



**ESCOLA SUPERIOR NÁUTICA INFANTE D. HENRIQUE**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MARÍTIMA**

## **Mestrado em Engenharia de Máquinas Marítimas**

### **Projeto de Climatização de um Hotel**

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia de Máquinas Marítimas

Autor: António Miguel Bernardo Martins

Orientador: Prof. Adjunto Manuel Duarte Dias Mendes Nogueira

Juri: Presidente - Prof. Adjunto Victor Franco Correia

Vogal - Prof. Adjunto João Antero Cardoso (Arguente)

Vogal - Prof. Adjunto João Vital Melo

Vogal - Prof. Adjunto João Emílio Silva

Vogal - Prof. Adjunto Manuel Mendes Nogueira (Orientador)

18 de Julho de 2013

**Escola Superior Náutica Infante D. Henrique**  
**Departamento de Engenharia Marítima**

**Projeto de Climatização de um Hotel**

**Autor:** António Miguel Bernardo Martins

Número: 4846

**Orientador:** Prof. Manuel Duarte Dias Mendes Nogueira

Ano de publicação: 2013

Projeto apresentado ao Curso de Mestrado em Engenharia de Máquinas Marítimas da Escola Superior Náutica Infante D. Henrique, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Máquinas Marítimas.

18 de Julho de 2013

## **Resumo**

As instalações de condicionamento de ar são cada vez mais utilizadas em espaços públicos, nomeadamente em Hotéis, por razões de conforto e qualidade do ar ambiente. Este trabalho tem como objetivo a elaboração dum projeto de climatização de um hotel, respeitando os regulamentos em vigor e procurando obter uma instalação de elevada eficiência energética, com custos de exploração e manutenção reduzidos.

Assim, pretende-se fornecer nas páginas seguintes os elementos reguladores do projeto, tanto ao nível da conceção da instalação e da qualidade dos equipamentos bem como da sua montagem.

O cálculo das cargas térmicas de aquecimento e de arrefecimento do edifício foi efetuado recorrendo ao programa informático HAP da Carrier.

O dimensionamento da UTAN foi efetuado recorrendo ao programa informático da Sandometal.

As peças desenhadas do projeto foram executadas recorrendo ao programa informático AUTO-CAD 2007.

A solução adotada, no essencial, é composta por uma unidade produtora de água fria (*Chiller*), uma unidade produtora de água quente (Caldeira), uma unidade de tratamento de ar novo (UTAN) e 36 unidades terminais do tipo ventiloconvector.

A gestão técnica centralizada (GTC) permite otimizar a instalação, visualizar os dados de funcionamento e atuar sobre cada uma das suas unidades.

## **Palavras Chave**

Projeto; Climatização; Regulamentos; Eficiência energética; HAP da Carrier; Cargas térmicas; Dimensionamento; Equipamentos.

## **Abstract**

The air conditioning installations are increasingly used in public spaces, particularly in hotels, for reasons of comfort and air quality.

This work aims at the development of a draft climate of a hotel, respecting the regulations and seeking an installation of energy efficient, with low operating and maintenance costs.

Thus, it intends to provide in the following pages the regulatory elements of the project, both in the design of the facility and the quality of equipment as their assembly.

The calculation of the thermal loads for heating and cooling of the building was done using the computer program Carrier HAP.

The sizing UTAN was performed using the computer program of Sandometal.

The project drawn`s were performed using the computer program AUTO-CAD 2007.

The solution adopted in essence consists of a cold water production unit (*Chiller*), a hot water producing unit (boiler), a unit of air treatment (UTAN) and 36 type terminal fan coil units.

The centralized technical management (GTC) optimizes the installation, see the operating data and act on each of its units.

## **Key Words**

Project; Climate; Regulations; Energy efficiency; Carrier HAP; Thermal loads; Sizing; Equipment.

## **Agradecimentos**

Este trabalho não teria sido possível sem a ajuda de diversas pessoas e/ou instituições às quais gostaria de transmitir os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, ao meu orientador Prof. Manuel Duarte Dias Mendes Nogueira, pela permanente disponibilidade, apoio e tempo dispensados, para além dos conselhos e sugestões que muito contribuíram para a elaboração e desenvolvimento do presente trabalho.

Aos professores do curso de Mestrado em Engenharia de Máquinas Marítimas, pela utilidade dos conhecimentos transmitidos.

Ao Corpo Docente, aos funcionários da ENIDH e a todos os meus amigos e colegas de Curso que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

À empresa Carrier Portugal, em particular na pessoa do seu diretor, Eng. José Luís Moura, pela colaboração prestada em relação ao programa informático utilizado.

Por último, à minha família e amigos, pelo apoio e contributos recebidos.

## Índice

|                                                                                    |      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Resumo.....                                                                        | i    |
| Abstract .....                                                                     | ii   |
| Agradecimentos .....                                                               | iii  |
| Índice.....                                                                        | iv   |
| Lista de figuras .....                                                             | vii  |
| Lista de tabelas .....                                                             | viii |
| Simbologia.....                                                                    | ix   |
| Anotações .....                                                                    | xi   |
| 1. Introdução .....                                                                | 1    |
| 1.1. Enquadramento .....                                                           | 1    |
| 1.2. Motivação e objetivos .....                                                   | 2    |
| 1.3. Organização do trabalho.....                                                  | 4    |
| 2. O Estado da Arte .....                                                          | 7    |
| 2.1. Arrefecimento Passivo .....                                                   | 7    |
| 2.1.1. Apresentação de um sistema de Arrefecimento Passivo .....                   | 8    |
| 2.2. Sistemas autónomos e sistemas centralizados .....                             | 9    |
| 2.3. Sistemas de expansão direta e sistemas de expansão indireta .....             | 10   |
| 2.4. Sistemas de climatização mais utilizados e energeticamente mais eficientes .. | 11   |
| 2.5. Eficiência dos sistemas de climatização .....                                 | 22   |
| 3. Cálculo das cargas térmicas.....                                                | 23   |
| 3.1. Localização e Orientação .....                                                | 23   |
| 3.2. Caracterização geral do edifício .....                                        | 24   |
| 3.3. Envolvente exterior .....                                                     | 26   |
| 3.3.1. Paredes .....                                                               | 26   |
| 3.3.2. Cobertura.....                                                              | 26   |
| 3.3.3. Envidraçados .....                                                          | 28   |
| 3.3.4. Pavimento.....                                                              | 28   |
| 3.4. Envolvente Interior .....                                                     | 29   |
| 3.4.1. Paredes interiores de separação de compartimentos.....                      | 29   |
| 3.4.2. Tetos.....                                                                  | 29   |
| 3.4.3. Pavimentos interiores.....                                                  | 30   |
| 3.4.4. Portas interiores .....                                                     | 30   |
| 3.4.5. Pé direito .....                                                            | 30   |
| 3.4.6. Espaços a climatizar.....                                                   | 30   |
| 3.5. Inércia térmica .....                                                         | 31   |
| 3.6. Condições de projecto .....                                                   | 31   |
| 3.6.1. Condições interiores.....                                                   | 31   |
| 3.6.2. Condições exteriores.....                                                   | 31   |
| 3.6.3. Temperaturas consideradas no programa HAP .....                             | 32   |
| 3.6.4. Determinação do caudal de ar novo.....                                      | 32   |
| 3.6.5. Eficácia de ventilação .....                                                | 33   |
| 3.6.6. Velocidade do ar ambiente.....                                              | 33   |

