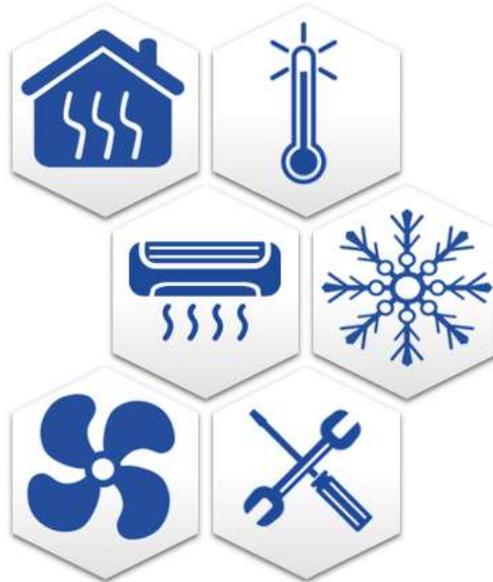




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



Estágio Curricular no Gabinete de Engenharia ACet, na Componente de Climatização

ANA CATARINA RUAS BALIXA
Licenciada em Engenharia Mecânica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica com especialização em Energia, Climatização e Refrigeração

Orientador:

Professor Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri:

Presidente:

Professor Doutor António João P. da Costa Feliciano Abreu

Vogais:

Professor Especialista Francisco Manuel Fernandes Severo

Professor Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Novembro de 2016

Página deixada propositadamente em branco



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

Estágio Curricular no Gabinete de Engenharia ACet, na Componente de Climatização

ANA CATARINA RUAS BALIXA
Licenciada em Engenharia Mecânica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica com especialização em Energia, Climatização e Refrigeração

Orientador:

Professor Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Júri:

Presidente:

Professor Doutor António João P. da Costa Feliciano Abreu

Vogais:

Professor Especialista Francisco Manuel Fernandes Severo

Professor Especialista João Antero Nascimento dos Santos Cardoso

Novembro de 2016

Nota: O presente documento não se encontra escrito ao abrigo do Acordo Ortográfico vigente.

Agradecimentos

Quero agradecer e prestar o meu reconhecimento a todas as pessoas que me ajudaram, apoiaram, acompanharam e acima de tudo ensinaram ao longo da realização do presente relatório e do estágio curricular. Desta forma, os meus sinceros agradecimentos:

Ao Engenheiro João Antero Cardoso por todo o apoio profissional e académico prestado ao longo de todo o percurso. Agradeço ainda a dedicação e a disponibilidade para transmitir novos conhecimentos.

A toda a equipa e colaboradores da empresa ACet, ANTERO CARDOSO - Engenharia Termodinâmica, Lda, pela ajuda e tempo disponibilizado para esclarecimento de todas as dúvidas que surgiram durante a realização de projectos.

Ao meu namorado André Santos, por toda a paciência, carinho e apoio prestado desde o início.

À minha família; aos meus pais (Jorge Balixa e Teresa Balixa), irmãos (Pedro Balixa e Rui Balixa) e cunhadas (Ana Balixa e Vera Balixa) pelo apoio, incentivo e compreensão em todas as situações.

À minha sobrinha Constança Balixa, que apesar de ser ainda uma criança, a sua inocência e alegria incentivou e inspirou para a elaboração deste relatório.

A todos os meus amigos e colegas que me acompanharam e apoiaram sempre ao longo deste percurso.

Página deixada propositadamente em branco

Resumo

É âmbito do presente documento descrever as actividades desenvolvidas durante o estágio curricular na empresa ACet, ANTERO CARDOSO - Engenharia Termodinâmica, Lda. O mesmo constitui-se como documento final de curso, do Mestrado em Engenharia Mecânica, ramo de Energia, Refrigeração e Climatização, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

A empresa ACet, ANTERO CARDOSO - Engenharia Termodinâmica, Lda tem como actividade a elaboração de estudos e projectos de engenharia e consultoria de instalações especiais. Adicionalmente, a empresa inclui serviços de preparação, coordenação e fiscalização de obras.

Na elaboração do relatório de estágio foram efectuadas diversas pesquisas de carácter informativo, bem como consultas às diversas normas e legislações em vigor, que permitiram desenvolver e adquirir conhecimentos relacionados com execução de um projecto. Desta forma, salienta-se que o presente relatório tem como intuito não só descrever as actividades desenvolvidas ao longo do estágio, como também apresentar um breve enquadramento teórico do conhecimento adquirido durante a realização do mesmo, bem como ao longo do percurso académico.

O presente trabalho é essencialmente dividido em três partes, sendo que na primeira parte será efectuada uma abordagem a todos os parâmetros e requisitos necessários para a actividade da ACet, visando o cumprimento das normas vigentes, no que diz respeito ao conforto térmico, ventilação e qualidade do ar interior. Numa segunda fase, serão abordados os diferentes sistemas de AVAC existentes, bem como o dimensionamento dos diversos equipamentos e das respectivas redes hidráulicas e aeráulicas. Por fim, na terceira parte do relatório serão descritos os projectos acompanhados e desenvolvidos ao longo do estágio curricular, bem como as conclusões finais retiradas de todo o trabalho efectuado.

As três partes descritas são constituídas por diversos capítulos. Na primeira parte estão incluídos os capítulos 1, 2, 3, 4 e 5, na segunda parte os capítulos 6, 7, 8 e 9 e por fim na terceira parte os capítulos 10, 11 e 12.

Palavras-chave: Qualidade do Ar Interior, Conforto, Ar condicionado, Sistemas de AVAC, Projectos de Engenharia.

Página deixada propositadamente em branco

Abstract

The scope of this thesis is to describe the activities developed during the internship at ACet, ANTERO CARDOSO – Thermodynamics Engineering, Ltd. This is a final work Master degree in Mechanical Engineering, in the area of Energy, Refrigeration and Air Conditioning, of ISEL Polytechnic Institute.

The main activity of ACet, ANTERO CARDOSO – Thermodynamics Engineering, Ltd is the conception of studies and engineering designs and consulting for special installations. Additionally, the company includes services of preparation, coordination and supervision of works.

During the preparation of this report several surveys were made, as well as consultations to the current laws, which have allowed to develop and acquire knowledge about project development. Thus, the present report has the purpose not only to describe the activities developed, but also to introduce a theoretical framework about the knowledge acquired during the internship, as well as during the academic path.

This report is divided essentially in three parts. In the first part, an approach will be made to all parameters and necessary requirements, in order to comply with current regulations, regarding the thermal comfort, ventilation and indoor air quality. The second part will include a description of different types of HVAC systems and explains the dimensioning principles about the equipment and the network distribution of fluids like air and water. The last part of the report will present the description of all the projects that were subject to study during the internship followed by the conclusions about all the work done.

The three parts are composed by several chapters. In the first part chapters 1, 2, 3, 4 and 5 are included. The second part contains the chapters 6, 7, 8 and 9 while the third and final part includes the chapters 10, 11 and 12.

Keywords: Indoor Air Quality, Comfort, Air Conditioning, HVAC Systems, Engineering Design.

Nota: Ao longo do presente documento as referências bibliográficas são identificadas no texto por meio de parênteses rectos.

Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Normas e Legislação	5
3.	Projecto de AVAC.....	11
3.1	Fases de Projecto	11
3.2	Composição de um Projecto	13
4.	Cálculo Cargas Térmicas.....	17
4.1	Conforto Térmico	17
4.2	Tipos de Cargas Térmicas.....	19
5.	Ventilação e Qualidade do Ar Interior	27
6.	Sistemas e Equipamentos de AVAC	35
6.1	Classificação de Sistemas	35
6.2	Unidades de Tratamento de Ar	40
6.3	Unidades Terminais	42
7.	Cálculo Automático.....	49
8.	Dimensionamento de Redes	51
8.1	Circuito Hidráulico	51
8.2	Circuito Aerúlico.....	53
9.	Dimensionamento de Sistemas.....	59
9.1	Circuito Hidráulico	59
9.2	Circuito Aerúlico.....	63
10.	Projectos Participados e Efectuados	67
10.1	Axone – Farmacêutica.....	68
10.2	Caves de Moradia - Vila Catete, Estoril.....	71
10.3	Ginásio Seixal – Recondair.....	72
10.4	Hovione - Edifício 2 e Edifício 12	75

10.5	Recipharm II – Viscomix Pharmix.....	77
10.6	Hikma IV – Piso 0.....	81
10.7	Clínica Milénio.....	83
10.8	Hovione B6A – Pisos 2 e 3	88
10.9	Lecifarma	90
11.	Conclusões.....	93
12.	Referências Bibliográficas.....	95
	Anexos.....	99
	Anexo A: Temperaturas do Ar Interior Recomendadas	101
	Anexo B: Ábaco de Seleção – Circuito Aerúlico	105
	Anexo C: Axone – Farmacêutica: Diagrama P&ID do Sistema AHU.HOR.02	109
	Anexo D: Caves de Moradia – Vila Catete, Estoril: Ficha Técnica de Evaporadores	113
	Anexo E: Ginásio Seixal – Recondair: Lista de Salas – Dados para AVAC	117
	Anexo F: Hovione –Edifício 2: Estimativa Orçamental.....	121
	Anexo G: Hovione –Edifício 12: Estimativa Orçamental.....	125
	Anexo H: Recipharm II – Viscomix Pharmix: Diagrama P&ID do Sistema OST050CU10	129
	Anexo I: Hikma IV – Piso 0: Zona de Influência dos Sistemas de AVAC.....	133
	Anexo J: Clínica Milénio: Diagrama P&ID do Sistema UTAN.BO.01	137
	Anexo K: Hovione B6A – Pisos 2 e 3: Diagrama de Conceito de Ventilação e Climatização	141
	Anexo L: Lecifarma: Mapa de Quantidades.....	145

Índice de Figuras

Figura 1 - Modos de transferência de calor num espaço condicionado [8].....	20
Figura 2 - Esquema Sistema VAC [13].....	37
Figura 3 - Esquema Sistema VAV [13].....	38
Figura 4 - Recuperador de calor de fluxos cruzados [2].....	41
Figura 5 - Recuperador de calor de roda térmica [2].....	41
Figura 6 – Recuperador de calor do tipo “run around coil” [41].....	42
Figura 7 - Área de passagem para vigas arrefecidas [7].....	44
Figura 8 - Vigas Arrefecidas Passivas e Activas [42].....	45
Figura 9 - Difusão por mistura [43].....	47
Figura 10 - Difusão por deslocamento de ar [43].....	48
Figura 11 - Menu Hourly Analys Program [13].....	50
Figura 12 - Ábaco de selecção Aço Carbono [1].....	53
Figura 13 - Relação entre o comprimento equivalente da conduta e o caudal [3]	56
Figura 14 - Ábaco do método de recuperação estática [3]	56
Figura 15- Ábaco de Selecção – Circuito Aerúlico [3]	107

Página deixada propositadamente em branco

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Descrição da categoria segundo a norma EN 15251/2008 [22]	7
Tabela 2 - Classificação de filtros de ar segundo a norma EN 779 [37]	8
Tabela 3 - Classificação de filtros de ar segundo a norma EN 1822 [38]	8
Tabela 4 - Valores Recomendados para humidade relativa em espaços ocupados [22]	19
Tabela 5 – Valores típicos de densidade de ocupação [21]	25
Tabela 6 – Limiar de protecção e margem de tolerância para poluentes físico-químicos [32]	28
Tabela 7- Condições de referência para os poluentes microbiológicos [32]	28
Tabela 8 - Classificação de salas brancas segundo a norma ISO 14644-1 [31]	28
Tabela 9 - Classificação de salas brancas segundo a GMP EU [27]	29
Tabela 10 - Caudais mínimos de ar novo por pessoa (a) e por m ² (b) [22]	30
Tabela 11 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à ocupação [32]	30
Tabela 12 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida ao edifício [32]	31
Tabela 13 - Condições para uma sala de cuidados especiais: Recobro [9]	31
Tabela 14 - Valores de referência de eficácia de ventilação [21]	32
Tabela 15 - Caudais mínimos de extracção segundo ACSS [9]	33
Tabela 16 - Caudais mínimos de extracção segundo a Portaria nº 353-A/2013 [32]	33
Tabela 17 - Coeficiente de perdas associado ao tipo de acessório/equipamento [1]	52
Tabela 18 - Valores de velocidade máxima recomendada [3]	54
Tabela 19 - Coeficiente de expansão da água [11]	62
Tabela 20 - Período de retorno simples	80
Tabela 21 - Temperaturas do Ar Interior Recomendadas [22]	103

Página deixada propositadamente em branco

Lista de Símbolos

C	Conteúdo Total de Água da Instalação [L]
D	Diâmetro da Tubagem [m]
d	Espessura do Vidro [m]
e	Coefficiente de Expansão da Água
f	Factor de Atrito
g_T	Factor de Sombreamento
g_{Tvc}	Factor de Protecção Solar
g_{vi}	Factor Solar do Vidro para Incidência Solar Normal ao Vão
K	Coefficiente de Perdas
L	Comprimento do Troço [m]
MT	Margem de Tolerância [%]
P_{atm}	Pressão Atmosférica [bar]
P_f	Pressão Absoluta Final [bar]
$P_{hidrostática}$	Pressão Hidrostática [bar]
P_i	Pressão Absoluta Inicial [bar]
Q	Caudal de Ar [m ³ /h]
Q_{pmin}	Caudal Mínimo no Circuito Primário [m ³ /h];
Q_{smin}	Caudal Mínimo no Circuito Secundário [m ³ /h];
R	Resistências Térmicas [m ² .K/W]
Re	Número de Reynolds
R_s	Resistência Térmica do Espaço de Ar [m ² .K/W]
R_{se}	Resistência Térmica Exterior [m ² .K/W]
R_{si}	Resistência Térmica Interior [m ² .K/W]
T	Temperatura [°C]
t	Tempo Mínimo de Funcionamento do Chiller [min].
U	Coefficiente Global de Transmissão Térmica [W/m ² .K]

U_g	coeficiente de Transmissão de Calor de Elementos Envidraçados [W/m ² .K]
V	Velocidade de Escoamento [m/s]
V	Volume Vaso de Expansão [L]
V_{DI}	Volume do Depósito de Inércia [m ³];
V_{extras}	Volume Extras [L]
$V_{tubagem}$	Volume da Tubagem [L]
ΔP	Perda de Carga [Pa]
λ	Condutibilidade Térmica do Vidro [W/m.K]
μ	Viscosidade do Fluido [Pa.s]
ρ	Massa Específica do Fluido [kg/m ³]

Lista de Abreviaturas

ACSS	Administração Central do Sistema de Saúde
ADM	Administrativo
AFD	Aseptic Filling Department
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers
ATEX	Directivas Atmosferas Explosivas
AUD	Auditório
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BO	Bloco Operatório
CAB	Cabeleireiro
CDI	Central de Detecção de Incêndio
CE	Certificação Energética
CH	Chiller
COZ	Cozinha
DIN	German Institute for Standardization
EMB	Embalagem
EN	Norma Europeia
EPA	Efficiency Particulate Air Filters
EST	Esterilização
F	Fine Filters
G	Coarse Filters
GFC	General Formulation Common Areas
GMP EU	Guidelines to Good Manufacturing Practice
HAP	Hourly Analysis Program
HEPA	High Efficiency Particulate Air Filter
HOR	Hormones
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning

IFS	Infrastructures
ISO	International Organization for Standardization
LAF	Fan Filter Unit
LQD	Liquids
M	Medium Filters
ONC	Oncology
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
PA	Poupança Anual
PEX	Polietileno Reticulado de Alta Densidade
PKG	Packaging
PPS	Polipropileno
PRS	Período de Retorno Simples
QCT	Quality Control
QGE	Quadro Geral Eléctrico
R&D	Research & Development
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REF	Refeitório
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética
SCIE	Segurança Contra Incêndios em Edifícios
SDG	Solid Dosage
TPD	Transdermal Patches Department
UCPA	Unidade de Cuidados Pós-Anestésicos
ULPA	Ultra Low Penetration Air Filters
UPS	Uninterruptible Power Supply
XVI	

URC	Unidade de Recuperação de Calor
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
VAC	Volume de Ar Constante
VAV	Volume de Ar Variável
VE	Ventilador de Extração
VI	Ventilador de Insuflação
VRF	Caudal de Refrigerante Variável
WHA	Warehouse

Página deixada propositadamente em branco

1. Introdução

Enquadramento Teórico

Com o aumento notável das exigências por parte das pessoas em relação às condições interiores dos diversos tipos de edifícios e a necessidade de conceber sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) de alta eficiência e de baixos consumos, mostra-se cada vez mais como uma prioridade nos dias de hoje.

Um sistema de AVAC tem como principal função proporcionar, a um determinado espaço, as condições e requisitos que garantam não só o conforto térmico, como também a qualidade do ar interior. De um modo muito generalista, a gestão destes factores é fundamental no que diz respeito ao bem-estar e saúde dos ocupantes, bem como na promoção das condições favoráveis de uma actividade saudável e eficiente dentro dos espaços.

Em Portugal, existem um elevado número de edifícios energeticamente ineficientes que apresentam baixas taxas de renovação de ar e proporcionam o incremento da concentração de poluentes no ar. Além disso, a utilização crescente de espaços fechados acentuou os problemas intrínsecos destes edifícios. Por este motivo, o controlo da qualidade do ar interior apresenta-se como um factor de elevada importância. No entanto, é um parâmetro de alguma complexidade, uma vez que envolve diversas vertentes, não só relacionadas com a tipologia dos espaços, como também com a estrutura do edifício, materiais, actividades e comportamento dos ocupantes.

Consequentemente, a utilização de sistemas que progridam as condições anteriormente descritas aumenta consideravelmente, reflectindo um incremento dos consumos energéticos e da poluição ambiente. Face a esta situação, é fundamental promover sistemas ou novos edifícios energeticamente eficientes.

A notável necessidade da racionalização do consumo da energia e da diminuição das emissões de gases poluentes para o ambiente, apresentou-se como a principal razão para o aumento substancial na diversidade de produtos, nomeadamente, revestimentos, acabamentos e tipos de materiais aplicados nos edifícios, como também nos sistemas e equipamentos de AVAC.

Devido às dificuldades visíveis inerentes ao dimensionamento correcto dos sistemas de climatização, está implícita a necessidade da concepção de Projectos de Engenharia que, através

da definição de conceitos e soluções base, asseguram a qualidade global de uma instalação. Por sua vez, durante a concepção de um projecto, existe ainda a obrigatoriedade de aplicação dos diversos regulamentos e normas em vigor, que visam estabelecer valores e condições padrão de qualidade mínimas dos diferentes parâmetros, para as diversas áreas.

Objectivos e Apresentação da Empresa

O relatório que se apresenta de seguida visa descrever o trabalho desenvolvido durante o estágio na empresa ACet, ANTERO CARDOSO - Engenharia Termodinâmica, Lda, durante o período de nove meses.

A empresa ACet, ANTERO CARDOSO - Engenharia Termodinâmica, Lda, localizada em Mem Martins, concelho de Sintra, foi fundada em Janeiro de 1995 e tem como principal actividade a realização de Projectos de Instalações Especiais Mecânicas e Eléctricas, com participação activa em projectos na indústria farmacêutica e hospitalar. Os serviços prestados pela mesma incluem as seguintes especialidades: Aquecimento, Ventilação e Climatização, Electricidade Associada às Instalações Mecânicas, Instalação de Fluidos Industriais, Instalações Electromecânicas, Instalação Eléctrica Geral, Segurança Contra Incêndios, Segurança Contra Intrusão e Ventilação Mecânica e Desenfumagem.

A realização de um estágio constitui uma oportunidade para integração no mercado de trabalho, complementando e aperfeiçoando as competências socioprofissionais através da consolidação entre o sistema educativo e as actividades laborais.

O estágio foi estruturado de forma a contemplar as vertentes relacionadas com a formação adquirida durante todo o percurso académico e teve como objectivo desenvolver as seguintes actividades:

- ✓ Consultoria;
- ✓ Elaboração de Cálculos de Engenharia;
- ✓ Análise de Soluções e Conceitos de Projecto;
- ✓ Elaboração de Projectos e sua Implicação na Gestão de um Gabinete de Engenharia;
- ✓ Certificação Energética;
- ✓ Acompanhamento de Montagens e Instalações e Ensaios de Desempenho.

Notar que, com base na área de actividade principal da empresa ACet, todo o documento especifica condições e normas para edifícios com condições ambiente especiais (indústria farmacêutica, serviços de unidades de cuidados de saúde) e para edifícios de comércio e de serviço.

Estrutura Global do Trabalho

Com base nos objectivos enunciados no ponto anterior, o presente documento tem a estrutura apresentada de seguida:

✓ Capítulo 1 – Introdução

Inclui um breve enquadramento geral teórico, os objectivos do trabalho e a apresentação da empresa e a estrutura global do trabalho.

✓ Capítulo 2 – Normas e Legislação

Contém uma breve descrição das normas e regulamentações indicadas ao longo de todo o relatório.

✓ Capítulo 3 – Projecto de AVAC

Descrição das fases de projecto e dos respectivos documentos necessários na realização de um Projecto segundo a legislação em vigor.

✓ Capítulo 4 – Cálculo Cargas Térmicas

Definição dos diversos conceitos base inerentes à concepção de sistemas de AVAC, incluído a descrição de conforto térmico e dos respectivos parâmetros associados: temperatura, humidade e cargas térmicas exteriores e interiores. No que diz respeito às cargas térmicas exteriores apresenta-se a descrição dos diferentes modos de transferência de calor e relativamente às cargas térmicas interiores apresenta-se as diferentes formas de dissipação de calor: equipamentos, iluminação e ocupação nos espaços. Resumindo, neste capítulo pretende-se dar a entender a importância de todos os parâmetros necessários para a determinação correcta do caudal de ar necessário.

✓ Capítulo 5 – Ventilação e Qualidade do Ar Interior

Definição da importância da qualidade do ar interior e ventilação, onde são definidos os critérios necessários na obtenção de qualidade do ar interior, os caudais mínimos de ar novo e caudais mínimos de extracção com base na legislação vigente.

✓ Capítulo 6 – Sistemas de AVAC

Abordagem aos diferentes sistemas de climatização e enquadramento das suas possíveis classificações. Este capítulo inclui ainda uma breve descrição dos diversos equipamentos de AVAC, nomeadamente unidades de tratamento de ar e unidades terminais (ventiloconectores, vigas arrefecidas, pavimento radiante e dispositivos de difusão).

✓ Capítulo 7 – Cálculo Automático

Descrição do programa utilizado na execução dos cálculos presentes no projecto, incluindo a importância da sua utilização.

✓ Capítulo 8 – Dimensionamento de Redes

Descrição dos métodos de cálculo para determinação dos diâmetros das redes hidráulicas e aeráulicas.

✓ Capítulo 9 – Dimensionamento de Sistemas

Descrição dos métodos de dimensionamento dos diversos equipamentos incluídos no circuito hidráulico: unidades de produção de água arrefecida/aquecida – chiller, depósitos de inércia, vasos de expansão e bombas de calor, e no circuito aeráulico: unidades de tratamento de ar, ventiladores e equipamentos terminais de difusão.

✓ Capítulo 10 – Projectos Participados e Efectuados

Descrição de todos os projectos participados ao longo do estágio curricular, incluindo as soluções adoptadas e as actividades desenvolvidas em cada um.

✓ Capítulo 11 - Conclusão

Conclusões, de uma forma global, retiradas do trabalho efectuado, bem como exposição dos objectivos que ficaram por alcançar.

2. Normas e Legislação

Existe um número vasto de regulamentos e normas, sendo de seguida apresentado uma breve referência de alguns dos mais consultados ao longo do estágio curricular.

Portaria nº701-H/2008 [33]

A Portaria nº701-H/2008 de 29 de Julho, revisão da Portaria de 7 de Fevereiro de 1972, tem como objectivo definir os métodos de cálculos de honorários a cobrar pelos autores de projectos de obras públicas, bem como especificar as diversas fases de projecto e as respectivas informações que devem constar nos documentos elaborados em cada fase.

ISO 3511 [28] e DIN 19227 [18]

As normas ISO 3511, actualizada para ISO 14617:2002, e DIN 19227 referem-se essencialmente à nomenclatura e simbologia utilizada nas peças desenhadas de um projecto, sendo a primeira direccionada para a simbologia em diagramas de principio, diagramas de instrumentação, diagramas de redes de condutas e tubagem, entre outros. A norma DIN 19227 especifica a simbologia de identificação dos sistemas de controlo.

ISO 10077 [30]

Norma referente ao desempenho térmico, vãos envidraçados e persianas e especifica o método de cálculo de transmissão térmica dos perfis de caixilharia e da transmitância térmica linear da junção dos perfis com os elementos envidraçados. Adicionalmente, a presente norma tem como intuito avaliar a resistência térmica dos materiais que compõem um vão.

Decreto-Lei nº79/2006 [14]

O Decreto-Lei nº 79/2006, presentemente revogado, reflecte o regulamento aplicável a sistemas energéticos de climatização em edifícios. Este estabelece as condições necessárias na concepção de projectos de novos sistemas de climatização, no que diz respeito aos requisitos em termos de conforto térmico e de qualidade do ar interior, requisitos mínimos de renovação e tratamento de ar, requisitos em termos de concepção da instalação e do estabelecimento referente à manutenção dos mesmos e os requisitos de principio de utilização racional de energia, bem como de materiais e tecnologias.

O regulamento estabelece ainda os limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios (incluindo os sistemas de climatização e as condições nominais de funcionamento), as condições de manutenção, monitorização e auditoria e os requisitos relativos à formação profissional.

EN 13779/2007 [21]

Esta norma europeia visa definir os parâmetros ideais para a concepção de sistemas com bom funcionamento energético e sem impacto negativo na qualidade do ambiente interior. A mesma é aplicável a edifícios de serviços e de comércio e especifica valores e critérios padrão para os seguintes parâmetros:

- ✓ Classificação do ar;
- ✓ Condições de pressão interior;
- ✓ Classificação de ventiladores;
- ✓ Valores de referência de cargas térmicas interiores: ocupação, iluminação e equipamentos;
- ✓ Valores de perdas de pressão em sistemas de unidades de tratamento de ar;
- ✓ Valores recomendáveis de ruído;
- ✓ Entre outros.

ISO 14644-1 [31]

Norma relacionada com ambientes de qualidade bastante rigorosa, como é o caso de ambientes de saúde pública e indústria farmacêutica, e especificam a classificação de pureza do ar em termos de concentração de partículas em salas/zonas limpas.

EN 15251/2007 [22]

A norma europeia EN 15251/2007 é aplicável a diversos tipos de construção nomeadamente, habitações unifamiliares, apartamentos, escritórios, edifícios educacionais, hospitais, hotéis, restaurantes, instalações desportivas, comércio grossista e retalhista e edifícios de serviço e visa definir valores de projecto do ambiente interior que afectam o desempenho energético dos edifícios, abordando parâmetros como a qualidade do ar interior, ambiente térmico, iluminação e acústica.

A norma especifica valores padrão das diversas variáveis de conforto (caudais de ar novo, temperatura, humidade, entre outras) a serem aplicadas em projectos de ambiente interior. Por sua vez, qualifica o conforto em 4 categorias (Tabela 1) que se baseiam na sensação do conforto humano e no grau de exigência dos mesmos e correspondem ao tipo de construção e de actividade de cada espaço ou edifício.

Tabela 1 - Descrição da categoria segundo a norma EN 15251/2008 [22]

Categoria	Definição
I	Categoria recomendada para espaços ocupados por pessoas com necessidades especiais, como idosos, crianças e doentes.
II	Categoria recomendada para novas construções e renovações;
III	Categoria recomenda para edifícios existentes;
IV	Valores fora os critérios das categorias acima.

São ainda estabelecidos critérios de cálculo para determinação dos caudais mínimos de ar novo, número de renovações de ar, valores máximos de emissão de poluentes e de pressão sonora.

ISO 6946:1996 [29]

A norma EN ISO 6946:1996, actualizada para EN ISO 6946:2007, especifica o método de cálculo da resistência térmica dos componentes e elementos de construção das envolventes dos edifícios, excluído portas, vãos envidraçados e respectivos elementos. A norma especifica ainda valores padrão de condutibilidade térmica, coeficientes globais de transmissão térmica dos diferentes tipos de materiais, bem como apresenta soluções de alvenaria e respectivas características.

Regulamento nº1253/2014 [36]

O Regulamento nº 1253/2014 visa incrementar a instalação de equipamentos de climatização mais eficientes e estabelece os requisitos de concepção ecológica para unidades de ventilação.

EN 779 [19] e EN 1822 [20]

Normas referentes à classificação de filtros de ar com base na sua eficiência de filtração. A norma europeia EN 779 dirige-se à protecção das unidades de ventilação de um sistema de climatização, onde diferencia a eficiência dos filtros em três classes: G, M e F, como se verifica na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação de filtros de ar segundo a norma EN 779 [37]

Classification of air filters ¹⁾					
Group	Class	Final pressure drop (test) Pa	Average arrestance (Am) of synthetic dust %	Average efficiency (Em) for 0.4 µm particles %	Minimum efficiency ²⁾ for 0.4 µm particles %
Coarse	G1	250	50≤Am<65	-	-
	G2	250	65≤Am<80	-	-
	G3	250	80≤Am<90	-	-
	G4	250	90≤Am	-	-
Medium	M5	450	-	40≤Em<60	-
	M6	450	-	60≤Em<80	-
Fine	F7	450	-	80≤Em<90	35
	F8	450	-	90≤Em<95	55
	F9	450	-	95≤Em	70

A norma 1822 é utilizada quando são requeridos altos níveis de pureza do ar, como é o caso de salas limpas para indústria farmacêutica ou ambientes relacionados com saúde pública (hospitais, salas cirúrgicas). Neste caso, são diferenciados três grupos de classificação: EPA, HEPA e ULPA, cada um associado a um pequeno grupo de classe E, H e U, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Classificação de filtros de ar segundo a norma EN 1822 [38]

Filter Class	Integral Value		Local Value	
	Collection Efficiency %	Penetration %	Collection Efficiency %	Penetration %
E10	85	15	-	-
E11	95	5	-	-
E12	99,5	0,5	-	-
H13	99,95	0,05	99,75	0,25
H14	99,995	0,005	99,975	0,025
U15	99,9995	0,0005	99,9975	0,0025
U16	99,99995	0,00005	99,99975	0,00025
U17	99,999995	0,000005	99,9999	0,0001

Regulamento N°640/2009 [35]

No âmbito da Directiva 2005/32/CE do Parlamento Europeu e do Concelho, o Regulamento N°640/2009 tem como intuito definir os requisitos de concepção ecológica para motores eléctricos. O regulamento estabelece todas as situações em que este é aplicável, o procedimento de verificação para efeitos de fiscalização do mercado, parâmetros de referência e procedimento para os métodos de cálculo.

