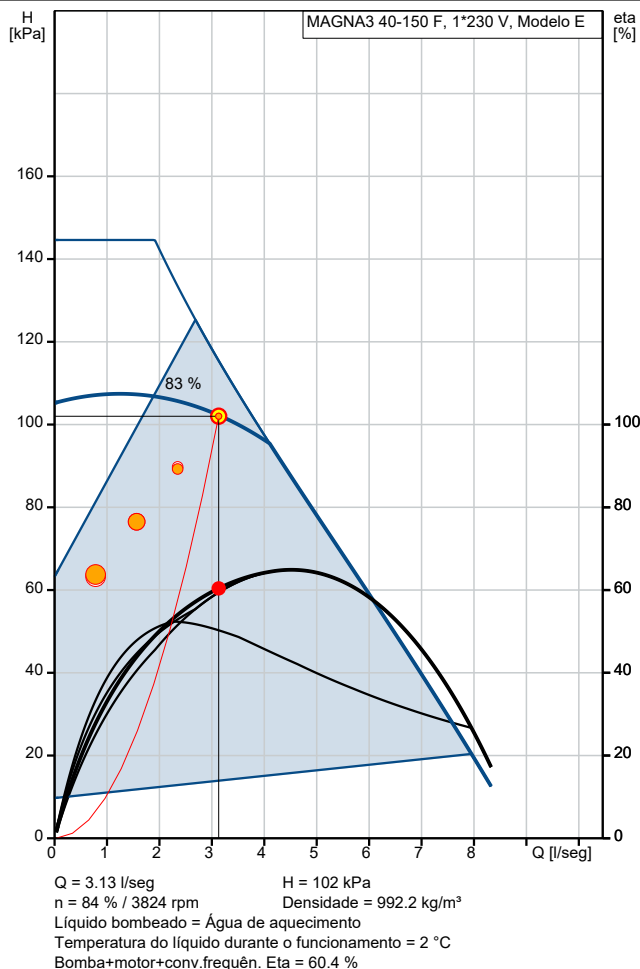
Nome empresa:

Criado por:

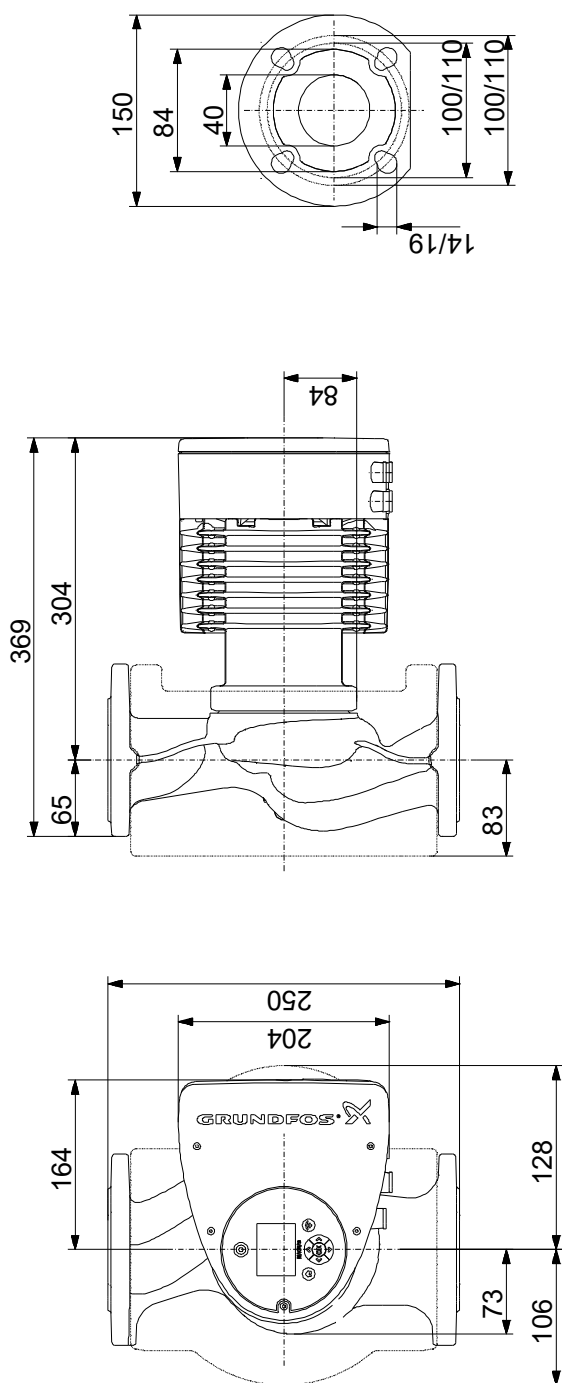
Telefone:

Data:

Descrição	Valor
Inf. geral:	
Designação do produto:	MAGNA3 40-150 F
Código::	97924271
Número EAN::	5710626493463
Técnicos:	
Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma:	3824 rpm
Caudal efectivo calculado:	3.13 l/seg
Altura manométrica resultante da bomba:	102 kPa
Altura manométrica máxima:	150 dm
Classe TF:	110
Approvals:	CE,VDE,EAC,MOROCCO,UKCA,TSERCM,UkrSEPRO
Modelo:	E
Materiais:	
Corpo da bomba:	Ferro fundido
Corpo da bomba:	EN-GJL-250
Corpo da bomba:	ASTM A48-250B
Impulsor:	PES 30% FIBRA DE VIDRO
Instalação:	
Gama de temperatura ambiente:	0 .. 40 °C
Pressão máx. de funcionamento:	10 bar
Flange padrão:	DIN
Ligação à tubagem:	DN 40
Estágio da pressão:	PN 6/10
Distância entre flanges:	250 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Água de aquecimento
Gama de temperatura do líquido:	-10 .. 110 °C
Temperatura do líquido durante operação:	2 °C
Densidade:	992.2 kg/m ³
Car. eléctricas:	
Pot. abs. - P1:	17 .. 608 W
Frequência da rede:	50 / 60 Hz
Voltagem nominal:	1 x 230 V
Consumo máximo de energia:	0.19 .. 2.78 A
Classe de protecção (IEC 34-5):	X4D
Classe de isolamento (IEC 85):	F
Outros:	
Energia (EEI):	0.18
Peso líquido:	16 kg
Peso bruto:	17.6 kg
Volume de expedição:	0.039 m ³
Dinamarca VVS N°:	380952415
Suécia RSK n°:	5732490
Finlândia LVI n°:	4615149
Noruega NRF n°:	9042663
Environmental approvals:	CN ROHS,WEEE



97924271 MAGNA3 40-150 F



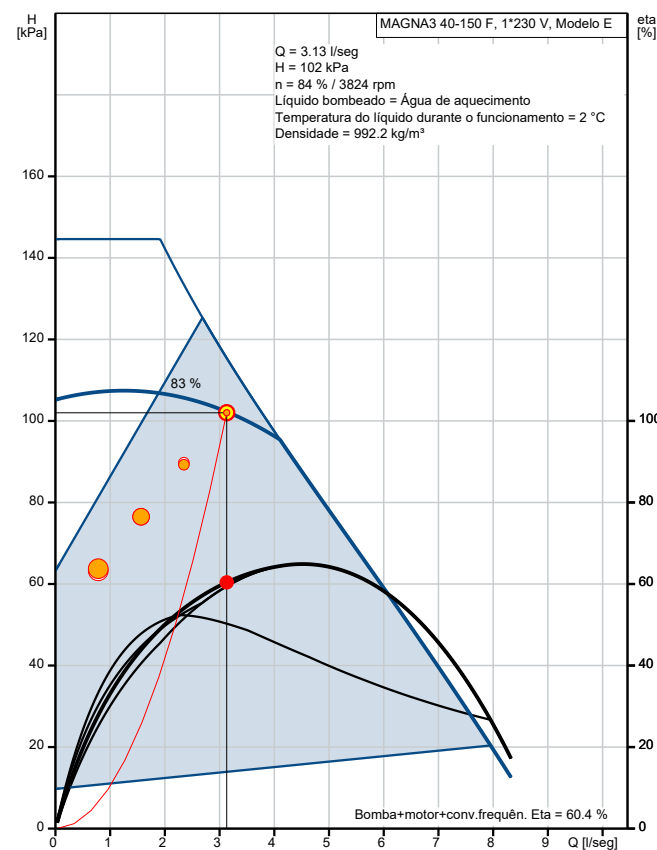
Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.

Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

97924271 MAGNA3 40-150 F

Entrada	
Geral	
Design da bomba	1
Aplicação	Aquecimento
Área aplicação	Edifícios comerciais
Tipo de instalação	Distribuição
Instalação	Circulador principal
Caudal (Q)	3.13 l/seg
Altura manométrica (H)	102.8 kPa
Conectividade BMS	Não
Crítério de avaliação	Índice preferência
Preferir entrega rápida	Não
Os seus requisitos	
Líquido bombeado	Água de aquecimento
Temperatura mín. do líquido	7 °C
Temperatura máx. do líquido	45 °C
Temperatura do líquido durante o funcionamento	40 °C
Pressão máx. de operação	10 bar
Pressão mín. de entrada	1.5 bar
Subdimensionamento de caudal permitido	10 %
Modo de controlo	
Modo de controlo	Pressão prop.
Redução a baixo caudal	50 %
Pumps with external frequency converter	50 Hz e 60 Hz
Classe de protecção	IP20
Cabinet wanted	Não
Permitir velocidade fixa	Sim
Controlo remoto por controlador externo	Não
Editar perfil de carga	
Estação de aquecimento	285 dias
Perfil de carga	Perfil normal
Funcionamento nocturno reduzido	Não
	1
	2
	3
	4
	5
Consumo Q1	25.0 %
Consumo Q2	50.0 %
Consumo Q3	75.0 %
Consumo Q4	100.0 %
Consumo Q5	0 %
Consumo Q1	0.7778 l/seg
Consumo Q2	1.556 l/seg
Consumo Q3	2.361 l/seg
Consumo Q4	3.139 l/seg
Consumo Q5	0 l/seg
Tempo T1	3010 h/a
Tempo T2	2394 h/a
Tempo T3	1026 h/a
Tempo T4	410 h/a
Tempo T5	0 h/a
Configuração	
Seleccionar tipo de hidráulica	Paralelo
Número total de bombas	1
Design da bomba	
Material da bomba	Ferro fundido ou aço inoxidável
Condições de funcionamento	
Frequência	50 Hz
Fase	1 ou 3
Limite de potência mín. para arranque SD	5.5 kW
Tensão	1 x 230 ou 3 x 400 V
Temperatura Ambiente	20 °C
Custo cic. vida	

Result.dimen.	
Tipo	MAGNA3 40-150 F
Quantid.	1
Motor	
Cdl.	3.13 l/seg
Alt.	102 kPa
Pre. mín. entrada	0.11 bar (45 °C, contra a atmosfera)
Pot. P1	0.529 kW
Bomba+mot. Eta	60.4 % =Bom. Eta * Mot. Eta
Tot. Eta	60.4 % =Eta relativa ao ponto funcion.
Consumo de energia	1674 kWh/Ano
Emissões CO2	954 kg/year/Ano
Preço	A pedido
Custo Cic. Vida	16654 EUR /15Anos



Pretende efectuar uma comparação? Sem comparação

Incluir economia em energia de calor Não

Qual o nível de detalhe que pretende na análise do Custo do Ciclo de Vida? Análise simples do CCV

Pump A

Configurações da lista de resultados

Incluir solução mais barata Sim

Número máx. de resultados por grupo de produto 2

N.º máximo de resultados 8

Preço da energia 0.32 EUR/kWh

Aumento do preço da energia 6 %

Período de cálculo 15 anos

CO2 emission intensity 0.57 kg/kWh

Carregar perfil

	1	2	3	4
Cdl. (%)	25	50	75	100
Cdl. (l/s)	0.7825	1.565	2.348	3.13
Alt. (%)	63	75	88	100
Alt. (kPa)	63.76	76.51	89.26	102
P1 (kW)	0.155	0.253	0.377	0.528
Tot. Eta (%)	32.3	47.4	55.6	60.4
Tmpo (h/a)	3010	2394	1026	410
Consumo de energia (kWh/Ano)	465	605	386	217
Quantid.	1	1	1	1

Quantid. Descrição

1

MAGNA1 32-80 F

Nota! Imagem do produto pode diferir do prod. real

Código: [99221275](#)

A bomba MAGNA1 é um circulador de rotor húmido, sendo a escolha perfeita para substituir circuladores antigos e, graças ao seu cumprimento com o regulamento EuP 2015, são alcançadas significativas economias de energia.