|          |                                                                    |    |
|----------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6.7.   | Perfis de ocupação, iluminação e equipamentos .....                | 33 |
| 3.6.8.   | Horários de funcionamento do hotel.....                            | 34 |
| 3.6.9.   | Tipo de atividade .....                                            | 34 |
| 3.6.10.  | Cargas internas devido a iluminação e equipamento.....             | 34 |
| 3.7.     | Caracterização térmica dos elementos da envolvente.....            | 35 |
| 3.7.1.   | Envolvente exterior.....                                           | 35 |
| 3.7.2.   | Envolvente interior.....                                           | 35 |
| 3.8.     | Cálculo das cargas térmicas.....                                   | 35 |
| 3.8.1.   | Cálculo do coeficiente global de transmissão de calor (U).....     | 36 |
| 3.9.     | Identificação das cargas térmicas.....                             | 38 |
| 3.9.1.   | Cargas térmicas exteriores.....                                    | 38 |
| 3.9.1.1. | Carga térmica através da envolvente opaca .....                    | 38 |
| 3.9.1.2. | Carga térmica através dos vãos envidraçados .....                  | 39 |
| 3.9.1.3. | Carga térmica através da envolvente interior .....                 | 39 |
| 3.9.1.4. | Carga térmica do ar novo .....                                     | 40 |
| 3.9.1.5. | Carga térmica devido a infiltrações de ar.....                     | 40 |
| 3.9.2.   | Cargas térmicas interiores .....                                   | 40 |
| 3.9.2.1. | Carga térmica devido à ocupação .....                              | 40 |
| 3.9.2.2. | Carga térmica devido à iluminação .....                            | 41 |
| 3.9.2.3. | Carga térmica devido aos equipamentos.....                         | 41 |
| 3.10.    | Metodologia utilizada no HAP para cálculo das cargas térmicas..... | 42 |
| 3.11.    | Introdução de dados ( <i>inputs</i> ) no programa HAP .....        | 42 |
| 3.12.    | Relatórios ( <i>outputs</i> ) do programa HAP .....                | 50 |
| 3.13.    | Análise dos valores das cargas térmicas do edifício .....          | 55 |
| 4.       | Sistema de climatização proposto .....                             | 59 |
| 4.1.     | Características gerais .....                                       | 59 |
| 4.2.     | Pressupostos para a escolha do sistema "Ar-Água" .....             | 59 |
| 4.3.     | Descrição da conceção geral da instalação AVAC .....               | 60 |
| 4.3.1.   | Chiller e Caldeira .....                                           | 60 |
| 4.3.2.   | Unidade de Tratamento de Ar Novo .....                             | 61 |
| 4.3.3.   | Ventiloconvectores .....                                           | 62 |
| 4.3.4.   | Distribuição de Ar.....                                            | 62 |
| 4.3.5.   | Central técnica .....                                              | 64 |
| 4.3.6.   | Condições de acesso para manutenção .....                          | 64 |
| 4.3.7.   | Comando e controlo da instalação .....                             | 64 |
| 4.4.     | Dimensionamento dos Equipamentos .....                             | 65 |
| 4.4.1.   | Dimensionamento dos Ventiloconvectores .....                       | 65 |
| 4.4.2.   | Dimensionamento do <i>chiller</i> e caldeira.....                  | 68 |
| 4.4.3.   | Dimensionamento de condutas e tubagens.....                        | 69 |
| 4.4.3.1. | Condutas de ar .....                                               | 69 |
| 4.4.3.2. | Tubagens de água .....                                             | 70 |
| 4.4.4.   | Dimensionamento da UTAN.....                                       | 71 |
| 4.4.5.   | Dimensionamento das bombas de circulação .....                     | 72 |
| 5.       | Especificação técnica dos equipamentos.....                        | 74 |
| 5.1.     | Unidade produtora de água refrigerada, <i>Chiller</i> .....        | 74 |
| 5.1.1.   | Descrição geral .....                                              | 74 |
| 5.1.2.   | Características construtivas e de controlo .....                   | 74 |
| 5.1.3.   | Compressores.....                                                  | 74 |

|        |                                                  |     |
|--------|--------------------------------------------------|-----|
| 5.1.4. | Permutador de calor a água .....                 | 75  |
| 5.1.5. | Condensador .....                                | 75  |
| 5.1.6. | Componentes do circuito frigorífico .....        | 76  |
| 5.1.7. | Controlo da Unidade .....                        | 76  |
| 5.1.8. | Módulo hidráulico integrado .....                | 77  |
| 5.1.9. | Modo de funcionamento a carga parcial .....      | 78  |
| 5.2.   | Caldeira .....                                   | 79  |
| 5.3.   | Unidade de Tratamento de Ar Novo (UTAN).....     | 80  |
| 5.3.1. | Especificação técnica .....                      | 80  |
| 5.3.2. | Descrição dos módulos da UTAN .....              | 82  |
| 5.4.   | Ventiloconvectores.....                          | 85  |
| 5.5.   | Condutas de ar .....                             | 86  |
| 5.6.   | Acessórios.....                                  | 87  |
| 5.7.   | Registos de caudal de ar .....                   | 89  |
| 5.8.   | Registos corta fogo/Controlo de caudal .....     | 89  |
| 5.9.   | Grelhas .....                                    | 89  |
| 5.10.  | Válvulas.....                                    | 91  |
| 5.11.  | Rede de tubagem de água.....                     | 91  |
| 5.12.  | Depósito de água.....                            | 94  |
| 5.13.  | Tratamento químico da água .....                 | 94  |
| 5.14.  | Válvulas e acessórios .....                      | 95  |
| 5.15.  | Isolamento acústico e contra vibrações.....      | 98  |
| 5.16.  | Instalações elétricas de potência .....          | 98  |
| 5.17.  | Sistema de gestão técnica centralizada, GTC..... | 99  |
| 6.     | Conclusões .....                                 | 101 |
|        | Referências Bibliográficas .....                 | 103 |
|        | Sites consultados na internet .....              | 104 |
|        | Lista de Anexos .....                            | 106 |

## Lista de figuras

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Fachada principal do edifício .....                                          | 8  |
| Figura 2 - Sistema de arrefecimento do ar através de condutas enterradas.....           | 9  |
| Figura 3 - Sistema <i>Multi-split</i> (2) .....                                         | 12 |
| Figura 4 - Esquema tipo de uma bomba de calor geotérmica (8).....                       | 16 |
| Figura 5 - Roda entálpica. Matriz higroscópica (esquerda) e matriz em finas tiras ..... | 20 |
| Figura 6 - Alçado Oeste .....                                                           | 23 |
| Figura 7 - Planta do piso 4.....                                                        | 24 |
| Figura 8 - Propriedades da envolvente exterior, Lisboa .....                            | 43 |
| Figura 9 - Definição dos espaços interiores; ganhos internos .....                      | 44 |
| Figura 10 - Perfis horários, ocupação do quarto nº 307 .....                            | 45 |
| Figura 11 - Constituição da parede exterior do piso 3 .....                             | 46 |
| Figura 12 - Características da superfície envidraçada .....                             | 46 |
| Figura 13 - Resumo do caudal e cargas térmicas de ar novo do sistema do piso 3.....     | 50 |
| Figura 14 - Resumo das cargas térmicas do sistema do piso 3 .....                       | 51 |
| Figura 15 - Resumo das cargas térmicas detalhadas do sistema do piso 3 .....            | 52 |
| Figura 16 - Resumo das cargas térmicas do espaço Q 307 .....                            | 53 |
| Figura 17 - Dimensionamento do <i>chiller</i> . .....                                   | 54 |
| Figura 18 - Dimensionamento da caldeira .....                                           | 54 |
| Figura 19 - Cargas térmicas do edifício para a estação de arrefecimento.....            | 55 |
| Figura 20 - Cargas térmicas do edifício para a estação de aquecimento. ....             | 55 |

## Lista de tabelas

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Condições interiores de projeto.....                               | 31 |
| Tabela 2 - Condições exteriores de projeto .....                              | 32 |
| Tabela 3 - Caudais mínimos de Ar Novo.....                                    | 32 |
| Tabela 4 - Caudais de Ar Novo Introduzidos em cada espaço.....                | 33 |
| Tabela 5 - Horários .....                                                     | 34 |
| Tabela 6 - Tipo de atividade .....                                            | 34 |
| Tabela 7 - Iluminação e equipamento .....                                     | 35 |
| Tabela 8 - Características térmicas dos materiais utilizados [18].....        | 37 |
| Tabela 9 - Materiais constituintes de uma parede .....                        | 37 |
| Tabela 10 - Caudais de ar de Insuflação e Extração .....                      | 63 |
| Tabela 11 - Dimensionamento dos ventiloconvectores .....                      | 67 |
| Tabela 12 - Modelos dos ventiloconvectores .....                              | 68 |
| Tabela 13 - Potências totais de arrefecimento e aquecimento.....              | 68 |
| Tabela 14 - Características técnicas principais do <i>chiller</i> .....       | 78 |
| Tabela 15 - Caudais de insuflação e de extração.....                          | 82 |
| Tabela 16 - Características técnicas dos ventiladores.....                    | 83 |
| Tabela 17 - Características do módulo de recuperação de calor .....           | 84 |
| Tabela 18 - Características das baterias de arrefecimento e aquecimento ..... | 84 |
| Tabela 19 - Características técnicas principais dos ventiloconvectores .....  | 86 |
| Tabela 20 - Espessuras das condutas de secção circular.....                   | 87 |
| Tabela 21 - Espessuras das condutas de secção retangular .....                | 87 |
| Tabela 22 - Distancias entre abraçadeiras .....                               | 93 |

## **Simbologia**

AISI - *American Iron and Steel Institute*

Ap - Área do piso

AQS - Águas quentes sanitárias

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

AUTO-CAD - *Computer Aided Design*;

AVAC - Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado

BCG - Bomba de calor geotérmica

CHCP - *Combined Heat, Cooling and Power*; Trigeração

CHP - *Combined Heat and Power*; Cogeração

COP - *Coeficient of Performance*;

CO<sub>2</sub> - Dióxido de carbono

C<sub>p</sub> - Calor específico

dB - Décibel

DL - Decreto-lei

DN - Diâmetro nominal

EER - *Energy Efficiency Ratio*;

EN - Norma europeia

ESEER - *European Seasonal Eenergy Efficiency Ratio*;

F<sub>c</sub> - Fator de correção

GTC - Gestão técnica centralizada

HAP - *Hourly Analysis Program*;

Hg - Coluna de mercúrio

HR - Humidade relativa

IS - Instalação sanitária

ISO - *International Organization for Standardization*

ITE - Informação Técnica para Edifícios

LED - *Light Emitting Diode*;