Sistema de Certificação Energética [15]

O Sistema de Certificação Energética (SCE), vigorado em Dezembro de 2013 e aprovado pelo Decreto-Lei nº 118/2013, integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Neste sentido foram revogados o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), correspondentes aos Decretos-Lei nº 78/2006, 79/2006 e 80/2006 de 4 de Abril. O sistema é composto por um vasto pacote legislativo, sendo somente apresentado de seguida as regulamentações identificadas no presente documento:

- ✓ Despacho nº15793-K/2013 Pacote Legislativo [17] – Estabelece os parâmetros térmicos para o cálculo do coeficiente de global de transferência de calor.
- ✓ Portaria nº353-A/2013 [32] – Estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os requisitos de protecção e as condições de referência para poluentes do ar interior de novos edifícios e sujeitos a grande intervenção e respectiva metodologia de avaliação.

EN 50014 [23], EN 50020 [24] e EN 50028 [25]

Conjunto de normas que visam estabelecer requisitos para protecção de pessoas, equipamentos e dos diversos componentes eléctricos para ambientes atmosféricos explosivos.

EN 60529/2004 [26]

Estabelece o grau de protecção IP, por meio de números, em conformidade com condições definidas em tabelas. Tem como função clarificar a leituras dos critérios de protecção dos diversos componentes envolvidos.

Decreto-Lei nº224/2015 [16]

O Decreto-Lei nº224/2015 de 9 de Outubro visa apresentar as alterações efectuadas ao Decreto-Lei nº220/2008 de 12 de Novembro referente ao regime jurídico da segurança contra incêndio em edifícios (SCIE). O mesmo tem como objectivo definir os requisitos necessários para preservação da vida humana, do ambiente e do património cultural em caso de incêndio. Como tal, estabelece princípios para:

- ✓ Reduzir a probabilidade de ocorrência de incêndios;
- ✓ Limitar o desenvolvimento de incêndios, circunscrevendo e minimizando os seus efeitos, nomeadamente a propagação do fumo e gases de combustão;
- ✓ Facilitar a evacuação e o salvamento dos ocupantes em risco;
- ✓ Permitir a intervenção eficaz e segura dos meios de socorro.

Portaria nº1532/2008 [34]

A Portaria nº1532/2008 de 29 de Dezembro, determinada pelo Decreto-Lei nº 220/2008, no âmbito da SCIE, especifica as seguintes condições técnicas gerais e específicas:

- ✓ Condições exteriores comuns;
- ✓ Condições de comportamento ao fogo, isolamento e protecção;
- ✓ Condições de evacuação;
- ✓ Condições das instalações técnicas;
- ✓ Condições dos equipamentos e sistemas de segurança;
- ✓ Condições de autoprotecção.

3. Projecto de AVAC

Um projecto de AVAC pode ser definido como um conjunto de conceitos, cálculos, verificações e peças escritas e desenhadas que permitem estabelecer as condições de temperatura e humidade ideais ao conforto humano, bem como providenciar uma renovação de ar adequada ao tipo de actividade desenvolvida num espaço.

Ao projecto de climatização estão associadas diversas fases de desenvolvimento inter-relacionadas que, integrando a regulamentação em vigor, devem garantir uma solução técnica final bem executada do ponto vista técnico, respondendo de forma positiva às expectativas do cliente em termos funcionais, estéticos e económicos.

Notar que é indispensável a compatibilização entre todas as especialidades (arquitectura, estrutura, electricidade, segurança, águas e esgotos, entre outros), por forma a tornar exequível a instalação de equipamentos e redes existentes num projecto.

3.1 Fases de Projecto

De acordo com a Portaria nº. 701-H/2008 de 29 de Julho [33], um projecto deve ser constituído pelas diversas fases apresentadas em seguida, podendo algumas delas ser dispensadas por especificação do caderno de encargos ou de acordo com o Dono de Obra.



Programa Base

Documento executado pelo Projectista com base no Programa Preliminar, onde são especificadas as soluções que se revelem mais adequadas às condições do edifício, como também o custo das mesmas.

Define-se Programa Preliminar como o conjunto de elementos reunidos para definição dos objectivos do projecto, características gerais de obra, necessidades funcionais, prazos de execução, condicionamentos financeiros, entre outros elementos relevantes.

Estudo Prévio

Após aprovação das soluções apresentadas no Programa Base, o Estudo Prévio compreende o número suficiente de peças escritas e desenhadas a apresentar ao Dono de Obra, visando a fácil compreensão das soluções adoptadas.

Anteprojecto

Apresentação do estudo prévio aprovado, que compreende documentos escritos e desenhados que permitam uma clara identificação de objectivos e exigências de projecto aquando do projecto de execução.

Projecto de execução e Assistência técnica

Projecto de execução inclui toda a informação rigorosa de fácil e inequívoca interpretação. Desta forma, em relação à fase anterior, devem ser acrescentados documentos que visam melhor esclarecimento dos procedimentos a providenciar durante a execução de obra.

Define-se como Assistência Técnica, serviços complementares a prestar pelo Projectista ao Dono de Obra desde a adjudicação até a execução de obra. Nestes serviços estão incluídos serviços de esclarecimento de dúvidas relativos ao projecto definido.

Adicionalmente, podem ser contabilizadas mais duas fases de desenvolvimento de um projecto:

- ✓ Licenciamento;
- ✓ Telas Finais.

Licenciamento

Compreende os documentos de projecto necessários, que cumpram os requisitos, normas e regulamentação em vigor, a serem submetidos à apreciação das autoridades municipais e diferentes organismos para licenciamento de obra.

Telas Finais

Conjunto de peças desenhadas finais do projecto onde é especificado todas as rectificações efectuadas durante a execução de obra.

3.2 Composição de um Projecto

Como descrito anteriormente, às fases de um projecto estão associados diversos documentos escritos e desenhados que especificam e clarificam todo o projecto.

3.2.1 Peças Escritas

Entende-se por peças escritas como o conjunto de documentos que especificam e descrevem todo o conceito do projecto, onde são apresentados todos os cálculos efectuados para o dimensionamento da instalação, bem como a definição dos equipamentos a instalar.

Com base num modelo existente na empresa ACet, nas peças escritas estão incluídos: memória descritiva e justificativa, lista de salas, fichas técnicas, mapa de quantidades, estimativa orçamental, lista de pontos, lista de documentos, e outros documentos requisitados pelo cliente ou de esclarecimento adicional.

Memória descritiva e justificativa

A memória descritiva e justificativa consiste na descrição e caracterização das soluções técnicas adoptadas, descrição dos processos de cálculo, identificação dos critérios considerados no conceito do projecto e identificação dos regulamentos e normas seguidos na elaboração do projecto.

Adicionalmente, pode ser necessário anexar outros documentos técnicos de referência, como por exemplo, documentos necessários para cumprir os requisitos de um Projecto de Licenciamento.

Lista de salas

Na lista de salas estão incluídas todas as especialidades existentes no gabinete de projectos ACet, tendo como finalidade listar todos os espaços existentes no edifício, onde é possível identificar todas as características e condições adjacentes a cada especialidade.

No que diz respeito a especialidade de AVAC, é possível especificar parâmetros como: condições ambientes (temperatura e humidade), pressão absoluta, densidades de cargas térmicas interiores, renovações horárias, classificação da sala, níveis de pressão sonora, entre outros. A introdução de todos os parâmetros prevê responder às exigências do cliente e seguem a regulamentação em vigor.

Após especificação de todos os parâmetros são definidos os tipos de sistemas de climatização e ventilação a utilizar.

Fichas técnicas

Ficha técnica de um material ou equipamento é um documento que contém informações de natureza funcional, construtiva e dimensional, e que especifica as marcas e modelos dos equipamentos dimensionados pelo projectista.

Este documento permite ainda ao cliente e ao instalador esclarecer eventuais dúvidas durante a execução de obra.

Mapa de quantidades

Documento que contempla a informação relativa à quantidade de equipamentos e redes existentes nas diversas especialidades. Na especialidade de AVAC, na empresa ACet, o mapa de quantidades é subdividido por sistemas existentes no projecto, facilitando a leitura do mesmo.

Estimativa orçamental

A estimativa orçamental é elaborada por especialidade, com base no mapa de quantidades, e visa atribuir valores unitários a cada parâmetro, chegando a um custo de obra previsível das respectivas especialidades.

Lista de pontos

A lista de pontos está associada aos pontos de controlo da instalação, e caracteriza as funções dos controladores previstos no projecto de modo assegurar a correcta definição dos parâmetros de funcionamento.

Lista de documentos

Documento que destaca todos os documentos que fazem parte do projecto. Para providenciar uma melhor pesquisa dos mesmos, a lista possui um número associado a cada documento, bem como as suas designações, data de emissão, formato e escala (para o caso de peças desenhadas).

3.2.2 Peças Desenhadas

Define-se como peças desenhadas os elementos gráficos das soluções adoptadas, que resultam do dimensionamento efectuado e complementam as especificações das peças escritas. Nestas inserem-se todos os traçados das redes da instalação, localização de equipamentos, esquemas de principio, pormenores de carácter relevante que provejam esclarecimentos às entidades instaladoras. Com base num modelo existente na empresa ACet, nas peças desenhadas estão incluídos: simbologia, diagramas de principio e desenhos de implantação de equipamentos e de redes de condutas e tubagens.

Simbologia

Simbologia tem como objectivo identificar os símbolos gráficos utilizados no projecto, por forma a deferir às respectivas peças desenhadas clareza e uniformidade representativa.

Diagramas de principio

Diagrama de principio aplicado a especialidade de AVAC na empresa ACet tem o intuito de explicar a funcionalidade dos sistemas adoptados, especificar dados como caudais de insuflação e de extracção, identificar equipamentos de climatização (pavimento radiantes, splits, ventiloconvectores, entre outros), como também a tipologia de controlo aplicada, de acordo com as normas ISO 3511 [28] e DIN 19227 [18].

Os sistemas de controlo relacionados com as instalações de AVAC tem como função coordenar, monitorizar e controlar diversas variáveis, como a temperatura, humidade e outros parâmetros pré-estabelecidos, por intermédio de diversos equipamentos de campo e sensores.

Desenhos de implantação de equipamentos e redes de condutas e tubagens

Conjunto de desenhos onde são representados a localização de todos os equipamentos, bem como as redes aeráulicas e hidráulicas com identificação das suas dimensões. Estes são desenhados sempre à escala e permitem aos leitores uma percepção global da instalação.

Página deixada propositadamente em branco

4. Cálculo Cargas Térmicas

Na concepção correcta dos sistemas de climatização, e por consequência proporcionar as melhores condições de conforto para o ser humano, é necessário integrar diversas áreas como o comportamento dos fenómenos de transmissão de calor, os princípios de funcionamento dos diversos equipamentos e regulamentação em vigor.

O dimensionamento dos sistemas de climatização deve não só garantir a remoção das cargas térmicas existentes nos espaços, como também garantir o correcto funcionamento em períodos de utilização distintos e permitir a monitorização de forma a registar as condições de funcionamento.

Desta forma, existem diversos conceitos base que devem ser considerados na concepção dos sistemas, tais como, conforto térmico, qualidade das condições interiores, interacção com a envolvente, problemas energéticos e ambientais, cargas térmicas, bem como as limitações, vantagens e desvantagens dos diversos tipos de instalações existentes no mercado.

4.1 Conforto Térmico

Conforto térmico trata-se de um conceito bastante subjectivo uma vez que envolve a satisfação dos ocupantes de um espaço, que varia bastante de pessoa para pessoa, género e idade. Desta forma, entende-se que para contabilizar e classificar o conforto é essencial analisar quais são os factores que influenciam o bem-estar dos ocupantes.

A complexidade do assunto induz a necessidade do estudo dos processos térmicos do corpo humano no que diz respeito às trocas térmicas com o ambiente e ao comportamento dos ocupantes no espaço.

Deste modo considera-se que para caracterizar o conforto térmico é necessário incluir parâmetros como actividade metabólica, vestuário, temperatura e humidade relativa.

4.1.1 Temperatura

A temperatura do ar interior é um parâmetro que condiciona consideravelmente o conforto dos ocupantes de um edifício. O seu controlo é um factor de alguma complexidade dado que depende da susceptibilidade individual de cada individuo. As exigências humanas de conforto

térmico estão relacionadas com o funcionamento do seu organismo, que por sua vez varia em função do metabolismo de cada pessoa.

A temperatura do ar ambiente é uma variável de grande importância na análise das trocas de calor por convecção. Quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem afectarem a sensação de conforto, significa que as condições do ar interior correspondem às necessidades do ocupante, mas, por outro lado, a sensação de frio ou de calor, significa que o organismo perde ou recebe mais calor, alterando as condições metabólicas do organismo e por consequência as condições ideais de conforto.

Segundo ASHRAE Handbook – Fundamentals [1], a pele sujeita a temperaturas acima dos 45°C e abaixo dos 18°C causam sensações de desconforto. A temperatura interna ideal do corpo humano ronda os 37°C, sendo que a sua variação é consequência do tipo de actividade de cada um.

A norma EN 15251/2007 [22] recomenda valores de temperatura do ar interior entre os 20°C e 26°C, em função do tipo de construção do edifício e da classificação que se insere. No Anexo A, Tabela 21, encontra-se os valores estabelecidos pela norma para cada situação.

4.1.2 Humidade Relativa

A humidade relativa é definida em percentagem e indica a razão entre a pressão de vapor de água presente no ar e a sua pressão de saturação, num determinado volume à temperatura T [5].

É um parâmetro fundamental de controlo do ambiente interior na medida em que com o aumento da humidade relativa prevalece não só a origem de culturas de fungos e bactérias, como também a sensação de desconforto devido à redução da eficiência de transpiração do corpo humano. Por outro lado, valores de humidade relativa reduzidos provocam secura e irritação dos olhos e vias respiratórias.

Para edifícios como museus, centros de cuidados de saúde pública, indústria de papel, entre outros, onde a humidificação ou desumidificação são normalmente necessários, a norma europeia EN 15251/2007 [22] recomenda os valores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores Recomendados para humidade relativa em espaços ocupados [22]

Tipo de Edifício	Categoria	Humidade relativa mínima recomendada (%)	Humidade relativa máxima recomendada (%)
Espaços onde os critérios de humidade são estabelecidos pela ocupação humana	I	30	50
	II	25	60
	III	20	70
	IV	<20	>70

4.2 Tipos de Cargas Térmicas

No domínio de AVAC a necessidade de estudar as cargas térmicas existentes no edifício é essencial no que diz respeito ao controlo das condições de temperatura e humidade dentro dos espaços a climatizar.

Ao determinar as cargas térmicas é possível obter o caudal de ar necessário, bem como dimensionar os equipamentos de AVAC (como serpentinas e o tamanho das unidades). Na maioria dos métodos, o cálculo é dividido em duas etapas:

1. Determinação dos ganhos de calor provenientes das envolventes, envidraçados e infiltrações, e ganhos de calor internos devido à ocupação, iluminação e equipamentos.
2. Definição do sistema de climatização para reduzir (extrair) a carga térmica existente.

De acordo com ASHRAE Handbook – Fundamentals [1], os diversos fenómenos de transferência de calor, quer por convecção, condução ou radiação, como também os ganhos térmicos internos nas zonas a climatizar, provocam cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento consideráveis. As cargas térmicas podem ser classificadas em dois grupos distintos: exteriores e interiores.

Cargas Térmicas Exteriores

As cargas térmicas exteriores dependem de fontes externas, como radiação, temperatura e humidade e resultam da transferência de calor através das envolventes, paredes exteriores, pavimento e cobertura do edifício. Nas fontes de cargas externas estão ainda incluídas cargas devido a infiltrações através de envolventes (fugas de ar e transferência de humidade de uns locais para os outros), vãos envidraçados, portas exteriores ou clarabóias e devidas ao ar novo.

De um modo geral, os ganhos térmicos devido às envolventes podem ser quantificados em função de um parâmetro designado como coeficiente global de transmissão térmica. O

coeficiente global de transmissão térmica (U) é inversamente proporcional ao somatório das resistências térmicas (R) causadas pelo ar exterior e interior, bem como pelas camadas que constituem as envolventes:

$$U = \frac{1}{\sum R} \quad (1)$$

Por sua vez a resistência é obtida através do quociente entre a espessura e a condutibilidade térmica do material, à excepção da resistência causada pelo ar, onde podem ser adoptados valores convencionais, segundo a norma ISO 6946:1996 [29].

Por outro lado, os ganhos de calor de um espaço condicionado podem ser descritos por três fenómenos distintos: radiação, convecção e condução. Trata-se de radiação, quando uma fonte externa incide sobre a laje, e a energia é absorvida por esta. No entanto, só parte desta é absorvida, sendo que uma pequena parte é reflectida. A energia absorvida é transferida, por condução, para a superfície interior. Uma vez que a laje e as condições interiores não se encontram em equilíbrio térmico, dá-se a transferência de calor, por convecção para o espaço aéreo interior [8].

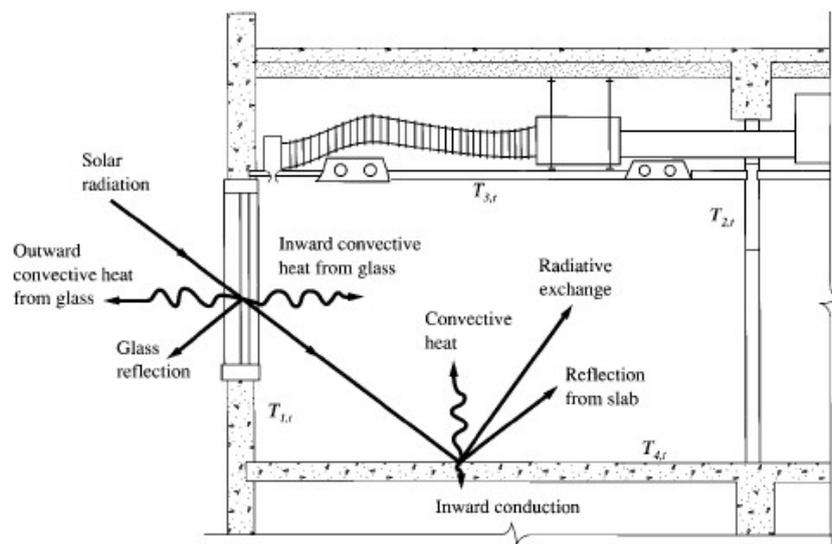


Figura 1 - Modos de transferência de calor num espaço condicionado [8]

✓ Condução

Condução térmica pode ser definido como a transferência de energia entre partículas, através da interacção das mesmas. A quantidade de energia por condução, que se efectua por um determinado meio, depende da geometria, espessura, material e pela diferença de temperatura

do mesmo. Desta forma, a constituição, e as respectivas características das envolventes de um edifício são fundamentais para a determinação da condução de calor.

✓ **Convecção**

Entende-se por convecção o modo de transferência de calor entre uma superfície sólida e um fluido (líquido ou gás). No processo de convecção estão incluídos efeitos combinados entre a condução e o movimento do fluido, isto é, quanto menor for o movimento do fluido adjacente a uma determinada superfície, menor será a transferência de calor por convecção e é predominante a transferência de calor por condução.

O movimento do fluido pode ser provocado por duas formas: por diferenças de densidades devido à variação de temperatura do fluido, ou devido a agentes externos, como vento ou ventiladores. No primeiro caso, a transferência de calor é efectuada por convecção natural, enquanto que no segundo caso é processado por convecção forçada.

Relativamente às envolventes de um edifício, as transferências de calor por convecção acontecem quando o ar interior entra em contacto com a superfície da envolvente exterior.

✓ **Radiação**

Radiação térmica pode ser definida como a transferência de calor que ocorre por meio de ondas electromagnéticas, como resultado das alterações nas configurações das moléculas [4].

Contrariamente à transferência de calor por condução e convecção, a transferência de calor por radiação não exige a presença de um meio material para ocorrer. Esta pode ocorrer em todos os sólidos, líquidos ou gases, à excepção dos sólidos considerados opacos (madeiras, pedras ou metais), onde a radiação incidente é normalmente absorvida. A radiação térmica é tanto maior quanto mais elevada for a temperatura do corpo.

Os ganhos térmicos devido à radiação incidente nas envolventes são predominantes nas fachadas orientadas para sul.

✓ **Vãos Envidraçados**

À semelhança das envolventes de um edifício, a quantificação das cargas térmicas devido aos vãos envidraçados pode ser efectuada em função do coeficiente global de transmissão térmica. Neste caso é necessário conhecer o tipo de janelas que os constituem, bem como o tipo de

caixilharia que os envolve. Por sua vez, é necessário determinar o factor de sombreamento e o factor solar associados.

O valor do coeficiente de transmissão de calor de elementos envidraçados pode ser definido em função dos princípios de cálculo descritos na norma europeia ISO 10077. Um vão envidraçado pode ser constituído por um vidro simples ou múltiplo, sendo que para o primeiro caso, o coeficiente global de transmissão térmica é dado pela equação 2 seguinte [30]:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{si}} \quad (2)$$

Onde, R_{se} e R_{si} corresponde a resistência térmica exterior e interior ($m^2.K/W$), d a espessura do vidro (m) e λ a condutibilidade térmica do vidro ($W/m.K$).

E para vidro múltiplos [30]:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d}{\lambda} + \sum R_s + R_{si}} \quad (3)$$

Onde R_s caracteriza a resistência térmica do espaço de ar ($m^2.K/W$).

Em alternativa, o coeficiente global de transmissão térmica pode ser obtido através de valores disponibilizados pelos fabricantes, desde que certificados em função das normas em vigor e declarados na Marcação CE [17].

Aos elementos envidraçados estão ainda associados dois parâmetros: factor solar e factor de sombreamento. Factor solar é definido como o valor da relação entre a energia solar transmitida para o interior através do vão envidraçado e a radiação solar nele incidente [15]. Segundo o Despacho n.º 15793-k/2013, o valor do factor solar deve ser fornecido pelo fabricante, e no caso de ausência desta informação pode ser consultado em valores tabelados pelo mesmo, ou de acordo com o método de cálculo descrito na norma EN 410.

O factor de sombreamento prevê a redução da radiação transmitida para o interior, e deverá ser definido em função da tipologia do vidro (simples ou múltiplo).

Para vidro simples [30]:

$$g_T = g_{vi} \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,85} \quad (4)$$

Para vidros duplos [30]:

$$g_T = g_{vi} \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,75} \quad (5)$$

Sendo g_{vi} o factor solar do vidro para uma incidência solar normal ao vão, e g_{Tvc} ¹ o factor associado aos dispositivos de protecção solar.

✓ Cargas térmicas devidas ao ar novo

O caudal de ar novo (\dot{V}_{ae}), necessário para responder às necessidades requeridas no interior de um espaço, constitui uma carga térmica (Q_{ae}) que deve ser considerada. Esta é essencialmente causada pela diferença entálpica entre o interior e exterior de um edifício e é determinada segundo a equação 6 seguinte:

$$Q_{ae} = \dot{V}_{ae} \rho (h_{ext} - h_{int}) \quad (6)$$

Onde ρ (kg/m³) corresponde, na prática, à massa volúmica do ar interior e h_{ext} e h_{int} (kJ/kg) as entalpias do ar exterior e do ar interior, respectivamente.

Cargas Térmicas Interiores

As cargas térmicas interiores dependem fundamentalmente das condições de funcionamento do edifício. Nos espaços condicionados, a existência de cargas formadas pela libertação de calor sensível e latente, provenientes da energia libertada por pessoas, equipamentos e iluminação, alteram bastante as condições do ar interior.

Os ganhos de calor sensível representam o calor por radiação e convecção, sendo este o factor mais importante na determinação da capacidade de arrefecimento nos edifícios. Ganhos de calor latente são baseados na humidade causada pela ocupação, equipamentos e processos.

¹ Valores podem ser consultados na tabela disponibilizada no Despacho 15793-K/2013

✓ **Iluminação**

A iluminação é um factor bastante importante devido à radiação emitida, bem como pelas cargas por efeito de Joule resultantes do baixo rendimento do seu funcionamento. Assim, acresce a necessidade de conceber sistemas de iluminação de baixo consumo energético e com maior eficiência que proporcionem uma diminuição da energia dissipada. Em todos os casos e sempre que possível, a utilização de luz natural deve ser privilegiada.

Na ausência de cálculos numéricos, a densidade de iluminação (em função das necessidades reais de cada espaço) pode ser definida com base em diversas directivas, nomeadamente, EN 15251 [22] e ASHRAE Handbook – Fundamentals [1].

Para efeitos de cálculo numérico e como base de estudo, os perfis de utilização da iluminação podem ser estimados com base no Decreto-Lei nº79/2006 (presentemente revogado) [14].

✓ **Equipamentos**

A principal causa dos ganhos de calor internos está associada aos equipamentos existentes num espaço. À semelhança das cargas térmicas devido à iluminação, as cargas térmicas devidas aos equipamentos podem ser estimadas com base em valores pré-estabelecidos em diversas publicações.

Por outro lado, a densidade de carga dos equipamentos pode ser quantificada em função do produto entre a potência eléctrica do equipamento, e os coeficientes de simultaneidade, extracção e de potência.

O coeficiente de potência está associado à percentagem da energia eléctrica que é convertida em energia térmica. O coeficiente de simultaneidade caracteriza o regime de funcionamento do equipamento. Estes coeficientes podem ser estabelecidos em função dos valores estabelecidos na norma ASHRAE Handbook – Fundamentals [1].

Por fim, pode ser associado um mecanismo de exaustão que aspira o ar quente emitido pelos equipamentos e que permite uma redução das cargas térmicas. Por esta razão, é necessário associar o coeficiente de exaustão. Normalmente define-se um valor em percentagem entre 30% e 50% para o caso em que exista exaustão dedicada, e de 100% para os restantes casos.

À semelhança das cargas térmicas devido à iluminação, como base de estudo e para efectuar os diversos cálculos térmicos, os perfis de utilização dos equipamentos podem ser estimados com base no Decreto-Lei nº79/2006 (presentemente revogado) [14].

✓ Ocupação

As actividades metabólicas dos humanos resultam de libertação de calor para o meio ambiente que devem ser considerados no dimensionamento dos sistemas de AVAC. A norma europeia EN 13779/2007 disponibiliza uma tabela com os valores comuns de densidade de ocupação em função da actividade existente em cada espaço (Tabela 5) [21].

Tabela 5 – Valores típicos de densidade de ocupação [21]

Espaço	Área útil por ocupante (m²/pessoa)
Escritório – “Open Space”	12
Escritório	10
Sala de Reunião	3,0
Centros Comerciais	4,0
Sala de Aula	2,5
Hospital - Enfermaria	10
Quartos de Hotel	10
Restaurantes	1,5

Página deixada propositadamente em branco

5. Ventilação e Qualidade do Ar Interior

A qualidade do ar interior assume um papel fundamental no que diz respeito à saúde e conforto dos utilizadores de espaços condicionados. A caracterização dos problemas causados por defeitos na qualidade do ar interior é bastante extensa, uma vez que existem inúmeras variáveis a considerar susceptíveis desses problemas.

O estado de poluição no interior de um espaço pode ser caracterizado segundo um conjunto de parâmetros físicos, químicos e biológicos, afectados por factores como temperatura, humidade, ocupação, tipo de actividades, materiais de construção e defeitos nos possíveis sistemas de AVAC.

A adopção de estratégias e hábitos, como a introdução de materiais com menores emissões gasosas ou de partículas e definição correcta de taxas de ventilação são fundamentais na gestão da qualidade do ar interior.

De um modo geral, a qualidade do ar interior resulta de uma iteração coerente entre todos estes factores reduzindo os riscos de saúde dos ocupantes.

Critérios da qualidade do ar interior

No enquadramento da saúde pública, parâmetros como a localização, o número de ocupantes, o tempo de utilização e as fontes de contaminação interiores e exteriores de um edifício são os principais causadores da libertação prolongada de poluentes e representam efeitos no bem-estar, conforto e produtividade dos utilizadores. Desta forma, os níveis de contaminação do ar dos espaços devem ser controlados de modo a garantir a qualidade do ar.

Para ocasionar condições estáveis do ar interior deve-se recorrer a métodos de ventilação (natural ou mecânica) devidamente dimensionados que minimizem a concentração de poluentes.

De acordo com o Decreto-Lei nº. 118/2013, Portaria nº. 353-A/2013, em todos os edifícios de serviços abrangidos pelo mesmo, devem ser considerados os limiares de protecção e as condições de referência para os poluentes do ar interior apresentados na Tabela 6 e na Tabela 7. As concentrações em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e mg/m^3 dizem respeito a uma média de 8 horas e referem-se à temperatura de 20°C à pressão de 1 atm (101,325 kPa) [32].