É a solução ideal para as necessidades básicas de desempenho em aplicações onde um sistema básico de monitorização e controlo é necessário.

As principais características da bomba MAGNA1 são:

- Design compacto e fácil instalação
- Índice EEI médio <0,23
- Baixo nível de ruído
- Rotor de ímã permanente
- Arranque/paragem ocorre por meio de entrada digital
- Relés de estado e alarme configuráveis em NO ou NC
- Kit de isolamento integrado
- Válido para aplicações de água quente doméstica (N - versões em aço inoxidável)
- Grundfos Eye - fornece informações sobre o estado da bomba

MAGNA1 é a melhor escolha para a maioria das aplicações, incluindo:

- Superfícies de aquecimento
- Loops de mistura
- Superfícies de ar condicionado
- Sistemas de bombeamento geotérmico
- Aplicações de refrigeração pequenos

Para se adaptar a todas as aplicações do mercado, a bomba MAGNA1 possui as seguintes características:

- Controlo de pressão proporcional (PP1, PP2 ou PP3)
- Controlo de pressão constante (CP1, CP2 ou CP3)
- Controlo de curva constante (I, II ou III)

Líquido:

Líquido bombeado: Água de aquecimento

Gama de temperatura do líquido: -10 .. 110 °C

Densidade: 995.6 kg/m³

Técnicos:

Caudal efectivo calculado: 4021 l/h

Altura manométrica resultante da bomba: 70.45 kPa

Classe TF: 110

Approvals: CE, VDE, EAC, MOROCCO, UKCA, TSERCM, UkrSEPRO

Materiais:

Corpo da bomba: Ferro fundido

EN-GJL-200

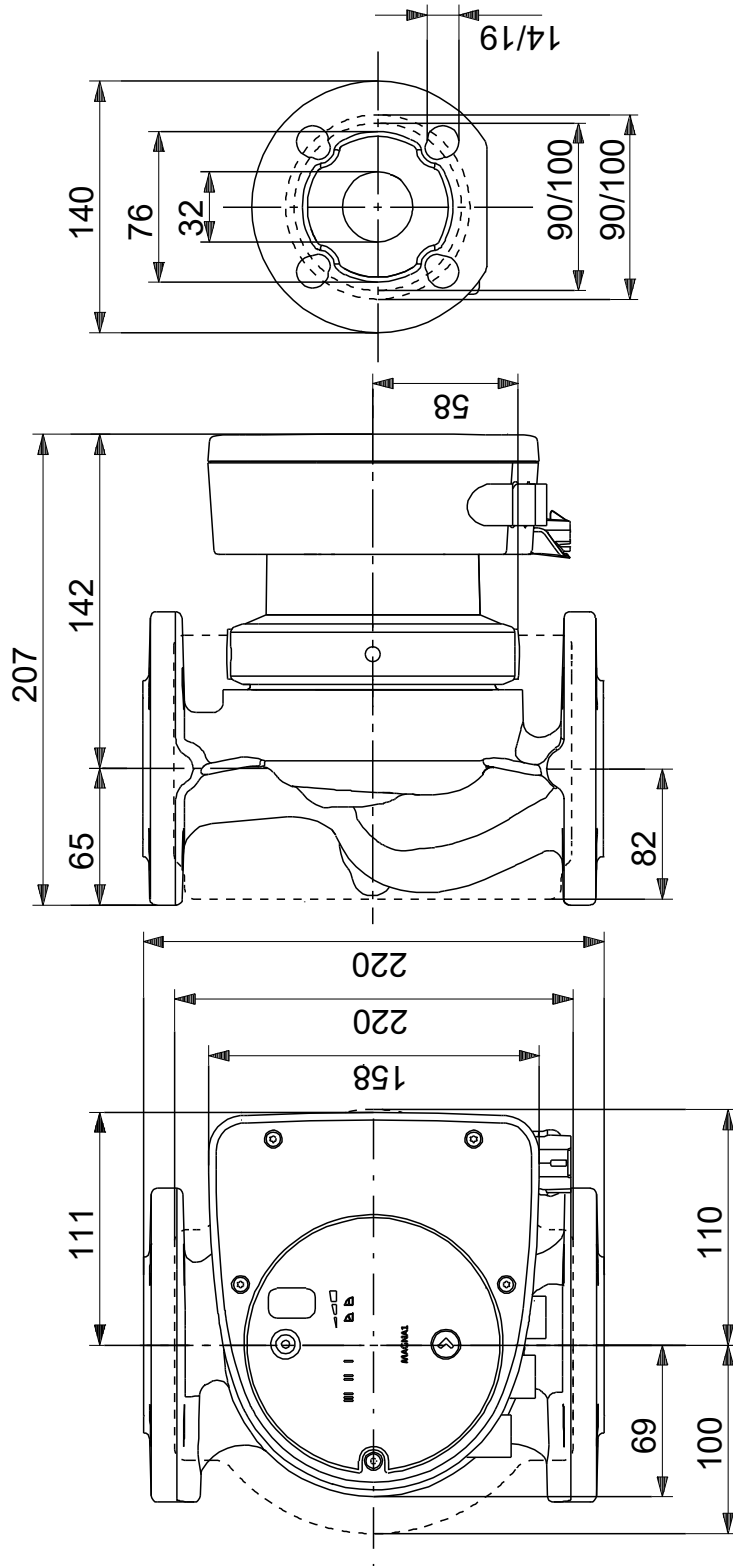
ASTM A48-200B

Impulsor:

PES 30% FIBRA DE VIDRO

Quantid.	Descrição
1	<p>Instalação:</p> <p>Gama de temperatura ambiente: 0 .. 40 °C Pressão máx. de funcionamento: 10 bar Flange padrão: DIN Ligação à tubagem: DN 32 Estágio da pressão: PN 6/10 Distância entre flanges: 220 mm</p> <p>Car. eléctricas:</p> <p>Pot. abs. - P1: 9 .. 151 W Frequência da rede: 50 / 60 Hz Voltagem nominal: 1 x 230 V Consumo máximo de energia: 0.09 .. 1.22 A Classe de protecção (IEC 34-5): X4D Classe de isolamento (IEC 85): F</p> <p>Outros:</p> <p>Energia (EEI): 0.20 Peso líquido: 7.41 kg Peso bruto: 8.03 kg Volume de expedição: 0.016 m³ Finlândia LVI nº: 4615315 Environmental approvals: CN ROHS,WEEE</p>

99221275 MAGNA1 32-80 F

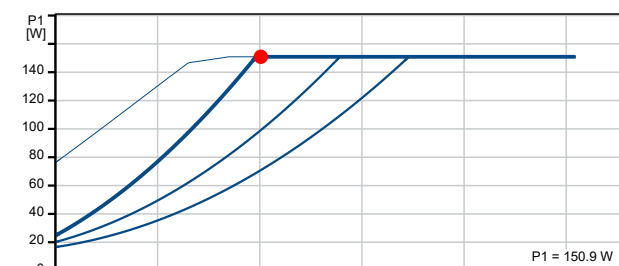
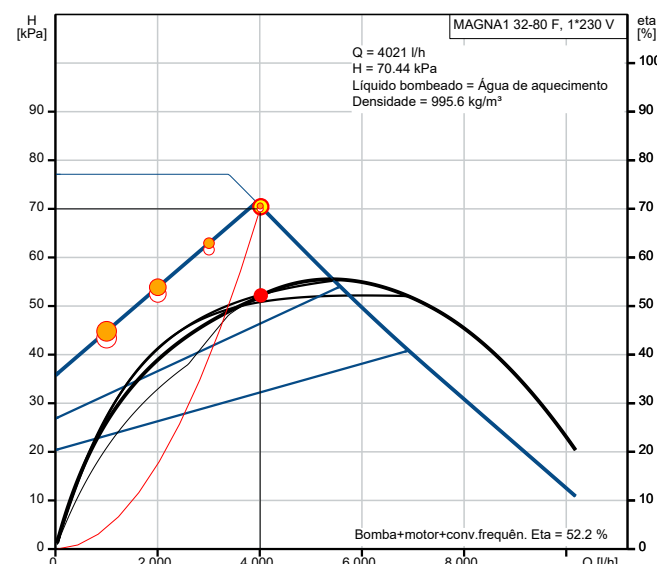


Nota! Todas as unidades estão em [mm], salvo indicação contrária.
Exclusão de responsabilidade: este desenho dimensional simplificado não apresenta todos os detalhes.

99221275 MAGNA1 32-80 F

Entrada	
Geral	
Design da bomba	1
Aplicação	Aquecimento
Área aplicação	Edifícios comerciais
Tipo de instalação	Distribuição
Instalação	Circulador principal
Caudal (Q)	4008 l/h
Altura manométrica (H)	70.31 kPa
Conectividade BMS	Não
Crítério de avaliação	Índice preferência
Preferir entrega rápida	Não
Os seus requisitos	
Líquido bombeado	Água de aquecimento
Temperatura mín. do líquido	7 °C
Temperatura máx. do líquido	45 °C
Temperatura do líquido durante o funcionamento	30 °C
Pressão máx. de operação	10 bar
Pressão mín. de entrada	1.5 bar
Subdimensionamento de caudal permitido	10 %
Modo de controlo	
Modo de controlo	Pressão prop.
Redução a baixo caudal	50 %
Pumps with external frequency converter	50 Hz e 60 Hz
Classe de protecção	IP20
Cabinet wanted	Não
Permitir velocidade fixa	Não
Controlo remoto por controlador externo	Não
Editar perfil de carga	
Estação de aquecimento	285 dias
Perfil de carga	Perfil normal
Funcionamento nocturno reduzido	Não
	1
	2
	3
	4
	5
Consumo Q1	25.0 %
Consumo Q2	50.0 %
Consumo Q3	75.0 %
Consumo Q4	100.0 %
Consumo Q5	0 %
Consumo Q1	1000 l/h
Consumo Q2	2000 l/h
Consumo Q3	3000 l/h
Consumo Q4	4000 l/h
Consumo Q5	0 l/h
Tempo T1	3010 h/a
Tempo T2	2394 h/a
Tempo T3	1026 h/a
Tempo T4	410 h/a
Tempo T5	0 h/a
Configuração	
Seleccionar tipo de hidráulica	Simple
Design da bomba	
Material da bomba	Ferro fundido ou aço inoxidável
Condições de funcionamento	
Frequência	50 Hz
Fase	1 ou 3
Limite de potência mín. para arranque SD	5.5 kW
Tensão	1 x 230 ou 3 x 400 V
Temperatura Ambiente	20 °C
Custo cic. vida	
Pretende efectuar uma comparação?	Sem comparação