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LNETH - Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial

Mca - Metros de coluna de água

NO<sub>x</sub> - Óxido de Nitrogénio

N<sub>p</sub> - Número de pessoas

NP - Norma portuguesa

Pa - Pascal

Pd - Pé direito

PID - Proporcional Integral Derivativo

Ppm - Partes por milhão

PVC - Policloreto de vinil

QAI - Qualidade do Ar Interior

Q - Carga térmica

Ql - Calor latente

Qs - Calor sensível

R - Resistência térmica

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

Re - Resistência externa

Ri - Resistência interna

Rph - Rotações por hora

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios

SMACNA - *Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association*

SPLIT - Unidade individual de condicionamento de ar

Teq - Temperatura equivalente

Text - Temperatura exterior

Tint - Temperatura interior

U - Coeficiente Global de Transmissão de Calor

URE - Unidade de recuperação de energia

UTA - Unidade de tratamento de ar

UTAN - Unidade de tratamento de ar novo

VAC - Volume de ar constante

VAR - Válvula de antirretorno

VAV - Volume de ar variável

VC - Ventiloinvector

VRF - Volume de refrigerante variável

VTV - Volume e temperatura variável

Xe - Humidade absoluta exterior

Xi - Humidade absoluta interior

XPS - Poliestireno expandido extrudido

$\lambda$  - Condutibilidade térmica

$\Delta T$  - Diferencial de temperatura

### **Anotações**

[ ] - Referência bibliográfica

( ) - Referência bibliográfica

## 1. Introdução

### 1.1. Enquadramento

O presente projeto tem como objetivo o dimensionamento e instalação do sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) de um Hotel de Charme de 5 estrelas situado na baixa da cidade de Lisboa.

Na elaboração deste trabalho pretende-se garantir a obtenção de elevados níveis de qualidade da instalação de forma a satisfazer as exigências dos clientes, tendo em conta a especificidade do ramo de atividade em questão.

A definição da instalação teve em conta a vocação dos espaços com o objetivo de garantir elevadas condições de conforto, em termos higrométricos, qualidade do ar, nível de ruído e consumo racional de energia. Para tal será utilizado software específico, de forma a dimensionar todo o sistema AVAC.

Devido à constante variação das necessidades térmicas do edifício ao longo do ano e de cada dia, pretende-se dotar a instalação da flexibilidade indispensável de forma a que, mesmo em regimes de carga parcial, esta seja eficiente. Desta forma pretende-se obter elevados rendimentos energéticos e baixos custos de exploração e manutenção.

A produção de água arrefecida é efetuada por um *chiller* só frio e a produção de água aquecida através de uma caldeira mural.

No sistema de conforto ambiente os espaços serão mantidos a  $T = 20^{\circ}\text{C}$  (inverno) e  $T = 25^{\circ}\text{C}$  (verão), pretendendo-se garantir o caudal de ar novo por pessoa e/ou  $\text{m}^2$  indicado nos regulamentos energéticos e simultaneamente minimizar o desconforto ambiente.

Considerou-se mais vantajoso instalar um sistema de climatização do tipo “Ar-Água”, tendo em conta o ramo de atividade a que se destina o edifício. A UTAN será do tipo tudo ar novo. A central de frio será instalada na cobertura, à intempérie.

O cálculo das cargas térmicas de aquecimento e de arrefecimento do edifício foi efetuado recorrendo ao programa informático HAP da Carrier, E 20 – II, versão Hourly Analysis Program 4.5.

O dimensionamento da UTAN foi efetuado recorrendo ao programa informático da Sandometal.

Finalmente apresentam-se as peças desenhadas tendo-se recorrido ao programa informático AUTO-CAD 2007, as quais constituem um conjunto de elementos que se interligam e complementam entre si, pretendendo-se em todo o projeto cumprir com a legislação em vigor nomeadamente, RCCTE, RSECE, SCE e QAI.

O comando, controlo e monitorização dos diferentes sistemas e equipamentos que constituem as instalações de AVAC serão efetuados através de um sistema de gestão técnica centralizada, GTC.

## **1.2. Motivação e objetivos**

A motivação que levou à escolha deste tema prende-se com o facto de, em termos gerais, desenvolver um especial interesse pela climatização, reconhecendo igualmente a sua cada vez maior importância em todos os setores de atividade, quer sejam marítimos ou terrestres.

Tendo em consideração a estreita relação entre as políticas energéticas, a crise económica mundial, as emissões de poluentes atmosféricos e a escassez de combustíveis face ao consumo, poder-se-á considerar que o momento é oportuno para efetuar uma profunda análise a todas as formas de otimização de energia.

Mais ainda, pelo desafio aliciante que representa a procura de soluções passivas e ativas de climatização, associadas às energias renováveis, de forma a aumentar a eficiência energética dos edifícios e a reduzir a dependência dos combustíveis fósseis.

A estratégia da Comunidade Europeia até 2020, recorde-se, assenta no compromisso assumido pelos estados membros em cumprir os seguintes objetivos: reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> em 20%, melhorar a eficiência energética em 20% e ter pelo menos 20% do seu sistema energético proveniente de energias renováveis. Em relação a Portugal, o objetivo proposto é alcançar os 31% nas energias renováveis.

A execução deste projeto de climatização permite a aplicação e desenvolvimento dos conhecimentos anteriormente adquiridos, com a vantagem acrescida de se efetuar o projeto e dimensionamento de uma instalação em termos reais, cumprindo os regulamentos em vigor.

Os objetivos dos sistemas que constituem as instalações de AVAC propostas no presente projeto são os seguintes:

- A aplicação do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei nº 80 / 2006 de 4 de abril, [13];
- A aplicação do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), Decreto-Lei nº 79 / 2006, de 4 de abril, [14];

- A aplicação do Regulamento dos Sistemas de Certificação Energética (SCE) e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (QAI), Decreto-Lei nº 78 / 2006, de 4 de abril, [15];
- A aplicação do Regulamento Geral sobre o Ruído, Decreto-Lei nº 251/87 de 24 de junho;
- Controlar a velocidade do ar, a qual não pode ultrapassar o valor limite de 0,2 m/s no espaço ocupado até uma altura de 2m do pavimento (EN 13779), particularmente nos ambientes de conforto de forma a minimizar a percentagem de ocupantes descontentes;
- Cumprimento das Taxas de Renovação mínimas de ar novo exigidas pelo RSECE;
- Satisfazer as exigências fisiológicas definidas em matéria de ventilação, limitando os níveis de dióxido de carbono, diluindo os efeitos resultantes da aglomeração das pessoas e evacuação dos odores decorrentes das instalações sanitárias;
- A necessidade de se criarem artificialmente as condições de conforto para os utilizadores dos diferentes locais, relativas ao ar ambiente, garantindo que estas sejam praticamente estacionárias nas diferentes estações do ano, devidas às variações naturais da temperatura e humidade do ar exterior e aos agentes poluentes da atmosfera terrestre circundante;
- Tratar o ar proveniente do exterior, de forma a criarem-se as condições específicas requeridas em cada local, quer pela imposição das atividades particulares que neles se desenvolvem, quer por imposição de equipamentos e/ou materiais;
- Tratar de forma independente as diferentes zonas e/ou locais, em função das condições pretendidas, do período de funcionamento, da ocupação e do tipo de atividade;
- Ter em consideração a não aplicação de materiais de construção considerados Não Ecologicamente Limpos tais como: lã mineral, aglomerados de madeira, aglomerados de cortiça de ligante fenólico, tintas de bases solventes, colas de base solvente, têxteis de fibra curta, amianto ou respetivos tecidos, fibrocimento ou compósitos de amianto, betumes e massas de regularização com compostos orgânicos voláteis;
- Adoção de sistemas de regulação e controlo com manutenção da temperatura de conforto dentro de certos limites, regulação da potência de aquecimento às necessidades térmicas do edifício e possibilidade de fecho ou redução automática do aquecimento/arrefecimento, por grupos de espaços (zonas), em períodos de não ocupação;
- Detetar situações de funcionamento anormais nos diversos sistemas;

- Aplicação de uma unidade de recuperação de energia incluída na UTAN, permitindo uma redução dos consumos energéticos, tratamento dos espaços integralmente com ar exterior e contribuir significativamente para a melhoria da QAI;
- Ter em consideração os ventos dominantes que são do quadrante NO-NE, sendo preferencialmente as admissões de ar viradas para Norte e as exaustões para Sul, de modo a minimizar o efeito de curto-circuito entre o ar novo e o expelido na cobertura;
- De modo a minimizar o nível de ruído provocado pelo sistema de AVAC, todos os equipamentos selecionados são de baixo nível de ruído, de modo a verificar os níveis de ruído indicados para cada um dos espaços.
- O comando e controlo dos diferentes sistemas e equipamentos que constituem as instalações de AVAC serão efetuados através de um sistema de gestão técnica centralizada, GTC;
- Obter uma instalação que seja tecnicamente viável, de elevada eficiência energética, com baixo consumo de energia elétrica e de fácil manutenção e operação;
- Em síntese, todos os sistemas que constituem as instalações de AVAC projetadas utilizarão equipamentos independentes, conseguindo-se proporcionar uma observância aproximada ou mesmo exata das condições de temperatura do ar ambiente. Aplicar-se-á uma unidade de recuperação da energia, garantir-se-á a QAI e a habitabilidade nos locais e a flexibilidade no controlo das condições de temperatura ambiente em cada local climatizado;

### **1.3. Organização do trabalho**

O projeto de climatização está organizado em seis capítulos, seguindo-se um breve resumo acerca do seu conteúdo:

No Capítulo 1 (introdução) descreve-se o enquadramento do presente trabalho, os objetivos propostos e as motivações que levaram ao desenvolvimento deste projecto. No final, faz-se a descrição da organização dos diversos capítulos e apresentação de listagem de desenhos e anexos.