Tabela 6 – Limiar de protecção e margem de tolerância para poluentes físico-químicos [32]

Poluentes	Unidade	Limiar de Protecção	Margem de Tolerância (MT) [%]
Partículas em suspensão (fracção PM ₁₀)	[µg/m ³]	50	100
Partículas em suspensão (fracção PM _{2,5})	[µg/m ³]	25	100
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVs)	[µg/m ³]	600	100
Monóxido de carbono (CO)	[mg/m ³]	10	-
	[ppmv]	9	
Formaldeído (CH ₂ O)	[µg/m ³]	100	-
	[ppmv]	0,08	
Dióxido de Carbono (CO ₂)	[mg/m ³]	2250	30
	[ppmv]	1250	
Radão	[Bq/m ³]	400	-

Tabela 7- Condições de referência para os poluentes microbiológicos [32]

	Matriz	Unidade	Condições de Referência
Bactérias	Ar	[UFC/m ³]	Concentração de bactérias totais no interior inferior à concentração no exterior, acrescida de 350 UFC/m ³
Legionella spp	Água	[UFC/L]	Concentração inferior a 100 UFC/L, excepto no caso da pesquisa em tanques de torres de arrefecimento em que deve verificar-se uma concentração inferior a 1000 UFC/L.
			Ausência de Legionella pneumophila
Fungos	Ar	[UFC/m ³]	Concentração de fungos no interior inferior à detectada no exterior

Por outro lado, dada a natureza dos projectos executados na ACet, é necessário ter em consideração o conceito de salas brancas, como o caso de blocos operatórios e indústria farmacêutica, onde o ambiente é estritamente controlado. Para estes casos específicos, pode ser considerada a norma ISO 14644-1 [31] e as directrizes especificadas em GMP EU [27].

✓ ISO 14644-1

A norma ISO 14644-1 classifica as salas brancas em função do tamanho das partículas e respectiva concentração volumétrica no espaço (Tabela 8).

Tabela 8 - Classificação de salas brancas segundo a norma ISO 14644-1 [31]

Classificação	Concentração de partículas/m ³					
	≥0,1 µm	≥0,2 µm	≥0,3 µm	≥0,5 µm	≥1,0 µm	≥5,0 µm
ISO 1	10	2,37	1,02	3,52 x 10 ⁻¹	8,32 x 10 ⁻²	2,93 x 10 ⁻³
ISO 2	10 ²	2,37 x 10 ¹	1,02 x 10 ¹	3,52	8,32 x 10 ⁻¹	2,93 x 10 ⁻²
ISO 3	10 ³	2,37 x 10 ²	1,02 x 10 ²	3,52 x 10 ¹	8,32	2,93 x 10 ⁻¹
ISO 4	10 ⁴	2,37 x 10 ³	1,02 x 10 ³	3,52 x 10 ²	8,32 x 10 ¹	2,93
ISO 5	10 ⁵	2,37 x 10 ⁴	1,02 x 10 ⁴	3,52 x 10 ³	8,32 x 10 ²	2,93 x 10 ¹
ISO 6	10 ⁶	2,37 x 10 ⁵	1,02 x 10 ⁵	3,52 x 10 ⁴	8,32 x 10 ³	2,93 x 10 ²
ISO 7	10 ⁷	2,37 x 10 ⁶	1,02 x 10 ⁶	3,52 x 10 ⁵	8,32 x 10 ⁴	2,93 x 10 ³
ISO 8	10 ⁸	2,37 x 10 ⁷	1,02 x 10 ⁷	3,52 x 10 ⁶	8,32 x 10 ⁵	2,93 x 10 ⁴
ISO 9	10 ⁹	2,37 x 10 ⁸	1,02 x 10 ⁸	3,52 x 10 ⁷	8,32 x 10 ⁶	2,93 x 10 ⁵

✓ GMP EU

A GMP EU classifica uma área limpa em função do grau (A, B, C ou D) e estabelece os limites para as partículas em suspensão no ar nos estados ocupacionais em repouso e em utilização.

Tabela 9 - Classificação de salas brancas segundo a GMP EU [27]

Grau	Número máximo de partículas/m ³			
	Em repouso		Em utilização	
	≥0,5 µm	≥5,0 µm	≥0,5 µm	≥5,0 µm
A	3520	20	3520	20
B	3520	29	352000	2900
C	352000	2900	3520000	29000
D	3520000	29000	Não definido	

Caudais Mínimos de Ar Novo

A determinação dos caudais mínimos de ar novo é baseada em diversas regulamentações, normas e legislação em vigor, que diferem principalmente na área de estudo que cada uma se dirige. No caso em que o tipo de actividade seja de baixo requisito, como é o caso de edifícios de comércio e de serviços, o caudal mínimo de ar novo é determinado com base no Decreto-Lei n.º. 118/2013 [15] e na norma europeia EN 15251/2007 [22].

Através da definição de vários parâmetros descritos de seguida, o caudal mínimo de ar novo adoptado é definido pelo maior valor obtido pelas duas normas.

✓ Norma Europeia EN 15251/2007 [22]

Como referido anteriormente, a norma europeia EN 15251/2007 especifica valores padrão das diversas variáveis de conforto, nomeadamente caudais de ar novo. Como se verifica na Tabela 10², a norma relaciona o conforto com o tipo de construção e a expectativa dos ocupantes associados a dois parâmetros: taxa de ventilação relacionada com a percentagem de insatisfação dos ocupantes (Tabela 10 a)) e taxa de ventilação associada às emissões do edifício (Tabela 10 b)).

O caudal mínimo de ar novo é determinado segundo o somatório dos caudais respectivos a cada parâmetro.

² O conceito de cada categoria pode ser consultado no Capítulo Normas e Legislação na norma correspondente (EN 15251/2007)

Tabela 10 - Caudais mínimos de ar novo por pessoa (a) e por m² (b) [22]

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

(a)

Caudal de Ar Novo Mínimo por m ² (l/s.m ²)			
Categoria	Muito Baixas	Baixas	Médias
I	0,5	1	2
II	0,35	0,7	1,4
III	0,3	0,4	0,8

(b)

✓ **Decreto-Lei 118/2013 – Portaria nº353-A 2013 [32]**

De acordo com o método prescritivo da Portaria nº353-A 2013, o caudal mínimo de ar novo é determinado de forma a retirar a carga térmica poluente existente num espaço confinado devido aos ocupantes e ao respectivo tipo de actividade física e emissões do edifício. Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à ocupação e tipo de actividade é obtido segundo a definição dos parâmetros da Tabela 11.

Tabela 11 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à ocupação [32]

Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida à ocupação (m ³ /hora/pessoa)				
Tipo de Actividade		Taxa de metabolismo dos ocupantes - M (met)	Exemplos de tipos de espaços	Caudal de ar novo (m ³ /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, secretaria, salas de aula, cinemas, salas de espectáculo, 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

O valor do caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devido ao edifício é determinado segundo a Tabela 12.

Tabela 12 - Caudal mínimo de ar novo em função da carga poluente devida ao edifício [32]

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 actividade de emissão de poluentes específicos	-	3
3	Com actividade 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

Para efeitos de cálculo, considera-se o maior valor determinado dos dois tipos de cargas poluentes anteriormente descritas.

Por outro lado, edifícios destinados à prestação de cuidados de saúde, como clínicas, hospitais, centros de saúde possuem ambientes complexos e requerem condições muito específicas que asseguram a qualidade do ar interior. Neste caso, é necessário ainda determinar o caudal mínimo de ar novo tendo em conta as directivas da ACSS³ – Especificações Técnicas para Instalações de AVAC [9]. À semelhança do caso anterior, o valor de caudal mínimo de ar novo adoptado é definido pelo maior valor obtido pelas três normas. A título de exemplo, na Tabela 13 é possível visualizar as condições necessárias numa sala de Recobro segundo as directivas da ACSS.

Tabela 13 - Condições para uma sala de cuidados especiais: Recobro [9]

Parâmetros	Características	Observações
Tratamento	UTA e ventilador privativos	A UTA será dotada de variador de velocidade (frequência), garantindo o caudal nominal)
Filtragem suplementar	Sim; terminal; mínima H12	Filtros localizados em local acessível, o mais próximo da zona. Filtros terminais disporão de pressostatos diferenciais ligados ao sistema de gestão técnica centralizada
Humidificação	Sim, por vapor	
Sobrepresão/subpressão	Sobrepresão	
Caudal de ar recirculado	10 Ren/h	
Recirculação	Sim	
Ar Novo	≥50 m ³ /h.pessoa	
Diferencial de temperatura	Máximo 8°C em frio	
Condições ambiente	24°C; 60% HR	

³ Administração Central do Sistema de Saúde

Eficácia de ventilação

A selecção dos equipamentos de insuflação ou extracção depende de sistema para sistema e possui elevada importância uma vez que influencia a eficácia de ventilação.

Segundo o Decreto-Lei nº. 118/2013, Portaria nº. 353-A/2013 [32], eficácia de ventilação pode ser definida como a razão entre o caudal de ar novo que é insuflado e o caudal de ar novo que chega efectivamente à zona ocupada.

Os valores de eficácia de ventilação são determinados em função do método de ventilação e da diferença de temperatura (entre o ar insuflado e o ar interior) e podem assumir os valores descritos na tabela publicada na norma Europeia EN 13779/2007 [21].

Tabela 14 - Valores de referência de eficácia de ventilação [21]

Difusão	Ar Frio		Ar Quente		
	Velocidade de saída	Eficácia de Ventilação	ΔT (insuflação – ar interior)	Insuflação a Nível Baixo	Insuflação a Nível Alto
Insuflação Horizontal	>1,5 m/s	0,9 – 1,1	<10 °C	0,8 - 1	Não
	<0,5 m/s	0,7 – 0,9	>15 ou 20 °C	0,4 – 0,8	Aconselhado
Insuflação Vertical		0,9 – 1,1	<10 °C	0,6 – 0,8	0,8 - 1
			>15 °C	0,4 – 0,8	
Deslocamento	-	1 - 2	-	0,2 – 0,7	Não Aconselhado

De acordo com a norma, o caudal adoptado deve ser ajustado em função da eficácia de ventilação considerada.

Caudais mínimos de extracção

Devem ser ainda garantidos caudais mínimos de extracção em instalações sanitárias, ou em todos os locais que providenciem acumulação de agentes poluentes. Neste caso devem ser consideradas as seguintes condições estabelecidas pela ACSS – Especificações Técnicas [9] para edifícios destinados à prestação de cuidados de saúde.

Tabela 15 - Caudais mínimos de extracção segundo ACSS [9]

Compartimentos indiferenciados		Zonas técnicas	
Armazém de produtos químicos	10 Ren/h	Oficinas	6 a 8 Ren/h
Despejos	10 Ren/h	Lavandaria	15 Ren/h
Armazém de produtos sujos e lixos	10 Ren/h	Cozinhas ⁴	12 Ren/h
Arquivos	2 Ren/h	Copas	10 Ren/h
Armazém de produtos limpos	2 Ren/h	Vestiários	10 m ³ /h.m ²
Instalações Sanitárias	10 Ren/h	Posto de transformação ⁵	5 Ren/h
Armazém de peças (Anatomia patológica)	10 Ren/h	Casas de máquinas de elevadores ⁶	12 Ren/h
Parqueamentos	300 m ³ /h.veículo	Central de emergência	15 Ren/h
		Centrais técnicas e similares	6 a 8 Ren/h

De acordo com a Portaria n.º 353-A/2013 [32], para edifícios de comércio e serviços novos, devem ser considerados os seguintes caudais mínimos de extracção para instalações sanitárias.

Tabela 16 - Caudais mínimos de extracção segundo a Portaria n.º 353-A/2013 [32]

Tipo de utilização	Caudal [m ³ /h]
Instalação sanitária pública	Max (90 x (n.º urinóis + n.º sanitas); 10 x Apav)
Instalação sanitária privada	Max (45 x (n.º urinóis + n.º sanitas); 10 x Apav) ⁶
	Max (90 x (n.º urinóis + n.º sanitas); 10 x Apav) ⁷
Balneários	Max (45 x n.º duche; 10 x A _{pav}) ⁷
	Max (90 x n.º duche; 10 x A _{pav}) ⁸

⁴ Ventilação das zonas de confecção por hottes compensadas, ou outros sistemas de exaustão/ventilação eficientes.

⁵ Em função do regime de funcionamento

⁶ Quando o sistema de extracção tem funcionamento contínuo

⁷ Quando o sistema de extracção não está em contínuo

Página deixada propositadamente em branco

6. Sistemas e Equipamentos de AVAC

No capítulo que se segue, pretende-se fazer uma breve abordagem dos sistemas de climatização mais importantes e mais utilizados durante o estágio curricular e enquadrá-los segundo as suas possíveis classificações. Os sistemas de climatização podem ser classificados de duas formas distintas: área servida pelo sistema ou tipo de fluido térmico utilizado.

6.1 Classificação de Sistemas

6.1.1 Classificação dos sistemas por área servida

Os sistemas de AVAC classificados por área servida podem ser agrupados em sistemas centralizados, sistemas individuais ou sistemas modulares [6].

✓ Sistemas centralizados

No sistema centralizado, o circuito primário, isto é, as unidades produtoras de frio e de calor encontram-se em locais técnicos distintos das zonas a climatizar. A energia térmica produzida no circuito primário faz permuta com o fluido do circuito secundário, que por sua vez é conduzida até aos equipamentos de climatização terminais localizados dentro dos locais a climatizar.

✓ Sistemas individuais

No caso de sistemas individuais, os equipamentos de climatização são compactos e localizam-se na proximidade dos ambientes a climatizar. Este tipo de sistema utiliza o sistema de expansão directa de um fluido refrigerante. Neste grupo estão incluídos os equipamentos normalmente designados como “Split”.

✓ Sistemas modulares

Adicionalmente, pode ser ainda considerado a utilização de um terceiro grupo: sistemas modulares. Neste grupo estão incluídos os sistemas de caudal de refrigerante variável (VRF), onde existe apenas um circuito (de fluido frigorigeno) que circula até aos locais a climatizar. Estes sistemas servem diversas zonas do edifício, e são compostos por uma ou mais unidades exteriores e diversas unidades interiores. A cada unidade exterior está associado um número máximo de unidades interiores que varia consoante o fabricante.

6.1.2 Classificação dos sistemas por fluido térmico [6]

Os sistemas de climatização podem ser também classificados em função do fluido térmico utilizado e é essencialmente aplicado a sistemas centralizados. Esta classificação considera dois tipos de sistema base: sistemas Tudo-Ar e sistemas Tudo-Água.

Dentro desta classificação, podem ainda ser definidos os sistemas de expansão directa, onde o fluido térmico de trabalho é fluido frigorigéneo.

✓ **Sistemas Tudo-Ar [6]**

Nestes sistemas a climatização é efectuada unicamente pelo ar. O ar é tratado (arrefecido, humidificado, desumidificado ou aquecido) numa Unidade de Tratamento de Ar e posteriormente insuflado no ambiente através de dispositivos terminais (grelhas ou difusores). Os sistemas a ar são classificados como sistemas de conduta simples, onde o ar escoia através de uma conduta principal até as unidades terminais.

Por sua vez, dentro deste grupo, é possível definir os seguintes tipos de sistemas:

- ✓ Volume de Ar Constante (VAC);
- ✓ Volume de Ar Variável (VAV).

No sistema de Volume de Ar Constante (VAC), o volume de ar tratado pela unidade é constante, sendo que a temperatura do ar varia com a variação das cargas térmicas existentes nos espaços.

Este tipo de sistema é aplicado normalmente em espaços unitários que apresentem grandes dimensões, ou em diversos espaços que apresentem tipologias de uso semelhantes (cargas térmicas e horários de funcionamento sem diferenças significativas). Nesta situação, o ar insuflado em cada espaço possui as mesmas condições de temperatura e humidade.

Nos casos em que se pretenda controlar zonas com comportamentos térmicos diferentes, é necessário utilizar uma unidade de tratamento de ar para cada zona. No entanto, esta situação mostra-se pouco viável economicamente. Em alternativa, o controlo de temperatura pode ser complementado com baterias de reaquecimento terminal, onde o tratamento do ar é efectuada na UTA e corrigido individualmente em função das necessidades térmicas de cada espaço.

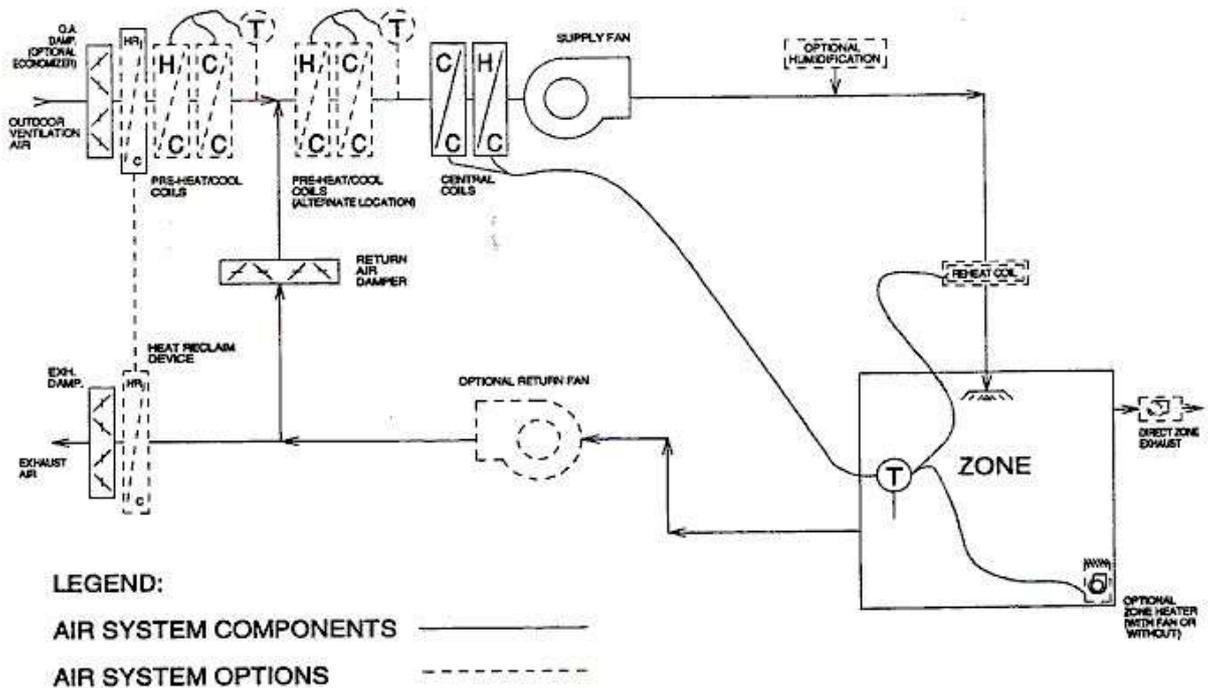


Figura 2 - Esquema Sistema VAC [13]

Já no sistema de Volume de Ar Variável (VAV), o controlo de temperatura nos espaços é efectuado através da variação do volume de ar de alimentação, de forma a reduzir as cargas térmicas e manter os parâmetros do espaço pré-determinado. Este tipo de sistema é normalmente aplicado em locais que necessitem de arrefecimento durante todo o ano.

Face ao sistema de Volume de Ar Constante, o sistema de Volume de Ar Variável mostra-se bastante flexível, uma vez que permite a modelação do ar de insuflação em função das necessidades reais de cada espaço. No entanto, este tipo de instalação acarreta custos adicionais visto que necessita de componentes de controlo com interface eléctrica que adaptem as condições de insuflação às necessidades requeridas por cada sala.

À semelhança dos sistemas VAC, os sistemas VAV permitem a utilização de baterias de aquecimento terminal. Este sistema admite uma maior adequação à carga térmica (em relação aos sistemas VAV sem aquecimento) e permite variar a temperatura de insuflação no espaço. A variação destas condições é imposta por um termostato de ambiente.

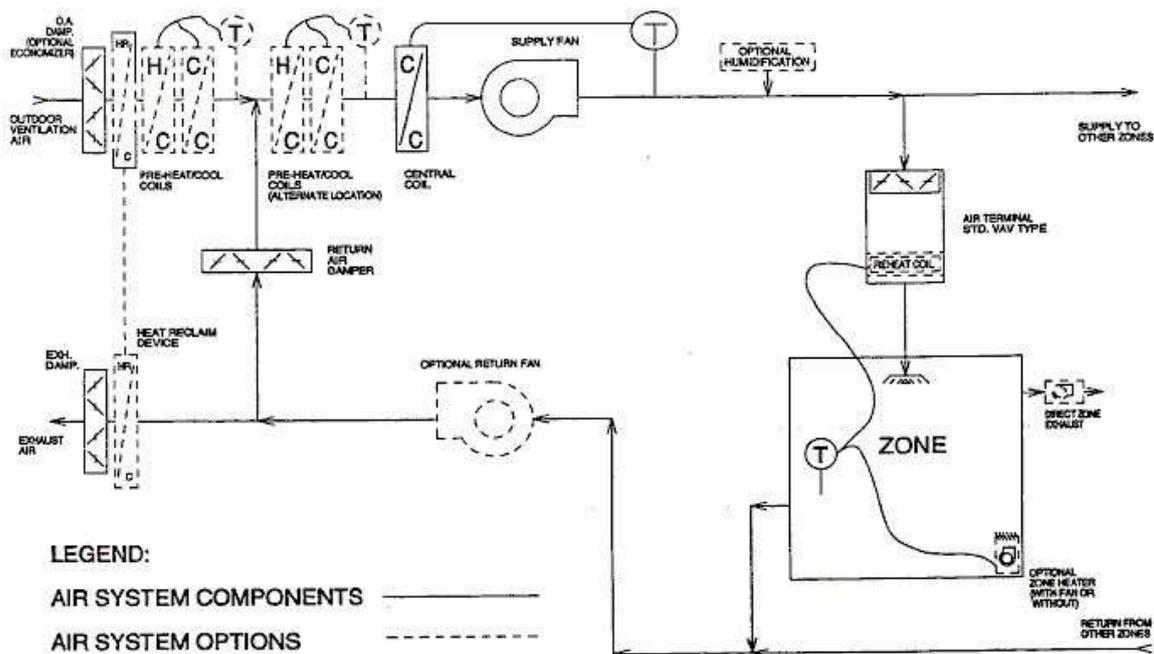


Figura 3 - Esquema Sistema VAV [13]

✓ Sistemas Tudo-Água [6]

Nos sistemas Tudo-Água, o processo de climatização baseia-se na distribuição de água fria e/ou água quente, em função das necessidades dos espaços a climatizar, através de unidades terminais. As principais diferenças entre as diferentes soluções existentes consistem na capacidade de arrefecimento e aquecimento em simultâneo e no equilíbrio do sistema.

Os ventiloconvectores são as unidades terminais mais utilizadas neste tipo de sistemas. Tratam-se de pequenas unidades instaladas nos locais próprios a climatizar com função de anular o efeito de cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento. Estes tipos de unidades podem ser dispostas na horizontal, do tipo cassette (no tecto), ou na vertical, do tipo bancada ou embutido em armários. No entanto, existem ainda outros sistemas que asseguram o arrefecimento e aquecimento dos espaços, nomeadamente, sistemas do tipo radiante (pavimento ou tecto radiante).

A abordagem deste tipo de equipamentos será efectuada no Subcapítulo Unidades Terminais. Denotar que serão apenas descritos os sistemas utilizados durante o estágio curricular.

✓ **Sistemas de Expansão Directa**

Sistemas de expansão directa baseiam-se na climatização de um espaço através de baterias alimentadas a fluido frigorigéneo e são essencialmente compostos por evaporadores, condensadores e dispositivos de expansão. Este tipo de sistemas pode ser do tipo reversível, isto é, permite arrefecer e aquecer os espaços através de uma só unidade, desde que sejam dotadas de válvulas de inversão que invertem as funções dos permutadores das unidades exteriores e interiores. Incluem-se neste grupo sistemas do tipo VRF, split e multi-split.

Como referido anteriormente, as unidades Split incluem-se nos sistemas individuais uma vez que a climatização de um espaço é efectuada através de uma unidade dedicada constituída por uma unidade condensadora (unidade exterior) e uma unidade evaporadora (unidade interior). Estas unidades podem ser concebidas para arrefecimento ou/e aquecimento.

Os sistemas multi-split possuem o mesmo principio de funcionamento das unidades split, sendo que estes permitem a ligação de uma unidade exterior a diversas unidades interiores⁸.

O sistema VRF – Caudal de Refrigerante Variável consiste num sistema de climatização de expansão directa constituído por uma unidade condensadora no exterior que pode ser ligada a diversas unidades evaporadoras no interior. Em comparação com os sistemas Multi-Split, os sistemas VRF permite ligar um número de unidades interiores à unidade exterior muito mais elevado, através da integração de sistemas de controlo electrónico que asseguram a adaptabilidade dos sistemas às necessidades do edifício.

A principal vantagem deste tipo de sistema reside na capacidade de integrar diversos evaporadores de capacidades e configurações diferentes, de controlo de conforto individualizado, permitindo aquecimento e arrefecimento em simultâneo para as diferentes zonas a climatizar.

Os sistemas podem ser dotados de tecnologia inverter que adiciona flexibilidade e eficácia ao mesmo, uma vez que as condições de saída do compressor podem ser modeladas em função das necessidades de arrefecimento e aquecimento dos espaços a climatizar.

⁸ Pode ir no máximo até 9 unidades interiores, podendo variar o número em função do fabricante.

Notar que estes sistemas são dotados simplesmente para climatizar os espaços, sendo que a ventilação dos mesmos deve ser efectuada através de sistemas de ventilação dimensionados para este fim.

6.2 Unidades de Tratamento de Ar

Unidade de tratamento de ar é uma unidade modular e destina-se a fazer o controlo de ar dos espaços de uma determinada instalação, de forma a garantir um dada temperatura, humidade relativa e qualidade do ar, de acordo com parâmetros pré-definidos. São constituídas por diversos equipamentos (dispostos de forma sequencial) nomeadamente, ventiladores, baterias de aquecimento e de arrefecimento, humidificadores, recuperadores de calor, filtros, válvulas e equipamentos de controlo [6]. A sua constituição depende da função que a unidade irá realizar.

As baterias de aquecimento e de arrefecimento possuem circuitos de água aquecida e água arrefecida proveniente das unidades de produção (chiller, caldeiras, etc.), que promovem o aquecimento e arrefecimento do ar, respectivamente. A humidificação do ar é normalmente efectuada por injeção de vapor ou de água e a desumidificação é obtida através do arrefecimento do ar abaixo do seu ponto de orvalho.

A secção de ventilação é essencialmente composta por um ventilador de insuflação e, dependendo da tipologia do sistema, um ventilador de extracção e/ou retorno, e são responsáveis pela movimentação do ar.

Em função dos requisitos de cada espaço a climatizar, as unidades de tratamento de ar novo são compostas por filtros responsáveis pela retenção de partículas existentes no ar exterior indesejáveis nas condições de conforto do ar interior, bem como pela protecção dos componentes da unidade contra sujidade. A escolha dos filtros adequados deve ser baseada em normas, nomeadamente, EN 779 [19] ou na norma europeia EN 1822 [20] para casos de maior controlo de partículas no ambiente, como é o caso de blocos operatórios e laboratórios.

Face às necessidades de baixar o consumo energético dos sistemas de climatização, e cumprindo a legislação em vigor (Regulamento n.º 1253/2014 [36]), a UTA deve ser composta por uma secção de recuperação de calor, onde o princípio de funcionamento se baseia na troca de calor entre o ar extraído das salas e o ar novo, de modo a que este seja pré-aquecido. Desta forma é possível diminuir a necessidade de utilização de sistemas de aquecimento, e por

consequência diminuir os gastos energéticos. Existem diversos sistemas de recuperação de calor, sendo os mais comuns: fluxos cruzados, roda térmica e “run around coil”.

✓ Fluxos Cruzados

O sistema de fluxos cruzados é composto por um permutador de placas, onde é efectuada a troca de calor entre o ar novo e o ar de exaustão. Neste tipo de sistema, a troca de calor é essencialmente sensível, onde existe unicamente variação na temperatura dos fluidos.

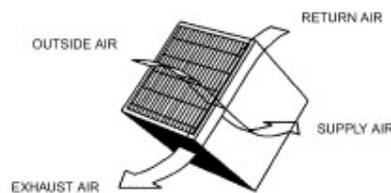


Figura 4 - Recuperador de calor de fluxos cruzados [2]

✓ Roda Térmica

O permutador de roda térmica é constituído por uma matriz sólida giratória que permite a passagem de ar através do mesmo. Este tipo de permutador permite trocas de calor sensível e latente, onde o calor sensível é transferido da fonte quente para a fonte fria, por absorção de calor na matriz. Relativamente às trocas de calor latente, o vapor de água presente no ar com maior taxa de humidade é absorvido pela matriz e libertado para o ar de menor taxa de humidade. O risco de contaminação do ar de insuflação neste sistema é elevado, uma vez que existe o transporte de ar de extracção pela malha do cilindro, apresentando-se como um sistema inadequado para ambientes bastante controlados, como por exemplo blocos operatórios e laboratórios.

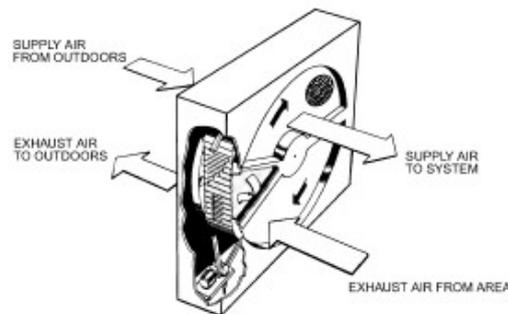


Figura 5 - Recuperador de calor de roda térmica [2]

✓ Run Around Coil

Por fim, os recuperados de calor do tipo “run around coil” são constituídos por duas baterias, uma de passagem do ar de insuflação e outra de passagem para o ar de extracção, conectadas por meio de um circuito fechado, por onde circula um fluido térmico (normalmente água) responsável pela transferência de calor entre o ar de insuflação e o ar de extracção.