Result.dimen.	
Tipo	MAGNA1 32-80 F
Quantid.	1
Cdl.	4021 l/h (+0%)
Alt.	70.45 kPa (+1%)
Pre. mín. entrada	0.11 bar (45 °C, contra a atmosfera)
Pot. P1	0.151 kW
Bomba+mot. Eta	52.2 % =Bom. Eta * Mot. Eta
Tot. Eta	52.2 % =Eta relativa ao ponto funcion.
Consumo de energia	506 kWh/Ano
Emissões CO2	288 kg/year/Ano
Preço	A pedido
Custo Cic. Vida	5384 EUR /15Anos



Incluir economia em energia de calor Sim

Diferença temp. água 10 K

Consumo control. por válvulas termostáticas 100 %

Válvulas termostáticas c/banda-P 2 K

Balanceam. hidrául. Sim

Preço da en. térmica (óleo, gás, etc.) 0.05 EUR/kWh

Qual o nível de detalhe que pretende na análise do Custo do Ciclo de Vida? Análise simples do CCV

Pump A

Configurações da lista de resultados

Incluir solução mais barata Sim

Número máx. de resultados por grupo de produto 2

N.º máximo de resultados 8

Preço da energia 0.32 EUR/kWh

Aumento do preço da energia 6 %

Período de cálculo 15 anos

CO2 emission intensity 0.57 kg/kWh

Carregar perfil

	1	2	3	4
Cdl. (%)	25	50	75	100
Cdl. (l/h)	1002	2004	3006	4008
Alt. (%)	64	77	90	101
Alt. (kPa)	44.81	53.87	62.94	70.6
P1 (kW)	0.048	0.077	0.113	0.151
Tot. Eta (%)	26.1	38.9	46.7	52.1
Tmpo (h/a)	3010	2394	1026	410
Consumo de energia (kWh/Ano)	144	184	116	62
Quantid.	1	1	1	1

ANEXO J.
EQUIPAMENTOS VRF

Project No.
Edifício em Alvalade



MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION

ACET

Table of contents

Quotation	1
Control System Configuration	2
Centralized Ctrl Sys1	3
System Configuration	
Product information	
Piping Design	
Electrical Wiring	
Summary List	11
Equipment list	
Field providing list	

Quotation

Qty	Model	Description	Price	Total
25	PAR-41MAA	MA remote controller		
1	PUHY-P500YNW-A1	R410A Y Series Outdoor Unit		
20	PKFY-P15VLM-E	Wall Mounted type Indoor Unit		
3	PKFY-P40VLM-E	Wall Mounted type Indoor Unit		
1	PKFY-P32VLM-E	Wall Mounted type Indoor Unit		
1	PKFY-P20VLM-E	Wall Mounted type Indoor Unit		
5	CMY-Y202S-G2	Joint		
10	CMY-Y102LS-G2	Joint		
9	CMY-Y102SS-G2	Joint		
			Grand Total	0

Control System Configuration

Category1		Category2		Category3		Category4		category5		Category6		
Model name		Model name		Model name		Model name		Model name		Indoor unit Ref.	Model name	M-NET
M-NET	-	M-NET	-	M-NET	-	M-NET	-	M-NET	-			
IP add.	-	IP add.	-	-	-	-	-	-	-			
										Arquivo	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Arquivo	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Sala de reuniões	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Sala de Telefon	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Sala de Desenho	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Copa	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Secretaria	PAR-41MAA	
										Sala	PAR-41MAA	
										Reunião	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Gabinete	PAR-41MAA	
										Pres. C.D	PAR-41MAA	
										C.D	PAR-41MAA	

Centralized Ctrl Sys1

>System Configuration

> Outdoor unit / Indoor unit / Controller

Refrigerant system	Outdoor unit			Room	Indoor unit			Controller		Group name
	Ref.	Model name			Ref.	Model name	Add.	Model name	Add.	
		Add.								
VRF.CON D.01		PUHY-P500YNW-A1		VRF.106	Arquivo	PKFY-P15VLM-E	001	PAR-41MAA		1
	51			VRF.105	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	002	PAR-41MAA		2
				VRF.108	Arquivo	PKFY-P15VLM-E	003	PAR-41MAA		3
				VRF.107	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	004	PAR-41MAA		4
				VRF.110	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	005	PAR-41MAA		5
				VRF.109	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	006	PAR-41MAA		6
				VRF.112	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	007	PAR-41MAA		7
				VRF.111	Sala de reuniões	PKFY-P40VLM-E	008	PAR-41MAA		8
				VRF.113	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	009	PAR-41MAA		9
				VRF.115	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	010	PAR-41MAA		10
				VRF.114	Sala de Telefon.	PKFY-P15VLM-E	011	PAR-41MAA		11
				VRF.117	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	012	PAR-41MAA		12
				VRF.116	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	013	PAR-41MAA		13
				VRF.118	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	014	PAR-41MAA		14
				VRF.119	Sala de Desenho	PKFY-P40VLM-E	015	PAR-41MAA		15
				VRF.120	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	016	PAR-41MAA		16
				VRF.121	Gabinete	PKFY-P15VLM-E	017	PAR-41MAA		17
				VRF.128	Copa	PKFY-P32VLM-E	018	PAR-41MAA		18
				VRF.129	Gabinete C.D	PKFY-P15VLM-E	019	PAR-41MAA		19
				VRF.130	Gabinete C.D	PKFY-P15VLM-E	020	PAR-41MAA		20
				VRF.132	Secretariado	PKFY-P15VLM-E	021	PAR-41MAA		21
				VRF.134	Sala Reunião	PKFY-P40VLM-E	022	PAR-41MAA		22

Centralized Ctrl Sys1

>System Configuration

> Outdoor unit / Indoor unit / Controller

Refrigerant system	Outdoor unit			Room	Indoor unit			Controller		Group name
	Ref.	Model name			Ref.	Model name	Add.	Model name	Add.	
		Add.								
VRF.CON D.01				VRF.133	Gabinete C.D	PKFY-P15VLM-E	023	PAR-41MAA		23
				VRF.136	Gabinete Pres.C.D	PKFY-P20VLM-E	024	PAR-41MAA		24
				VRF.135	Gabinete C.D	PKFY-P15VLM-E	025	PAR-41MAA		25

MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION

New Design-Tool Ver.3.80.00 (31-Dec-21 released)

Centralized Ctrl Sys1

> Product information

>Controller


Model name	Product image*1	Qty	Description
PAR-41MAA		25	MA remote controller

>PI/AI/DIDO controller

Model name	Product image*1	Qty	Description

>Air conditioning unit specifications

1. Outdoor unit

Sys.	Model name	Product image*1	Qty	Capacity(kW)		Power input (kW)		COP (kW/kW)*2		Net weight (kg)		
				Rated	Corrected	Rated	Corrected	Rated	Corrected			
VRF.C OND.0 1	PUHY- P500YNW-A1		1	Cooling	56.00	51.11	17.55	17.50	3.19	2.92	1,858 (1,798 without legs) x 1,750 x 740	
				Heating	63.00	60.77	15.98	15.40	3.94	3.86		
				Conditions				Dimension(mm)				
					D.B.(deg C)	W.B.(deg C)	Humidity(%)	Water inlet(deg C)	H X W X D			
				Cooling	35.0	-	-	-	1,858 (1,798 without legs) x 1,750 x 740			
				Heating	7.0	6.0	87	-	334			

2. BC controller / Hydro unit

Sys.	Model name	Product image*1	Qty	Power input (kW)		Dimension(mm)	Net weight (kg)
				Rated			
				Cooling			
				Heating			

*1 The product image refers to a representative model. The actual product may differ from the image shown.

*2 Ability using in the COP calculation is corrected by capacity of connected indoor unit.

Centralized Ctrl Sys1

> Product information

3. Indoor unit

Sys.	Model name	Product image*1	Qty	Capacity(kW)		Sensible capacity(kW)		Power input (kW)	Current (A)	Air flow rate	External static pressure	
				Rated	Corrected	Rated	Corrected	Rated		(m3/min)		
VRF.C OND.0 1	PKFY-P15VLM-E		20	Cooling	1.70	1.63	1.23	1.13	0.02	0.2	4.0 - 4.2 - 4.4 - 4.7	*3
				Heating	1.90	1.90			0.01	0.15		
					Conditions			Dimension(mm)		Net weight		
					D.B.(deg C)	W.B.(deg C)	Humidity(%)	H X W X D		(kg)		
				Cooling	26.0	18.7	50	299 x 773 x 237		11		
				Heating	20.0	-	-					

Sys.	Model name	Product image*1	Qty	Capacity(kW)		Sensible capacity(kW)		Power input (kW)	Current (A)	Air flow rate	External static pressure	
				Rated	Corrected	Rated	Corrected	Rated		(m3/min)		
VRF.C OND.0 1	PKFY-P40VLM-E		3	Cooling	4.50	4.31	3.01	2.93	0.04	0.35	6.3 - 7.4 - 8.6 - 10.0	*3
				Heating	5.00	5.00			0.03	0.3		
					Conditions			Dimension(mm)		Net weight		
					D.B.(deg C)	W.B.(deg C)	Humidity(%)	H X W X D		(kg)		
				Cooling	26.0	18.7	50	299 x 898 x 237		13		
				Heating	20.0	-	-					

Sys.	Model name	Product image*1	Qty	Capacity(kW)		Sensible capacity(kW)		Power input (kW)	Current (A)	Air flow rate	External static pressure	
				Rated	Corrected	Rated	Corrected	Rated		(m3/min)		
VRF.C OND.0 1	PKFY-P32VLM-E		1	Cooling	3.60	3.45	2.17	2.40	0.04	0.35	4.3 - 5.4 - 6.9 - 8.4	*3
				Heating	4.00	4.00			0.03	0.3		
					Conditions			Dimension(mm)		Net weight		
					D.B.(deg C)	W.B.(deg C)	Humidity(%)	H X W X D		(kg)		
				Cooling	26.0	18.7	50	299 x 773 x 237		11		
				Heating	20.0	-	-					

*1 The product image refers to a representative model. The actual product may differ from the image shown.

*3 Please refer to the specification sheet in the "Product Features" section at the end.

Centralized Ctrl Sys1

> Product information

3. Indoor unit

Sys.	Model name	Product image*1	Qty	Capacity(kW)		Sensible capacity(kW)		Power input (kW)	Current (A)	Air flow rate	External static pressure	
				Rated	Corrected	Rated	Corrected	Rated		(m3/min)		
VRF.C OND.0 1	PKFY-P20VLM-E		1	Cooling	2.20	2.11	1.43	1.43	0.02	0.2	4.0 - 4.4 - 4.9 - 5.4	*3
				Heating	2.50	2.50			0.01	0.15		
					Conditions			Dimension(mm)		Net weight		
					D.B.(deg C)	W.B.(deg C)	Humidity(%)	H X W X D		(kg)		
				Cooling	26.0	18.7	50	299 x 773 x 237		11		
				Heating	20.0	-	-					

4. Branch/Header/Twinning kit/Valve kit

Sys.	Model name	Product image*1	Qty	Description
VRF.C OND.0 1	CMY-Y202S-G2		5	-
	CMY-Y102LS-G2		10	-
	CMY-Y102SS-G2		9	-

> Ventilators

Model name	Product image*1	Qty	Description	Fan Speed	Air Volume(m3/h)
-		-	-	-	-

*1 The product image refers to a representative model. The actual product may differ from the image shown.