No Capítulo 2 (O estado da arte) faz-se uma abordagem sobre o atual estado da arte da climatização em edifícios, tendo como objetivo fazer a apresentação dos sistemas de climatização mais utilizados e simultaneamente mais eficientes em termos energéticos.

No Capítulo 3 (Cálculo das cargas térmicas) faz-se a apresentação e caracterização do edifício em questão, bem como dos espaços a climatizar. Proceda-se ao cálculo das cargas térmicas de aquecimento e de arrefecimento e respetivas potências de

aquecimento e de arrefecimento, através do programa informático HAP da Carrier. Faz-se a descrição do procedimento de introdução de dados, *inputs*, no programa. No final do capítulo apresentam-se quadros com o resumo dos resultados obtidos e respetivas conclusões.

No Capítulo 4 (Sistema de climatização proposto) faz-se a apresentação do sistema de climatização proposto e dimensionamento dos principais equipamentos da instalação, nomeadamente: *chiller*, caldeira, UTAN, ventiloconvectores, ventiladores, bombas de água, condutas e tubagens.

No Capítulo 5 (Especificação técnica dos equipamentos) descrevem-se as características técnicas dos equipamentos principais da instalação e respetivas peças auxiliares.

No Capítulo 6 (Conclusões) apresentam-se as conclusões finais relativamente ao estudo desenvolvido e sugestões para trabalho futuro.

As peças desenhadas foram executadas recorrendo ao programa informático AUTO-CAD, sendo a lista de desenhos composta por:

- Desenho nº 01.AC.01 - Diagrama das courettes com traçado das condutas;
- Desenho nº 01.AC.02 - Esquema de princípio de água arrefecida e água aquecida;
- Desenho nº 01.AC.03 - Diagrama das courettes com traçado das tubagens;
- Desenho nº 02.AC.00 - Simbologia, tabela das condutas e caudais das unidades ventiloconvectoras. Pormenores;
- Desenho nº 02.AC.01 a 07 - Traçado das condutas e implantação do equipamento;
- Desenho nº 03.AC.00 - Simbologia, tabela das tubagens e caudais das unidades ventiloconvectoras. Pormenores;
- Desenho nº 03.AC.01 a 07 - Traçado das tubagens e implantação do equipamento;

Nos Anexos apresentam-se diversos ficheiros referentes aos cálculos efetuados para o desenvolvimento do projeto:

Anexo I – Desenhos de Arquitetura;

Anexo II - Desenhos do Projeto AVAC;

Anexo III - Coeficientes globais de transmissão de calor (U);

Anexo IV - Identificação dos espaços a climatizar;

Anexo V – Caudais de ar;

Anexo VI- *Outputs* do programa HAP;

Anexo VII - Dimensionamento dos ventiloconvectores;

Anexo VIII - Dimensionamento e perdas de carga da tubagem de água arrefecida;

Anexo IX - Dimensionamento e perdas de carga da tubagem de água aquecida;

Anexo X - Dimensionamento e perdas de carga das condutas de insuflação;

Anexo XI - Dimensionamento e perdas de carga das condutas de extracção;

Anexo XII - Dimensionamento da UTAN;

Anexo XIII - Ficheiro E3 A do programa HAP da Carrier.

Os Anexos I, VI e XIII só serão apresentados em formato digital.

## **2. O Estado da Arte**

### **2.1. Arrefecimento passivo**

O presente capítulo aborda o atual estado da arte da climatização em edifícios, tendo como objetivo fazer a apresentação dos sistemas de climatização mais utilizados e simultaneamente mais eficientes em termos energéticos, respeitando as normas de higiene, segurança e ambiente. Neste contexto, a recuperação térmica nos sistemas de climatização contribui positivamente para a promoção da eficiência energética.

O arrefecimento passivo consiste essencialmente em impedir ou retardar a entrada da radiação solar num edifício e efetuar a remoção do calor gerado no seu interior através de meios passivos, dinâmicos ou mistos. Tal situação consegue-se através do próprio edifício, projetando-o de forma a promover este tipo de desempenho. Utilizam-se vários métodos com vista ao arrefecimento passivo de um edifício, dos quais se destacam os seguintes:

- Utilização de materiais construtivos com baixo coeficiente de condutibilidade térmica;
- Isolamento das fachadas pelo exterior;
- Pintura de cor branca ou tinta absorvente e refletora se a opção for uma cor escura;
- Vidros duplos com caixa de ar, corte térmico e película refletora pelo exterior;
- Estores exteriores com lâminas reguláveis;
- Palas de sombreamento sobre as janelas, essencialmente nas fachadas a Sul e Poente;
- Plantação de árvores de folha caduca nas fachadas a Nascente, Sul e Poente e de folha persistente na fachada Norte;
- Pavimento da envolvente em relva ou outro material não refletor e com boa capacidade de absorção da radiação solar;
- Poços de luz para potenciar o aproveitamento da luz natural, reduzindo assim consumos energéticos e diminuição da carga térmica de iluminação;
- Promover, se possível, a ventilação natural (as aberturas junto ao chão e no alto provocam o ciclo convectivo, fazendo subir o ar quente e deixando entrar o ar fresco) e o arrefecimento noturno do edifício;
- Em zonas com disponibilidade de água, o método evaporativo é o indicado para promover conforto em temperaturas muito elevadas;

Assim, é de toda a conveniência adotar soluções construtivas e arquitetônicas que promovam a diminuição das cargas térmicas tanto de verão como de inverno, o que permite instalações de AVAC mais pequenas e por conseguinte custos de investimento inicial e de exploração mais baixos.

### **2.1.1. Apresentação de um sistema de Arrefecimento Passivo**

Descrição da solução adotada no Edifício Solar XXI, do LNETI:



Figura 1 - Fachada principal do edifício

O sistema consiste no arrefecimento do ar através de condutas enterradas no solo, efetuando-se a admissão de ar exterior a partir de um poço de alimentação, permitindo assim a entrada de ar arrefecido no interior do edifício (11).

Este sistema constitui a principal inovação no conjunto de estratégias de arrefecimento idealizadas para o edifício. Aproveitou-se o facto do solo apresentar temperaturas no período de verão que variam entre os 16 e os 18°C, mesmo quando as temperaturas do ar exterior atingem valores na ordem dos 35°C. Na realidade, existe um potencial de frio na terra (fonte fria) muito interessante para arrefecer o ar a introduzir no interior do edifício. A montagem deste sistema consistiu na colocação de 32 condutas de manilhas de cimento (com um diâmetro de 30 cm) enterradas a 4,6 m, e que constituem o “permutador de calor” que permite a “transferência de calor” do ar com a fonte fria (terra), arrefecendo assim o ar a injetar no edifício. Refira-se que a escolha das manilhas corresponde a uma opção de utilizar um material de grande condutibilidade de forma a

facilitar as “trocas” de calor. A entrada de ar faz-se a partir de um poço de alimentação, construído a cerca de 15 metros do edifício (distância média) (11).

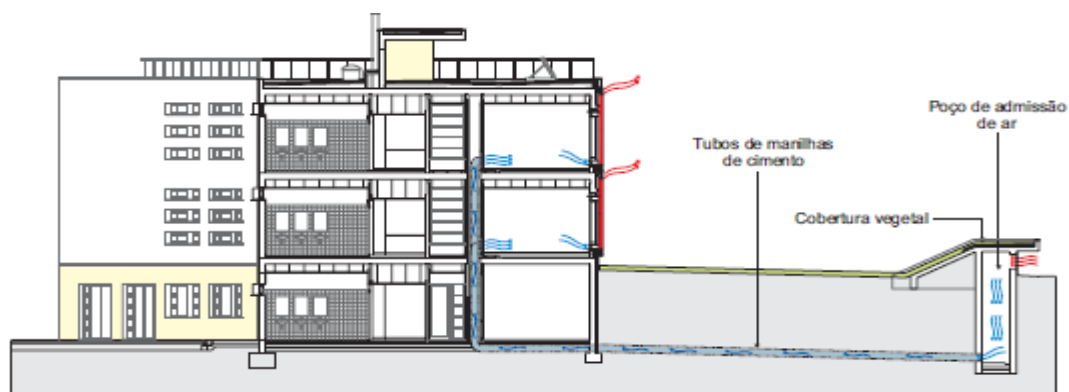


Figura 2 - Sistema de arrefecimento do ar através de condutas enterrados

Estas condutas entram no edifício pelo piso enterrado, sendo de referir que daqui para a frente utiliza-se tubagem em PVC, visto já não se colocar a questão da transferência de calor. O percurso das condutas na vertical é efetuado pelas courettes centrais do edifício (condutas metálicas tipo “spiro”), efetuando-se a distribuição do ar direta e individualmente nas salas do piso zero e do piso 1. Cada sala recebe dois tubos e respetivas saídas de ventilação, que o utilizador deve controlar em termos de abertura e fecho. A gestão funcional do sistema depende essencialmente do comportamento global do edifício em termos térmicos, e do comportamento dos utilizadores. Prevê-se que o sistema possa funcionar com maior eficiência se a entrada de ar através das condutas for acionada a partir do meio da tarde, altura em que se requer ar frio para compensar o aumento da temperatura interior. Em suma, o sistema de arrefecimento pelo solo vem complementar o conjunto de estratégias de ventilação (diurna e noturna) que determina o nível de cargas no interior do edifício e respetiva temperatura (11).