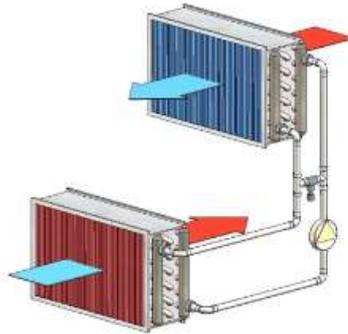


Figura 6 – Recuperador de calor do tipo “run around coil” [41]

6.3 Unidades Terminais

6.3.1 Ventiloinvectores

Ventiloconvectores são unidades terminais com elevado desempenho de transferência térmica uma vez que utiliza água como fluido de trabalho. Estes são compostos por uma unidade de ventilação, preferencialmente com velocidade variável, baterias de arrefecimento/aquecimento, unidade de filtragem e tabuleiro de condensados.

Estes tipos de sistemas permitem admissão de ar novo (proveniente da unidade de tratamento de ar novo), onde é misturado com ar recirculado num pleno de mistura. Por outro lado, o ventiloconvector pode ser responsável somente para climatizar o espaço. No primeiro caso, o ventilador da unidade tem como função distribuir e recircular o ar no espaço, como também favorecer as transferências térmicas entre o ar misturado e as baterias. No segundo caso o ventilador é responsável apenas pela recirculação de ar.

Os processos de arrefecimento e aquecimento são garantidos pela passagem do ar através das baterias existentes. As temperaturas de regime normalmente adoptadas para água fria são de 7°C ida e 12°C retorno, e para água quente 50°C ida e 45°C de retorno.

Face às baixas temperaturas da água e às condições interiores (condições nominais de 25°C e 50% humidade relativa [15]) o processo de arrefecimento é normalmente acompanhado de desumidificação. Isto é, o ar húmido é arrefecido abaixo do seu ponto de orvalho, e o vapor de água contido no ar condensa, proporcionando o aparecimento de gotículas na superfície das alhetas das baterias que, misturados com partículas de poeiras aí existentes, reduzem a eficiência das mesmas. Por esta razão, os ventiloconvectores possuem filtros na grelha de retorno com o intuito de minimizar esta situação.

Os ventiloconvectores podem ser ligados a um sistema a 2 tubos ou a 4 tubos, com uma ou duas baterias, respectivamente. As unidades a 2 tubos possuem apenas um circuito (um tubo de ida e um tubo de retorno) e têm somente a possibilidade de aquecer ou arrefecer. Devido às elevadas diferenças de temperaturas existentes entre a água quente e a água fria, a mudança de regime exige um tempo de paragem considerável, apresentando uma grande desvantagem aquando da utilização deste tipo de unidade.

Nas unidades a 4 tubos prevalece a possibilidade de aquecimento e arrefecimento em simultâneo, uma vez que estas são dotadas de dois circuitos (um de aquecimento e outro de arrefecimento).

6.3.2 Vigas Arrefecidas

Os sistemas de vigas arrefecidas são normalmente utilizados para arrefecimento e ventilação de espaços interiores onde a humidade relativa é moderada. As vigas arrefecidas podem ser agrupadas em vigas arrefecidas passivas e vigas arrefecidas activas [7].

✓ Vigas Arrefecidas Passivas

As vigas arrefecidas passivas são compostas por um permutador de calor onde as trocas de calor são efectuadas por convecção natural. Devido às diferenças de densidade do ar interior, o ar quente ascendente entra na parte superior da viga onde ocorre trocas de calor com a superfície arrefecida do permutador. O ar arrefecido desce arrefecendo o ambiente interior.

Este tipo de sistema é independente do sistema de ventilação, possibilitando a sua instalação em suspenso no tecto. Por esta razão, o sistema de ventilação deve ser instalado de forma a não interferir com o escoamento do ar causado pelas vigas. É ainda importante garantir uma área passagem entre a superfície superior da viga e o tecto.

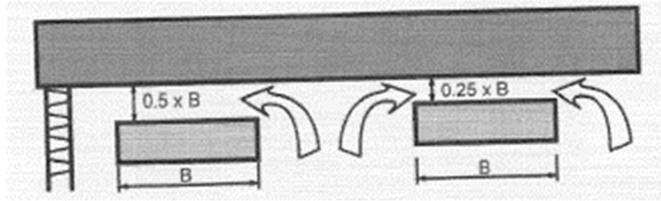


Figura 7 - Área de passagem para vigas arrefecidas [7]

Uma vez que estas unidades funcionam com velocidade máxima do ar devido à convecção natural, deve ser evitado a sua instalação por cima das zonas de trabalho. Deve ser ainda previsto, nas zonas de instalação das vigas, fontes de cargas térmicas, como janelas ou outro tipo de equipamentos, que influenciem a capacidade de arrefecimento destas.

As vigas arrefecidas passivas podem ser ainda instaladas sob o tecto. Neste caso, é necessário garantir uma área de passagem de ar de cerca 50% da área livre, de modo a não condicionar a correcta climatização do espaço.

✓ Vigas Arrefecidas Activas

As vigas arrefecidas activas combinam os sistemas de insuflação de ar novo com o sistema hidráulico, através da introdução de baterias de água fria ou água quente. Neste caso, as trocas de calor são efectuadas por convecção forçada.

Neste tipo de sistemas o ar primário⁹ é introduzido numa câmara de distribuição e insuflado para o ambiente através de jactos de ar próprios da unidade. Estes são responsáveis pela movimentação e recirculação do ar por efeito de indução. O ar recirculado entra em contacto com as baterias e é misturado com o ar exterior na câmara de distribuição.

A determinação das necessidades de indução, e por consequência do caudal de ar primário, está directamente relacionada com as cargas térmicas existentes nos espaços. Quanto maior for a potência de arrefecimento, maior será a taxa de indução¹⁰, aumentando o risco de correntes de ar. Assim sendo, recomenda-se a instalação destas unidades para situações em que as cargas térmicas sejam inferiores a 80 W/m².

As vigas arrefecidas activas não realizam desumidificação, pelo que a temperatura da água que circula nas baterias deve ser superior à temperatura de orvalho do ar ambiente (14°C-18°C). Adicionalmente, a unidade de tratamento de ar novo deve efectuar a desumidificação do ar

⁹ Ar exterior desumidificado, proveniente da unidade de tratamento de ar

¹⁰ Razão entre o volume de ar deslocado por indução e o volume de ar primário - varia entre 1:3 e 1:5 [7]

primário, por forma a garantir a capacidade de remoção das cargas de humificação internas por parte do caudal de ventilação. Desta forma, são evitados os riscos de condensação no sistema. Ao contrário das vigas arrefecidas passivas, as vigas arrefecidas activas devem ser instaladas sobre as zonas de trabalho e devem assegurar uma velocidade do ar reduzida.

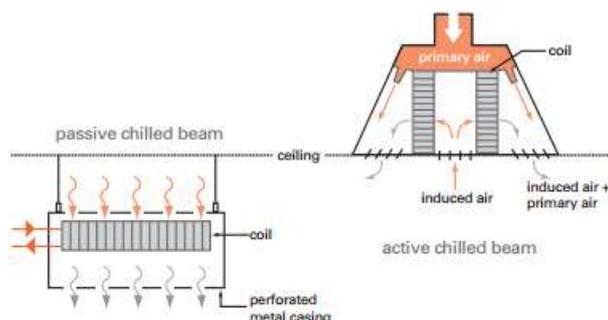


Figura 8 - Vigas Arrefecidas Passivas e Activas [42]

6.3.3 Pavimento Radiante

Pavimento radiante baseia-se na instalação de circuitos hidráulicos ou eléctricos embutidos no pavimento, distribuídos criteriosamente por toda a superfície a climatizar. O aquecimento e arrefecimento dos espaços é efectuado essencialmente por radiação e por convecção. Devido aos modos de transferência térmica, é usualmente utilizado pavimento radiante para aquecimento, e tectos radiantes para arrefecimento.

✓ Pavimento Radiante Hidráulico

Os pavimentos radiantes hidráulicos eram inicialmente compostos por tubagens em cobre embutidos no pavimento, mas devido à necessidade de soldadura ao longo de toda a rede, surgia o aparecimento de zonas sensíveis propícias a desenvolver corrosão, gerando degradação e funcionamento irregular do sistema. Neste sentido, começou-se a utilizar tubagem de polietileno reticulado de alta densidade (PEX) que permite uma distribuição homogénea da temperatura por todo o pavimento. Devido às suas características, a instalação da tubagem de polietileno reticulado de alta densidade reduziu consideravelmente o tempo de montagem, bem como o rendimento e a qualidade do sistema.

O sistema de pavimento radiante possui um sistema de regulação térmica¹¹ que permite controlar a temperatura do ambiente, através da circulação de água. Os sistemas de regulação

¹¹ Sistemas incorporados em colectores de distribuição compostos por diversos componentes que são definidos em função da solução adoptada.

térmica podem ser do tipo de ponto fixo com regulação termostática, de ponto fixo compensado com reguladores electrónicos e de regulação climática [10].

Sistemas de ponto fixo com regulação termostática [10]

Este tipo de sistemas mantêm a temperatura da água constante, segundo um valor pré-estabelecido, através de reguladores termostáticos que accionam válvulas de duas ou de três vias. O principio de funcionamento deste sistema baseia-se na injeção do fluido no circuito por acção de válvula termostática de duas vias com uma sonda de imersão, segundo as condições de temperatura ambiente detectadas por um termóstato ambiente que comanda a bomba do pavimento radiante. Se a temperatura máxima admissível for atingida, esta é detectada por um termóstato de segurança que desliga a bomba.

Sistemas de ponto fixo compensado com reguladores electrónicos [10]

Neste tipo de sistema a temperatura da água pode ser regulada de duas formas: de ponto fixo onde a temperatura da água é constante, e de ponto compensado, onde a temperatura da água depende da temperatura de ida e do salto térmico (ΔT) efectivo entre a ida e o retorno. No segundo caso é possível adequar a quantidade de calor emitido em função das necessidades do espaço.

De um modo geral, os sistemas são compostos por reguladores electrónicos que accionam válvulas motorizadas de três vias. À semelhança do sistema anterior, este possui um termóstato de segurança que desliga a electrobomba quando se atinge a temperatura máxima admissível.

Este sistema permite não só aquecer, como também arrefecer o espaço. Neste caso, é necessário considerar sistemas de controlo de humidade de forma a evitar condensação na superfície do pavimento.

Sistemas de regulação climática [10]

Sistemas de regulação climática são compostos por um único bloco, onde estão incluídos o sistema de regulação do sistema e têm como função regular a temperatura da água segundo a temperatura externa. Apresentam-se como sistemas vantajosos uma vez que adaptam as condições internas em função das condições externas. São compostos basicamente por uma válvula misturadora, servomotor, regulador, sondas de temperatura, termómetros, by-pass diferencial e casquilhos de ligação ao circuito primário e ao circuito de chão radiante.

✓ Pavimento Radiante Eléctrico

Os pavimentos radiantes eléctricos são essencialmente aplicados para aquecimento dos espaços. Estes são constituídos por uma rede de cabos eléctricos, embutidos no pavimento dos espaços, e o controlo de temperatura ambiente é realizado através de termóstatos que permitem a regulação da potência fornecida, de modo a proporcionar as condições interiores desejadas.

6.3.4 Dispositivos de Difusão Terminais

Os dispositivos de difusão terminais são responsáveis pela introdução do ar tratado nas salas e podem assumir diversas configurações, sendo os mais utilizados denominados como difusores, que podem ser do tipo rotacional, radial, linear, jacto livre e de deslocamento, e grelhas de lâminas fixas ou móveis. O modo de distribuição de ar é um factor bastante importante, uma vez que influencia bastante a eficácia de ventilação, a garantia do alcance do ar na zona de ocupação e as condições de conforto. Desta forma, devem ser considerados os seguintes modos de difusão de ar [40]: difusão por mistura e difusão de baixa velocidade.

✓ Difusão por Mistura

Na difusão por mistura o ar é insuflado no ambiente a uma dada velocidade (compreendida entre 0,05 e 0,20 m/s) e mistura-se com o ar ambiente. Este é o método mais utilizado e garante uma taxa de poluentes e uma temperatura homogénea em todo o espaço. Neste caso, a insuflação de ar pode ser efectuada através de grelhas de parede, de difusores de tecto ou de difusores lineares (instalados no tecto).

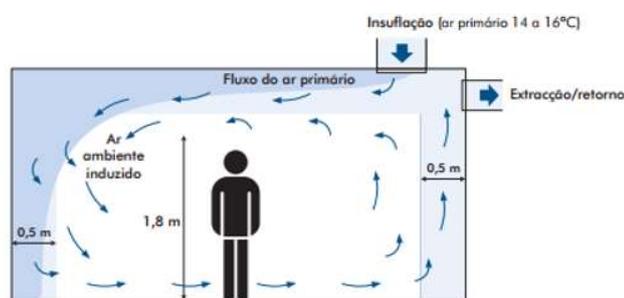


Figura 9 - Difusão por mistura [43]

✓ Difusão de Baixa Velocidade

Na difusão de baixa velocidade ou difusão por deslocamento de ar, o ar é insuflado a nível baixo (a nível do pavimento) a uma velocidade bastante reduzida, de forma a não se mistura com o ar

ambiente. À medida que o ar vai aquecendo, devido às condições internas dos espaços, tende a subir até a zona mais alta do espaço, sendo posteriormente extraído. O gradiente vertical de temperatura inerente a este sistema impõe alguns riscos a nível de conforto, visto que a nível baixo a temperatura é reduzida, favorecendo a sensação de frio e a nível alto a sensação de calor.

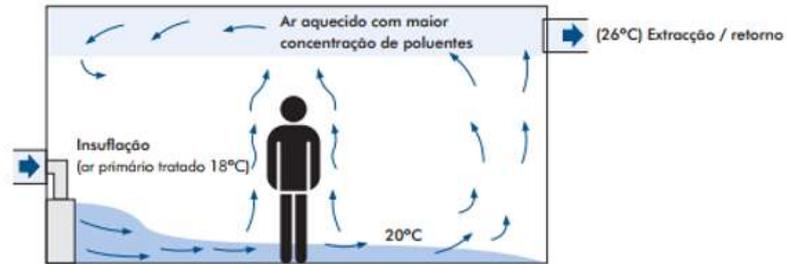


Figura 10 - Difusão por deslocamento de ar [43]

7. Cálculo Automático

Com o desenvolvimento da indústria no ramo de AVAC, cresce a necessidade de estimar correctamente as cargas térmicas, bem como as potências de cálculo no projecto do sistema de tratamento de ar novo e climatização, de modo a evitar dimensionamentos incorrectos das instalações e equipamentos.

O sobredimensionamento de um sistema acarreta elevados consumos energéticos, bem como o encarecimento da instalação. Por outro lado, no subdimensionamento surgem problemas com conforto humano e qualidade das condições interiores.

Neste sentido, a utilização de *softwares* de cálculo automático é cada vez mais uma ferramenta recorrente no projecto de climatização de um edifício. De forma a visar um bom desenvolvimento do modelo de cálculo, e por consequência obter uma simulação com resultados fiáveis, devem ser incluídos os seguintes pontos:

- ✓ Factores climáticos;
- ✓ Tipologias das envolventes – definição do coeficiente de transmissão térmica (U);
- ✓ Orientação do edifício;
- ✓ Horários de funcionamento;
- ✓ Cargas térmicas internas;
- ✓ Condições interiores;
- ✓ Sistemas de climatização e ventilação.

Durante o estágio curricular utilizou-se o *software Hourly Analys Program (HAP)* [13]. Trata-se de um *software* de código fechado que utiliza um estilo numérico de acesso intuitivo e simples. O programa tem como objectivo auxiliar o planeamento e dimensionamento de sistemas de climatização e de ventilação em edifícios.

O *software HAP* possui diversos menus de introdução de dados, nomeadamente, *Weather*, *Spaces*, *Systems* e *Plants*.

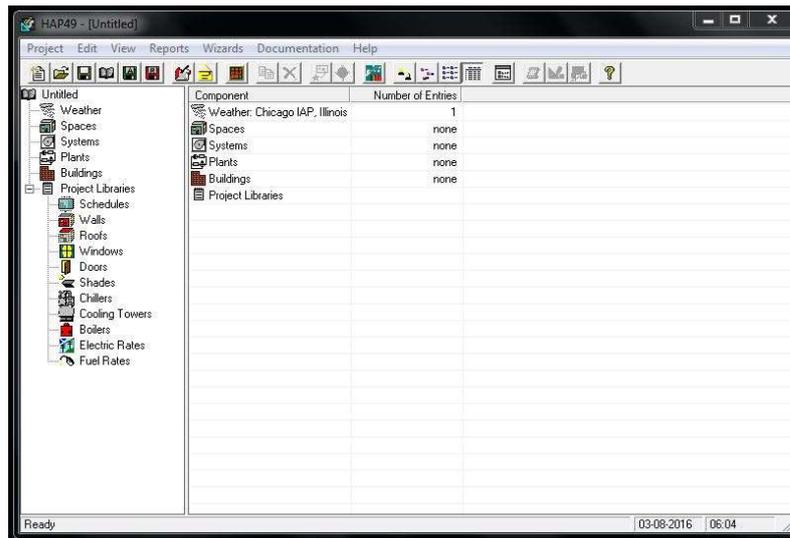


Figura 11 - Menu Hourly Analys Program [13]

No menu *Weather* faz-se a caracterização climática do local, onde é possível definir as temperaturas de bolbo seco e bolbo húmido do ar. Através da introdução dos dados climáticos, obtém-se um relatório dos perfis de temperatura e radiação solar ao longo do ano, que permite identificar o mês/dia mais desfavorável e, por conseguinte, definir quais as condições de projecto para o qual o sistema de AVAC deve ser dimensionado.

O menu *Spaces* permite caracterizar todos os espaços existentes no edifício em estudo, sujeitos a climatização e tratamento de ar. Isto é, em cada espaço define-se os dados de arquitectura (áreas e pés direitos), cargas térmicas derivadas da ocupação, iluminação e equipamentos, cargas térmicas devido às envolventes (paredes exteriores, cobertura e pavimento) e respectivos perfis de funcionamento e caudais de ar novo mínimos requeridos.

No menu *Systems* define-se o tipo de sistema de climatização a utilizar, bem como as zonas que o sistema irá servir. Neste menu pretende-se identificar os dados e as respectivas características dos elementos de ventilação existentes, como por exemplo, sistema de recuperação de calor, bateria de arrefecimento, bateria de aquecimento, ventiladores, entre outros. É possível ainda introduzir especificações hidráulicas e factores de segurança. Por fim, no menu *Plants* são circunscrevidas as centrais térmicas do edifício (unidades de arrefecimento e aquecimento).

Após a definição de todos os dados necessários para a concepção dos sistemas, é possível efectuar um balanço térmico dos sistemas para as 8760 horas do ano, através da emissão de diversos relatórios disponíveis no *software*. Nestes relatórios são discriminadas as potências térmicas e eléctricas, bem como os caudais de ar necessários em cada espaço definido.

8. Dimensionamento de Redes

8.1 Circuito Hidráulico

A rede de tubagem de água de uma instalação de AVAC consiste na distribuição de água quente ou refrigerada desde as centrais de arrefecimento/aquecimento (como por exemplo: Chiller, caldeiras) até as unidades interiores (como por exemplo: ventiloconvectores, vigas arrefecidas ou pavimento radiantes).

Segundo os pressupostos definidos ASHRAE Handbook – Fundamentals [1], a rede de tubagens deve ser dimensionada para uma velocidade até 1,2 m/s e para uma perda de carga que pode variar entre 100 e 400 Pa/m. Normalmente é utilizado um valor médio para a perda de carga de 250 Pa/m. Desta forma, previne-se o desgaste das tubagens e ruído nos sistemas. Em alternativa, a perda de carga na tubagem pode ser determinada segundo a equação definida por Darcy-Weisbach [1].

$$\Delta P = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{\rho V^2}{2} \right) \quad (7)$$

Onde:

f – factor de atrito;

D – diâmetro da tubagem [m];

ΔP – perda de carga [Pa];

V – velocidade de escoamento [m/s];

L – comprimento do troço [m];

ρ – massa específica do fluido [kg/m³].

Por sua vez, o factor de atrito é definido através do diagrama Moody em função da rugosidade da superfície interior (ε) da tubagem e do número de Reynolds¹² [1].

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu} \quad (8)$$

Sendo que μ representa a viscosidade do fluido (Pa.s).

¹² De um modo geral, a partir do número de Reynolds determina-se o regime de escoamento dentro da tubagem: turbulento ou laminar

É ainda necessário considerar as perdas de carga associadas aos acessórios (como curvas, tês, válvulas, etc) e aos diversos equipamentos locais (permutadores, depósitos, etc). Este tipo de perda de carga é normalmente denominada como perda de carga localizada e pode ser determinada através do método dos K ou do método dos comprimentos equivalentes. No primeiro caso, as perdas de carga são determinadas segundo a equação 9 seguinte [1]:

$$\Delta P = K\rho \left(\frac{V^2}{2} \right) \quad (9)$$

Onde K corresponde ao coeficiente de perdas associado a cada tipo de acessório/equipamento (Tabela 17).

Tabela 17 - Coeficiente de perdas associado ao tipo de acessório/equipamento [1]

Nominal Pipe Dia., mm	90° Ell Reg.	90° Ell Long	45° Ell	Return Bend	Tee-Line	Tee-Branch	Globe Valve	Gate Valve	Angle Valve	Swing Check Valve	Bell Mouth Inlet	Square Inlet	Projected Inlet
10	2.5	—	0.38	2.5	0.90	2.7	20	0.40	—	8.0	0.05	0.5	1.0
15	2.1	—	0.37	2.1	0.90	2.4	14	0.33	—	5.5	0.05	0.5	1.0
20	1.7	0.92	0.35	1.7	0.90	2.1	10	0.28	6.1	3.7	0.05	0.5	1.0
25	1.5	0.78	0.34	1.5	0.90	1.8	9	0.24	4.6	3.0	0.05	0.5	1.0
32	1.3	0.65	0.33	1.3	0.90	1.7	8.5	0.22	3.6	2.7	0.05	0.5	1.0
40	1.2	0.54	0.32	1.2	0.90	1.6	8	0.19	2.9	2.5	0.05	0.5	1.0
50	1.0	0.42	0.31	1.0	0.90	1.4	7	0.17	2.1	2.3	0.05	0.5	1.0
65	0.85	0.35	0.30	0.85	0.90	1.3	6.5	0.16	1.6	2.2	0.05	0.5	1.0
80	0.80	0.31	0.29	0.80	0.90	1.2	6	0.14	1.3	2.1	0.05	0.5	1.0
100	0.70	0.24	0.28	0.70	0.90	1.1	5.7	0.12	1.0	2.0	0.05	0.5	1.0

No método dos comprimentos equivalentes, ao comprimento da tubagem principal é adicionado um comprimento extra associado a cada acessório (Tês, derivação, válvula, entre outros). Isto é, cada singularidade da tubagem corresponde a um certo comprimento adicional (comprimento equivalente) que descreve as perdas de carga inerentes a todos os componentes que constituem a rede (válvulas, curvas, tês, etc).

Respeitando os pressupostos inicialmente descritos, para determinar o diâmetro das redes hidráulicas é possível utilizar um ábaco desenvolvido através da combinação das equações anteriormente definidas.

Os caudais de água que circulam na rede do sistema são determinados com base nas potências térmicas de cada equipamento de climatização.

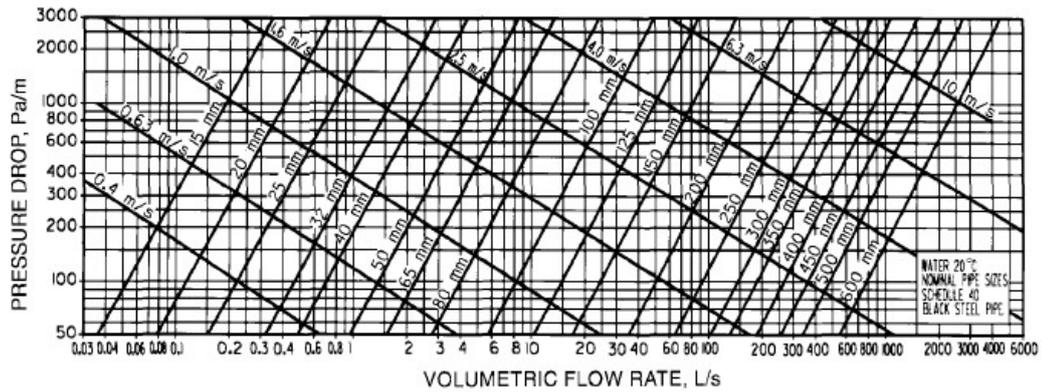


Figura 12 - Ábaco de selecção Aço Carbono [1]

8.2 Circuito Aeráulico

À semelhança do dimensionamento das redes hidráulicas, no dimensionamento das redes aeráulicas é necessário determinar as perdas de cargas contínuas existentes ao longo de toda a rede. Estas dependem da velocidade do escoamento do fluido, comprimento, diâmetro das condutas e rugosidade da superfície interior [3].

$$\Delta P = 0,4f \left(\frac{L}{D^{1,22}} \right) V^{1,82} \quad (10)$$

Onde:

f – factor de atrito;

D – diâmetro da tubagem [m];

ΔP – perda de carga [mm c.a.];

V – velocidade de escoamento [m/s];

L – comprimento do troço [m];

Considera-se, para condutas em aço galvanizado, um factor de atrito de 0,9. Relativamente à velocidade de escoamento, deve-se respeitar as limitações no que diz respeito ao ruído e pode ser consultada na Tabela 18. Esta tabela foi desenvolvida com base em dados experimentais, e indica para cada tipo de espaço, a velocidade máxima recomendada para troços principais e secundários. Notar que os valores apresentados correspondem a situações em que a velocidade é reduzida, sendo que, para situações em que são admitidas velocidades elevadas, recomenda-se um valor máximo de 25 m/s.

Tabela 18 - Valores de velocidade máxima recomendada [3]

Tipologia	Factor de controlo de ruído	Velocidade máxima recomendada			
		Condutas Principais		Condutas Secundárias	
		Insuflação	Retorno	Insuflação	Retorno
Residenciais	3	5	4	3	3
Apartamentos Quartos de Hotel Quartos de Hospital	5	7,5	6,5	6	5
Bibliotecas Escritórios	6	10	7,5	8	6
Auditórios Cinemas Teatros	4	6,5	5,5	5	4
Restaurantes Bancos Centros Comerciais Oficinas	7,5	10	7,5	8	6
Comercio	9	10	7,5	5	6
Industria	12,5	15	9	11	7,5

Como mencionado anteriormente o caudal de ar necessário em cada espaço é determinado consoante as necessidades térmicas dos espaços. De acordo com os parâmetros e as condições descritas, o Manual de Ar Condicionado da Carrier [3] apresenta um ábaco de fácil leitura, que simplifica a determinação do diâmetro das redes de condutas (Anexo B, Figura 15).

É importante referir, que as perdas de carga associadas aos acessórios e equipamentos terminais também devem ser contabilizadas, e podem ser consultadas no Manual de Ar Condicionado da Carrier [3].

Contudo, por forma a se obter um projecto de redes o mais simétrico e equilibrado possível, o Manual de Ar Condicionado da Carrier [3] sugere ainda três métodos de cálculo que diferem essencialmente no grau de exactidão e de custo de aplicação:

- ✓ Método de redução de velocidade;
- ✓ Método de perda de carga constante;
- ✓ Método de recuperação estática.

Método Redução de Velocidade

O método redução de velocidade consiste na definição de uma velocidade inicial à saída do ventilador, e estabelecer arbitrariamente uma série de reduções da mesma ao longo da rede. A velocidade inicial não deve exceder os valores recomendados descritos na Tabela 18. Em função destas condições, o diâmetro das condutas é determinado com auxílio do ábaco do Anexo B, Figura 15.

No entanto, este método é o menos aplicado, uma vez que a redução arbitrada da velocidade ao longo dos troços limita a exactidão dos dados obtidos. Desta forma, recomenda-se que este método seja aplicado somente em instalações de pouca precisão, ou com traçados de condutas reduzidos.

Método Perda Carga Constante

O método de perda de carga constante é normalmente aplicado para condutas de extracção/retorno e consiste na determinação dos diâmetros das condutas de forma a manter as perdas de carga constante ao longo de toda a instalação. Com base no ábaco localizado no anexo B, Figura 15, a perda de carga adequada ao sistema é determinada através da definição da velocidade inicial à saída do ventilador, recorrendo às velocidades máximas recomendadas indicadas na Tabela 18 e do caudal de ar.

Comparativamente ao método anterior, este apresenta-se como simples e mais rigoroso. No entanto, este sistema não tem em conta possíveis decréscimos de pressões em determinados troços nem é provido de medidas que condicionem estas situações. Assim sendo, o equilíbrio da rede é comprometido representando uma das maiores desvantagens deste método.

Método Recuperação Estática

O método de recuperação estática consiste fundamentalmente no dimensionamento das condutas de forma a que o aumento da pressão estática, originada pela redução de velocidade, em cada derivação compense a perda de carga por atrito na derivação seguinte [3]. Desta forma é assegurada a mesma pressão estática em todas as ramificações. O cálculo deve seguir os seguintes procedimentos:

1. Dimensionar a secção inicial da conduta através da velocidade inicial à saída do ventilador (Tabela 18), do caudal de ar e da perda de carga;
2. Determinar a razão entre o comprimento equivalente e o caudal (L/Q) através do diagrama da Figura 13.