*3 Please refer to the specification sheet in the "Product Features" section at the end.

Centralized Ctrl Sys1 VRF.COND.01

> Piping Design

2. Refrigerant Piping

	Liquid/High (mm)	Gas/Low(mm)	Low/Gas/Bypass/Oil(mm)	Total length(m)	Number of bent
First joint to Indoor unit	6.35	12.7		25,5	0
First joint to Indoor unit	9.52	12.7		29,5	0
First joint to Indoor unit	12.7	15.88		11,5	0
First joint to Indoor unit	12.7	19.05		5	0
First joint to Indoor unit	9.52	19.05		6,5	0
First joint to Indoor unit	9.52	22.2		10	0
First joint to Indoor unit	12.7	28.58		13,5	0
First joint to Indoor unit	15.88	28.58		8	0
Outdoor Unit to first joint	15.88	28.58		14	0

3. Summary totals (Refrigerant piping)

Pipe Size (mm)	Total length(m)	Number of bent
6.35	25,5	0
9.52	46	0
12.7	85	0
15.88	33,5	0
19.05	11,5	0
22.2	10	0
28.58	35,5	0

4. Refrigerant charge

Additional refrigerant required	R410A	X	14,8	kg
Total refrigerant amount	R410A	X	25,6	kg

5. Water flow rate (for WY/WR2/HCM(Water Cooled))

Flow rate(m ³ /h)	Pressure drop(kPa)
-	-

Summary List

> Equipment list

1. Controller

Model name	Quantity
PAR-41MAA	25

2. PI/AI/DIDO controller

Model name	Quantity
-	-

3. Outdoor unit

Model name	Quantity
PUHY-P500YNW-A1	1

4. BC controller / Hydro unit

Model name	Quantity
-	-

5. Indoor unit

Model name	Quantity
PKFY-P15VLM-E	20
PKFY-P40VLM-E	3
PKFY-P32VLM-E	1
PKFY-P20VLM-E	1

6. Branch/Header/Twinning kit/Valve kit

Model name	Quantity
CMY-Y202S-G2	5
CMY-Y102LS-G2	10
CMY-Y102SS-G2	9

7. Lossnay

Model name	Quantity
-	-

8. HUB (Field supply)

Model name	Quantity
-	-

Summary List

> Equipment list

9. Air volume controller (Field supply)

Model name	Quantity
-	-

10. Twinning pipe (Field supply)

Model name	Quantity
-	-

11. Piping parts (Field supply)

Model name	Quantity
-	-

Summary List

> Field providing list

1. Refrigerant Piping Materials

Pipe Size(mm)	Total length(m)	Number of bent
6.35	25.5	0
9.52	46	0
12.7	85	0
15.88	33.5	0
19.05	11.5	0
22.2	10	0
28.58	35.5	0

2. Refrigerant charge

Additional refrigerant required	R410A	X	14.8	kg
Total refrigerant amount	R410A	X	25.6	kg

3. Electrical cables

Power supply cable size	Cable type	Usage
1.5mm ² or thicker *4	Metal conduit wire *1 *2 *3	Indoor unit power supply cable (main and ground wire)
10.0mm ² or thicker	Metal conduit wiring	Outdoor unit power supply cable (main and ground)
Transmission cable size	Cable type	Usage
0.3mm ²	Sheathed 2-core cable (unshielded) CVV	MA remote controller transmission cable
1.25mm ² or thicker	Shielding wire (2-core) CVVS, CPEVS or MVVS	Indoor/outdoor transmission cable

*1 The wire size is the minimum value for metal conduit wiring. If the voltage drops, use a wire that is one rank thicker in diameter.

Make sure the power-supply voltage does not drop more than 10%.

*2 Specific wiring requirements should adhere to the wiring regulations of the region.

*3 Power supply cords of parts of appliances for outdoor use shall not be lighter than polychloroprene sheathed flexible cord (design 245 IEC57). For example, use wiring such as YZW.

*4 The wiring size differs depending on the total operating current of the indoor unit.

1.5mm² or thicker(16A or less), 2.5mm² or thicker(25A or less), 4.0mm² or thicker(32A or less)

CVVS,MVVS : PVC insulated PVC jacketed shielded control cable

CPEVS : PE insulated PVC jacketed shielded communication cable

CVV : PVC insulated PVC sheathed control cable

1. SPECIFICATIONS

Y-Series

PUHY-P-Y(S)NW-A1

Model		PUHY-P500YNW-A1 (-BS)		
Power source		3-phase 4-wire 380-400-415 V 50/60 Hz		
Cooling capacity (Nominal)	*1 kW	56.0		
	BTU/h	191,100		
	Power input kW	17.55		
	Current input A	29.6-28.1-27.1		
	EER	3.19		
	SEER	6.32		
Temp. range of cooling	Indoor	W.B.	15.0~24.0°C (59~75°F)	
	Outdoor	D.B.	-5.0~52.0°C (23~126°F)	
Heating capacity (Max)	*2 kW	63.0		
	BTU/h	215,000		
	Power input kW	15.98		
	Current input A	26.9-25.6-24.7		
	COP	3.94		
	(Nominal)	*3 kW	56.0	
		BTU/h	191,100	
		Power input kW	13.42	
		Current input A	22.6-21.5-20.7	
		COP	4.17	
	SCOP	3.91		
Temp. range of heating	Indoor	D.B.	15.0~27.0°C (59~81°F)	
	Outdoor	W.B.	-20.0~15.5°C (-4~60°F)	
Indoor unit connectable	Total capacity	50~130% of outdoor unit capacity		
	Model/Quantity	P10~P250/1~50		
Sound pressure level (measured in anechoic room) *4, 5		dB <A>	63.5/66.5	
Sound power level (measured in anechoic room) *4		dB <A>	82/85	
Refrigerant piping diameter	Liquid pipe	mm (in.)	15.88 (5/8) Brazed	
	Gas pipe	mm (in.)	28.58 (1-1/8) Brazed	
FAN	Type x Quantity		Propeller fan x 2	
	Air flow rate	m ³ /min	365	
		L/s	6,083	
		cfm	12,888	
	Control, Driving mechanism		Inverter-control, Direct-driven by motor	
	Motor output	kW	0.92 x 2	
*6 External static press.	0 Pa (0 mmH ₂ O)			
Compressor	Type	Inverter scroll hermetic compressor		
	Starting method	Inverter		
	Motor output	kW	13.3	
	Case heater	kW	-	
	Lubricant	MEL32		
External finish		Pre-coated galvanized steel sheets (+powder coating for -BS type) <MUNSELL 3Y 7.8/1.1 or similar>		
External dimension H x W x D		mm	1,858 (1,798 without legs) x 1,750 x 740	
		in.	73-3/16 (70-13/16 without legs) x 68-15/16 x 29-3/16	
Protection devices	High pressure protection	High pressure sensor, High pressure switch at 4.15 MPa (601 psi)		
	Inverter circuit (COMP./FAN)	Over-current protection		
	Compressor	-		
	Fan motor	-		
Refrigerant	Type x original charge	R410A x 10.8 kg (24 lbs)		
	Control	LEV and HIC circuit		
Net weight	kg (lbs)	334 (737)		
Heat exchanger		Salt-resistant cross fin & copper tube		
HIC circuit (HIC: Heat Inter-Changer)		Copper pipe, tube-in-tube structure		
Defrosting method		Auto-defrost mode (Reversed refrigerant cycle, Hot gas)		
Drawing	External	KB94C1WX		
	Wiring	KE94L022		
Standard attachment	Document	Installation Manual		
	Accessory	-		
Optional parts		Joint: CMY-Y102SS/LS-G2, CMY-Y202S-G2 Header: CMY-Y104/108/1010-G		
Remarks		Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual. Due to continuing improvement, above specifications may be subject to change without notice.		

Notes:	Unit converter
1.Nominal cooling conditions (subject to JIS B8615-2) Indoor: 27°C D.B./19°C W.B. (81°F D.B./66°F W.B.), Outdoor: 35°C D.B. (95°F D.B.) Pipe length: 7.5 m (24-9/16 ft.), Level difference: 0 m (0 ft.)	BTU/h =kW x 3,412
2.Nominal heating conditions (subject to JIS B8615-2) Indoor: 20°C D.B. (68°F D.B.), Outdoor: 7°C D.B./6°C W.B. (45°F D.B./43°F W.B.) Pipe length: 7.5 m (24-9/16 ft.), Level difference: 0 m (0 ft.)	cfm =m ³ /min x 35.31
3.Nominal heating conditions (subject to JIS B8615-2) Indoor: 20°C D.B. (68°F D.B.), Outdoor: 7°C D.B./6°C W.B. (45°F D.B./43°F W.B.) Pipe length: 7.5 m (24-9/16 ft.), Level difference: 0 m (0 ft.) Eurovent registered	lbs =kg/0.4536
4.Cooling mode/Heating mode	
5.The sound pressure level measured by the conventional method in JIS for reference purpose.	
6.External static pressure option is available (30 Pa, 60 Pa, 80 Pa/3.1 mmH ₂ O, 6.1 mmH ₂ O, 8.2 mmH ₂ O). Consult your dealer about the specification when setting External static pressure option.	*Above specification data is subject to rounding variation.

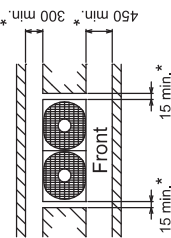
Unit: mm

1. Required space around the unit

● In case of single installation

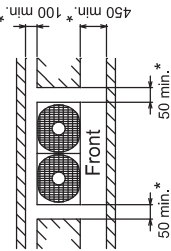
① Secure enough space around the unit as shown in the figure below.

- With a space of at least 300mm to the wall on the back of the unit



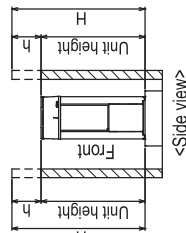
<Top view>

- With a space of at least 100mm to the wall on the back of the unit



<Top view>

② When the height of the walls on the front, back or on the sides <H> exceeds the wall height limit as defined below add the height that exceeds the height limit <h> to the figures that are marked with an asterisk.



<Wall height limit> Front : Up to the unit height
Back : Up to the unit height
Side : Up to the unit height

2. Foundation work

- Take into consideration the surface strength, water drainage route, piping route, and wiring route when preparing the installation site.
<Note that the drain water comes out of the unit during operation.>
- Build the foundation in such way that the corner of the installation leg is securely supported as shown in the right figure.(Fig.A,B)
When using a rubber isolating cushion, please ensure it is large enough to cover the entire width of each of the unit's legs.
- The protrusion length of the anchor bolt must not exceed 30mm.(Fig.A,B)
- Use six fixing plates as shown in the right figure <field supply required> when using post-installed anchor bolts.(Fig.C,D)
- To prevent small animals and water and snow from entering the unit and damaging its parts, close the gap around the edges of through holes for pipes and wires with filler plates <field supply required>.
- When the pipes or cables are routed at the bottom of the unit, make sure that the through hole at the base of the unit does not get blocked with the installation base.
- Refer to the Installation Manual when installing units on an installation base.