No inverno, como a temperatura da terra é baixa não é possível fazer o aproveitamento do calor desta, tendo sido instalados radiadores a água quente nos espaços a climatizar. Para minimizar a energia produzida pela caldeira, foram colocados painéis solares térmicos (11).

## 2.2. Sistemas autónomos e sistemas centralizados

Os sistemas existentes podem ser divididos em autónomos (individuais) e centralizados, tendo em conta a área a climatizar e o local onde se produz inicialmente o calor ou o frio.

### ● **Sistemas autónomos**

Os sistemas autónomos de condicionamento de ar são caracterizados por possuírem produção própria de frio ou de calor e normalmente servirem um único espaço. O equipamento pode estar todo concentrado numa unidade compacta ou então apresentar-se separado em unidades exteriores e interiores.

Utilizam o sistema de expansão direta de um fluido refrigerante e estão localizados no ambiente que condicionam. Como exemplos de sistemas autónomos podem citar-se as unidades do tipo *Split*, *Multisplit* e as Unidades de janela (2).

### ● **Sistemas centralizados**

Um sistema centralizado tem por objetivo servir a totalidade ou uma grande parte do edifício, estando o circuito primário localizado na chamada zona técnica, sendo o acesso restrito ao pessoal especializado. O fluido é aquecido ou arrefecido num local exterior àquele que se quer climatizar. A climatização dos espaços faz-se através da distribuição do fluido de transferência de energia (ar, água ou fluido refrigerante) pelos equipamentos terminais em contacto direto com o ambiente dos locais a climatizar. Como exemplos de sistemas centralizados podem citar-se: “Tudo-Ar”, “Ar-Água” e Volume de Refrigerante Variável (VRF) [2].

## **2.3. Sistemas de expansão direta e sistemas de expansão indireta**

As instalações, tendo em conta a forma como o fluido térmico está em contacto com o meio a climatizar e com o exterior, podem ainda ser classificadas como:

### ● **Sistema de expansão direta**

Caracteriza-se pelo facto de não existir um fluido intermédio que sirva de “transportador” entre o fluido arrefecedor e o ar utilizado para climatizar. Ou seja, um sistema sem circuitos secundários onde o evaporador está em contacto direto com o meio a climatizar. Neste grupo destaca-se o sistema “Tudo-refrigerante” [2].

### ● **Sistema de expansão indireta**

Consiste num sistema com circuito secundário que vai servir para o arrefecimento do espaço a climatizar. Quando o circuito produtor de frio se encontra bastante afastado do local a ventilar, torna-se necessário existir um fluido de “transporte” (normalmente água

tratada) entre a zona onde o circuito produtor de frio se encontra e o local a climatizar. Neste grupo destaca-se o sistema “Ar-água” [2].

## **2.4. Sistemas de climatização mais utilizados e energeticamente mais eficientes**

### **● Unidade tipo *Split***

O condicionador de ar tipo *Split* (1) deriva da unidade tipo janela e caracteriza-se por estar dividido (separado) em 2 módulos: A unidade evaporadora no interior do espaço e a unidade condensadora no exterior, caso do verão. Sendo bomba de calor reversível, no inverno faz-se a inversão do ciclo e consequentemente das unidades. Os 2 módulos estão unidos pela tubagem de cobre que permite a passagem do fluído refrigerante. Funciona com um ciclo de refrigeração por compressão de vapor (expansão direta), sendo bastante silencioso durante o seu funcionamento.

A solução *Split* só deve ser utilizada quando se trata de uma única divisão ou, sendo várias divisões, quando estas se encontram demasiado afastadas para se utilizar outro sistema. Pode ser instalado em escritórios, residências, entre outros.

Existem diversos tipos de unidades interiores do sistema tipo *Split*, sendo os mais comuns os murais, piso/teto e cassette.

### **● Sistema *Multisplit***

O sistema *Multisplit* é constituído por uma unidade exterior (condensadora) à qual podem ser ligadas várias unidades interiores (evaporadoras), independentes entre si. A quantidade de unidades interiores fica sempre dependente da capacidade da unidade condensadora e de cada fabricante. Contudo, existem limitações em termos de distâncias entre cada uma das unidades interiores e a unidade exterior, assim como no comprimento total da tubagem utilizada.

O *Multisplit* é ideal para situações em que seja necessário climatizar mais de um ambiente ao mesmo tempo e se dispõe de pouco espaço exterior para instalar as unidades exteriores (2). Pode ser instalado em residências, pequenos escritórios, entre outros.

As unidades internas são normalmente do tipo mural, piso/teto e cassette.



Figura 3 - Sistema *Multisplit* (2)

- **Unidade de janela**

A unidade de condicionamento de ar do tipo janela é o mais simples entre todos os sistemas abordados. Compacto, reúne todo o sistema de refrigeração num só bloco. Desta forma, necessita de pouco espaço para a sua instalação. Tem um consumo energético baixo, principalmente nas versões mais recentes. Contudo, tem a desvantagem de ser mais ruidoso comparativamente com os anteriores (2).

Pode ser instalado em escritórios, pequenas/médias salas e residências, entre outros.

- **Sistema “Tudo-Ar”**

Este tipo de sistema consiste no facto do aquecimento ou arrefecimento dos espaços ser efetuado apenas por Unidades de Tratamento de Ar (UTA's), não havendo a repartição da carga térmica por outro tipo de fluido. Existem dois grandes sistemas do tipo “Tudo-Ar”: o VAC (Volume de ar constante) e o VAV (Volume de ar variável) [2]. No sistema VAC, o caudal de insuflação é constante e o sistema altera as condições termo higrométricas de forma a garantir a remoção da carga térmica existente em cada espaço. No sistema VAV, a temperatura de insuflação é constante enquanto o sistema varia a quantidade de caudal de ar a insuflar em cada espaço, de forma a eliminar a sua carga térmica existente. Contudo, apresenta o problema de um fornecimento de ar deficiente quando a carga térmica a retirar é de baixo valor e igualmente apresenta problemas de equilíbrio em locais onde a carga térmica sofre variações significativas. O Sistema VAV possui uma variante mais aliciante em termos de consumo energético, denominando-se Sistema VTV (Volume e Temperatura Variável) [2], visto possuir um *by-pass* ao retorno cuja função é manter o caudal de ar constante na unidade climatizadora central (normalmente DX). Assim, elimina os problemas de deficiente insuflação quando a

carga térmica é reduzida, tal como os problemas de equilíbrio do sistema se a carga térmica a remover em diferentes locais for bastante variável. Além disso, permite a variação de temperatura do caudal principal.

Os sistemas “Tudo-Ar” VAV e VAC permitem um bom controlo das condições interiores, nomeadamente no que diz respeito ao controlo da humidade relativa. Contudo, estes sistemas necessitam de redes de condutas bastante volumosas devido aos elevados caudais de ar que nelas circulam. Todo o ar insuflado é tratado nas UTA’s, sendo posteriormente introduzido nos espaços a climatizar [2].

Os sistemas tudo ar consistem numa técnica de climatização em que a remoção da carga térmica das diferentes zonas dum edifício é efetuada apenas pela distribuição de ar previamente tratado nos equipamentos dos sistemas individuais ou nos sistemas centralizados.

Nos locais técnicos centralizados existem normalmente unidades produtoras de água fria e de água quente (Chiller, Bomba de calor, Caldeira) que asseguram a produção primária de frio e de calor, utilizando fluidos refrigerantes e água, necessária nas UTA’s. O ar depois de tratado é distribuído até aos locais condicionados onde, ao ser insuflado no ambiente pelos dispositivos terminais (grelhas ou difusores) deve “varrer” adequadamente a zona ocupada para que o efeito da carga térmica em jogo seja realmente anulado numa forma correta [2].

### ● Sistema “Ar-Água”

Este sistema é constituído por uma ou mais unidades exteriores, as quais, através de um ciclo frigorífico fornecem ou retiram calor à água que circula na rede de tubagens, servindo depois as unidades terminais instaladas nos espaços a climatizar. Existem diferentes tipos, devido à forma como se encontra dividida a remoção da carga térmica através da água e do ar. A solução mais utilizada consiste em remover a carga térmica do interior do local através do circuito de água eliminando ou fornecendo simultaneamente a energia térmica ao ar exterior no sentido de se atingir o equilíbrio térmico novamente no interior do espaço [2].