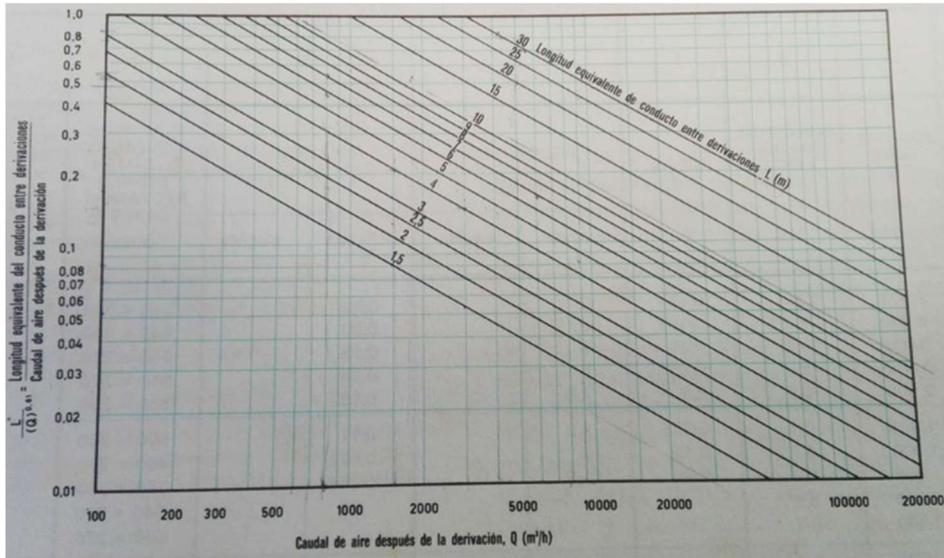


Figura 13 - Relação entre o comprimento equivalente da conduta e o caudal [3]

- Determinar a velocidade após cada derivação através do diagrama da Figura 14, em função de L/Q e da velocidade a jusante da derivação;

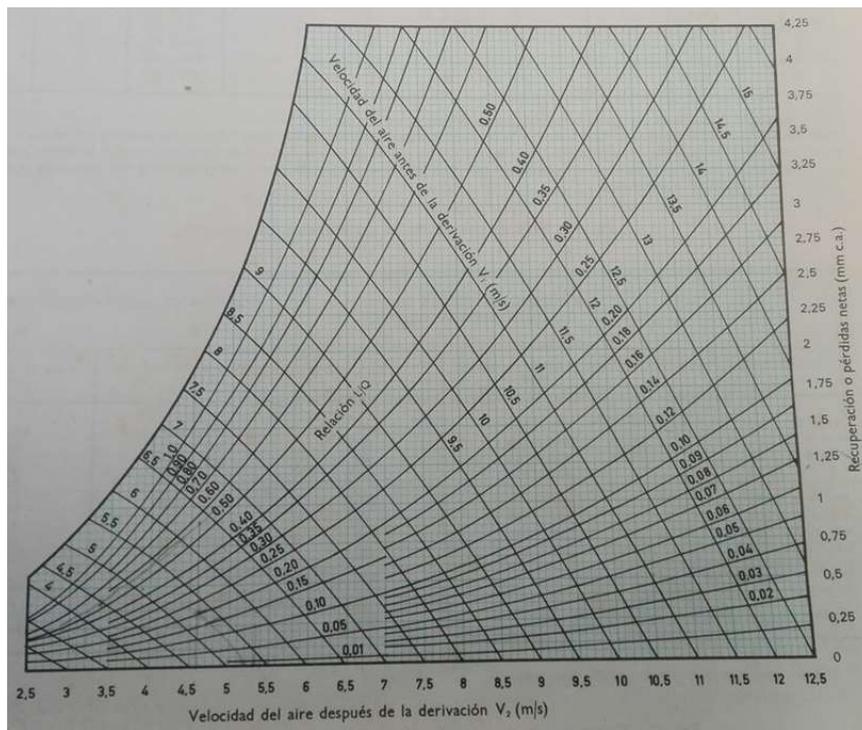


Figura 14 - Ábaco do método de recuperação estática [3]

- Dimensionar o diâmetro, com base nos dados obtidos nos pontos anteriores, através do ábaco do Anexo B, Figura 15, do presente documento.

Devido ao procedimento de cálculo (perdas de cargas compensadas em cada troço), este método é mais utilizado para instalações de maior precisão. Para efeitos práticos, como factor de segurança, considera-se a perda de carga estática para o troço mais desfavorável.

Na empresa ACet os métodos de dimensionamento das redes aerúlicas mais utilizados são o método de redução de velocidade para insuflação e o método de perda de carga constante para extracção/retorno.

Página deixada propositadamente em branco

9. Dimensionamento de Sistemas

9.1 Circuito Hidráulico

9.1.1 Unidades de Produção de Água Arrefecida/Aquecida - Chiller

As unidades de produção de água arrefecida/aquecida podem ser designadas como unidades primárias uma vez que asseguram a produção de “frio ou calor” no circuito primário, utilizando fluidos térmicos (água ou fluido frigorigéneo), necessária nos equipamentos terminais ou nas unidades de tratamento de ar.

As unidades que efectuam o arrefecimento do fluido térmico são conhecidas como Chiller, e baseiam-se no princípio de funcionamento de um ciclo frigorífico, isto é, é utilizado um circuito fechado (circuito primário) por onde circula um fluido térmico responsável por receber o calor do fluido que se pretende arrefecer (do circuito secundário). Estas trocas de calor são efectuadas através do evaporador do sistema. O calor é posteriormente rejeitado para o exterior através do condensador.

Estas unidades também permitem fazer o aquecimento da água, através da recuperação do calor rejeitado pelo condensador. Neste caso, as unidades são denominadas como bombas de calor.

O dimensionamento destes equipamentos é efectuado com base nas cargas térmicas de todos os espaços. No entanto, é necessário ter em consideração outros parâmetros para responder à correcta selecção do equipamento, tais como:

- ✓ Condições de temperatura e caudal à entrada e à saída;
- ✓ Tipo de arrefecimento (permutador arrefecido a ar ou a água);
- ✓ Tipo de produção de água (água quente ou água fria);
- ✓ Localização e respectivas condições ambientais.

9.1.2 Depósitos de Inércia

Os depósitos de inércia são reservatórios de armazenamento de energia, podendo ser responsáveis pela separação física do circuito primário do circuito secundário de um sistema¹³. Esta disposição permite caudais diferentes em ambos os circuitos, como também manter uma temperatura constante [12].

Além disso, os depósitos têm como finalidade controlar o arranque e paragem das unidades responsáveis pelo arrefecimento e aquecimento (normalmente Chiller), e o seu tamanho define o tempo entre o arranque e paragem do equipamento. Isto é, quanto maior for o reservatório, maior será o tempo entre o arranque e a paragem [12].

De acordo com o procedimento sugerido pelo fabricante Grundfos [12], o volume do depósito de inércia é determinado segundo a equação 11 seguinte:

$$V_{DI} = \frac{Q_{pmin} - Q_{smin}}{\frac{60}{t}} \quad (11)$$

Onde:

V_{DI} – Volume do depósito de inércia (m³);

Q_{pmin} – Caudal mínimo no circuito primário (m³/h);

Q_{smin} – Caudal mínimo no circuito secundário (m³/h);

t – tempo mínimo de funcionamento do chiller (min).

O caudal mínimo no circuito primário é obtido através do chiller de menor dimensão existente na instalação. O caudal mínimo do circuito secundário deve ser determinado em conformidade com o perfil de carga do sistema ao longo do ano. Genericamente, considera-se que o caudal mínimo do circuito secundário é aproximadamente 10% do caudal máximo requerido no circuito secundário.

Por fim, o tempo mínimo de funcionamento do chiller é definido em função do tempo mínimo requerido pelo chiller e o máximo definido pelo utilizador.

¹³ Na empresa ACet os depósitos são essencialmente utilizados como separadores hidráulicos entre o circuito primário e o circuito secundário.

9.1.3 Vasos de Expansão

Genericamente, os vasos de expansão são depósitos em aço carbono, divididos (interiormente) por uma membrana em borracha, que separa a zona dedicada à entrada de água da zona onde permanece um gás, normalmente azoto. Este último tem como função proteger o depósito de efeitos de corrosão [6].

Os depósitos têm duas finalidades: manter uma pressão constante na linha de aspiração da bomba e absorver as dilatações e contracções do sistema hidráulico de forma a garantir a pressão dentro dos intervalos pré-estabelecidos. Estes também poderão servir de reservatório de água aquando da falha do sistema automático de enchimento dos circuitos.

Os vasos de expansão são normalmente instalados a montante da bomba de água mantendo a pressão constante à entrada da mesma.

De acordo com o procedimento disponibilizado pelo fabricante Callefi [11], o volume do vaso de expansão para a rede hidráulica pode ser determinado através da equação 12 seguinte:

$$V = \frac{e \times C}{1 - \frac{P_i}{P_f}} \quad (12)$$

Onde:

e - Coeficiente de expansão da água;

V – Volume do Vaso (L);

P_i – Pressão absoluta inicial (bar);

C - Conteúdo total de água da instalação (L).

P_f – Pressão absoluta final (bar);

O coeficiente de expansão da água pode ser consultado na Tabela 19 e é definido através da diferença entre a temperatura máxima do fluido na instalação e 4°C de referência.

Tabela 19 - Coeficiente de expansão da água [11]

T (°C)	Coeficiente "e"
0	0,00013
10	0,00025
15	0,00085
20	0,00180
25	0,00289
30	0,00425
35	0,00582
40	0,00782
45	0,00984
50	0,01207
55	0,01447
60	0,01704
65	0,01979
70	0,02269
75	0,02575
80	0,02898
85	0,03236
90	0,03590
95	0,03958
100	0,04342

Por sua vez, o conteúdo total de água da instalação (C) é determinado segundo [11]:

$$C = V_{tubagem} + V_{extras} \quad (13)$$

O volume da tubagem ($V_{tubagem}$) corresponde ao volume de água presente nos circuitos secundários da rede hidráulica. Este deve ser determinado através do comprimento de cada troço e da secção transversal respectiva. No termo V_{extras} devem ser contabilizados os volumes de água existentes em acessórios (serpentinhas, permutadores, entre outros).

A pressão absoluta inicial é dada pela equação 14 [11]:

$$P_i = P_{hidrostática} + 0,3 + P_{atm} \quad (14)$$

A pressão hidrostática ($P_{hidrostática}$) deve ser calculada tendo em consideração a diferença de cota do local de instalação dos vasos de expansão e a cota do ponto mais alto. O parâmetro P_{atm} , corresponde à pressão atmosférica (bar). É ainda adicionado um factor de compensação de 0,3 de forma a garantir a correcta determinação da pressão absoluta inicial do sistema.

Por fim, a pressão absoluta final é determinada através do somatório entre a pressão máxima de trabalho da válvula de segurança (dado do fabricante) e a pressão atmosférica [11].

$$P_f = P_{seg} + P_{atm} \quad (15)$$

9.1.4 Bombas de Circulação

As bombas de circulação encontram-se localizadas na rede hidráulica e têm como principal função fazer a distribuição de água por todas as unidades do sistema. Devem ser dimensionadas de forma a vencer as resistências por efeito de perda de carga ou por atrito existentes na tubagem e nos respectivos acessórios e equipamentos.

O dimensionamento das bombas circuladoras é efectuado através do caudal de água e da pressão manométrica. Como referido anteriormente, os caudais de água que circulam na rede do sistema são determinados com base nas necessidades térmicas de cada espaço.

Relativamente à pressão manométrica, é necessário identificar o troço mais desfavorável, isto é, o troço que apresenta maior perda de carga. Por sua vez, esta está associada às redes de tubagem (perda de carga distribuída), bem como aos diversos acessórios existentes ao longo do circuito (perda de carga localizada). O cálculo relativo às perdas de cargas pode ser consultado no Subcapítulo Circuito Hidráulico do presente documento.

9.2 Circuito Aerúlico

9.2.1 Unidades de Tratamento de Ar

A composição de uma unidade de tratamento de ar varia com o tipo de instalação pretendida, devendo ser pré-definido os parâmetros necessários a controlar. Neste sentido, o dimensionamento de uma unidade de tratamento de ar deve ter em consideração os seguintes pontos:

- ✓ Descrição detalhada dos componentes que constituem as unidades, referindo a sua localização bem como a sua configuração;
- ✓ Caudal de insuflação, extracção e/ou retorno;
- ✓ Pressão estática disponível nos ventiladores de insuflação e de extracção;
- ✓ Características das baterias de arrefecimento e aquecimento, nomeadamente, potência de arrefecimento total e sensível, potência de aquecimento, condições de temperatura do ar à entrada e à saída e o caudal de água (para baterias a água);

- ✓ Caso existam, características dos humidificadores (injecção de vapor), nomeadamente, pressão de vapor e a capacidade de humificação;
- ✓ Módulos de filtragem de acordo com a norma EN 779 [19] e EN 1822 [20];
- ✓ Tipo de recuperação de calor segundo o Regulamento n.º 1253/2014 [36].

9.2.2 Ventiladores

Os ventiladores têm como função fazer a movimentação do ar, tanto para a sua insuflação como para extracção. Existem diversos modelos, sendo os ventiladores axiais e centrífugos os mais usados em sistemas de ventilação [2].

A selecção correcta do ventilador é muito importante na eficiência de rede aerúlica. Como tal, devem ser seguidos os seguintes parâmetros no seu dimensionamento:

- ✓ Caudal de ar de insuflação e extracção;
- ✓ Pressão estática do ventilador;
- ✓ Tipo de ventilador;
- ✓ Rendimento;
- ✓ Tipo de accionamento.

Através do caudal de ar e da pressão estática, devem ser marcados nas curvas de funcionamento dos ventiladores (disponibilizadas pelos fabricantes) o ponto de referência dessas condições. Caso o ponto pretendido se situe acima da última curva de funcionamento do ventilador, deve-se seleccionar a curva correspondente ao ventilador seguinte.

Notar que o ponto de funcionamento deve-se situar numa zona da curva muito inclinada, uma vez que, de outro modo, uma pequena variação da pressão estática implicaria grandes variações do caudal.

No dimensionamento do ventilador deve-se ter ainda em consideração o grau de protecção tanto do motor como do ventilador (IP44, ATEX, etc) segundo a legislação em vigor (EN 60529 [26], EN 50014 [23], EN 50020 [24] e EN 50028 [25]), bem como os requisitos de concepção ecológica dos motores de acordo com o Regulamento nº640/2009 [35].

9.2.3 Dispositivos terminais de difusão

Como descrito anteriormente, existe uma vasta gama de dispositivos terminais de difusão de ar que diferem essencialmente no modo de distribuição do ar nos espaços a ventilar. Uma definição correcta da difusão do ar induz a estratificação e velocidades do ar adequadas, pelo que a selecção adequada dos dispositivos possibilita a insuflação do ar sem causar incómodos aos ocupantes dos espaços.

Após a selecção do tipo de dispositivo necessário em cada espaço, é necessário definir o seu modelo e dimensão, que por sua vez está dependente dos seguintes parâmetros:

- ✓ Caudal de insuflação, ou de extracção requerido no espaço;
- ✓ Velocidade de escoamento do ar;
- ✓ Perdas de carga;
- ✓ Níveis de pressão sonora;
- ✓ Alcance do jacto de ar.

Adicionalmente, e em função da tipologia das salas em estudo, pode ser necessário considerar sistemas de filtragem, sendo necessário definir a classe de filtração.

Cumprindo a legislação em vigor e, conseqüentemente, satisfazendo as condições de conforto ideais, o dimensionamento deste tipo de componentes durante o estágio baseou-se em valores de referência para níveis de pressão sonora inferiores a 30 dB e para perdas de carga não superiores a 15 Pa.

Página deixada propositadamente em branco

10. Projectos Participados e Efectuados

O presente capítulo destina-se a descrever todos os projectos participados ao longo do estágio curricular e está organizado por subcapítulos, sendo cada um relativo a cada projecto. Em cada projecto é efectuada uma pequena descrição do mesmo, são apresentadas as soluções adoptadas, bem como as actividades desenvolvidas.

A ordem dos projectos apresenta-se de forma cronológica, sendo que os primeiros representam o período de integração e de adaptação na empresa ACet e, por último, os projectos participados de forma mais autónoma. Durante o estágio foi possível dimensionar e seleccionar todos os equipamentos e materiais, bem como elaborar os diversos documentos escritos e desenhados que especificam todo o projecto de AVAC.

Por conseguinte, os projectos participados foram:

- ✓ Axone – Farmacêutica;
- ✓ Hovione – HAPI LAB;
- ✓ Hovione – PR8;
- ✓ Hovione – ED22;
- ✓ Caves de Moradia – Vila Catete, Estoril;
- ✓ Ginásio Seixal – Recondair;
- ✓ Hovione Edifício 2;
- ✓ Hovione Edifício 12;
- ✓ Recipharm II – Viscomix Pharmix;
- ✓ Hikma IV – piso 0;
- ✓ Clínica Milénio;
- ✓ Hovione B6A – pisos 2 e 3;
- ✓ Lecifarma.

É importante referir que inicialmente foi proporcionada a participação em pequenas partes de projectos que decorriam aquando da iniciação do estágio que não serão descritos de seguida. No entanto estes permitiram compreender todos os procedimentos necessários no desenvolvimento dos documentos. Nesta fase foi possível elaborar algumas fichas técnicas, compreender a utilidade do mapa de quantidades e da estimativa orçamental, bem como da lista de pontos (relativa às condições de controlo dos sistemas).

Durante o estágio curricular foi possível contactar com diversas empresas do sector de AVAC (France Air, Mitsubishi Electric, AERMEC, entre outros) que proporcionaram todo o auxílio no que diz respeito a esclarecimento de dúvidas e à selecção de equipamentos e dos respectivos custos.

Todos os projectos em seguida descritos são dotados de sistemas de controlo que permitem controlar as condições de temperatura e humidade na generalidade, bem como de outros parâmetros de funcionamento dos sistemas preconizados. Os respectivos sistemas de controlo não serão descritos uma vez que, ao longo do estágio curricular, não foi possível abordar e desenvolver os conceitos sobre o tema em questão.

Em anexo encontram-se alguns documentos desenvolvidos (peças escritas ou peças desenhadas) referentes a cada projecto participado. Todas as peças desenhadas encontram-se à escala somente em formato digital.

10.1 Axone – Farmacêutica

Descrição do Projecto

Projecto referente à instalação de AVAC de um novo complexo farmacêutico denominado como Axone Portugal, localizado no Cacém. O complexo é composto por um edifício e um armazém, cada um constituído por três pisos (pisos 0, 1 e 2). O edifício em questão destina-se a industrialização de diversos tipos de medicamentos.

De forma a integrar e articular os diversos serviços existentes definiram-se diversas zonas distintas, que diferem principalmente no tipo de actividade e das funções de cada espaço e designam-se como: IFS – Infrastructures, AFD - Aseptic Filling Department, GFC - General Formulation Common Areas, HOR – Hormones, LQD – Liquids, ONC – Oncology, PKG – Packaging, QCT - Quality Control, R&D - Research & Development, SDG - Solid Dosage, TPD - Transdermal Patches Department e WHA – Warehouse.

A instalação de AVAC preconizada prevê satisfazer os seguintes requisitos:

- ✓ Atravancamentos compatíveis com os espaços disponíveis para a montagem e posterior acesso ao equipamento que compõe o sistema, quer no exterior quer no interior do edifício;
- ✓ Garantir a classificação dos diversos locais destinados à produção de acordo com as recomendações internacionais de Boas Práticas de Fabrico;
- ✓ Permitir o ajuste e manutenção de um regime de pressões de acordo com a classificação e grau de risco;

- ✓ Adaptação às características arquitectónicas interiores;
- ✓ Proporcionar uma eficaz renovação de ar de acordo com os mínimos indicados pela legislação em vigor, em conjugação com a necessidade de manter o regime de pressões;

De forma a consolidar todos os parâmetros e requisitos associados aos sistemas de climatização, a instalação será dotada de infra-estruturas de produção e distribuição de água arrefecida e de água aquecida em circuitos fechados, infra-estruturas de filtração, tratamento, distribuição e extracção de ar, fornecimento de energia eléctrica e dimensionamento do respectivo controlo para cada sistema mecânico.

Por sua vez, adoptaram-se as seguintes soluções:

- ✓ Centrais de produção de água arrefecida (dois regimes de temperatura), nomeadamente:
 - ☑ Três Chillers (regime 12/7 °C @ 35°C), cada um com uma capacidade de 1000kW e dois deles com recuperador de calor (CH.01, CH.02 e CH.03);
 - ☑ Três circuladores primário/secundário para água arrefecida a 7/12°C (CHCP.01, CHCP.02 e CHCP.03);
 - ☑ Dois circuladores para o circuito do recuperador de calor (RCP.01 e RCP.02);
 - ☑ Dois Chillers (regime 0/5 °C @ 35°C), cada um com uma capacidade de 340kW e dois deles com recuperador de calor (CH.04 e CH.05);
 - ☑ Dois circuladores primário/secundário para água arrefecida a 0/5°C (CHCP.04 e CHCP.05);
- ✓ Alteração da central de produção de água aquecida, incluindo a reutilização do permutador de calor vapor/água com cerca de 700kW de capacidade;
- ✓ Rede de tubagem de distribuição de água arrefecida (7/12 °C e 0/5 °C) entre os colectores existentes e as serpentinas de arrefecimento dos diversos sistemas agora especificados;
- ✓ Rede de tubagem de distribuição de água aquecida (45/65 °C) entre o colector existente e as serpentinas de aquecimento dos diversos sistemas agora especificados;

- ✓ Rede de condutas de insuflação em chapa de aço galvanizado com isolamento, separadas pelos sistemas de climatização e servindo as diversas salas, incluindo difusores e filtros terminais, FFU's, registos de caudal automáticos e manuais, e outros componentes aeráulicos;
- ✓ Rede de condutas de retorno/extracção em chapa de aço galvanizado com e sem isolamento, separadas pelos sistemas de climatização e servindo as diversas salas, incluindo grelhas, registos automáticos e manuais, e outros componentes aeráulicos;
- ✓ 38 novos sistemas de climatização, cada um destinando a servir as diversas zonas existentes no complexo, sendo constituídos por unidade de tratamento de ar (AHU) e ventiladores;

Nas salas classificadas o regime de pressões será garantido pela actuação de registos de caudal motorizados no retorno/extracção e também em algumas salas não classificadas, onde é necessário controlar a pressão do ar.

A quantidade de recirculações em cada sala será garantida através de um sistema dinâmico, pela actuação de registos de caudal constante a instalar nas condutas de insuflação. Por meio destes registos e pela actuação de variadores de frequência nos motores dos ventiladores das unidades de tratamento de ar, será garantido um regime de caudal constante em todas as situações, absorvendo o efeito da colmatação natural dos filtros. O sistema de gestão será reprogramado e as interfaces gráficas serão actualizadas.

Nas salas de produção e enchimento preconiza-se a insuflação no tecto e o retorno nas divisórias junto ao pavimento (conforme é aconselhado pelas normas), evitando-se desse modo uma mistura de partículas e respectiva contaminação, garantindo a classificação requerida.

Actividades Desenvolvidas

Neste projecto foi possível desenvolver as seguintes actividades:

- ✓ Determinação do caudal das fugas de ar pelas portas: através do diferencial de pressão entre os espaços e o tipo de porta (simples, dupla ou FAD);
- ✓ Introdução dos respectivos fluxos de ar, pressão, classificação, temperatura e humidade relativa nas peças desenhadas "Pressures, Classification and Air Flow Direction";

- ✓ Introdução dos fluxos de ar de todas as salas na lista de salas: no separador “HVAC Calculations” nas colunas TRA in e TRA out;
- ✓ Selecção dos registos de caudal de ar constante;
- ✓ Revisão de dados e de sistemas no *software Hourly Analysis Program*;
- ✓ Alteração das fichas técnicas das unidades de tratamento de ar;
- ✓ Revisão dos diagramas P&ID: actualização das unidades de tratamento de ar (configuração/constituição) e dos caudais de insuflação, extracção e retorno.

10.2 Caves de Moradia - Vila Catete, Estoril

Descrição do Projecto

Projecto de remodelação das caves de uma moradia designada como Vila Catete, localizada no Estoril. As caves da moradia são constituídas por três pisos: piso -1, piso -2 e piso -3. A remodelação foi efectuada somente para os piso -1 e piso -2, sendo somente consideradas as infra-estruturas para remodelações futuras no piso -3.

O piso -1 e piso -2 destinam-se essencialmente a zonas de quartos, kitchenette, instalações sanitárias e uma sauna.

Uma vez que a empresa ACet foi responsável pelo projecto de remodelação da moradia Vila Catete (piso 0, piso 1 e piso 2), de forma a uniformizar os sistemas preconizados, as soluções adoptadas para as caves da mesma seguiram o mesmo método.

Neste sentido, a climatização dos espaços baseou-se na instalação de dois sistemas distintos: sistema VRF com unidades terminais do tipo mural e um sistema de pavimento radiante hidráulico.

O sistema VRF é constituído por um condensador localizado no exterior do piso 0, ligado a um distribuidor, que efectua a ligação às unidades terminais de climatização e ao módulo de produção de água quente. Adicionalmente, o sistema VRF será responsável pela produção de águas quentes sanitárias.

Toda a ventilação mecânica efectuou-se por meio de dois ventiladores de extracção, sendo o ar de extracção captado através de dispositivos terminais e direccionado a partir de courettes de

ventilação especificadas para esse efeito. A admissão de ar novo das salas efectuou-se por ventilação natural através das janelas localizadas nas envoltentes.

Actividades Desenvolvidas

Neste projecto foi possível desenvolver as seguintes actividades:

- ✓ Cálculos térmicos através do *software Hourly Analysis Program*;
- ✓ Preenchimento da lista de salas com todas as características geométricas dos espaços: cargas internas derivadas de equipamentos, iluminação e ocupação, condições internas ambientais: temperatura, humidade e pressão absoluta, condições de ar novo, ar insuflado e ar extraído para cada espaço;
- ✓ Fichas técnicas: Evaporadores, Condensadores, Distribuidor VRF e Colector do Pavimento Radiante.
- ✓ Desenvolvimento do mapa de quantidades: preenchimento com todos os equipamentos existentes e respectivas quantidades.

10.3 Ginásio Seixal – Recondair

Descrição do Projecto

Projecto relativo às novas instalações de AVAC a serem instaladas num ginásio, localizado no Seixal. O edifício é composto por um piso (piso 0) e pelas seguintes salas principais:

- | | |
|--|-------------------------------|
| ✓ 0.01 – Bar; | ✓ 0.10 – Estúdio 1; |
| ✓ 0.02 – Balcão; | ✓ 0.11 – Estúdio 2; |
| ✓ 0.05 – Escritório 1; | ✓ 0.12 – Balneário Feminino; |
| ✓ 0.06 – Escritório 2; | ✓ 0.13 – Balneário Masculino; |
| ✓ 0.07 – Sala Primeiros Socorros; | ✓ 0.17 – Piscina e Jacuzzi; |
| ✓ 0.09 – Sala de Musculação e Fitness; | ✓ 0.18 – Casa de Máquinas. |

Para o presente projecto preconizaram-se as seguintes soluções:

- ✓ Sistema de climatização que alimenta a zona de entrada do edifício, funciona com 100% de ar novo, e é constituído por uma unidade recuperadora de energia (URC.01);

- ✓ Sistemas de climatização individuais do tipo “Split” para as salas 0.01, 0.02, 0.05, 0.06 e 0.07;
- ✓ Sistema de climatização destinado à Sala de Musculação e Fitness (UTA.0.09), constituído por uma unidade de tratamento de ar com bateria de expansão directa;
- ✓ Sistema de climatização que serve o Estúdio 1 (UTA.0.10), constituído por uma unidade de tratamento de ar com bateria de expansão directa;
- ✓ Sistema de climatização que serve o Estúdio 2 (UTA.0.11), constituído por uma unidade de tratamento de ar com bateria de expansão directa;
- ✓ Sistema de climatização que serve os balneários, instalações sanitárias e respectivos corredores, funciona com 100% de ar novo, sendo constituído por uma unidade de tratamento de ar novo (UTAN.01) e um ventilador de extracção (VE.UTAN.01);
- ✓ Sistema de climatização para a Piscina e Jacuzzi, constituído por uma unidade de tratamento de ar (UTA.PISCINAS);
- ✓ Unidades condensadoras para alimentar as baterias das unidades de tratamento de ar;
- ✓ Rede de condutas de insuflação e de retorno em chapa de aço galvanizado com isolamento, separadas pelos sistemas de climatização e servindo as diversas salas, incluindo difusores, registos de caudal, e outros componentes aeráulicos;
- ✓ Rede de condutas de extracção em chapa de aço galvanizado sem isolamento, separadas pelos sistemas de climatização e servindo as diversas salas, incluindo difusores, registos de caudal, e outros componentes aeráulicos;
- ✓ Rede de tubagem de fluido refrigerante para alimentação das unidades “Split”.

Relativamente às salas de entrada, adoptou-se um sistema de recuperação de calor com permutador de contra fluxos para efectuar a ventilação dos respectivos espaços. Para climatização dos mesmos optou-se por instalar sistemas individuais do tipo “Split” de cassete e de mural.

As unidades de tratamento de ar que servem as salas de Musculação e Fitness, Estúdio 1 e Estúdio 2 são constituídas por pré-filtros G4, baterias de arrefecimento/aquecimento de

expansão directa, ventilador de insuflação centrífugo do tipo “plug-fan” com variador de frequência e um filtro terminal F7. Todo o ar extraído retorna às respectivas unidades. As baterias de arrefecimento/aquecimento de cada UTA possuem um condensador dedicado, do tipo bomba de calor. Para distribuição do ar nestas salas optou-se por instalar condutas têxteis indicadas para espaços com pés directos elevados.

A unidade de tratamento de ar preconizada para os balneários é constituída por pré-filtros G4, tanto na insuflação como na extracção, filtragem terminal F7 na insuflação, recuperador de calor do tipo fluxos cruzados, bateria de expansão directa de arrefecimento/aquecimento, bateria de expansão directa de reaquecimento e ventiladores centrífugos do tipo “plug-fan” com variador de frequência de insuflação e de extracção. As respectivas baterias são alimentadas por dois condensadores dedicados do tipo bomba de calor.