● In case of collective installation

- When multiple units are installed adjacent to each other, secure enough space to allow for air circulation and walkway between groups of units as shown in the figures below.
- At least two sides must be left open.
- As with the single installation, add the height that exceeds the height limit <h> to the figures that are marked with an asterisk.
- If there is a wall at both the front and the rear of the unit, install up to three units consecutively in the side direction and provide a space of 1000mm or more as inlet space/ passage space for each three units.

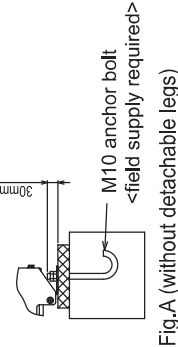
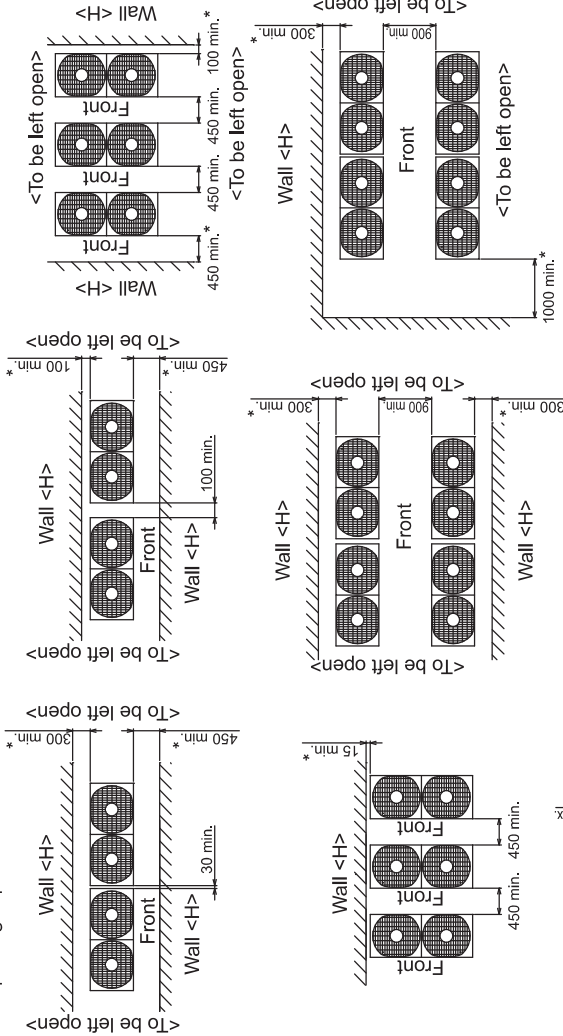


Fig.A (without detachable legs)

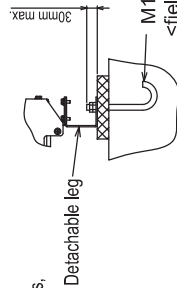


Fig.B (with detachable legs)

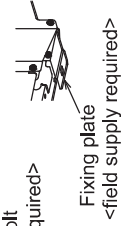


Fig.C (without detachable legs)

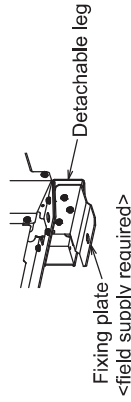


Fig.D (with detachable legs)

1. SPECIFICATIONS

Wall mounted

Model		PKFY-P10VLM-E	PKFY-P15VLM-E	PKFY-P20VLM-E
Power source		1-phase 220-240V 50Hz, 1-phase 220-230V 60Hz	1-phase 220-240V 50Hz, 1-phase 220-230V 60Hz	1-phase 220-240V 50Hz, 1-phase 220-230V 60Hz
Cooling capacity (Nominal)	*1 kW	1.2	1.7	2.2
	*1 kcal / h	1,000	1,500	1,900
	*1 BTU / h	4,100	5,800	7,500
	Power input	kW	0.02	0.02
(220V)	Current input	A	0.20	0.20
Heating capacity (Nominal)	*2 kW	1.4	1.9	2.5
	*2 kcal / h	1,200	1,600	2,200
	*2 BTU / h	4,800	6,500	8,500
	Power input	kW	0.01	0.01
(220V)	Current input	A	0.15	0.15
External finish		Plastic, MUNSELL (0.7PB 9.2/0.4)	Plastic, MUNSELL (0.7PB 9.2/0.4)	Plastic, MUNSELL (0.7PB 9.2/0.4)
External dimension HxWxD		mm	299x773x237	299x773x237
		in.	11-25/32 x 30-7/16 x 9-11/32	11-25/32 x 30-7/16 x 9-11/32
Net weight		kg(lbs)	11 (25)	11 (25)
Heat exchanger		Cross fin (Aluminum fin and copper tube)	Cross fin (Aluminum fin and copper tube)	Cross fin (Aluminum fin and copper tube)
FAN	Type x Quantity		Line flow fan x 1	Line flow fan x 1
	External static press.	Pa	0	0
		mmH ₂ O	0	0
	Motor Type		DC motor	DC motor
	Motor output		kW	0.030
	Driving mechanism		Direct-driven	Direct-driven
	Airflow rate (Low-Mid2-Mid-High)	m ³ / min	3.3-3.5-3.8-4.2	4.0-4.2-4.4-4.7
		L/s	55-58-63-70	67-70-73-78
cfm		117-124-134-148	141-148-155-166	
Sound pressure level (measured in anechoic room)		dB <A>	22-24-26-28	22-26-29-31
Insulation material		Polyethylene sheet	Polyethylene sheet	Polyethylene sheet
Air filter		PP honeycomb	PP honeycomb	PP honeycomb
Protection device		Fuse	Fuse	Fuse
Refrigerant control device		LEV	LEV	LEV
Connectable outdoor unit		R410A CITY MULTI	R410A CITY MULTI	R410A CITY MULTI
Diameter of refrigerant pipe	Liquid (R410A)	mm(in.)	6.35(1/4) Flare	6.35(1/4) Flare
	Gas (R410A)	mm(in.)	12.70(1/2) Flare	12.70(1/2) Flare
Field drain pipe size		mm(in.)	I.D. 16(5/8)	I.D. 16(5/8)
Drawing	External		-	-
	Wiring		-	-
	Refrigerant cycle		-	-
Standard attachment	Document		Installation Manual, Instruction Book	Installation Manual, Instruction Book
	Accessory		-	-
Optional parts	External LEV Box		PAC-SK17LE-E	PAC-SG95LE-E
	Drain pump		PAC-SK01DM-E	PAC-SK01DM-E
Remarks		* Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual. * Due to continuing improvement, above specification may be subject to change without notice.		

Notes:	*1 Nominal cooling conditions (subject to JIS B8615-1)	*2 Nominal heating conditions (subject to JIS B8615-1)	Unit converter
	Indoor: 27°C.D.B./19°C.W.B. (81°F.D.B./66°F.W.B.) Outdoor: 35°C.D.B. (95°F.D.B.) Pipe length: 7.5 m (24-9/16 ft.) Level difference: 0 m (0 ft.)	20°C.D.B. (68°F.D.B.) 7°C.D.B./6°C.W.B. (45°F.D.B./43°F.W.B.) 7.5 m (24-9/16 ft.) 0 m (0 ft.)	kcal/h = kW x 860 BTU/h = kW x 3,412 cfm = m ³ /min x 35.31 lbs = kg/0.4536
			*The specification data is subject to rounding variation.

PKFY-P-VLM-E, VKM-E

1. SPECIFICATIONS

Wall mounted

Model			PKFY-P25VLM-E	PKFY-P32VLM-E	PKFY-P40VLM-E
Power source			1-phase 220-240V 50Hz, 1-phase 220-230V 60Hz	1-phase 220-240V 50Hz, 1-phase 220-230V 60Hz	1-phase 220-240V 50Hz, 1-phase 220-230V 60Hz
Cooling capacity (Nominal)	*1	kW	2.8	3.6	4.5
	*1	kcal / h	2,400	3,100	3,900
	*1	BTU / h	9,600	12,300	15,400
(220V)	Power input	kW	0.03	0.04	0.04
	Current input	A	0.25	0.35	0.35
Heating capacity (Nominal)	*2	kW	3.2	4.0	5.0
	*2	kcal / h	2,800	3,400	4,300
	*2	BTU / h	10,900	13,600	17,100
(220V)	Power input	kW	0.02	0.03	0.03
	Current input	A	0.20	0.30	0.30
External finish			Plastic, MUNSELL (0.7PB 9.2/0.4)	Plastic, MUNSELL (0.7PB 9.2/0.4)	Plastic, MUNSELL (0.7PB 9.2/0.4)
External dimension HxWxD		mm	299x773x237	299x773x237	299x898x237
		in.	11-25/32 x 30-7/16 x 9-11/32	11-25/32 x 30-7/16 x 9-11/32	11-25/32 x 35-3/8 x 9-11/32
Net weight		kg(lbs)	11 (25)	11 (25)	13(29)
Heat exchanger			Cross fin (Aluminum fin and copper tube)	Cross fin (Aluminum fin and copper tube)	Cross fin (Aluminum fin and copper tube)
FAN	Type x Quantity		Line flow fan x 1	Line flow fan x 1	Line flow fan x 1
	External static press.	Pa	0	0	0
		mmH ₂ O	0	0	0
	Motor Type		DC motor	DC motor	DC motor
	Motor output		0.030	0.030	0.030
	Driving mechanism		Direct-driven	Direct-driven	Direct-driven
	Airflow rate (Low-Mid2-Mid-High)	m ³ / min	4.0-4.6-5.4-6.7	4.3-5.4-6.9-8.4	6.3-7.4-8.6-10.0
L/s		67-77-90-112	72-90-115-140	105-123-143-167	
cfm		141-162-191-237	152-191-244-297	222-261-304-353	
Sound pressure level (measured in anechoic room)		dB <A>	22-27-31-35	24-31-37-41	29-34-37-40
Insulation material			Polyethylene sheet	Polyethylene sheet	Polyethylene sheet
Air filter			PP honeycomb	PP honeycomb	PP honeycomb
Protection device			Fuse	Fuse	Fuse
Refrigerant control device			LEV	LEV	LEV
Connectable outdoor unit			R410A CITY MULTI	R410A CITY MULTI	R410A CITY MULTI
Diameter of refrigerant pipe	Liquid (R410A)	mm(in.)	6.35(1/4) Flare	6.35(1/4) Flare	6.35(1/4) Flare
	Gas (R410A)	mm(in.)	12.70(1/2) Flare	12.70(1/2) Flare	12.70(1/2) Flare
Field drain pipe size		mm(in.)	I.D. 16(5/8)	I.D. 16(5/8)	I.D. 16(5/8)
Drawing	External		-	-	-
	Wiring		-	-	-
	Refrigerant cycle		-	-	-
Standard attachment	Document		Installation Manual, Instruction Book	Installation Manual, Instruction Book	Installation Manual, Instruction Book
	Accessory		-	-	-
Optional parts	External LEV Box		PAC-SG95LE-E	PAC-SG95LE-E	PAC-SG95LE-E
	Drain pump		PAC-SK01DM-E	PAC-SK01DM-E	PAC-SK01DM-E
Remarks			* Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual. * Due to continuing improvement, above specification may be subject to change without notice.		
Notes:		*1 Nominal cooling conditions (subject to JIS B8615-1) Indoor: 27°C.D.B./19°C.W.B. (81°F.D.B./66°F.W.B.) Outdoor: 35°C.D.B. (95°F.D.B.) Pipe length: 7.5 m (24-9/16 ft.) Level difference: 0 m (0 ft.)	*2 Nominal heating conditions (subject to JIS B8615-1) 20°C.D.B. (68°F.D.B.) 7°C.D.B./6°C.W.B. (45°F.D.B./43°F.W.B.) 7.5 m (24-9/16 ft.) 0 m (0 ft.)	Unit converter kcal/h = kW x 860 BTU/h = kW x 3,412 cfm = m ³ /min x 35.31 lbs = kg/0.4536 *The specification data is subject to rounding variation.	