Estes sistemas são designados “Ar-Água” devido ao facto de para além de ser insuflado ar primário é também utilizada água nas unidades terminais instaladas em cada um dos espaços a climatizar. O caudal de água aquecida ou arrefecida que circula nas baterias das unidades terminais é regulado por válvulas motorizadas em função do sinal detetado

por cada termóstato de ambiente. As unidades terminais mais utilizadas são os ventiloconvectores. O circuito de distribuição da água aquecida e arrefecida pode ser efetuado a 2 ou 4 tubos.

O ar introduzido mecanicamente nos espaços designa-se por ar primário e normalmente é constituído apenas por ar novo tratado numa UTA. A função principal do ar primário consiste em assegurar as necessidades mínimas de ventilação e o controlo da humidade relativa dos diferentes espaços. A parcela da carga térmica que este escoamento de ar consegue anular depende essencialmente das condições definidas para a insuflação.

O ar primário que alimenta cada um dos espaços a climatizar pode entrar diretamente no ambiente através de grelhas ou difusores, ou pode ser conduzido diretamente para os VC's onde se mistura previamente com o ar de recirculação para depois ser introduzido no ambiente. Neste caso, o ventilador é responsável pela movimentação desta mistura através das baterias, pela distribuição do ar de insuflação e ainda pela recirculação do ar ambiente. Quando a alimentação não é feita diretamente nos VC's, o ventilador apenas movimenta um escoamento de ar de recirculação [2].

O ar primário entra inicialmente num *plenum*, isolado acusticamente, para depois ser injetado através de várias condutas na câmara de distribuição de forma a que o efeito de indução obtido consiga assegurar a recirculação do ar ambiente pela unidade terminal. Deste modo, o ar de recirculação ao entrar na unidade contacta diretamente com as baterias misturando-se posteriormente com o ar primário na câmara de distribuição.

Uma das vantagens dos sistemas “Ar-Água” relativamente aos sistemas “Tudo-Ar” consiste na necessidade de menor espaço para a passagem das condutas uma vez que o caudal em jogo é menor [2].

#### ● **Sistemas a volume de refrigerante variável (VRF)**

Os sistemas “Tudo refrigerante” incluem os sistemas de volume de refrigerante variável, VRF, unidades *Split*, *Multisplit* e aparelhos de janela. Estes sistemas utilizam o próprio fluido refrigerante do ciclo frigorífico no tratamento térmico dos espaços a climatizar, circulando-o através dos VC's e respetiva rede de tubagens, sendo por isso também designado por sistemas de expansão direta.

A designação VRF caracteriza-se pelo fornecimento da energia térmica de forma proporcional e progressiva às necessidades da zona a tratar. Simultaneamente, adapta o ciclo de trabalho do compressor e do ventilador da unidade exterior em função da

potência necessária assim como o fluxo do fluido refrigerante que se ajusta às necessidades de cada espaço interior. Tal situação permite obter uma regulação progressiva em todas as unidades terminais, variando a capacidade da condensação/evaporação de cada unidade interior, permitindo obter temperaturas ambientes individualizadas [2].

#### • **Bomba de Calor Geotérmica**

O aproveitamento da energia geotérmica resulta do fato da terra manter uma temperatura constante entre os 16°C e os 18°C a partir de sensivelmente 1 m de profundidade, consoante o local e o clima, possibilitando realizar arrefecimento natural no verão e um pré-aquecimento no inverno.

Através da geotermia consegue-se climatizar espaços/edifícios e aquecer as águas sanitárias obtendo grande poupança relativamente às energias convencionais e com benefícios para o ambiente devido à redução das emissões de CO<sub>2</sub> (7).

#### **Tipos de captação**

As bombas de calor geotérmicas (BCG) podem funcionar a partir de dois tipos de fonte de calor: a Terra e a Água. O aproveitamento da energia do subsolo pode ser feita de três formas distintas, de acordo com a fonte selecionada: captação horizontal, captação vertical e aproveitamento de lençóis freáticos: (8).

- **Captação horizontal:** consiste numa plataforma horizontal soterrada a baixa profundidade, com tubos de captação em circuito fechado. Constituída por tubos sob pressão em polietileno ou cobre revestidos de PVC nos quais circula água glicolada ou fluído frigorígeno, constituindo-se assim num excelente permutador de calor. Este sistema necessita de uma superfície de terreno de 1,5 a 2 vezes a superfície habitável a aquecer. A natureza do solo e a exposição do terreno têm pouca influência no sistema.

- **Captação vertical:** consiste na perfuração do subsolo com inserção vertical das sondas geotérmicas em circuito fechado. O sistema é constituído por tubos sob pressão em polietileno nos quais circula água glicolada. O princípio consiste em recuperar o calor ou frio em profundidade, transformando o solo num permutador de calor, funcionando como aquecedor ou condensador.

- **Captação em lençol freático:** consiste no aproveitamento das águas subterrâneas em circuito aberto. Nos lençóis freáticos, a água mantém uma temperatura constante

durante todo o ano, de 9 a 12°C ou superior, consoante a região. Este sistema pode bombear a água por perfuração num primeiro furo a montante do lençol freático e, em seguida, depositá-la num segundo furo ou num poço a jusante do lençol freático (8).

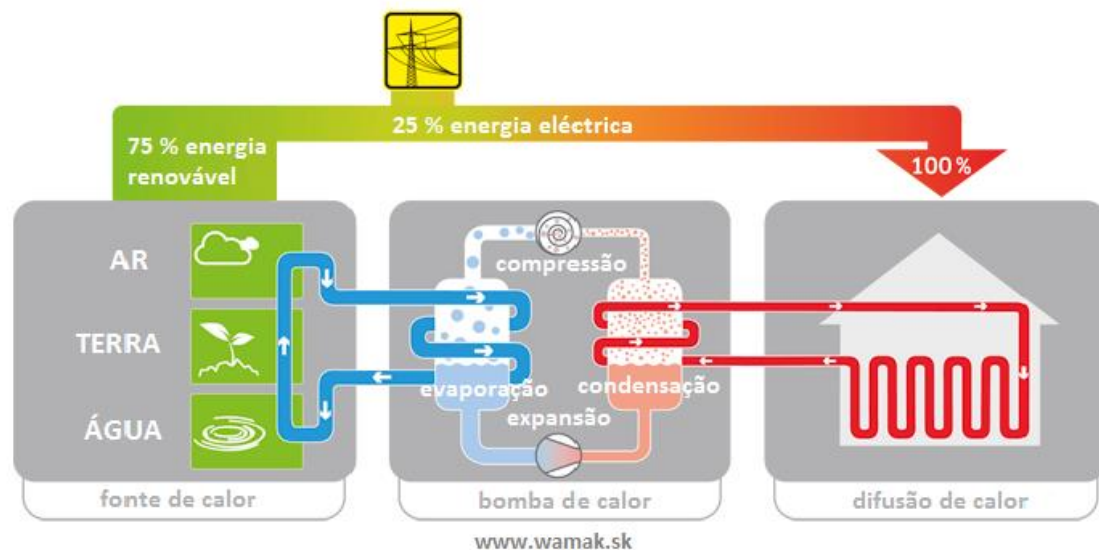


Figura 4 - Esquema tipo de uma bomba de calor geotérmica (8)

### Funcionamento de uma bomba de calor geotérmica

Uma bomba de calor apenas necessita de uma fonte de calor (ar exterior) dois permutadores de calor (um para absorver e outro para libertar o calor) e uma relativamente pequena quantidade de energia motriz para manter o sistema em funcionamento. Uma bomba de calor geotérmica extrai energia térmica do ambiente, sendo a fonte o ar exterior. A bomba extrai energia a uma determinada temperatura, aumenta essa temperatura e liberta-a num meio que, nos casos mais comuns é a água que vai para os radiadores de baixa temperatura, sistemas de chão/teto radiante ou unidades ventiloconvectoras. Entre estes dois meios, o calor é movido por intermédio de um fluído de trabalho (6).

A energia geotérmica é um tipo de energia que funciona graças à capacidade natural da terra e/ou da sua água subterrânea em reter calor e consiste em transferir esse calor num sistema composto de tubos subterrâneos para aquecer ou arrefecer um edifício. Uma bomba de calor é o componente do sistema que necessita de energia elétrica para poder funcionar. O seu papel consiste em extrair energia térmica da terra para um edifício

durante o inverno e o contrário acontece durante o verão onde transfere o calor do edifício até uma zona mais fria da terra, mantendo-o assim fresco.

Para isto ser realizável, a energia térmica tem de viajar através de um meio líquido (água subterrânea) contendo uma solução que previne a gelificação da água nos locais onde esta pode atingir temperaturas demasiado baixas como na Escandinávia, Estados Unidos e Canadá

### ● Cogeração e Trigeração

Devido à necessidade de aumentar a eficiência energética dos sistemas de cogeração tradicionais, reduzindo custos financeiros e ambientais, evoluiu-se para a cogeração / trigeração efetuando o reaproveitamento da energia térmica desperdiçada (Calor) para a produção de frio através de um *chiller* de absorção.