Para a Piscina e Jacuzzi adoptou-se uma unidade desumidificadora do tipo bomba de calor, equipada com motores “plug-fan” com variador de frequência com controlo do caudal de ar e função “Auto fan”, que permite baixar o caudal de ar em períodos em que não é necessário desumidificar ou aquecer o ar. A unidade é ainda composta por um recuperador de calor Ar/Ar de elevada eficiência e bateria de água quente para aquecimento do ar. À semelhança das unidades anteriores, a distribuição de ar é efectuada através de condutas têxteis.

Actividades Desenvolvidas

As actividades desenvolvidas neste projecto foram:

- ✓ Cálculo dos coeficientes de transmissão térmica das envolventes do edifício;
- ✓ Cálculos térmicos através do *software Hourly Analysis Program*;
- ✓ Cálculo dos caudais mínimos de ar novo com base na legislação em vigor;
- ✓ Preenchimento da lista de salas com todas as características geométricas dos espaços, cargas internas derivadas de equipamentos, iluminação e ocupação, condições internas ambientais: temperatura, humidade e pressão absoluta, condições de ar novo, ar insuflado e ar extraído para cada espaço;
- ✓ Estimativa orçamental;

10.4 Hovione - Edifício 2 e Edifício 12

Descrição do Projecto

O presente projecto refere-se à proposta de um sistema de ventilação a ser instalado no Edifício 2 e no edifício 12 do complexo da empresa Hovione Farmacêutica, localizada em Sete Casas, Loures.

✓ Edifício 2

O edifício é composto por 5 pisos, que abrangem diversas áreas de actividades distintas, nomeadamente, áreas de produção, áreas técnicas, áreas de laboratórios, áreas de escritórios, áreas de armazém e áreas de salas limpas.

As áreas de produção possuem diversos equipamentos que libertam compósitos químicos para o ar interior que comprometem a qualidade do ar dos espaços, e consequentemente as condições adequadas para os utilizadores dos mesmos.

Desta forma, a proposta teve como propósito a instalação de um novo sistema de ventilação eficiente que eliminasse as concentrações de poluentes existentes numa área de produção com cerca de 130 m², localizada no piso 2.

Como tal foram adoptadas as seguintes soluções:

- ✓ Sistema de climatização, funcionando com cerca de 100% de ar novo, sendo constituído por uma unidade de tratamento de ar (UTA.01) e um ventilador de extracção (VE.01);
- ✓ Redes de condutas de insuflação em chapa de aço galvanizado com isolamento e respectivos registos de caudal de ar constante;
- ✓ Redes de condutas de extracção em PPS - Sulfeto de Polifenileno sem isolamento e respectivos difusores, e outros componentes aeráulicos;

Devido aos possíveis agentes corrosivos existentes no ar contaminado extraído, optou-se por definir condutas do tipo PPS, de elevada resistência a esse tipo de condições. Por sua vez, para evitar a evacuação dos poluentes para a atmosfera exterior e para protecção dos equipamentos, adoptou-se um sistema de filtração, instalado a montante do ventilador extracção. O sistema de filtração é composto por um pré-filtro G4 e um filtro de carvão activado. A extracção de fumos

efectuou-se por meio de uma chaminé de exaustão localizada na cobertura do átrio central do edifício.

Optou-se por instalar grelhas de extracção ao longo de todo o perímetro do espaço (ao nível do pavimento), garantindo desta forma uma extracção eficiente dos compostos químicos existentes no ar interior. A admissão de ar para o espaço, proveniente da unidade de tratamento de ar, efectuou-se por meio de grelhas de insuflação instaladas longitudinalmente na fachada orientada a sul do edifício.

✓ Edifício 12

O edifício destina-se principalmente a área de produção e é composto por dois pisos (piso 1 e piso 2).

À semelhança do projecto anteriormente descrito (Edifício 02), na sala principal de produção, localizada no piso 1, está instalado um equipamento que liberta poluentes que altera as condições de qualidade do ar interior exigidas pela legislação em vigor.

Desta forma, e visto que a área abrangida é bastante reduzida, preconizou-se uma campânula de exaustão a ser instalada por cima do equipamento em questão, proporcionando desta forma a extracção dos respectivos poluentes.

Visto que os agentes corrosivos existentes no ar interior extraído comprometem a resistência de condutas metálicas, optou-se por definir condutas do tipo PPS, de elevada resistência a esse tipo de condições. Por sua vez, adoptou-se um sistema de filtração, instalado a montante do ventilador de extracção garantindo a retenção de impurezas para a atmosfera exterior. O sistema de filtração é composto por um pré-filtro G4 e um filtro de carvão activado. A extracção de fumos efectuou-se por meio de uma chaminé de exaustão.

Actividades Desenvolvidas

O intuito destes projectos baseou-se essencialmente na viabilidade da instalação dos novos sistemas de ventilação para os espaços referidos, inserindo-se, desta forma, numa fase de projecto denominada como “Programa Base” (Subcapítulo Fases de Projecto). Nesta fase foram estimados os caudais mínimos de ar novo necessários nos espaços. Em função desta condição, foi possível elaborar a estimativa orçamental, com todos os custos associados a cada a instalação.

10.5 Recipharm II – Viscomix Pharmix

Descrição do Projecto

Proposta para projecto de remodelação referente às instalações de AVAC de 2 sistemas existentes do edifício da empresa farmacêutica Recipharm (antiga Lusomedicamenta), localizada em Odivelas, concelho de Loures. Esta proposta tem como propósito apresentar soluções que se adaptem às alterações de arquitectura efectuadas numa determinada zona do complexo.

Como tal, foi necessário adaptar os sistemas existentes, denominados como OST050CU09 e OST050CU10, às novas condições apresentadas. A pedido do cliente, sempre que possível foram reutilizados os equipamentos existentes. Por consequência foi necessário recalcular as condições de caudais de ar novo para as novas instalações.

O sistema OST050CU09 manteve as mesmas salas, sendo que a principal diferença residia na localização e dimensão das mesmas. Este sistema é composto por:

- ✓ 224 – Vestiário de Entrada;
- ✓ 225 – Antecâmara de Entrada;
- ✓ 227 – Antecâmara de Saída;
- ✓ 228 – Vestiário de Saída;
- ✓ 229 – Vestiários.

Relativamente ao sistema OST050CU10, foram introduzidas duas novas salas de preparação de líquidos estéreis ao sistema anterior, sendo que nestas foi considerado um sistema de fluxos laminares. Anteriormente, este sistema servia a sala 230 – Preparação de Injectáveis, sendo substituída pelas novas salas 222B e 222B LAF – Preparação de Líquidos Estéreis. Desta forma, o sistema ficou constituído pelos seguintes espaços:

- ✓ 222B – Preparação de Líquidos Estéreis
- ✓ 222B LAF – Preparação de Líquidos Estéreis - LAF
- ✓ 226 – Antecâmara de Transferência;
- ✓ 231-233 – Pass-Box;
- ✓ 231 – Enchimento de Injectáveis;
- ✓ 229 – API.

Posto isto, foram adoptadas as seguintes soluções:

- ✓ Reposicionamento dos difusores de insuflação das salas 224, 225, 227, 228 e 229 do sistema OST050CU09;

- ✓ Reposicionamento das grelhas de retorno com filtro das salas 224, 228, 229 do sistema OST050CU09;
- ✓ Instalação de novas grelhas de retorno com filtro para as salas 225 e 227 do sistema OST050CU09;
- ✓ Instalação de um novo conjunto de unidades terminais do tipo “Fan Filter Unit”, por cima da zona de preparação de líquidos estéreis (222B LAF) de forma a garantir a velocidade de escoamento e a pureza do ar no espaço. Este sistema é constituído por um ventilador e um filtro absoluto U15 responsável pela insuflação de ar, e uma grelha de retorno, localizada a nível do pavimento, composta por um filtro G4 e responsável pela recirculação do ar da sala;
- ✓ Instalação de sondas diferenciais de pressão para indicação da colmatação dos filtros das unidades “Fan Filter Unit” instaladas;
- ✓ Reposicionamento dos difusores de insuflação existentes na sala 230 para a sala 222B, e posterior introdução de filtros H14;
- ✓ Instalação de grelha de extracção nova para a sala 222B;
- ✓ Desmontagens das condutas de insuflação e de retorno que serviam a sala 230;
- ✓ Instalação de novas redes de condutas de insuflação e de retorno em chapa de aço galvanizado com isolamento e respectivos registos de caudal de ar constante;
- ✓ Instalação de novas redes de condutas de extracção em chapa de aço galvanizado sem isolamento e respectivos registos de caudal de ar manuais;

Devido às alterações apresentadas acima, foi necessário alterar os locais de transição de condutas (courettes), pelo que implicou a alteração da rede de condutas de insuflação e de retorno da sala 221 – Preparação de Colírios e Soluções Orais pertencente ao sistema de OST050CU8.

Com o intuito de minimizar os custos energéticos inerentes aos equipamentos existentes, foi proposto a alteração dos ventiladores de insuflação das UTAs dos sistemas OST050CU09 e OST050CU10 e do ventilador de extracção do sistema OST050CU10, por ventiladores de

insuflação e extracção, respectivamente, do tipo plug-fan com motor de velocidade variável. Contudo a proposta não foi aceite, uma vez que acarretava custos adicionais bastante relevantes.

Desta forma, o sistema OST050CU09 é composto por uma unidade de tratamento de ar constituída por um filtro EU4 inicial, baterias de aquecimento e arrefecimento, módulo de ventilador do tipo centrifugo de correia, filtro terminal F8. A unidade funciona a 10% de ar novo.

O sistema OST050CU10 é composto por uma unidade de recuperação do tipo fluxos cruzados, onde o ar de retorno troca calor com o ar novo, que posteriormente é introduzido numa unidade de tratamento de ar constituída por um filtro EU4 inicial, baterias de aquecimento e arrefecimento, módulo de ventilador do tipo centrifugo de correia, filtro terminal F8. Neste caso, a unidade funciona a 100% de ar novo.

Actividades Desenvolvidas

Neste projecto foi possível desenvolver as seguintes actividades:

- ✓ Cálculos térmicos através do *software Hourly Analysis Program*;
- ✓ Preenchimento da lista de salas com todas as características geométricas dos espaços, cargas internas derivadas de equipamentos, iluminação e ocupação, condições internas ambientais: temperatura, humidade e pressão absoluta, condições de ar novo, ar insuflado e ar extraído para cada espaço;
- ✓ Determinação do caudal de fugas de ar pelas portas, e respectiva identificação nas peças desenhadas “Classificação de Salas e Fluxos de Ar”;
- ✓ Elaborar estimativa orçamental – neste caso foi elaborada uma estimativa orçamental para o caso inicialmente descrito, e uma estimativa orçamental adicional com a alteração dos ventiladores de insuflação e de extracção das unidades de tratamento de ar. Deste modo foi possível apresentar uma comparação dos custos inerentes a cada caso;
- ✓ Cálculo de período de retorno simples – cálculo efectuado para verificar em quanto tempo o cliente recupera o valor investido nos novos equipamentos.

O período de retorno simples é obtido sob a forma de unidade de tempo e é determinado com base nos consumos dos ventiladores de insuflação e de extracção existentes (kWh/ano), nos consumos dos novos ventiladores de insuflação e de extracção (kWh/ano), no preço médio kW/h eléctrico (€) e do investimento (€) nos novos equipamentos. Desta forma, o período de retorno simples é determinado segundo a equação 16:

$$PRS = \frac{\textit{Investimento}}{\textit{Poupança Anual}} \quad (16)$$

Por sua vez, a poupança anual é obtida segundo a equação 17:

$$PA = \textit{Custo médio kW/h eléctrico} \times (\textit{consumo actual} - \textit{consumo final}) \quad (17)$$

A título de exemplo, a Tabela 20 ilustra os dados utilizados no cálculo para o sistema OST050CU10, e o valor de período de retorno simples obtido.

Tabela 20 - Período de retorno simples

Sistema OST050CU10 + OST050CE10			
Consumo Actual (kWh/ano)	Sem substituição dos ventiladores de insuflação e extracção existentes (c/ Recuperador)	Ventilador de Insuflação	52560
		Ventilador de Extracção	9746
Consumo Final (kWh/ano)	Com substituição dos ventiladores de insuflação e extracção existentes (s/ Recuperador)	Ventilador de Insuflação	22501
		Ventilador de Extracção	4547
Preço média kW/h eléctrico			0,12
Poupança Anual			4230,96
Investimento			4 862,00 €
Período de Retorno Simples (anos)			1,15

Durante a realização deste projecto foi ainda proporcionado a visita às zonas técnicas onde se encontravam os sistemas em questão. A visita ao local permitiu verificar as condições dos sistemas existentes, bem como perceber as dificuldades de execução de obra derivadas da alteração do projecto.

10.6 Hikma IV – Piso 0

Descrição do Projecto

Projecto referente à instalação de AVAC de um novo edifício (Edifício IV), pertencente ao complexo farmacêutico HIKMA, localizado na estrada do Rio da Mó, em Fervença, Sintra. O edifício é constituído por três pisos: piso 0, piso 1 e piso 2.

O piso 0 é constituído por zonas de gabinetes, zonas técnicas, zona de embalagem, refeitório e armazém. O piso 1 destina-se essencialmente para áreas de produção e o piso 2 para áreas técnicas. Numa fase inicial foram somente estudadas soluções para o piso 0, sendo estas enumeradas de seguida:

- ✓ Instalação de unidades de produção de água arrefecida (chiller);
- ✓ Sistema de climatização para as Salas de Embalagem, funcionando com cerca de 15% de ar novo, sendo constituído por uma unidade de tratamento de ar (UTA.EMB.01) e um ventilador de extracção (VE.EMB.01);
- ✓ Sistema de climatização para a zona administrativa, onde estão incluídos os gabinetes, recepção, vestuários, sala de reuniões e sala de 1º socorros, constituído por uma unidade de tratamento de ar (UTA.ADM.01) e um ventilador de extracção (VE.ADM.01);
- ✓ Sistema de climatização para a cozinha do edifício e respectivas salas adjacentes, constituído por uma unidade de tratamento de ar novo (UTAN.COZ.01) e um ventilador de extracção (VE.COZ.01), funcionando com 100% de ar novo;
- ✓ Sistema de climatização que serve o refeitório e é constituído por uma unidade de tratamento de ar (UTA.REF.01) e um ventilador de extracção (VE.REF.01). O sistema permite o ajuste dos caudais de insuflação de ar novo, em função da utilização e ocupação do refeitório, através da leitura da quantidade de dióxido de carbono existente nos espaços por meio de um sensor de CO₂;
- ✓ Sistemas de climatização individuais do tipo “Split”, a expansão directa para as salas: Sala UPS + QGE, Infraestruturas, Lixos e Sala de I.T.;
- ✓ Sistema de ventilação mecânica do tipo Aerotermo para as áreas técnicas: Compressor e Sala de Águas;

- ✓ Sistema de ventilação mecânica, ventiladores de insuflação, para as salas: infraestruturas, Storage e Manutenção.
- ✓ Rede de tubagem de distribuição de água arrefecida e aquecida.
- ✓ Rede de condutas de insuflação e de retorno em chapa de aço galvanizado com isolamento, separadas pelos sistemas de climatização e servindo as diversas salas, incluindo difusores, registos de caudal constante e manuais, e outros componentes aeráulicos;
- ✓ Rede de condutas de extracção em chapa de aço galvanizado sem isolamento, separadas pelos sistemas de climatização e servindo as diversas salas, incluindo difusores, registos de caudal constante e manuais, e outros componentes aeráulicos;
- ✓ Rede de tubagem de fluido refrigerante para alimentação das unidades “Split”.

O sistema de climatização preconizado para a zona administrativa baseou-se na instalação de vigas arrefecidas activas, onde o ar novo advém da unidade de tratamento de ar dimensionada para este fim. Para os vestuários incluíram-se vigas arrefecidas que permitem o aquecimento do espaço.

Os sistemas de ventilação Aerotermo têm como função fazer o tratamento térmico do ar dos espaços. Uma vez que se tratam de salas com equipamentos com elevada dissipação de calor, optou-se por instalar aerotermos para arrefecimento do ar. O sistema consiste essencialmente em convecção mecânica, onde o ar viciado (ar quente) é forçado a passar por um permutador de calor que arrefece o ar, sendo posteriormente insuflado para o espaço.

Actividades Desenvolvidas

Neste projecto foi possível desenvolver as seguintes actividades:

- ✓ Cálculos térmicos através do *software Hourly Analysis Program*;
- ✓ Cálculo dos caudais mínimos de ar novo de acordo com a legislação em vigor;
- ✓ Cálculo dos coeficientes de transmissão térmica das envolventes do edifício;
- ✓ Preenchimento da lista de salas com todas as características geométricas dos espaços, cargas internas derivadas de equipamentos, iluminação e ocupação, condições internas

ambientais: temperatura, humidade e pressão absoluta, condições de ar novo, ar insuflado e ar extraído para cada espaço;

10.7 Clínica Milénio

Descrição do Projecto

Projecto referente às instalações de AVAC de uma clínica de cirurgia estética, Clínica Milénio, localizada na Rua D. Luís I nº 38A, 38, 36 e 36A e Rua Cais do Tojo 23 a 27, em Lisboa. Trata-se de um edifício existente constituído por três pisos mais cobertura, com uma área útil de pavimento aproximada de 2300 m².

O piso 0 é constituído por diversas zonas distintas: blocos operatórios, unidade de cuidados pós-anestésicos (recobro), esterilização, garagem e áreas técnicas. O piso 1 destina-se essencialmente para gabinetes médicos, gabinetes de estética e gabinetes administrativos. Por fim, o piso 2 é constituído por uma sala de formação, áreas técnicas, um ginásio e uma área de convívio confinada com uma pequena cozinha.

O projecto desenvolveu-se com base nos documentos fornecidos pela empresa TPF PLANEGE (peças escritas e desenhadas), e teve como fases: projecto de licenciamento de AVAC e desenfumagem e projecto de execução.

O projecto referente às instalações de AVAC teve como base as seguintes soluções:

- ✓ Instalação de uma unidade Chiller a 4 tubos responsável pela produção de água de arrefecimento e aquecimento, servindo todas as unidades terminais de climatização (ventiloconvectores) e as unidades de tratamento de ar de todo o complexo. Para aquecimento de águas sanitárias, previu-se a instalação de um sistema de recuperação de calor adjacente à unidade.
- ✓ Rede de tubagem de distribuição de água arrefecida e aquecida.
- ✓ Rede de condutas de insuflação e de retorno em chapa de aço galvanizado com isolamento, separadas pelos sistemas de climatização e servindo as diversas salas, incluindo difusores, registos de caudal constante e manuais, e outros componentes aeráulicos;

- ✓ Rede de condutas de extracção em chapa de aço galvanizado sem isolamento, separadas pelos sistemas de climatização e servindo as diversas salas, incluindo difusores, registos de caudal constante e manuais, e outros componentes aeráulicos;
- ✓ Sistema de climatização Geral que serve as zonas administrativas, zonas de espera e gabinetes de consulta, funciona com 100% de ar novo, sendo constituído por uma unidade de tratamento de ar novo (UTAN.01) e dois ventiladores de extracção (VE.UTAN.01 e VE.02). O ventilador de extracção VE.02 serve as salas farmácia, e áreas técnicas existentes no piso 2, sendo o ventilador VE.UTAN.01 responsável pelas restantes salas existentes no sistema.
- ✓ Instalação de sistema de climatização de pavimento radiante para as zonas de espera, localizadas na zona central do edifício (piso 0). A climatização dos restantes espaços é efectuada por meio de ventiloconvectores.
- ✓ Sistema de climatização responsável pela UCPA – Unidade de Cuidados Pós-Anestésicos e salas adjacentes, funciona com 100% de ar novo, sendo constituído por uma unidade de tratamento de ar novo (UTA.REC.01) e um ventilador de extracção (VE.REC.01).
- ✓ Sistema de climatização que serve a ala esquerda da zona dos blocos operatórios, funciona com 100% de ar novo, sendo constituído por uma unidade de tratamento de ar novo (UTA.BO.01) e um ventilador de extracção (VE.BO.01). A insuflação de ar nos blocos operatórios será efectuada por meio de grelhas de difusão de fluxo laminar unidirecional compostas com filtros H14. A extracção será efectuada preferencialmente a nível baixo, por meio de grelhas equipadas com filtro G3. Os anexos adjacentes a este sistema possuem um ventilador de extracção dedicado (VE.BO.03). Os vestiários usufruem de reaquecimento terminal para garantir que a temperatura ambiente nunca reduza abaixo do limite mínimo requerido.
- ✓ Sistema de climatização que serve a ala direita da zona dos blocos operatórios, funciona com 100% de ar novo, sendo constituído por uma unidade de tratamento de ar novo (UTA.BO.02) e um ventilador de extracção (VE.BO.02). A insuflação de ar nos blocos operatórios será efectuada por meio de grelhas de difusão de fluxo laminar unidirecional compostas com filtros H14. A extracção será efectuada preferencialmente a nível baixo, por meio de grelhas equipadas com filtro G3. Os anexos adjacentes a este

sistema possuem um ventilador de extracção dedicado (VE.BO.03). Aos gabinetes médicos preconizam-se unidades interiores do tipo ventiloconvectores de cassete, para instalação em tecto falso de forma a garantir as condições de temperatura necessárias.

- ✓ Sistema de climatização para a zona de Esterilização, funcionando com 100% de ar novo, sendo constituído por uma unidade de tratamento de ar novo (UTA.EST.01) e um ventilador de extracção (VE.EST.01).
- ✓ Sistema de climatização que serve a Sala de Formação e respectivas salas adjacentes (UTA.AUD.01) e é constituído por uma unidade de tratamento de ar novo (UTA.AUD.01) e um ventilador de extracção (VE.AUD.01). O sistema permite o ajuste dos caudais de insuflação de ar novo, em função da utilização e ocupação das salas, através da leitura da quantidade de dióxido de carbono existente nos espaços por meio de um sensor de CO₂.
- ✓ Sistema de Climatização VRF (Variable Refrigerant Flow) para climatização do cabeleireiro existente no edifício (UTA.CAB.01). O ar viciado das zonas deste sistema será extraído através de ventiladores dedicados. Este sistema foi somente dimensionado para prever as infra-estruturas para futura instalação.
- ✓ A climatização dos bastidores, lixo hospitalar, farmácia e depósito de cadáveres está a cargo de conjuntos Split (unidade condensadora e evaporadora). A extracção de ar viciado é efectuada por meio de um ventilador, e a renovação de ar é feita pela entrada de ar provocada pela depressão do espaço, comparativamente com a pressão exterior.
- ✓ Sistema de ventilação mecânica por meio de ventiladores de extracção para o posto de transformação do edifício. A admissão de ar é efectuada por ventilação natural através de uma grelha instalada na fachada da envolvente do edifício.

Devido às exigências impostas pela ACSS, as unidades de tratamento de ar novo que servem os blocos operatórios e o recobro são certificadas do modo de construção higiénico. Todas as unidades de tratamento de ar estão localizadas na cobertura do edifício.

A quantidade de ar insuflado nas salas é controlada por meio de registos de caudal de ar constante instalados na conduta de insuflação, e pelos variadores de frequência dos motores dos ventiladores das unidades de tratamento de ar. O mesmo acontece para o caudal de extracção,

sendo neste caso instalados nas condutas de extracção registos de caudal de ar manuais. Por consequência, são garantidos desta forma os valores pré-definidos de pressão para cada espaço.

Para evitar riscos de contaminação do ar e adoptar um sistema de fluxo unidireccional, definiu-se a insuflação de ar a nível alto (ao nível do tecto) e o retorno/exaustão a nível baixo (ao nível do pavimento).

Relativamente ao projecto de desenfumagem, definiu-se as instalações de ventilação e de evacuação de fumos de modo a não constituírem causa de incêndio nem a sua propagação e tiveram como base as seguintes soluções:

- ✓ Sistema de desenfumagem activa para as vias de evacuação horizontais, nomeadamente Circulação/Caminho de Evacuação, Corredor e Pessoal e Centro de Estética – Corredor de Utentes, onde a exaustão do ar é feita através de ventiladores mecânicos e admissão passiva de ar.
- ✓ Sistema de desenfumagem passiva para a cafeteria e vias de evacuação verticais, nomeadamente Circulação/Caminho de Evacuação 1, Circulação/Caminho de Evacuação 2 e respectivas antecâmaras, Átrio Central e Pátio Interior, em que a exaustão de ar é feita por intermédio de exutores equipados com actuadores eléctricos e a admissão de ar naturais provocadas por abertura de portas ou de grelhas.
- ✓ Sistema de comando eléctrico manual e automático com ligação à Central de Detecção de Incêndios CDI.

O edifício possui duas vias verticais de evacuação, denominadas por Circulação/Caminho de Evacuação 1 e Circulação/Caminho de Evacuação 2, localizadas na zona a Oeste, que dão acesso aos dois pisos. O sistema de desenfumagem baseou-se no método passivo, com entrada de ar na base das escadas, através de grelhas de admissão de ar com 1 m² de área útil ligadas a uma conduta de acesso ao exterior. A extracção efectuou-se por meio de exutores de desenfumagem localizados na cobertura, cada um com a mesma área útil (1 m²): dois exutores de fumo para Circulação/Caminho de Evacuação 1 e três para Circulação/Caminho de Evacuação 2.

A zona central do edifício (Átrio Central) dispõe de sistema desenfumagem passiva, onde a entrada de ar efectuou-se pela porta de entrada principal com 2,46 m de largura e 2,16 m de

altura, com abertura automática por instrução da CDI. Na cobertura instalou-se quinze exutores de desenfumagem com uma área útil de 1,2 m² para evacuação de fumos.

O pátio interior existente no edifício possui um sistema de desenfumagem passiva, com entrada de ar através de uma grelha de admissão de ar com 1,2 m² de área útil, ligada a uma conduta de acesso ao exterior. A evacuação de fumos efectua-se através de seis exutores de desenfumagem (localizados na cobertura) com a mesma área útil.

Para a zona da Cafetaria, localizada no piso 1, dimensionou-se um sistema de desenfumagem passiva, onde a admissão de ar novo realiza-se pelas portas existentes no espaço e extracção de fumos por meio de dois exutores, cada um com uma área útil de 1,2 m², localizados na cobertura.

Por fim, o sistema de desenfumagem das vias horizontais de evacuação nomeadamente, Circulação/Caminho de Evacuação (piso 0), Corredor de Pessoal (piso 0) e Centro de Estética – Corredor de Utentes (piso 1), realizou-se por varrimento forçado em condutas. A admissão de ar efectuou-se de modo passivo através de grelhas de insuflação existentes na fachada orientada a Norte. A extracção de fumos efectuou-se por meio de dois ventiladores mecânicos de desenfumagem localizados na cobertura.

Neste caso, foi necessário determinar o caudal de extracção e teve como base a caracterização dos corredores a partir do número de unidades de passagem (definidas pela largura do corredor).

Todo o projecto de desenfumagem teve como base a legislação em vigor: Portaria nº1532/2008 [34] e Decreto-Lei nº 224/2015 [16].

Actividades Desenvolvidas

Neste projecto foi possível desenvolver as seguintes actividades:

- ✓ Cálculos térmicos através do *software Hourly Analysis Program*;
- ✓ Cálculo dos caudais mínimos de ar novo de acordo com a legislação em vigor;
- ✓ Preenchimento da lista de salas com todas as características geométricas dos espaços, cargas internas derivadas de equipamentos, iluminação e ocupação, condições internas ambientais: temperatura, humidade e pressão absoluta, condições de ar novo, ar insuflado e ar extraído para cada espaço;

- ✓ Desenvolvimento do mapa de quantidades: preenchimento com todos os equipamentos existentes e respectivas quantidades;
- ✓ Fichas técnicas de todos os equipamentos utilizados para a especialidade de AVAC;
- ✓ Desenho de diagramas de principio de todos os sistemas, com indicação dos caudais de ar novo, insuflação, retorno e extracção
- ✓ Cálculos necessários ao projecto de licenciamento de desenfumagem

Foi possível ainda realizar uma visita ao edifício, permitindo uma melhor percepção das condições e obstáculos impostos aquando da realização de um projecto num edifício existente.

10.8 Hovione B6A – Pisos 2 e 3

Descrição do Projecto

Projecto referente à instalação de AVAC para remodelação dos pisos 2 e 3 do edifício B6A do complexo da Hovione Farmacêutica, localizado em Sete Casas, Loures. O projecto consistiu essencialmente na remodelação de todo o sistema de climatização e ventilação dos escritórios do edifício.

O projecto desenvolveu-se com base nas peças desenhadas disponibilizadas pela empresa Hovione Farmacêutica.

Os pisos em questão sofreram bastantes alterações de arquitectura, sendo que foi projectado instalações de AVAC totalmente novas. Neste sentido adoptaram-se as seguintes soluções:

- ✓ Instalação de uma unidade compacta autónoma do tipo “Roof-Top”, para climatização das salas “Open Space” dos pisos 2 e 3;
- ✓ Instalação de dois ventiladores de insuflação, VI.06A.01 e VI.06A.02, que servem os escritórios do piso 2 e piso 3, respectivamente;
- ✓ Instalação de dois ventiladores de extracção, VE.06A.01 e VE.06A.02, que servem os escritórios do piso 2 e piso 3, respectivamente;
- ✓ Instalação de sistemas individuais de climatização do tipo “Split”, de expansão directa, para climatização dos restantes escritórios do piso 2 e piso 3;

- ✓ Rede de condutas de insuflação e de retorno em chapa de aço galvanizado com isolamento, separadas pelos sistemas de climatização e servindo as diversas salas, incluindo difusores, registos de caudal constante e manuais, e outros componentes aeráulicos;
- ✓ Rede de tubagem de fluido refrigerante para alimentação das unidades “Split” e da unidade “Roof-Top”

Como solução para a presente instalação, preconizou-se um sistema de climatização baseados em unidades compactas de expansão directa, do tipo “Roof-Top” para servir a sala 2.01 – Open Space e a sala 3.01 – Open Space.