PKFY-P-VLM-E, VKM-E

1. SPECIFICATIONS

Wall mounted

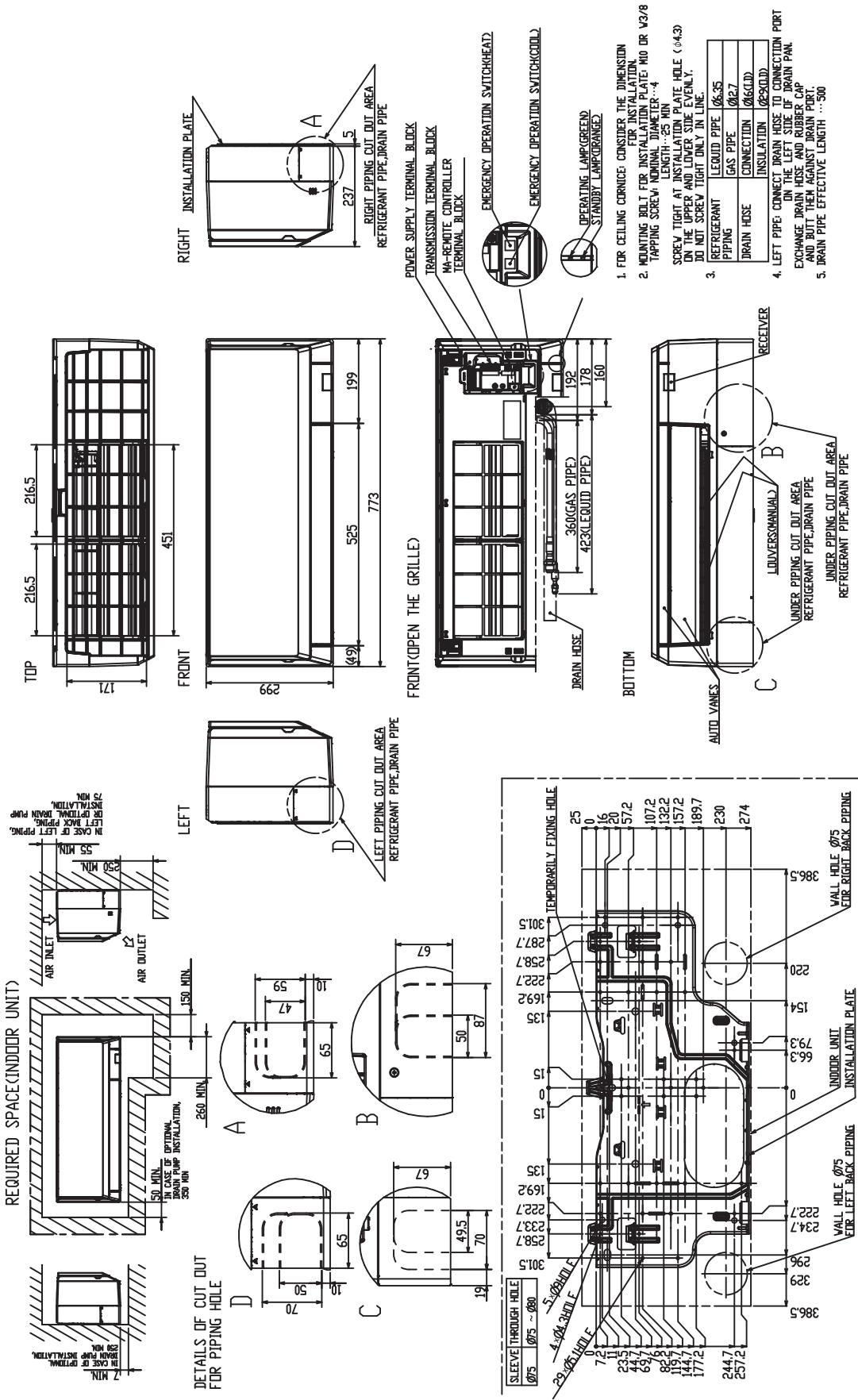
Model		PKFY-P50VLM-E	PKFY-P63VKM-E	PKFY-P100VKM-E		
Power source		1-phase 220-240V 50Hz, 1-phase 220-230V 60Hz	1-phase 220-240V 50Hz, 1-phase 220V 60Hz	1-phase 220-240V 50Hz, 1-phase 220V 60Hz		
Cooling capacity (Nominal)	*1 kW	5.6	7.1	11.2		
	*1 kcal / h	4,800	6,100	9,600		
	*1 BTU / h	19,100	24,200	38,200		
	Power input	kW	0.05	0.05	0.08	
(220V)	Current input	A	0.45	0.37	0.58	
Heating capacity (Nominal)	*2 kW	6.3	8.0	12.5		
	*2 kcal / h	5,400	6,900	10,800		
	*2 BTU / h	21,500	27,300	42,600		
	Power input	kW	0.04	0.04	0.07	
(220V)	Current input	A	0.30	0.51		
External finish		Plastic, MUNSELL (0.7PB 9.2/0.4)	Plastic, MUNSELL (1.0Y 9.2/0.2)	Plastic, MUNSELL (1.0Y 9.2/0.2)		
External dimension HxWxD		mm	299x898x237	365x1170x295		
		in.	11-25/32 x 35-3/8 x 9-11/32	14-3/8 x 46-1/16 x 11-5/8	14-3/8 x 46-1/16 x 11-5/8	
Net weight		kg(lbs)	13(29)	21(46)	21(46)	
Heat exchanger		Cross fin (Aluminum fin and copper tube)	Cross fin (Aluminum fin and copper tube)	Cross fin (Aluminum fin and copper tube)		
FAN	Type x Quantity		Line flow fan x 1	Line flow fan x 1	Line flow fan x 1	
	External static press.	Pa	0	0	0	
		mmH ₂ O	0	0	0	
	Motor Type		DC motor	DC motor	DC motor	
	Motor output		kW	0.030	0.056	0.056
	Driving mechanism		Direct-driven	Direct-drive	Direct-drive	
	Airflow rate (Low-Mid2-Mid)-High)	m ³ / min	6.8-8.3-10.2-12.4	16-20	20-26	
		L/s	113-138-170-207	267-333	333-433	
cfm		240-293-360-438	565-706	706-918		
Sound pressure level (measured in anechoic room)		dB <A>	31-36-41-46	39-45	41-49	
Insulation material		Polyethylene sheet	Polyethylene sheet	Polyethylene sheet		
Air filter		PP honeycomb	PP honeycomb	PP honeycomb		
Protection device		Fuse	Fuse	Fuse		
Refrigerant control device		LEV	LEV	LEV		
Connectable outdoor unit		R410A CITY MULTI	R410A CITY MULTI	R410A CITY MULTI		
Diameter of refrigerant pipe	Liquid (R410A)	mm(in.)	6.35(1/4) Flare	9.52(3/8) Flare	9.52(3/8) Flare	
	Gas (R410A)	mm(in.)	12.70(1/2) Flare	15.88(5/8) Flare	15.88(5/8) Flare	
Field drain pipe size		mm(in.)	I.D. 16(5/8)	I.D. 16(5/8)	I.D. 16(5/8)	
Drawing	External		-	-	-	
	Wiring		-	-	-	
	Refrigerant cycle		-	-	-	
Standard attachment	Document		Installation Manual, Instruction Book	Installation Manual, Instruction Book	Installation Manual, Instruction Book	
	Accessory		-	-	-	
Optional parts	External LEV Box		PAC-SG95LE-E	PAC-SG95LE-E	-	
	Drain pump		PAC-SK01DM-E	PAC-SH94DM-E	PAC-SH94DM-E	
Remarks		* Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual. * Due to continuing improvement, above specification may be subject to change without notice.				

PKFY-P-VLM-E, VKM-E

Notes:	*1 Nominal cooling conditions (subject to JIS B8615-1)	*2 Nominal heating conditions (subject to JIS B8615-1)	Unit converter
	Indoor: 27°C.D.B./19°C.W.B. (81°F.D.B./66°F.W.B.) Outdoor: 35°C.D.B. (95°F.D.B.) Pipe length: 7.5 m (24-9/16 ft.) Level difference: 0 m (0 ft.)	20°C.D.B. (68°F.D.B.) 7°C.D.B./6°C.W.B. (45°F.D.B./43°F.W.B.) 7.5 m (24-9/16 ft.) 0 m (0 ft.)	kcal/h = kW x 860 BTU/h = kW x 3,412 cfm = m ³ /min x 35.31 lbs = kg/0.4536
			*The specification data is subject to rounding variation.