A Cogeração, também denominada por CHP (*Combined Heat and Power*), consiste na produção simultânea de energia elétrica (Eletricidade) ou mecânica e energia térmica (Calor) através do mesmo combustível numa determinada instalação.

A Trigeração, também denominada por CHCP (*Combined Heat, Cooling and Power*), constitui um processo alargado de Cogeração, sendo produzidas em simultâneo 3 formas diferenciadas de energia: eletricidade, calor e frio [2].

Nos países do Sul, as necessidades de aquecimento do setor terciário são limitadas a alguns meses de inverno. Contudo, as necessidades de arrefecimento (ar condicionado) são bastante significativas durante os meses de verão. A energia térmica proveniente de uma instalação de Cogeração/Trigeração pode, neste caso, ser utilizada para produzir frio, através de um ciclo de absorção [2].

Em termos de aplicação prática verifica-se um considerável crescimento da Trigeração para climatização do setor terciário em instalações como hipermercados, grandes centros comerciais, hospitais, hotéis, edifícios de serviços, aeroportos, escolas, piscinas e centros de lazer, entre outros.

### ● Chiller de absorção

Os *chillers* de absorção permitem produzir água fria a partir de uma fonte de calor, utilizando para tal uma solução de um sal (Brometo de Lítio) num processo termoquímico de absorção. O ciclo básico de absorção utiliza como fluídos o par Brometo de Lítio (Br-Li)/ Água (H<sub>2</sub>O), funcionando como absorvente o Brometo de Lítio e a água como absorvedor ou refrigerante [7].

No ciclo de absorção de vapor, a fonte de energia para geração de frio é o calor. Existe uma câmara de vácuo a sensivelmente 6 mm Hg, para reduzir a temperatura de evaporação da água. O fluído secundário ou absorvente (Brometo de Lítio) na fase líquida possui elevado ponto de evaporação, sendo responsável por absorver o fluido primário ou refrigerante (água) na forma de vapor.

Este tipo de *chillers* são muitas vezes integrados em sistemas de Cogeração, de forma a permitir o aproveitamento do calor que de outra forma seria desperdiçado [2].

Os *chillers* de absorção podem ser divididos em: *chillers* de ignição direta, indireta, de efeito simples ou de efeito duplo.

Nos *chillers* de absorção de ignição direta o calor necessário ao processo é obtido queimando diretamente um combustível, tipicamente gás natural. Nos de ignição indireta o calor necessário é fornecido na forma de vapor de baixa pressão, água quente, ou processo de purga quente.

### **Princípio de funcionamento**

O conjunto é composto essencialmente por: Gerador, *Chiller* de absorção, Torre de arrefecimento e Caldeira de apoio .O ciclo evolui da seguinte forma [7]:

- **Gerador:** o calor funciona como fonte de energia, tendo a função de promover a separação entre fluídos, absorvedor e absorvente.
- **Condensador:** o vapor de água vindo do gerador ao passar no condensador permuta calor com o liquido de arrefecimento, passando ao estado liquido a alta pressão.
- **Evaporador:** o liquido a alta pressão, irá passar através de uma válvula expansora, onde sofrerá uma queda de pressão, para valores inferiores à pressão atmosférica, o que originará um abaixamento da temperatura e consequente produção de água fria.  
Ao entrar no evaporador o liquido que funciona como refrigerante irá evaporar ao absorver o calor vindo do equipamento que se encontra instalado no ambiente (VC's).
- **Absorvedor:** o vapor de água evaporado ao passar no absorvedor faz a permuta com o Brometo de Lítio, que funciona como absorvedor.

Os *chillers* de absorção, comparativamente com os *chillers* de compressão, apresentam as seguintes vantagens: baixos custos de manutenção e de exploração, níveis de ruído e vibração inferiores, maior durabilidade (inexistência de órgãos mecânicos), amigo do

ambiente (reduzidas emissões de CO<sub>2</sub>) e consumos de energia elétrica muito baixos (cerca de 15% dos *chillers* de compressão).

Contudo, apresentam as seguintes desvantagens: Custo bastante elevado e baixos COP e EER [2].

#### • Dispositivos de recuperação de calor

Atualmente, a recuperação de calor assume uma importância cada vez mais significativa de forma a reduzir os custos energéticos na climatização de edifícios. A recuperação de calor aplicada a sistemas de AVAC (*chillers* e bombas de calor) assume particular importância nas situações em que os espaços a tratar necessitam de aquecimento e arrefecimento em simultâneo. Este tipo de necessidade ocorre com mais frequência nos períodos de meia- estação, devido aos ganhos térmicos da radiação solar direta serem mais elevados a horas distintas, de acordo com a orientação do edifício. Neste caso, o fluído térmico (geralmente água) recebe ou fornece calor para o tratamento de outro espaço.

Existem diversos sistemas de recuperação de calor, descrevendo-se 3 dos mais utilizados [2]:

- Permutador de calor de fluxos cruzados
- Roda Térmica
- Recuperador com 2 baterias e fluído de circulação

#### • Permutador de calor de fluxos cruzados

O permutador de fluxos cruzados é constituído por diversas camadas de placas metálicas (geralmente em alumínio) com caminhos de ar entrelaçados. O calor é transferido entre os fluxos de ar de um lado de uma placa para o outro. As placas estão normalmente separadas por uma distância entre 4 a 6 mm. Igualmente pode ser usado para recuperar frio. O módulo de recuperação de calor pode ou não estar incorporado na UTA. O sistema de correntes ou fluxos cruzados procede à recuperação da energia (calor) do ar de extração, transferindo essa energia para o ar novo de admissão. Este processo reduz significativamente as potências de arrefecimento e aquecimento a fornecer na respetiva bateria, resultando numa economia de energia, sendo a eficiência da recuperação de calor entre 50 e 70%. No inverno é feito um pré-aquecimento do ar

frio exterior a introduzir no edifício e um pré-arrefecimento do ar quente durante o verão, reduzindo as necessidades de correção de temperatura [2].

A estanquidade do permutador tem que ser total, de modo a garantir que não haja nenhuma possibilidade de contacto direto entre os dois caudais de ar (EN 13779), ou seja, o ar novo admitido e o ar de exaustão, evitando assim a transferência de odores e germes. Cada um dos 2 circuitos de ar (admissão e rejeição) é dotado de um ventilador do tipo centrífugo, permitindo um equilíbrio dos caudais de ar ou um ligeiro desequilíbrio quando se pretende uma taxa de insuflação ligeiramente superior à de exaustão (edifício pressurizado), para evitar infiltrações de ar e migração de odores.

- **Roda térmica**

Os permutadores de calor do tipo rotativo ou rodas térmicas, transferem a energia sensível e/ou latente do ar de extração que circula numa metade da roda para o ar a insuflar que passa em sentido oposto na outra metade da roda, quando esta se encontra em rotação. A roda térmica consiste numa matriz de material finamente corrugado, em rotação lenta, operando em ambos os fluxos de ar de sentidos opostos. O calor é absorvido à medida que o ar de exaustão atravessa a matriz, durante a primeira semirrotação, e libertado para o ar de insuflação durante a segunda semirrotação, tudo isto num processo contínuo. Também pode ser utilizado para recuperação de frio. A eficiência na recuperação de calor pode chegar aos 85 %. Algumas rodas térmicas também estão equipadas com uma camisa higroscópica para secagem ou humidificação dos fluxos de ar, assim como para transferência de calor latente [2].



Figura 5 - Roda entálpica. Matriz higroscópica (esquerda) e matriz em finas tiras

As rodas térmicas com tratamento dissecante incluído podem transferir simultaneamente energia sensível e energia latente. Geralmente é utilizado um sistema que evita o contacto do ar novo com o rejeitado (purga de ar).

A taxa de recuperação da energia pode ser regulada de 2 formas: variando a velocidade de rotação através de um motor de velocidade variável ou regulando a quantidade de ar que efetivamente passa na roda térmica através de um *by-pass*. A eficiência da roda térmica na recuperação de calor varia entre os 55 e os 85%, visto este tipo de recuperador ser o único que possibilita a transferência de calor latente, sendo assim aconselhável para situações de recuperação de calor também durante o verão.

Existem diferentes tipos de recuperadores rotativos [2]:

- Recuperador Térmico: recuperação de calor sensível, sendo indicado para aplicações de conforto e ventilação. Há transferência de humidade assim que num dos fluxos se atinja o ponto de orvalho.
- Recuperador Higroscópico: recuperação de calor sensível e de calor latente. Indicado igualmente para aplicações de conforto e ventilação. Há transferência de humidade assim que num dos fluxos se atinja o ponto de orvalho ou até certo ponto durante todo o ano.
- Recuperador Entálpico: recuperação de calor sensível e latente em alto grau de transferência de calor latente. Indicado para situações em que se pretende recuperar calor latente.