A distribuição de ar efectuou-se por meio de três condutas têxteis semicirculares por piso. A utilização deste tipo de condutas admite a distribuição homogénea do ar, uma vez que permitem conduzir e difundir o ar em toda a trajectória. Para extracção do ar viciado instalou-se grelhas de extracção a nível baixo.

Para admissão de ar novo dos restantes escritórios do piso 2 (Gabinete 2, Gabinete 3 e Gabinete 4) e piso 3 (Gabinete 6, Gabinete 7 e Gabinete 8), adoptou-se um ventilador de insuflação por piso. Os ventiladores de insuflação são dotados de um filtro G4 para retenção de partículas existentes no ar exterior. As salas em questão encontram-se em sobrepressão em relação às salas adjacentes, permitindo a fuga do ar pelas frestas da periferia das portas e por grelhas de passagem instaladas nas mesmas. Desta forma são garantidas as renovações necessárias nos espaços. Para climatização dos escritórios, preconizaram-se sistemas de individuais do tipo “Split”.

Preconizou-se um ventilador de extracção para cada piso, que servem as instalações sanitárias e as salas de impressoras.

Actividades Desenvolvidas

Neste projecto foi possível desenvolver as seguintes actividades:

- ✓ Cálculos térmicos através do *software Hourly Analysis Program*;
- ✓ Preenchimento da lista de salas com todas as características geométricas dos espaços, cargas internas derivadas de equipamentos, iluminação e ocupação, condições internas

ambientais: temperatura, humidade e pressão absoluta, condições de ar novo, ar insuflado e ar extraído para cada espaço;

- ✓ Desenvolvimento do mapa de quantidades: preenchimento com todos os equipamentos existentes e respectivas quantidades;
- ✓ Estimativa orçamental: preenchimento do custo de todos os equipamentos e de todas actividades inerentes ao desenvolvimento do projecto;
- ✓ Fichas técnicas de todos os equipamentos utilizados para a especialidade de AVAC;
- ✓ Desenho de diagramas de principio de todos os sistemas, com indicação dos caudais de ar novo, insuflação, retorno e extracção;
- ✓ Implantação das redes de condutas, com a respectiva identificação dos diâmetros.

10.9 Lecifarma

Descrição do Projecto

Projecto referente às instalações de AVAC para a zona de ampliação do edifício da empresa Lecifarma, Laboratório Farmacêutico, Lda, localizada em Várzea do Andrade – Cabeço de Montachique, conselho da Lousa.

O edifício é composto por dois pisos (piso 0 e piso 1), sendo o piso 0 constituído por um armazém com cerca de 700 m², Sala de Rejeitados e Devoluções, Sala de Amostragem e um Vestuário e o piso 1 destinado basicamente a escritórios e cantina.

Para este projecto adoptaram-se as seguintes soluções:

- ✓ Instalação de uma unidade compacta autónoma do tipo “Roof-Top”, localizada na cobertura, para ventilação do armazém;
- ✓ Instalação de ventilador de extracção ATEX para o armazém de Produtos Inflamáveis;
- ✓ Instalação de unidades de recuperação de energia do tipo fluxos cruzados;

- ✓ Instalação de sistemas individuais de climatização do tipo “Split” e “Multi-Split”, de expansão directa, para climatização do vestuário e Sala de Recepção de Materiais localizado no piso 0 e dos escritórios existentes no piso 1;
- ✓ Rede de condutas de insuflação e de retorno em chapa de aço galvanizado com isolamento, separadas pelos sistemas de climatização e servindo as diversas salas, incluindo difusores, registos de caudal constante e manuais, e outros componentes aeráulicos;
- ✓ Rede de tubagem de fluido refrigerante para alimentação das unidades “Split” e da unidade “Roof-Top”.

Devido ao tipo de actividade existente no armazém de produtos inflamáveis localizado no piso 0, foi necessário recorrer a sistemas de protecção anti explosiva e antideflagrante. Deste modo, preconizou-se um ventilador de extracção do tipo de construção ATEX, associado a um registo de caudal motorizado, que controla a quantidade de caudal a extrair em função das condições do ar interior. Para admissão de ar inseriu-se uma grelha exterior na fachada do edifício.

Todas as unidades individuais de climatização do tipo “Split” e “Multi-Split” de cassete, à excepção da unidade para o vestuário localizado no piso 0 e da cantina do piso 1, são dotadas de sistemas que permitem em simultâneo a insuflação de ar novo. O sistema Split adoptado para a cantina é do tipo vertical e para o vestuário do tipo mural.

A unidade de recuperação de energia é constituída por um permutador de fluxos cruzados, ventiladores de insuflação e de extracção do tipo EC (permitem a variação da velocidade em função das condições requeridas) e por filtros F7 e G4 e têm como função servir todas as salas do piso 1, como também a sala de Rejeitados e Devoluções, Sala de Amostragem, Sala de Recepção de Materiais, Circulação e Antecâmara do Armazém do piso 0.

O ar novo insuflado nessas salas cria uma sobrepressão que proporciona a passagem de ar através das frestas da periferia das portas, que será posteriormente extraído por meio de ventiladores de extracção dedicados instalados nas instalações sanitárias. Desta forma, foram instaladas grelhas de passagem nas portas das instalações sanitárias que garantem o caudal de extracção necessário e conseqüentemente as correctas renovações de ar.

Actividades Desenvolvidas

Neste projecto foi possível desenvolver as seguintes actividades:

- ✓ Cálculo dos caudais mínimos de ar novo de acordo com a legislação em vigor;
- ✓ Cálculos térmicos através do *software Hourly Analysis Program*;
- ✓ Preenchimento da lista de salas com todas as características geométricas dos espaços, cargas internas derivadas de equipamentos, iluminação e ocupação, condições internas ambientais: temperatura, humidade e pressão absoluta, condições de ar novo, ar insuflado e ar extraído para cada espaço;
- ✓ Desenvolvimento do mapa de quantidades: preenchimento com todos os equipamentos existentes e respectivas quantidades;
- ✓ Fichas técnicas de todos os equipamentos utilizados para a especialidade de AVAC;

11. Conclusões

Após a realização do estágio curricular, conclui-se que os objectivos gerais do estágio foram atingidos, à excepção da actividade de certificação energética, e facultaram a integração em diversas e distintas situações no âmbito de uma empresa direccionada para a área de AVAC.

Numa fase inicial do estágio, devido à ausência de experiência em ambiente laboral e de conhecimentos relativos aos processos de trabalho, os objectivos propostos apresentaram-se como um desafio pessoal de alguma dificuldade. No entanto, ao longo do processo de integração, foram efectuadas diversas pesquisas, bem como consultas às diversas normas e legislações, que permitiram não só uma aprendizagem constante, como também adquirir conhecimentos aquando do desenvolvimento de um projecto.

É importante referenciar que, ao longo de todo o percurso, foram consultadas normas e legislações que sofreram revisões e actualizações. No entanto, no âmbito académico, estas foram consideradas e consultadas como apoio devido à impossibilidade de adquirir os documentos actualizados.

Devido à diversidade de projectos participados, foi possível verificar a vasta variedade de métodos e equipamentos existentes no mercado, que reflectiram a complexidade intrínseca a todo o processo. Além disso, visto que as actividades da Empresa ACet se direccionam mais para a indústria farmacêutica, percebeu-se as exigências presentes no desenvolvimento de um projecto deste tipo (condições de projecto de elevado rigor) comparativamente a um projecto habitacional ou comercial.

Nesta perspectiva, conclui-se que, os objectivos Consultoria, Elaboração de Cálculos de Engenharia e Análise de Soluções e Conceitos de Projecto foram alcançados.

Como referido no presente relatório, foi possível ainda elaborar estimativas orçamentais que concederam o conhecimento da necessidade contínua da actualização de preços, bem como o conhecimento das marcas dos diversos equipamentos de AVAC e dos valores globais de projecto envolvidos. Neste âmbito, prevalece o conhecimento sobre a importância de cumprimento de prazos e a sua implicação na gestão de um gabinete de engenharia. Por fim, realça-se a possibilidade de visitas à obra e de reuniões de projecto que permitiram o contacto directo com ambiente técnico e industrial.

De um modo geral, o estágio curricular apresentou-se como uma oportunidade de entrar em contacto com o mercado de trabalho, de forma a complementar todos os conhecimentos adquiridos ao longo de toda a formação académica, bem como desenvolver o percurso profissional pessoal inicial.

12. Referências Bibliográficas

Livros:

[1] ASHRAE. (2009). *Handbook of Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning, Atlanta.

[2] ASHRAE. (2008). *Handbook of HVAC Systems and Equipment*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning, Atlanta.

[3] Carrier. (1980). *Manual de Aire Acondicionado: Handbook of Air Conditioning System Design*. 1ª edição, Marcombo, S. A. Espanha.

[4] Çengel, Yunus A. (2008). *Thermodynamics and Heat Transfer*. 2ª edição, McGraw-Hill Primis. United States of America.

[5] Gatley, D.P. (2013). *Understanding Psychrometrics*. 3ª edição, ASHRAE. United States of America.

[6] Roriz, L. Barreto, J. B., Gonçalves, A., Jesus, J., Lourenço, F., Malheiro, L., Soares, C. e Vazquez, L. (2007). *Climatização: Conceção, Instalação e Condução de Sistemas*. 2ª edição, Edições Orion. Amadora.

[7] Virta, M., Butler, D., Graslund, J., Hogeling, J., Kristiansen, E.L., Reinikainen, M. e Svensson, G. (2006). *Vigas Arrefecidas*. Manual Rehva. Federação de Associações Europeias de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado. Lisboa.

[8] Wang, Shan K. (2000). *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. 2ª edição, McGraw-Hill. United States of America.

Documentação Técnica:

[9] ACSS. (2008). *Especificações Técnicas para Instalações de AVAC*. Administração Central do Sistema de Saúde, IP. Ministério da Saúde, Lisboa.

[10] Caleffi. (2005). *A Regulação das Instalações de Chão Radiante*. Hidráulica.

[11] Caleffi. *Vasos de Expansão séries 555 – 5558 – 556*. Caleffi.

[12] Grundfos. *Newsletter Flow Thinking – Combinar Caudais Constantes e Variáveis*.

[13] Carrier. *HAP – Hourly Analysis Program*. United States of America, 1987-2015.

Legislação e Normas:

[14] Decreto Lei nº79/2006 de 4 de Abril. *Diário da República, 1ª série – A*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

[15] Decreto-Lei nº118/2013 de 20 de Agosto. *Diário da República, 1ª série — N.º 159*. Ministério da Economia e do Emprego.

[16] Decreto-Lei nº224/2015 de 9 de Outubro. *Diário da República, 1ª série — N.º 198*. Ministério da Administração Interna.

[17] Despacho nº. 15793-K/2013 de 20 de Agosto. *Diário da República, 2ª série — N.º 234 — 3*.

[18] DIN 19227 (1991). *Control Technology - Graphical Symbols And Identifying Letters For Process Control Engineering*.

[19] EN 779 (2012). European Standard. *European Air Filter Test Standard*.

[20] EN 1822 (2011). European Standard. *High Efficiency Air Filters (EPA, HEPA and ULPA)*.

[21] EN 13779 (2007). European Standard. *Ventilation for non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems*.

[22] EN 15251 (2007). European Standard. *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*.

[23] EN 50014 (1998). European Standard. *Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. General requirements*.

[24] EN 50020 (2002). European Standard. *Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Intrinsic safety*.

[25] EN 50028 (1996). European Standard. *Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Encapsulage “M”*.

[26] EN 60529 (2004). European Standard. *Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Code)*.

[27] GMP EU. European Commission. *Manufacturing practice Guidelines*.

[28] ISO 3511 (1977). *Industrial process measurement control functions and instrumentation*.

[29] ISO 6946 (1996). *Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method*.

[30] ISO 10077 (2012). *Thermal performance of windows, doors and shutters*.

[31] ISO 14644-1 (2015). *Cleanrooms and associated controlled environments - Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration*.

[32] Portaria nº. 353-A/2013 de 4 de Dezembro. *Diário da República, 1.ª série — N.º 235 — 4*. Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social.

[33] Portaria nº701-H/2008 de 29 de Julho. *Diário da República, 1.ª série — N.º 145*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

[34] Portaria nº1532/2008 de 29 de Dezembro. *Diário da República, 1.ª série — N.º 250*. Ministério da Administração Interna.

[35] Regulamento nº640/2009 de 22 de Julho de 2009. Directiva 2005/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. Requisitos de concepção ecológica para os motores eléctricos.

[36] Regulamento nº1253/2014 de 7 de Julho de 2014. Directiva 2009/125/EC do Parlamento Europeu e do Conselho. Requisitos de concepção ecológica para unidades de ventilação.

Documentação Electrónica:

[37] Camfil. *EN779 (High Efficiency)*. Acedido a 24 de Agosto de 2016 em: <http://www.camfil.com/ps/Gas-turbine-filter-technology/Specifications-and-Regulations/EN-779/>.

[38] Camfil. *EN 1822*. Acedido a 24 de Agosto de 2016 em: <http://www.camfil.com/Filter-technology/Specifications-and-Regulations/EN-1822/>.

- [39] Carrier. *HAP – Hourly Analysis Program*. Acedido a 21 de Julho de 2016 em: <http://www.ahi-carrier.gr/en/downloads/hourly-analysis-program/>.
- [40] France Air. *As regras de arte em difusão do ar*. Acedido a 10 de Agosto de 2016 em: <http://www.france-air.com/pt/LinkClick.aspx?fileticket=SZ7ns11xkp4%3D&tabid=939>.
- [41] The Renewable Energy Hub. *Types of Heat Recovery System*. Acedido a 01 de Agosto de 2016 em: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/types-of-heat-recovery-system.html>.
- [42] Trane. *Understanding Chilled Beam Systems*. Acedido a 08 de Agosto de 2016 em: https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/global/products-systems/education-training/engineers-newsletters/airside-design/adm_apn034en_1209.pdf.
- [43] Trox. *A importância de uma boa distribuição do ar*. Acedido a 10 de Agosto de 2016 em: http://www.contimetra.pt/catalogos/net_dep_arcondicionado/fichas/trox/grelhas/003_distribui%20cao%20do%20ar_trox.pdf.

Anexos

Página deixada propositadamente em branco

Anexo A: Temperaturas do Ar Interior Recomendadas

Página deixada propositadamente em branco

Tabela 21 - Temperaturas do Ar Interior Recomendadas [22]

Tipo de Espaço	Categoria	Temperatura °C	
		Mínimo para Aquecimento (Inverno) ~1,0 clo	Máximo para Arrefecimento (Verão) ~0,5 clo
Edifícios Residenciais: quartos, cozinhas, etc. Sedentário ~ 1,2 met	I	21	26,5
	II	20	26
	III	18	27
Edifícios Residenciais: Lojas, halls, etc. Sedentário ~ 1,2 met	I	18	
	II	16	
	III	14	
Escritório sedentário ~ 1,2 met	I	21	25,5
	II	20	26
	III	19	27
Escritório – Open Space Sedentário ~ 1,2 met	I	21	25,5
	II	20	26
	III	19	27
Salas de Conferência Sedentário ~ 1,2 met	I	21	25,5
	II	20	26
	III	19	27
Auditório Sedentário ~ 1,2 met	I	21	25,5
	II	20	26
	III	19	27
Cafeteria/Restaurante Sedentário ~ 1,2 met	I	21	25,5
	II	20	26
	III	19	27
Salas de Aula Sedentário ~ 1,2 met	I	21	25
	II	20	26
	III	19	27
Jardins de Infância Actividade Moderada ~ 1,4 met	I	19	24,5
	II	17,5	25,5
	III	16,5	26
Lojas Actividade Moderada ~ 1,6 met	I	17,5	24
	II	16	25
	III	15	26

Página deixada propositadamente em branco

Anexo B: Ábaco de Selecção – Circuito Aeráulico

Página deixada propositadamente em branco

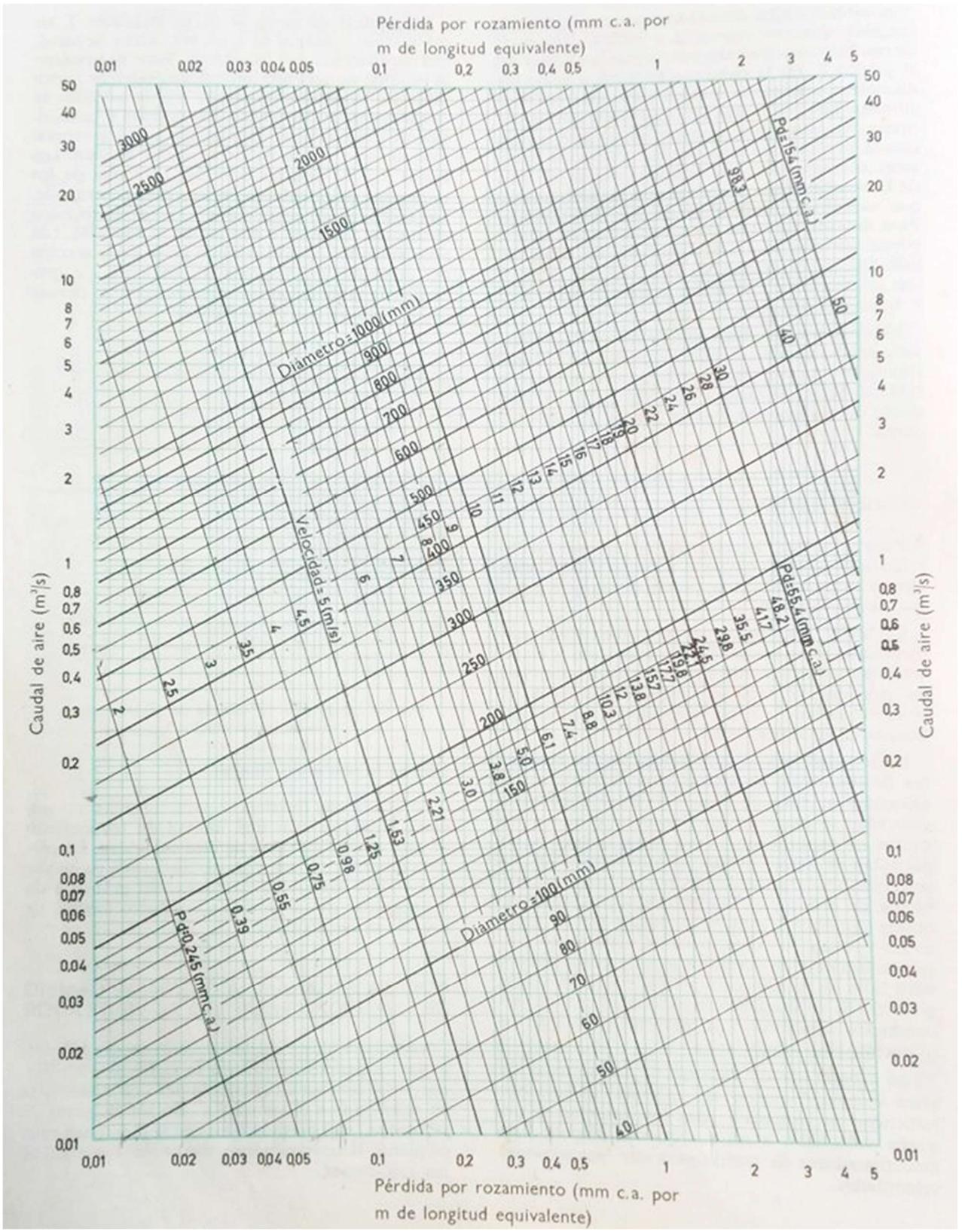


Figura 15- Ábaco de Selección – Circuito Aeráulico [3]

Página deixada propositadamente em branco

**Anexo C: Axone – Farmacêutica: Diagrama P&ID do Sistema
AHU.HOR.02**

Página deixada propositadamente em branco

Página deixada propositadamente em branco

**Anexo D: Caves de Moradia – Vila Catete, Estoril: Ficha Técnica
de Evaporadores**

Página deixada propositadamente em branco

FICHA Nº EQ.05					
Material / Equipamento:		Evaporadores VRF			
Quantidade:		Ver peças desenhadas e lista de medições			
Designação do Projecto:		Ver lista em baixo			
Marca e Modelo de Referência:		Mitsubishi			
Local de Montagem:		Ver peças desenhadas			
Normas, Códigos e Regulamentos a Observar:					
EUROVENT; EN 15218; EN 14511-4. Directivas Europeias aplicáveis: Compatibilidade electromagnética 2004/108/EC; Baixa tensão 2006/95/EC e; Equipamentos mecânicos 2006/42/EC.					
Características de Funcionamento:					
Designação	Modelo	Capacidade de Arref. (kW)	Capacidade de Aquec. (kW)	Potência Eléctrica (kW)	Observações
E.VRF.-1.01	PKFY-P50VHM-E	5,6	6,3	0,03	-1.01 - Zona de Estar
E.VRF.-2.01	PKFY-P15VBM-E	1,7	1,9	0,04	-2.01 - Quarto 1
E.VRF.-2.03	PKFY-P32VHM-E	3,6	4,0	0,03	-2.03 - Kitchenette
E.VRF.-2.04	PKFY-P20VBM-E	2,2	2,5	0,04	-2.04 - Sala de Estar
E.VRF.-2.06	PKFY-P15VBM-E	1,7	1,9	0,04	-2.06 - Quarto 2
E.VRF.-2.08	PKFY-P15VBM-E	1,7	1,9	0,04	-2.08 - Quarto 3
E.VRF.-3.01	PKFY-P20VBM-E	2,2	2,5	0,04	-3.01 - Sala 1 A instalar no futuro
E.VRF.-3.02	PKFY-P15VBM-E	1,7	1,9	0,04	-3.02 - Sala 2 A instalar no futuro
E.VRF.-3.03	PKFY-P15VBM-E	1,7	1,9	0,04	-3.03 - Sala 3 A instalar no futuro
E.VRF.-3.04	PKFY-P20VBM-E	2,2	2,5	0,04	-3.04 - Sala 4 A instalar no futuro
Alimentação: 230 V / 1 ph / 50 há					
Características Construtivas e de Montagem:					
Tubagem em cobre isolada e protegida (ver ficha GE.01). Gás frigorígeno R410A. Encontram-se electricamente protegidas e dotadas de filtros de ar do tipo lavável. O controlo destas unidades é efectuado por microprocessador do tipo PID (Proporcional, Integral e Derivativo), que actua sobre a válvula de expansão linear.					

FICHA Nº EQ.05						
Material / Equipamento:			Evaporadores VRF			
Características Dimensionais:						
Modelo	Largura (mm)	Comprim. (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	Ligações (mm)	
					Líquido	Gás
PKFY-P15VBM-E	295	815	225	10	6,35	12,70
PKFY-P20VBM-E	295	815	225	10	6,35	12,70
PKFY-P32VHM-E	295	898	249	13	6,35	12,70
PKFY-P50VHM-E	295	898	249	13	6,35	12,70
Notas:						
As tubagens de frigorifénio deverão ser instaladas o mais linearmente possível.						

**Anexo E: Ginásio Seixal – Recondair: Lista de Salas – Dados para
AVAC**

Página deixada propositadamente em branco

Piso	N.º da Sala	Designação	Densidade de Ocup. (ocup.)	Densidade de Iluminação (W/m2)	Cargas Sensíveis Internas					Condições Interiores		Pressão Relativa (Pa)	Ar Novo (l/s)	Extracção Localizada		Observações
					Equip. (W)	Factor de Potência	Factor de Exaustão	Factor de Simult.	Carga (W)	TS (°C)	HR (%)			Nº Pontos	Caudal (l/s)	
0	0.01	Zona de Circulação e Bar	20	10	90	60%	100%	50%	27	22±2	NC	0				
					3000	20%	100%	100%	600							
					2100	70%	100%	15%	221							
					2000	20%	100%	15%	60							
0	0.02	Balcão	1	15	690	20%	100%	50%	69	22±2	NC	0				
0	0.03	Arrumos	-	10					0	NC	NC	0		1	20	
0	0.04	I.S. 1	-	10					0	NC	NC	0		1	50	
0	0.05	Escritório 1	2	15	690	20%	100%	50%	69	22±2	NC	0				
					635	20%	100%	50%	64							
0	0.06	Escritório 2	2	15	690	20%	100%	50%	69	22±2	NC	0				
					635	20%	100%	50%	64							
0	0.07	Sala Primeiros Socorros	2	15					0	22±2	NC	0				
0	0.08	Circulação 1	-	15					0	NC	NC	0				
0	0.09	Sala de Musculação e Fitness	30	10	180	60%	100%	50%	54	≤ 24	NC	0			1	820
					2000	60%	100%	60%	720							
					400	60%	100%	60%	144							
					400	60%	100%	60%	144							
0	0.10	Estúdio 1	10	10	90	60%	100%	50%	27	≤ 24	NC	0		1	275	
					3000	30%	100%	50%	450							

Piso	N.º da Sala	Designação	Densidade de Ocup. (ocup.)	Densidade de Iluminação (W/m2)	Cargas Sensíveis Internas					Condições Interiores		Pressão Relativa (Pa)	Ar Novo (l/s)	Extracção Localizada		Observações
					Equip. (W)	Factor de Potência	Factor de Exaustão	Factor de Simult.	Carga (W)	TS (°C)	HR (%)			Nº Pontos	Caudal (l/s)	
0	0.11	Estúdio 2	10	10	90	60%	100%	50%	27	≤ 24	NC	0		1	275	
					3000	30%	100%	50%	450							
0	0.12	Balneário Feminino	-	10					0	22±2	NC	0		1	860	
0	0.13	Balneário Masculino	-	10					0	22±2	NC	0		1	860	
0	0.14	I.S. 2	-	10					0	NC	NC	0		1	65	
0	0.15	I.S. 3	-	10					0	NC	NC	0		1	65	
0	0.16	Circulação 2	-	15					0	NC	NC	0				
0	0.17	Piscina e Jacuzzi	25	5					0	≤ 24	30 a 70	0				
0	0.18	Casa de Máquinas	-	10					0	NC	NC	0				
TOTAL			-	-	20 090,0	-	-	-	3 401,5	-	-	-	0	9	3 290	

Anexo F: Hovione –Edifício 2: Estimativa Orçamental

Página deixada propositadamente em branco

P2087 - Hovione Sete Casas
Edifício 02 - Ventilação

AVC

POSIÇÃO	DESCRIÇÃO	QT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
A	INSTALAÇÃO DE AVAC			34 996,55 €	
1	Sistema ED.02				
1.1	Equipamentos				
1.1.1	Unidade de Tratamento de Ar				
	Unidade de tratamento de ar, filtração inicial G4, bateria de vapor e ventilador centrífugo plug-fan. Marca France Air				
	UTA.01	1	cj	9 906,00 €	9 906,00 €
1.2	Sistema Aerúlico				
1.2.1	Grelhas de Insuflação				
	Grelhas Série AT, marca TROX				
	GI.0.01 (AT 165 x 725) 325x325	4	un	64,48 €	257,92 €
1.2.2	Grelhas de Extração				
	Grelhas Série KS, marca TROX				
	GE.0.01 (KS-A 125x600)	8	un	312,78 €	2 502,24 €
1.2.5	Conduitas de Ar Metálicas				
1.2.5.1	Isoladas e Protegidas				
	Ø 200	4	ml	61,88 €	247,52 €
	Ø 350	2	ml	91,00 €	182,00 €
	Ø 450	2	ml	106,47 €	212,94 €
	Ø 600	4	ml	130,52 €	522,08 €
1.2.6	Conduitas PPS				
	Ø 300	5	ml	12,53 €	62,66 €
	Ø 500	22	ml	37,99 €	835,69 €
1.3	Caixa de Filtração				
	Pré-Filtro G4 + Carvão Activado - Marca FRANCE-AIR				
	Células Carvão Activado - FR CO	2	un	965,12 €	1 930,24 €
	Caixa para Filtro XL	1	un	781,04 €	781,04 €
	Fitro G4	2	un	53,30 €	106,60 €

P2087 - Hovione Sete Casas
Edifício 02 - Ventilação

AVC

POSIÇÃO	DESCRIÇÃO	QT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
1.4	Ventilador de Extração				
	Ventilador de extração marca France Air, modelo IBIZA 315 5,5 kW, com variador de frequência				
	VE.01	1	un	9 256,00 €	9 256,00 €
1.5	Válvulas Vapor Industrial				
	Conjunto controlo de vapor	1	un	2 853,94 €	2 853,94 €
	Conjunto purga de linha	1	un	579,44 €	579,44 €
	Conjunto purga	1	un	579,44 €	579,44 €
1.6	Chaminé de Exaustão				
	Chaminé de Exaustão	1	un	4 180,80 €	4 180,80 €
	TOTAL DO CAPÍTULO				34 996,55 €