PKFY-P10, 15, 20, 25, 32VLM-E

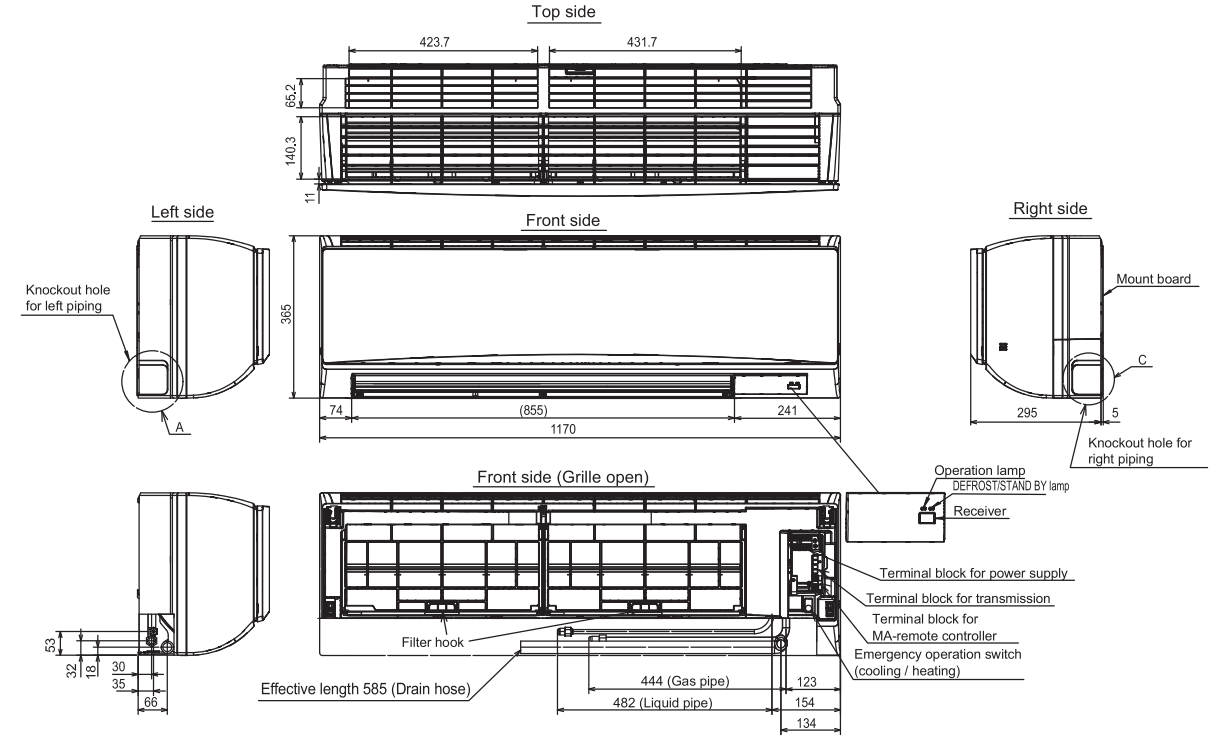
Unit: mm



PKFY-P-VLM-E, VKM-E

PKFY-P63, 100VKM-E

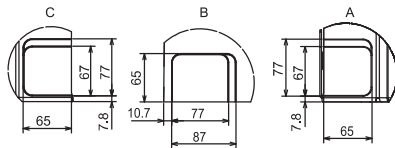
Unit : mm



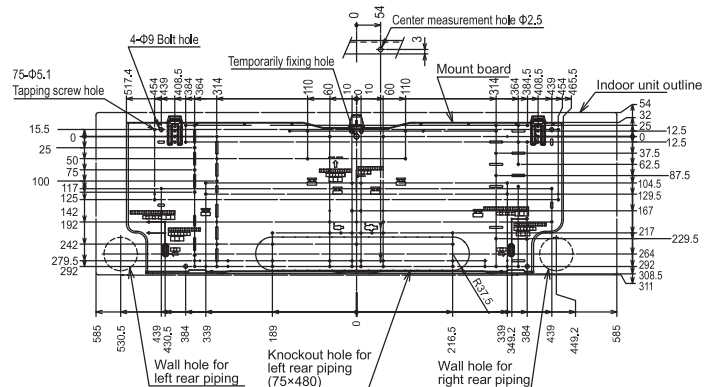
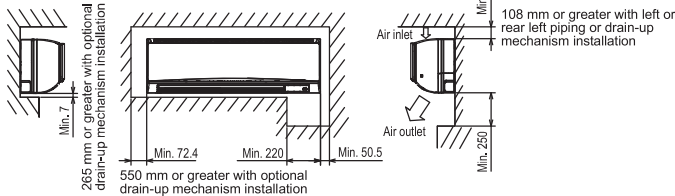
Sleeve (purchased locally)	Through hole
φ75	φ75~φ80

Piping connection department	Size	
	P63	P100
① Liquid pipe	Refrigerant pipe : φ9.52 Flared connection : 3/8F	
② Gas pipe	Refrigerant pipe : φ15.88 Flared connection : 5/8F	
③ Drain hose	φ16 O.D	

Knockout hole for piping



Required space (Indoor unit)



ANEXO K.
Ventiladores de Extração

HCT/HATCH-80-6T-1.5 IE3



Exutores dinâmicos com abertura motorizada equipados com ventilador de extração de cobertura

Exutores dinâmicos com ventiladores de cobertura, abertura motorizada. Adequado para instalação em edifícios industriais ou instalações comerciais. Pode ser utilizado para ventilação ambiente do edifício onde está instalado.

Ventilador:

- Estrutura de grande robustez para suportar alterações climáticas severas.
- Estrutura do equipamento em chapa galvanizada anticorrosiva.
- Conceção para assegurar a estanqueidade à entrada da água.
- Isolamento térmico de 100 mm de espessura para a porta de acesso e de 60 mm para os painéis laterais.
- Rufo de adaptação para a correta e fácil instalação no cobertura.
- Interruptores de manutenção, para a desconecção do atuador e do ventilador, com contactos auxiliares.
- Envolvente tubular em chapa de aço com tratamento resistente à corrosão em resina de poliéster.
- Hélices em fundição de alumínio.
- Modelos 125 com hélices em fundição de alumínio de 6 ou 9 pás, com ângulo de inclinação ajustável.

Sistema de abertura:

- Braço motorizado de abertura, com mecanismo encapsulado IP65.
- Tensão de alimentação 230 V AC 50/60 Hz.
- Sistema reforçado e garantido com mais de 11.000 ciclos.
- Carga de neve SL 1000.
- Abertura automática através de sinal externo do sistema de controlo (central de incêndios, detetor de fumo, etc.). Sistemas de controlo não incluídos no fornecimento.
- Interruptor fim de curso posição abert e fechado.

Motor:

- Motores de eficiência IE3 para potências iguais ou superiores a 0,75 kW, exceto monofásicos, 2 velocidades e 8 polos.
- Motores classe F, com rolamentos de esferas, proteção IP55.
- Trifásico 230/400 V 50 Hz (até 4 kW) e 400/690 V 50 Hz (potências superiores a 4 kW).
- Temperatura de trabalho: -25 °C +50 °C.

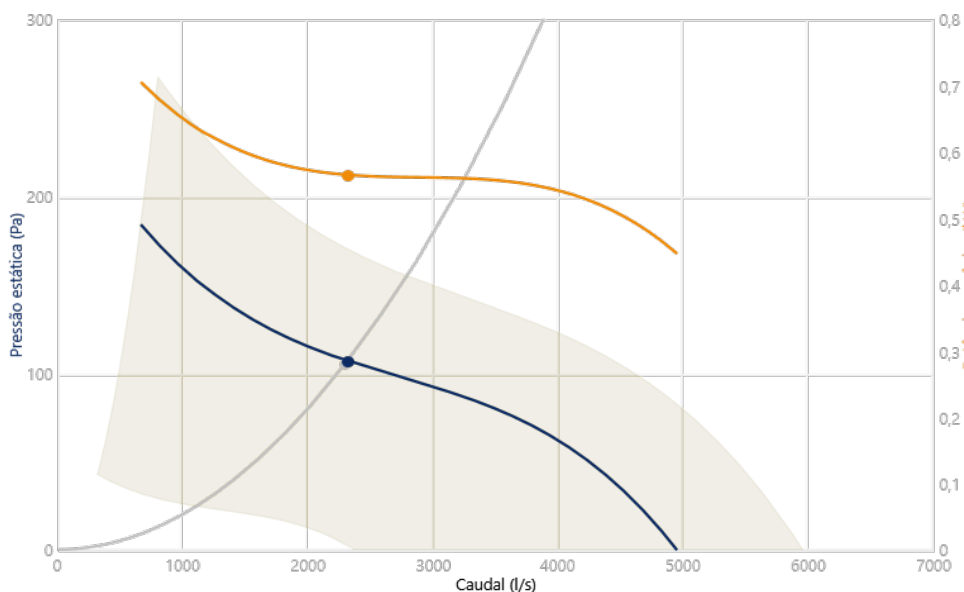
Acabamento:

- Resistente à corrosão em chapa de aço galvanizado.

Mediante pedido:

- Acabamento com pintura anticorrosiva em resina de poliéster.
- Braços motorizados de abertura com tensão de alimentação 24 V DC.
- Rede de proteção contra contactos segundo norma EN ISO 12499 na aspiração e/ou impulsão.

CURVA CARACTERÍSTICA E ACÚSTICA PARA 1,2KG/M³ / 785 RPM (83% RPM NOMINAL A 42HZ)



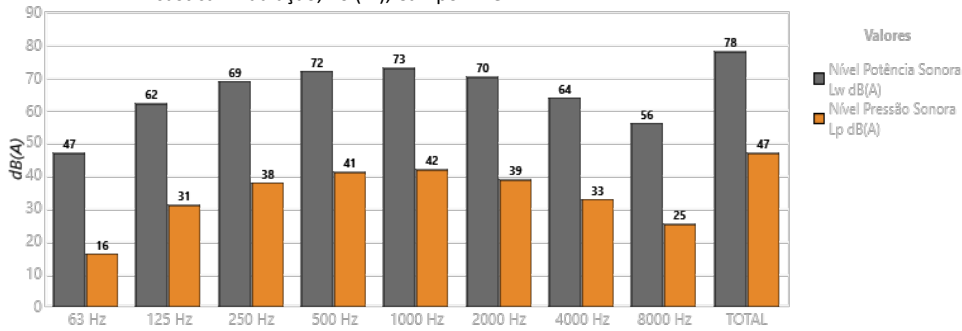
Ponto de Desenho

Q (l/s)	2300
Pe (Pa)	105

Ponto Serviço (PS)

Q (l/s)	2320
Pe (Pa)	106,8
Pd (Pa)	12,78
Pt (Pa)	119,6
Velocidade (rpm)	785
Inclinação da Pá (°)	18
Máx. Temp. (°C)	50
Velocidade saída ar (m/s)	4,615
Rendimento (%)	49,12
SFP (kW/m ³ /s)	0,3006
Potência mecânica (kW)	0,5647

Acústica: Irradiação, 10 (m), Campo livre



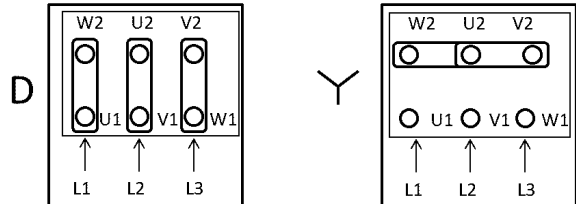
Faixa	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	47	16
125 Hz	62	31
250 Hz	69	38
500 Hz	72	41
1000 Hz	73	42
2000 Hz	70	39
4000 Hz	64	33
8000 Hz	56	25
TOTAL	78	47

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (l/s)	4949
Velocidade (rpm)	785
Pressão estática máxima (Pa)	184,2
Pressão total máxima (Pa)	185,2

DADOS DO MOTOR

Potência Mecânica Nominal (kW)	1,1
Hz/fases	42/3
Motor VSD Máx. (rpm)	945
Motor VSD Mín. (rpm)	378
Pólos	6P
Corrente máx. (A) 380-415 V Y	2,69
Corrente máx. (A) 220-240 V D	4,68
Protecção do motor	IP55
Tamanho da estrutura do motor	90



Os dados podem mudar, consulte a placa do motor

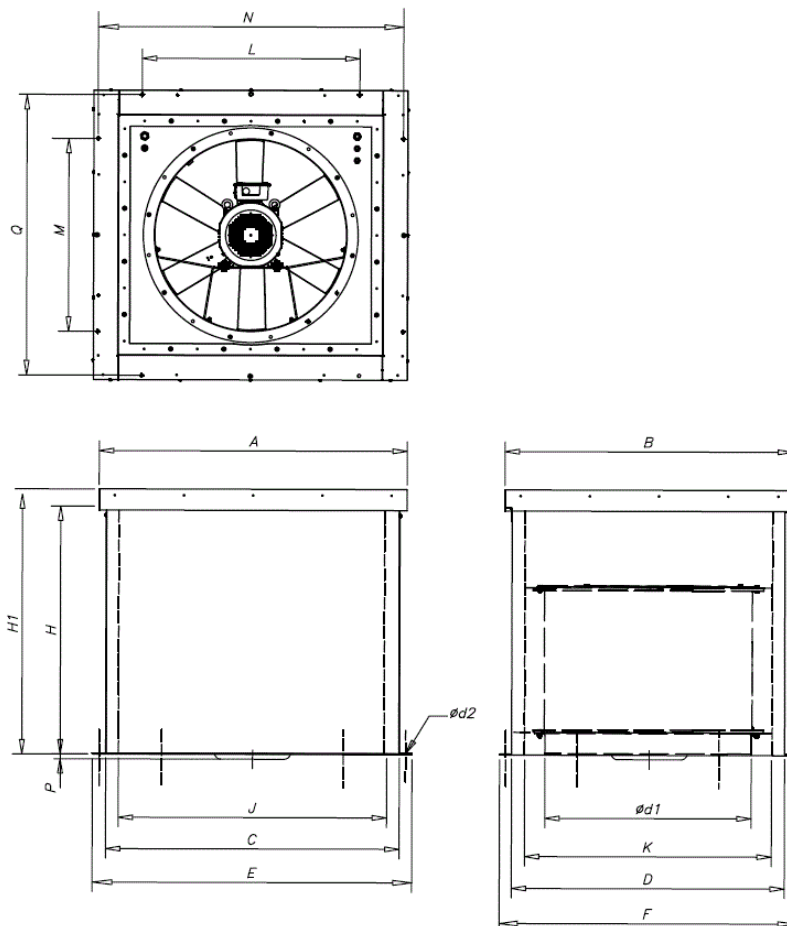
DIMENSÕES

A	B	C	D	E	F	H	H1	J	K	L	M	N	Ød1
1300	1200	1220	1120	1300	1200	900	1000	1100	1000	900	800	1265	800

Ød2	P	Q
13	-	1165

As dimensões sem unidades definidas explicitamente são mostradas em milímetros (mm). Dimensões dependentes do motor são aproximadas

Peso aprox. (kg)	279
------------------	-----



ACESSÓRIOS DISPONÍVEIS

Não tem acessórios.

HCT/EC-45-4M-0.5 IE5



Ventiladores axiais tubulares, com motor EC Technology IE5

Ventiladores axiais tubulares, com motor EC Technology IE5 com eletrônica integrada, especialmente concebidos para elevada eficiência energética.



Ventilador:

- Direção ar motor-hélice.
- Hélice em poliamida 6 reforçada com fibra de vidro. Versão AL em fundição de alumínio.
- Carcaça tubular longa em chapa de aço com caixa de bornes exterior.

Motor:

- Motores EC Technology de alta eficiência com eletrônica integrada para sinal de 0-10 V ou 4-20 mA.
- Motores de eficiência IE5, classe F e proteção IP55.
- Monofásico 230 V 50/60 Hz e trifásico 400 V 50/60 Hz.
- Temperatura de trabalho: -25 °C +60 °C.

EC CONTROL:

Fornecido como acessório opcional. Quadro de controlo para sistemas de ventilação com motores EC Technology com eletrônica integrada no próprio motor. Características:

- CPC: Controlo de pressão constante.
- CFC: Controlo de caudal constante.
- DIA/NOITE: Ajuste duplo do setpoint de pressão de acordo com a hora do dia.
- Sensor externo: Compatível com sensor de temperatura, humidade, qualidade do ar ou CO.
- Equipamento pré-configurado em modo pressão constante com set point de 100 Pa.

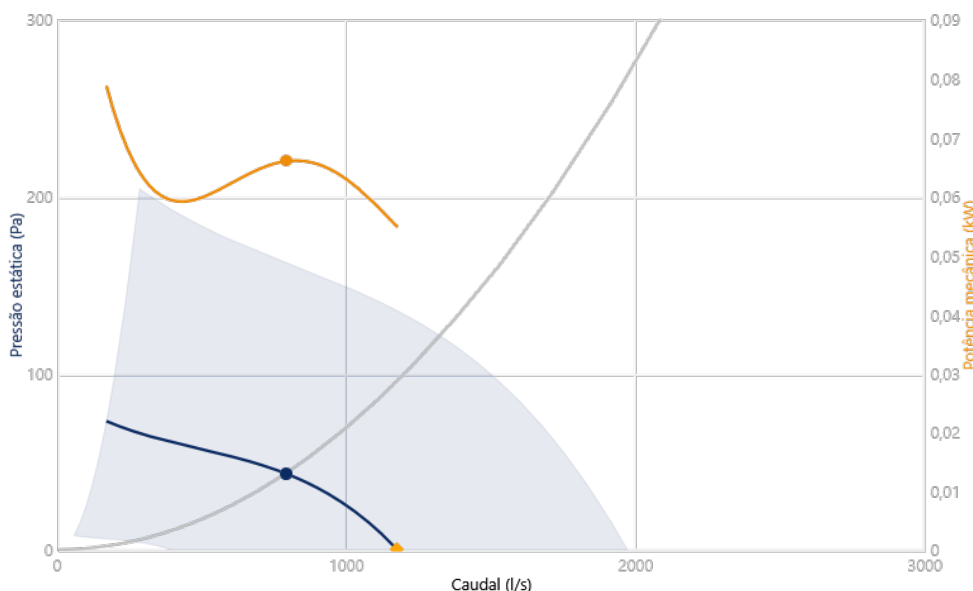
Acabamento:

- Resistente à corrosão em resina de poliéster polimerizada a 190 °C, desengorduramento prévio com tratamento nanotecnológico sem fosfatos.

Mediante pedido:

- Direção ar hélice-motor.
- Hélices 100% reversíveis.

CURVA CARACTERÍSTICA E ACÚSTICA PARA 1,2KG/M³



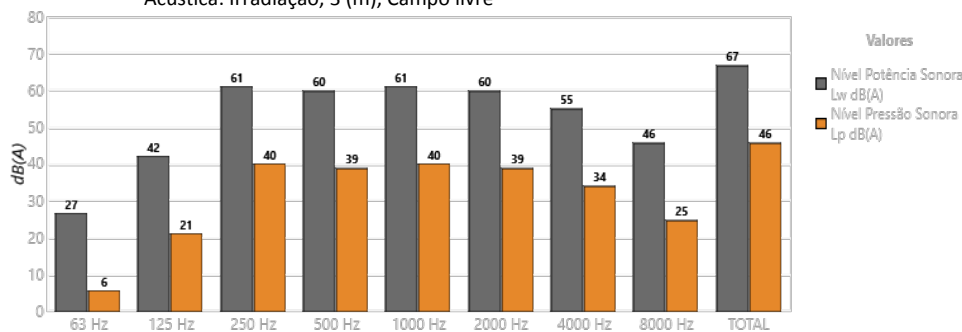
Ponto de Desenho

Q (l/s)	790
Pe (Pa)	43

Ponto Serviço (PS)

Q (l/s)	790
Pe (Pa)	43
Pd (Pa)	13,59
Pt (Pa)	56,59
Velocidade (rpm)	841
Máx. Temp. (°C)	60
Velocidade saída ar (m/s)	4,759
Rendimento (%)	67,81
SFP (kW/m ³ /s)	0,0948
Potência mecânica (kW)	0,0659

Acústica: Irradiação, 3 (m), Campo livre



Faixa	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	27	6
125 Hz	42	21
250 Hz	61	40
500 Hz	60	39
1000 Hz	61	40
2000 Hz	60	39
4000 Hz	55	34
8000 Hz	46	25
TOTAL	67	46

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (l/s)	1176
Velocidade (rpm)	841
Pressão estática máxima (Pa)	72,61
Pressão total máxima (Pa)	73,24

ERP

Rendimento	39,6%
Grau eficiência N	54,3
Categoria de medição	A
Categoria eficiência	Estático
Relação específica	1,00
Caudal (m³/h)	4228

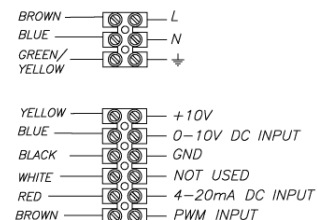
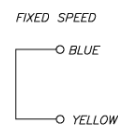
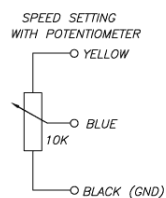
Pressão (Pa)	135
Potência eléctrica (kW)	0,401
Velocidade (rpm)	1410
Variador de velocidade	VSD incorporado no ventilador
Cumprimento ErP	De acordo com o projeto ErP 2020

- Dados estabelecidos no ponto de eficiência máxima

DADOS DO MOTOR

Potência Eléctrica Máx. (kW)	0,37
Hz/fases	50/1
Motor VSD Máx. (rpm)	1410
Motor VSD Mín. (rpm)	285
Corrente máx. (A) 220-277 V	3,5
Protecção do motor	IP55

Os dados podem mudar, consulte a placa do motor

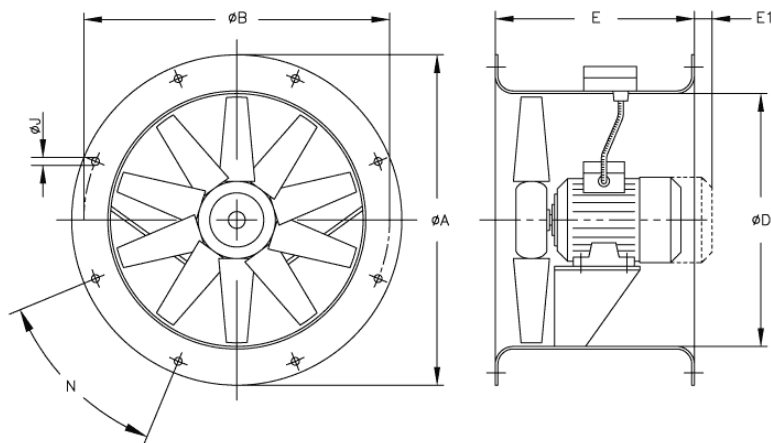


DIMENSÕES

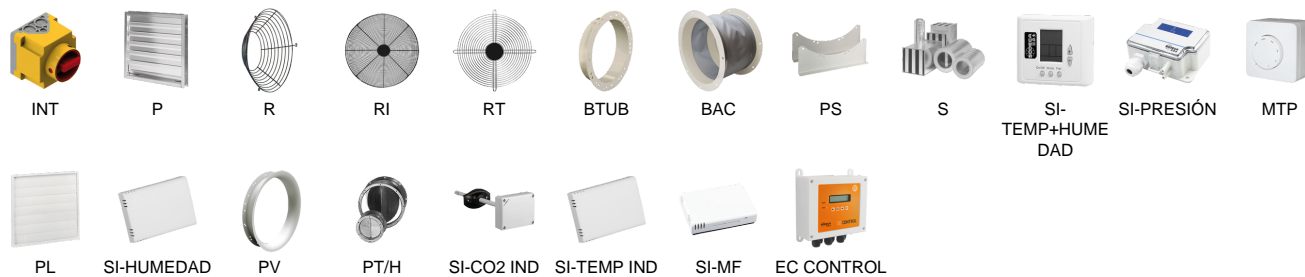
ØA	ØB	ØD	E	ØI	N
540	500	460	360	12	8x45º

As dimensões sem unidades definidas explicitamente são mostradas em milímetros (mm). Dimensões dependentes do motor são aproximadas

Peso aprox. (kg)	24
------------------	----



ACESSÓRIOS DISPONÍVEIS



Deve-se verificar se o acessório é adequado para o modelo de ventilador