Anexo G: Hovione –Edifício 12: Estimativa Orçamental

Página deixada propositadamente em branco

P2090 - Hovione Sete Casas
Edifício 12 - Ventilação

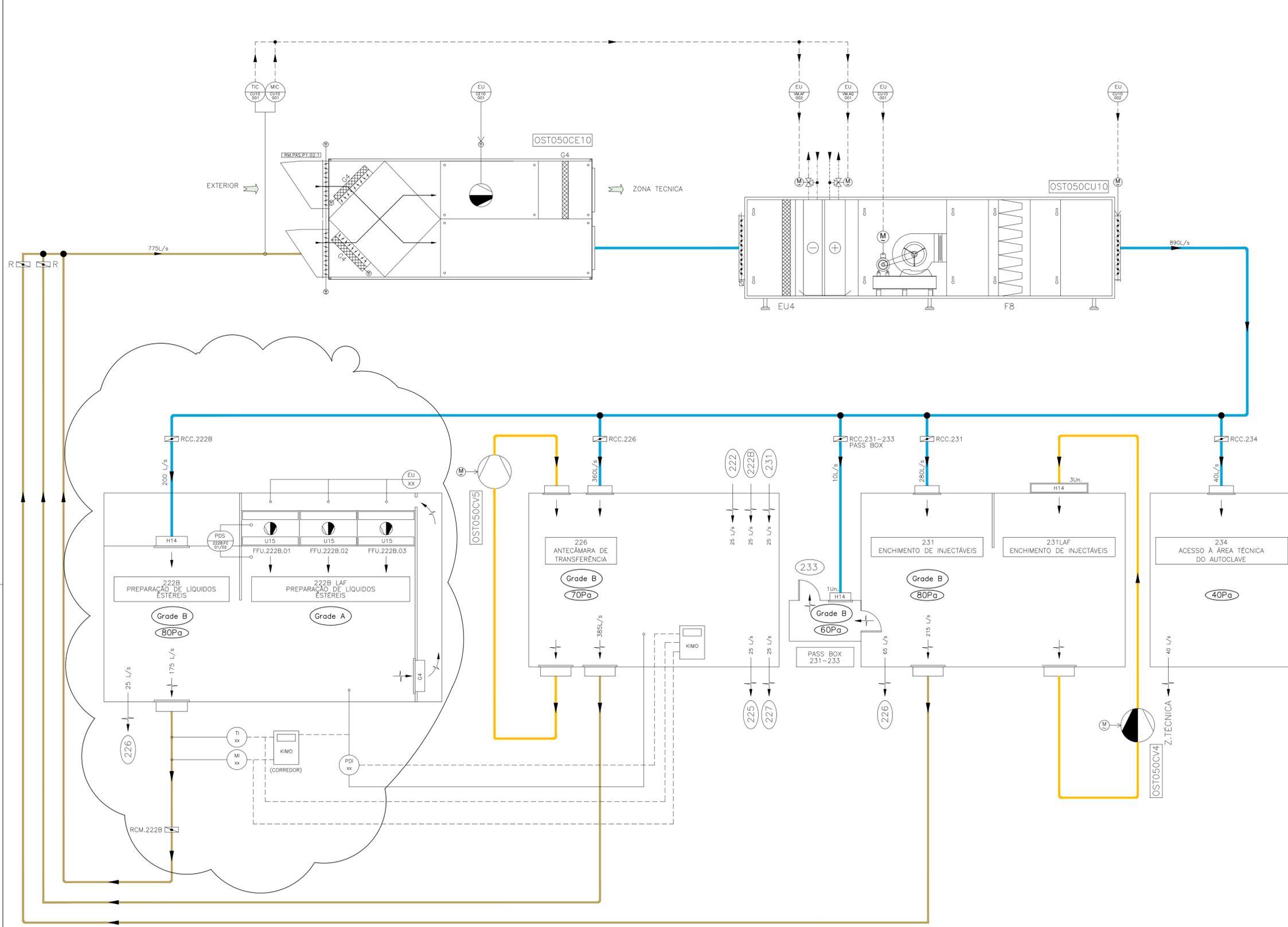
AVC

POSIÇÃO	DESCRIÇÃO	QT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
A	INSTALAÇÃO DE AVAC			29 263,95 €	
1	Sistema ED.12				
1.1	Equipamentos				
1.1.1	Campânula Exaustão Campânula de exaustão de marca France Air e modelo Trapp'Air H 3 x 2,5				
	Campânula Exaustão	1	cj	8 463,00 €	8 463,00 €
1.2	Sistema Aerúlico				
1.2.1	Conduas PPS				
	Ø 800	2	ml	136,33 €	272,65 €
1.3	Caixa de filtração Pré-Filtro G4 + Carvão Activado da Marca France Air				
	Células Carvão Activado - FR CO	1	un	1 696,50 €	1 696,50 €
	Caixa para Filtro XL	2	un	1 810,90 €	3 621,80 €
	Fitro G4	1	un	97,50 €	97,50 €
1.4	Ventilador Ventilador de extração marca France Air, modelo IBIZA 600 4P 5,5 kW, com variador de frequência				
	VE.01	1	un	13 156,00 €	13 156,00 €
1.5	Chaminé de Exaustão				
	Chaminé de Exaustão	1	un	1 956,50 €	1 956,50 €
	TOTAL DO CAPÍTULO				29 263,95 €

Página deixada propositadamente em branco

**Anexo H: Recipharm II – Viscomix Pharmix: Diagrama P&ID do
Sistema OST050CU10**

Página deixada propositadamente em branco



SÍMBOLO	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
	ETA	AR DE EXTRAÇÃO
	RCA	AR DE RETORNO
	SUP	AR DE INSUFLAÇÃO
	ODA	AR NOVO
	SEC	RECIRCULAÇÃO
	-	PONTO DE MEDIÇÃO
	-	LINHA DE REFERÊNCIA
	-	LINHA DE COMANDO
	-	SETA DE CONTROLO
	-	PONTO DE CONTROLO
	-	ELEMENTO MOTOR, GERAL (COM ENERGIA NORMAL OU AUTOMÁTICA)
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA DE ENERGIA O EQUIPAMENTO IRÁ ABRIR
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA DE ENERGIA O EQUIPAMENTO IRÁ FECHAR
	-	COMANDO MANUAL E LOCAL
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA DE ENERGIA O EQUIPAMENTO MANTERÁ A POSIÇÃO
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA DE ENERGIA O EQUIPAMENTO MANTERÁ A POSIÇÃO, COM POSSIBILIDADE DE REPOSIÇÃO
	-	ELEMENTO MOTOR, EM CASO DE FALHA DE ENERGIA O EQUIPAMENTO MANTERÁ A ÚLTIMA POSIÇÃO, COM POSSIBILIDADE DE REPOSIÇÃO
	-	VÁLVULA DE SECCIONAMENTO
	-	VÁLVULA DE 3 VIAS
	-	VÁLVULA DE SECCIONAMENTO MANÓMETRO
	-	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

Code letter	Group 1:		Group 2:
	Measurements or other input parameter	First Code letter	handling of sequence numbering: I, R, C
A			Alarm
B			
C	Conductivity / PH		Automatic Control
D	Density		Difference
E	Electrical Parameter		Reader Function
F	Flow		Proportion
G	Distance, Length, Position, Strain, Amplitude		
H	Manual Input		High Limit
I			Indication
J		Parameter Request	
K	Time		Free Choice
L	Stand, Level		Low Limit
M	Moisture		Free Choice
N	Free Choice		
O	Free Choice		Yes/No Indication
P	Pressure		
Q	Material property, quality parameter Analysis (except D,M,V)		Integral sum
R			Recording - Trending
S	Speed, Rotation		Switch - Process Control, Logic Control
T	Temperature		Transducer
U			Combined Engine Functions
V			
W	Weight, Bulk		
Y			Function Calculation
Z			Emergency, Security by Trigger, Safety Equipment, Security Events

EQUIPAMENTOS NOVOS OU REPOSIÇIONADOS

DIAGRAMA P&ID - HVAC-OST050CU10 + OST050CE10

E1	ACERTOS GERAIS	Julho 2016	Marco A.
Índice	Alterações	Data	Nome
Especialidades			
Designação		AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO DIAGRAMA P&ID - HVAC-OST050CU10	
Desenhou	R.S.	Verificou	J.C./M.F.
Data	Julho 2016	Substituído	
Escolas	S/E	Substituído	
Fase do projecto		PÓVOA DE STº ADRIÃO - ODIVELAS EXECUÇÃO	
Desenho nº		1050.AVC.D.010	
Índice		E1	

Página deixada propositadamente em branco

**Anexo I: Hikma IV – Piso 0: Zona de Influência dos Sistemas de
AVAC**

Página deixada propositadamente em branco



LEGENDA

- UTA.EMB.01
UTA + VE
- 0
UTAN COM RECUPERADOR
- UTA.ADM.01
UTAN A NOVA + VIGAS GELADAS
- UTA.REF.01
UTA + VE
- UTA.ARM.01
0
- SISTEMA
Aerotherm
- 0
SF + EF
- 0
VENTILAÇÃO NATURAL
- 0
VENTILADOR
- 0
VENTILADOR +SPLIT
- 0
DESENFUMAGEM

Índice	Alterações	Data	Nome

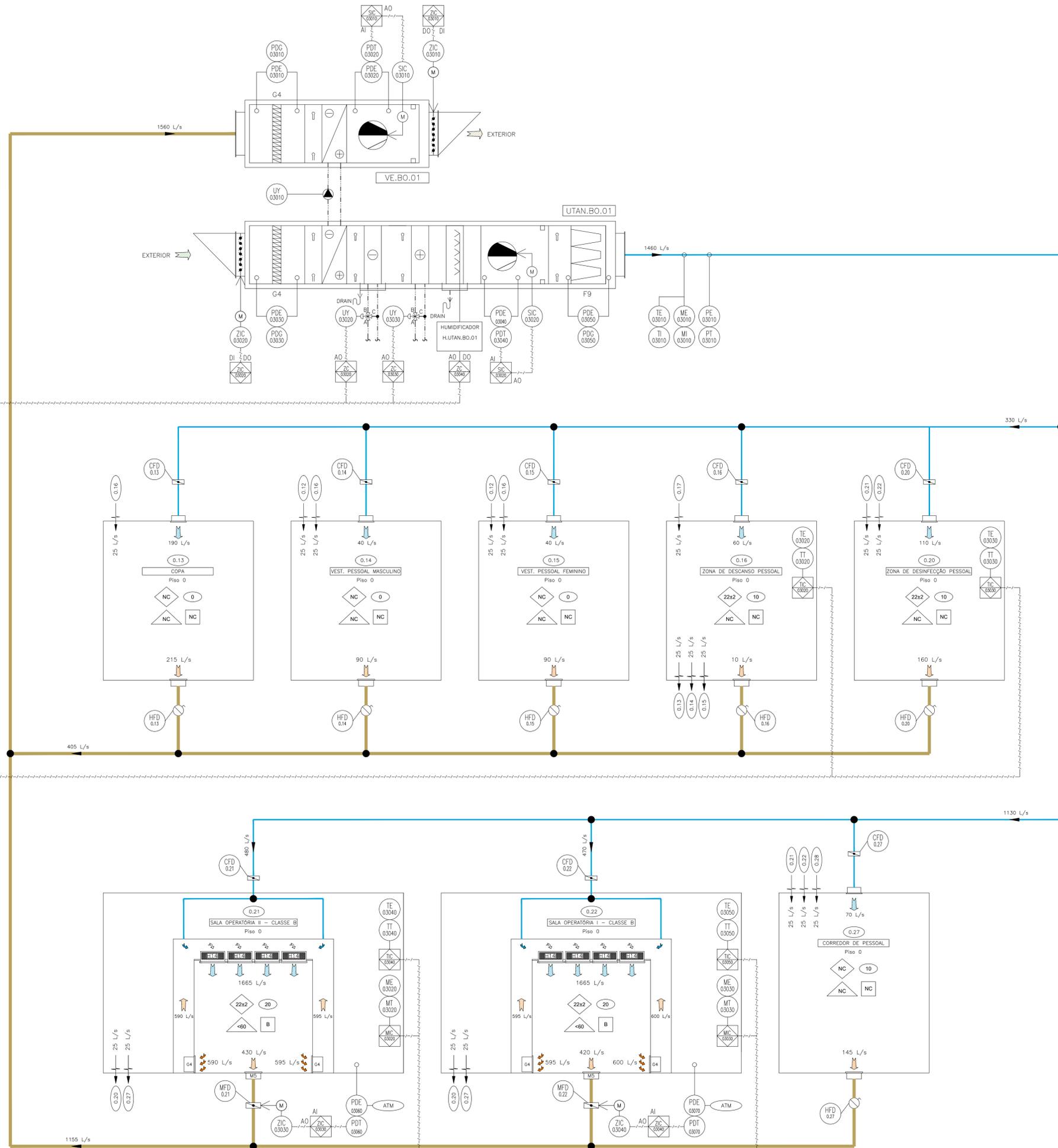
	Cliente HEKMA FARMACEÚTICA (PORTUGAL), LDA
Designação HÁBITO 4 - DMCS/004 - Ponta do Pip 0	Data do projeto 2023-07-07

Utilizador Verifique	Escala 1:100
Tipo Substituição	Data 2023-07-07

Página deixada propositadamente em branco

**Anexo J: Clínica Milénio: Diagrama P&ID do Sistema
UTAN.BO.01**

Página deixada propositadamente em branco



SUMMARY OF SYMBOLS

INSTRUMENTATION

- LOCALLY MOUNTED INSTRUMENT
- PANEL MOUNTED INSTRUMENT OPERATOR INTERFACE IN THE CONTROL ROOM
- LOCAL PANEL MOUNTED INSTRUMENT ACCESSIBILITY AT A LOCAL PANEL
- PACKAGE PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER NOT ACCESSIBLE TO OPERATOR
- INSTRUMENT WITH COMPUTER BASED FUNCTIONS ACCESSIBLE TO THE OPERATOR
- INSTRUMENT WITH COMPUTER BASED FUNCTIONS NOT ACCESSIBLE TO THE OPERATOR
- PLC BASED INSTRUMENT ACCESSIBLE TO OPERATOR
- INTERLOCK
- ELECTRICAL SIGNAL
- PNEUMATIC
- CAPILAR
- SOFTWARE LINK

VALVES

- VALVE (DEFAULT)
- BALL VALVE
- CONTROL VALVE
- PRES. RED. VALVE
- CHECK VALVE
- THREADED VALVE
- DIAPHRAGM VALVE
- ON/OFF VALVE
- SAFETY VALVE
- BUTTERFLY VALVE
- WELDED VALVE
- GLOBE VALVE
- PRESSURE RELIEF VALVE
- FO 'FAL OPEN' INDICATION
- SOLENOID VALVE

PIPE FITTINGS

- REDUCER (GENERAL OR CONCENTRIC)
- STRAINER
- INSTRUMENT TEE
- SIGHT GLASS
- DRAIN
- HOSE
- BELLOW
- MAIN LINE CONNECTION
- QUICK COUPLING
- FLANGED CONNECTION
- STEAM TRAP
- SPRAY NOZZLE
- LP LOW PRESSURE NITROGEN
- MP MEDIUM PRESSURE NITROGEN

OTHERS

SÍMBOLO	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
	ETA	AR DE EXTRAÇÃO
	RCA	AR DE RETORNO
	SUP	AR DE INSUFLAÇÃO
	ODA	AR NOVO
	SEC	RECIRCULAÇÃO
	CFD	REGISTO DE CAUDAL DE AR CONSTANTE
	HFD	REGISTO DE CAUDAL DE AR MANUAL
	M	ACTUADOR
	MFD	REGISTO DE CAUDAL DE AR MOTORIZADO
	F	VENTILADOR
	VWF	VENTILADOR COM VARIAÇÃO DE VELOCIDADE
		PRESSÃO [Pa]
		CLASSIFICAÇÃO
		HUMIDADE RELATIVA [%]
		TEMPERATURA [°C]

REV.	EMISSÃO	TPF	MAI.2016

COORDENAÇÃO E PROJECTO:



CLIENTE:



ANGELO REBELO - ACTIVIDADES MEDICAS E FARMACÉUTICAS, SA
R. Manuel de Siva Leit 11C, 1600-166 Lisboa
Tel: 21 727 7265

NOME DO PROJECTO / LOCALIZAÇÃO:
NOVAS INSTALAÇÕES DA CLÍNICA MILÉNIO - OBRA DE AMPLIAÇÃO
RUA DOM LUIS I, 38A, 38, 36 E 36A E RUA CAIS DO TOJO 23 A 27
MISERICÓRDIA - LISBOA

VOLUME: / FASE/ESPECIALIDADE:
EXECUÇÃO MECÂNICA

TÍTULO DO DESENHO:
CLIMATIZAÇÃO
DIAGRAMA DE PRINCÍPIO DO SISTEMA
UTAN.BO.01+VE.BO.01

PROJECTO: DESENHO: APROVOU: (DIR.DEP) ESCALAS:
MAF/A.B. MAF/A.B. J.C. S/E

DIR. PROJ: VERIFICOU: (CO.DEPT.) DATA:
J.C. MAF/M.F./J.C. JULHO 2016

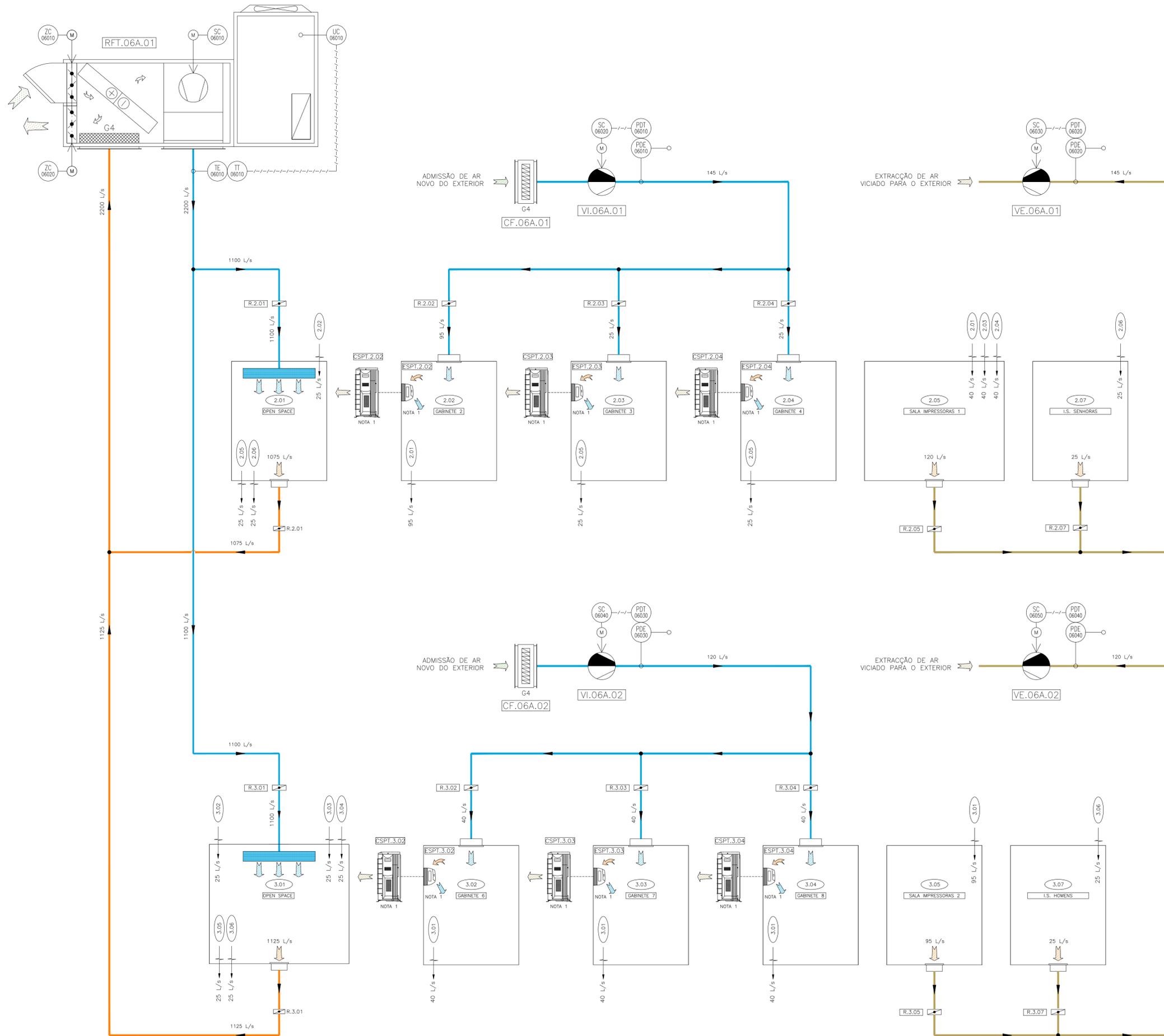
Nº DESENHO: **11317- PL - CLM - 003 _0**

SUBSTITUI: FICHEIRO: FOLHA:
- - 1/1

Página deixada propositadamente em branco

Anexo K: Hovione B6A – Pisos 2 e 3: Diagrama de Conceito de Ventilação e Climatização

Página deixada propositadamente em branco



SUMMARY OF SYMBOLS

VALVES

PIPE FITTINGS

OTHERS

REMARKS

1) ALL THE ON/OFF VALVES WILL BE 'TAIL CLOSE' UNLESS OTHERWISE INDICATION IN THE INSTRUMENTATION TAG THE FOLLOWING RULE SHOULD BE APPLIED
 a) S: IS REFERED TO THE PAID SECTION
 b) U: IS REFERED TO THE EQUIPMENT UNIT

2) ON/OFF VALVE WITH ONE LIMIT SWITCH

3) ON/OFF VALVE WITH TWO LIMIT SWITCHES

4) CONTROL VALVE (DEFAULT SITUATION)

5) MOTOR WITH A FREQUENCY CONVERTER

6) CONSTANT SPEED MOTOR

Z: VALVE POSITION INPUT
 S: LIMIT SWITCH
 SV: SOLENOID VALVE

SYMBOL	ABBREVIATION	DESCRIPTION
	ETA	EXTRACT AIR
	RCA	RECIRCULATION AIR
	SUP	SUPPLY AIR
	ODA	OUTDOOR AIR
	CFR	CONSTANT FLOW REGULATOR
	HFR	HAND FLOW REGULATOR
	M	ACTUATOR
	MFR	MOTORIZED FLOW REGULATOR
	F	FAN
	WF	FAN WITH VARIABLE SPEED DRIVER

NOTAS

NOTA 1 - EQUIPAMENTO EXISTENTE (ESPT/CSPT)

E1	Replacement of the Heat Exchangers by Extraction Fans	05.08.2016	J.P.
Issue	Description	Date	Name
Issued by:	Client: Hovione		
Prepared by:	Title: AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO DIAGRAMA DE CONCEITO DE VENTILAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO		
Checked by:	Client: HOVIONE SETE CASAS - B6A		
Date:	HOVIONE		
Substituted by:	Project Phase: EXECUÇÃO		
Scale:	Drawing n.º: 1053.AVC.D.020		
S/E	Issue: E1		

Página deixada propositadamente em branco

Anexo L: Lecifarma: Mapa de Quantidades

Página deixada propositadamente em branco

POSIÇÃO	DISCRIMINAÇÃO	QT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
A	AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO				
1	Sistema URE.01				
1.1	Equipamentos				
1.1.1	Conjuntos de Climatização (Sistemas Split e Multi-Split) Ficha n.º EQ.04				
	SPT.0.10	1	cj		
	SPT.01	1	cj		
	SPT.02	1	cj		
	SPT.03	1	cj		
	SPT.04	1	cj		
	SPT.CANT.01	1	cj		
1.1.2	Unidade Recuperação de Energia Ficha n.º EQ.11				
	Unidade de Ventilação e Extracção, com recuperador de calor por fluxos cruzados integrado, ventiladores EC (permitindo variação de velocidade), filtros G4 + F7, quadro eléctrico de comando e controlo integrado	1	un		
1.1.3	Ventilador de Extracção Ficha n.º EQ.14				
	VE.0.06	1	un		
1.1.4	Ventiladores de Transferência Ficha n.º EQ.16				
	VT.0.12a	1	un		
1.2	Sistema Aeráulico				
1.2.1	Difusores de Insuflação Ficha n.º AE.01				
	DI.0.07 (VDW 300 x 8)	1	un		
	DI.0.12.1 (VDW 600 x 24)	1	un		
	DI.0.12.1 (VDW 600 x 24)	1	un		
	DI.1.12.1 (VDW 600 x 24)	1	un		
	DI.1.12.2 (VDW 600 x 24)	1	un		
	DI.1.12.3 (VDW 600 x 24)	1	un		

POSIÇÃO	DISCRIMINAÇÃO	QT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
	DI.1.12.4 (VDW 600 x 24)	1	un		
1.2.2	Grelhas Extração/Retorno Ficha n.º AE.05				
	GE.0.08 (AR 425 x 425)	1	un		
	GE.1.12 (AR 525 x 525)	1	un		
	GE.1.04 (AR 425 x 425)	1	un		
1.2.3	Grelhas de Passagem Ficha n.º AE.06				
	GP.0.07 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.0.10 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.0.11 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.1.01 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.1.02 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.1.03 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.1.05 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.1.06 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.1.07 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.1.08 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.1.09 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.1.10 (AGST 325 x 225)	1	un		
	GP.1.11 (AGST 325 x 225)	1	un		
1.2.4	Grelhas de Exterior Ficha n.º AE.07				
	GEXT.0.01.1 (AWG 785 x 330)	1	un		
	GEXT.0.01.2 (AWG 385 x 330)	1	un		
1.2.5	Válvulas de Extração Ficha n.º AE.08				
	VEX.0.11 (LVS 125)	1	un		
	VEX.1.10 (LVS 125)	1	un		
	VEX.1.11 (LVS 125)	1	un		
1.2.6	Condutas de Ar Metálicas Ficha n.º AE.10A				
1.2.6.1	Apenas Isoladas				
	Ø 100	66	ml		
	Ø 125	5	ml		
	Ø 150	59	ml		
	Ø 200	11	ml		
	Ø 250	24	ml		
	Ø 300	23	ml		

POSIÇÃO	DISCRIMINAÇÃO	QT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
	Ø 350	32	ml		
	Ø 400	13	ml		
	Ø 550	29	ml		
1.2.6.1	Isoladas com Forra Mecânica				
	Ø 200	15	ml		
	Ø 250	5	ml		
	Ø 300	5	ml		
	Ø 350	20	ml		
	Ø 400	9	ml		
	Ø 500	12	ml		
1.2.7	Registos de Caudal de Ar Constante Ficha n.º AE.15				
	RCC.0.07 (RN 80)	1	un		
	RCC.0.09 (RN 80)	1	un		
	RCC.0.10 (RN 100)	1	un		
	RCC.0.12 (RN 200)	1	un		
	RCC.1.01 (RN 100)	1	un		
	RCC.1.02 (RN 100)	1	un		
	RCC.1.03 (RN 100)	1	un		
	RCC.1.04.1 (RN 100)	1	un		
	RCC.1.04.2 (RN 100)	1	un		
	RCC.1.06 (RN 80)	1	un		
	RCC.1.07 (RN 80)	1	un		
	RCC.1.08 (RN 125)	1	un		
	RCC.1.12 (RN 315)	1	un		
1.2.7	Registos de Caudal de Ar Motorizados Ficha n.º AE.17				
	RM.VE.0.06 (450 x 450)	1	un		
	RM.VT.0.12a (550 x 550)	1	un		
1.3	Sistema Hidráulico:				
1.3.1	Tubagem de Esgoto de Condensados Ficha n.º HI.27				
	PVC DN32	49	ml		
	PVC DN40	72	ml		
1.3.2	Tubagem para Fluido Frigorígeno Ficha n.º HI.28				
	Ø 6,35	538	ml		
	Ø 9,52	559	ml		
	Ø 12,70	17	ml		

POSIÇÃO	DISCRIMINAÇÃO	QT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
	Ø 15,90	37,4	ml		
2	Sistema UTA.ARM.01				
2.1	Equipamentos				
2.1.1	Roof-Top Ficha n.º EQ.02				
	Unidade de climatização autónoma e compacta, com controlo integrado	1	un		
	Módulo de "Free-Cooling"	1	un		
2.1.2	Conjuntos de Climatização (Sistema Split e Multi-Split) Ficha n.º EQ.04				
	SPT.0.15	1	cj		
2.1.3	Ventilador de Extracção Ficha n.º EQ.14				
	VE.0.16	1	un		
	VE.ARM.01	1	un		
2.1.4	Ventilador de Insuflação Ficha n.º EQ.15				
	VI.0.15	1	un		
2.2	Sistema Aeráulico				
2.2.1	Difusores de Insuflação Ficha n.º AE.01				
	DI.0.15 (VDW 300 x 8)	1	un		
2.2.2	Injectores de Insuflação Ficha n.º AE.03				
	BI.0.01.1 A 4 (DUE-V 200)	4	un		
	BI.0.02.1 A 4 (DUE-V 200)	4	un		
	BI.0.03.1 A 4 (DUE-V 200)	4	un		
	BI.0.04.1 A 4 (DUE-V 200)	4	un		
	BI.0.05.1 A 4 (DUE-V 200)	4	un		
	BI.0.013.1 A 15 (DUE-V 200)	15	un		
2.2.3	Grelhas Extracção/Retorno Ficha n.º AE.05				

POSIÇÃO	DISCRIMINAÇÃO	QT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
	GR.0.13.1 (AR 626 x 425)	1	un		
	GR.0.13.2 (AR 626 x 425)	1	un		
	GR.0.13.3 (AR 626 x 425)	1	un		
	GR.0.13.4 (AR 626 x 425)	1	un		
2.2.4	Grelhas de Passagem Ficha n.º AE.06				
	GP.0.14 (AGST 325 x 225)	1	un		
2.2.5	Válvulas de Extracção Ficha n.º AE.08				
	VEX.0.16 (LVS 125)	1	un		
2.2.6	Condutas de Ar Metálicas Ficha n.º AE.10A				
2.2.6.1	Apenas Isoladas				
	Ø 300	116	ml		
	Ø 600	42	ml		
2.2.6.2	Isoladas com Forra Mecânica				
	Ø 450	7	ml		
	Ø 600	7	ml		
2.2.6.3	Não Isoladas				
	Ø 450		ml		
2.2.7	Registos de Caudal de Ar Motorizados Ficha n.º AE.17				
	RM.VI.0.15 (150 x 150)	1	un		
	RM.VE.0.16 (150 x 150)	1	un		
	RM.ARM.01 (450 x 450)	1	un		
2.3	Sistema Hidráulico:				
2.3.1	Tubagem de Esgoto de Condensados Ficha n.º HI.27				
	PVC DN32	6	ml		
	PVC DN40	4	ml		
2.3.2	Tubagem para Fluido Frigorígeno Ficha n.º HI.28				

1037 - LECIFARMA -
REMODELAÇÃO

AVC

POSIÇÃO	DISCRIMINAÇÃO	QT.	UN.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
	Ø 6,35	17	ml		
	Ø 12,70	17	ml		
	TOTAL DO CAPÍTULO				