- **Recuperador com 2 baterias e fluído de circulação**

Este tipo de sistema é geralmente utilizado quando os circuitos de ar se encontram distantes na instalação ou se pretende garantir um total isolamento entre os fluxos.

O sistema é composto por 2 baterias de recuperação independentes, estando uma na secção de entrada (insuflação) e outra na secção de saída (extração), interligadas por tubos num circuito fechado onde circula o fluído de transferência de calor [2].

A transferência ocorre em duas serpentinas de permuta de calor (uma em cada sentido de fluxo) acopladas uma à outra, sendo pressurizadas através de uma bomba de circulação e usando água ou salmoura como meio de transferência de calor. Este dispositivo permite uma recuperação de calor entre fluxos de ar remotos e frequentemente múltiplos com uma eficiência na ordem dos 55%.

O fluido circula entre a bateria de aquecimento e a bateria de arrefecimento, efetuando somente a recuperação de calor quando a diferença de temperatura entre as baterias o justifica. Na estação quente o fluido circula pela bateria de frio, na secção de entrada do ar novo a insuflar.

O sistema de *by-pass* térmico é muito simples, pois basta desligar a bomba recirculadora.

Para este tipo de recuperação ser eficiente, isto é, ter um bom rendimento de recuperação e baixa perda de carga, é necessário que a velocidade de passagem nas baterias seja relativamente baixa ( $<1.8$  m/s).

## 2.5. Eficiência dos sistemas de climatização

De modo a avaliar a eficiência dos equipamentos de climatização, permitindo determinar os seus consumos, existem 3 grandezas adimensionais abaixo identificadas:

### ● EER (Energy Efficiency Ratio)

Representa uma grandeza adimensional que mede a eficiência de um equipamento de climatização, ou seja, a relação entre o valor de potência térmica disponibilizada em KW, para o **modo de arrefecimento**, por cada KW de energia elétrica consumida.

$EER = \text{Potência Térmica em Arrefecimento} / \text{Potência de Energia Elétrica consumida}$

### ● ESEER (European Sazonal Energy Efficiency Ratio)

Representa uma grandeza adimensional que mede a eficiência de um equipamento de climatização, ou seja, a relação entre o valor de potência térmica disponibilizada em KW ao longo do ano, para o **modo de arrefecimento**, por cada KW de energia elétrica consumida.

$EER = \text{Potência Térmica em Arrefecimento Sazonal} / \text{Potência de Energia Elétrica consumida}$

### ● COP (Coefficient of Performance)

Representa uma grandeza adimensional que mede a eficiência de um equipamento de climatização, ou seja, a relação entre o valor de potência térmica disponibilizada em KW, para o **modo de aquecimento**, por cada KW de energia elétrica consumida.

$COP = \text{Potência Térmica em Aquecimento} / \text{Potência de Energia Elétrica consumida}$

### 3. Cálculo das cargas térmicas

#### 3.1. Localização e orientação

O edifício em estudo fica localizado em Portugal Continental, cidade de Lisboa. Latitude  $38^{\circ} 80'$  Norte e Longitude  $09^{\circ} 10'$  Oeste [12]. É um edifício de construção antiga, inserido no tecido urbano da baixa pombalina, com uma elevada densidade de construções. Situa-se a uma altitude com cerca de 10 metros.

O edifício encontra-se rodado cerca de  $16^{\circ}$  para Nordeste, assumindo-se assim a sua orientação na direção Norte segundo a maior dimensão, de acordo com a planta apresentada. A sua fachada principal encontra-se orientada a Oeste.



Figura 6 - Alçado Oeste



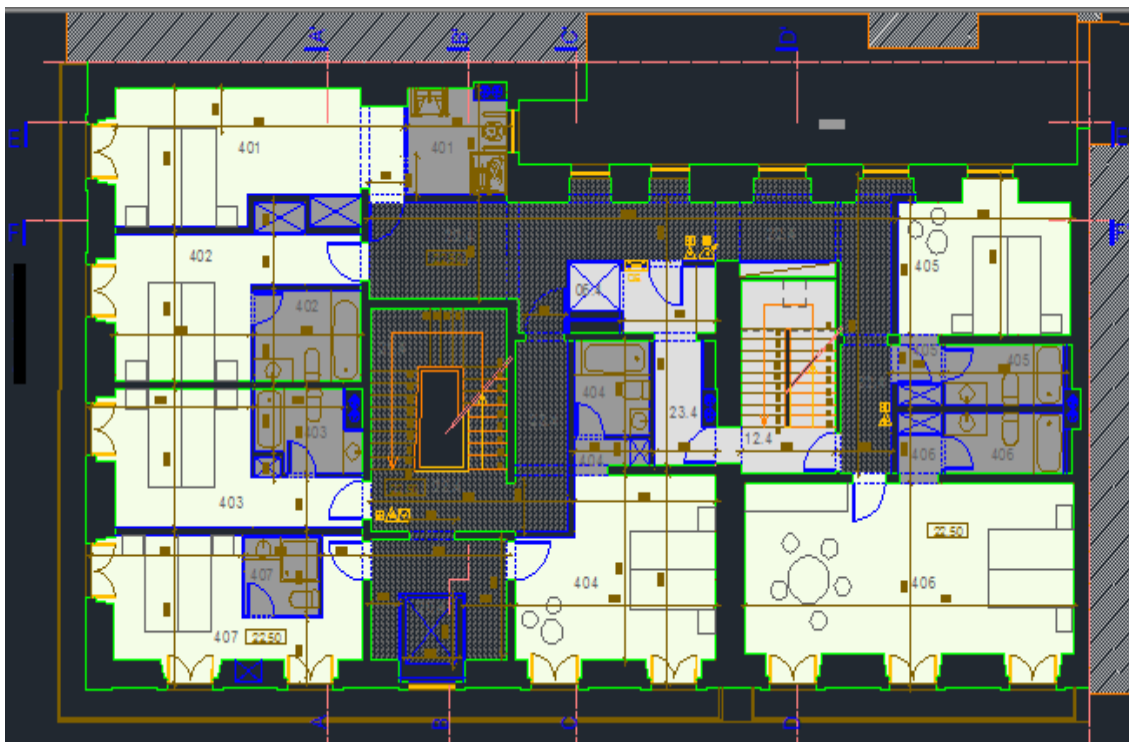


Figura 7 - Planta do piso 4

### 3.2. Caracterização geral do edifício

O caso em estudo é um edifício antigo, com seis pisos e cerca de 21 m de altura. Caracteriza-se por uma inércia térmica média (Quadros VII.5 e VII.6 do RCCTE), paredes em pedra com espessuras compreendidas entre os 63 cm e os 95 cm, pavimento dos pisos interiores em madeira e vãos envidraçados de dimensão média/elevada. Pretende-se efetuar a sua reconstrução total, mantendo as fachadas e traça originais com o objetivo de ser transformado num Hotel de charme de cinco estrelas. O edifício possui seis pisos habitáveis, situando-se a zona técnica na Cobertura do edifício. O edifício possui fachadas orientadas a Oeste (fachada principal), Sul (alçado lateral direito), Norte (alçado lateral esquerdo), e Este (alçado posterior). As fachadas Orientadas a Oeste e a Norte possuem características arquitetónicas semelhantes, sendo consideradas as fachadas nobres do edifício. Estas comunicam diretamente com a via pública. Tanto a fachada orientada a Norte como a orientada a Oeste não recebem sombreamento provocado por construções próximas. As fachadas orientadas a Sul e Este confinam com os edifícios adjacentes. A fachada Sul confina com o edifício contíguo numa extensão de 10,91m num total de 13,05 m e a fachada Este numa extensão de 10,36 m num total de 23,66 m, devido ao saguão existente entre os edifícios com uma dimensão de 13,3 m × 2,14 m. Assim, as paredes de encosto encontram-se totalmente protegidas pelos

edifícios adjacentes, provocando um sombreamento total. Impedem assim uma maior exposição solar durante o verão, melhorando o desempenho térmico do edifício. Contudo, durante a estação de aquecimento os ganhos térmicos solares não são devidamente potenciados devido ao sombreamento provocado pelos edifícios contíguos. A altura do edifício em estudo é idêntica à dos edifícios adjacentes, com cerca de 21 metros. A cobertura é inclinada e constituída por um revestimento descontínuo em telha de canudo, suportada por ripado de travamento. O piso 0 apresenta um pé direito de 3.0 m, pisos 1 e 2 com 3,40 m, piso 3 com 3,22 m e piso 4 com 2,43 m. O piso 5 é em esconso tendo-se assumido um pé direito médio de 2,20m. Os pisos encontram-se ligados por um elevador à exceção do piso 5 e por escadas de serviço e escadas de emergência, estando estas isoladas em caixas de escada. Em todos os pisos existe uma copa para serviço dos quartos. O edifício possui grandes áreas de envidraçado essencialmente a Norte e Oeste.

Para uma melhor familiarização, será feita a descrição de todos os espaços não climatizados e a climatizar que compõem o edifício, ordenados piso a piso, os quais poderão ser analisados nas plantas em anexo.

No piso 0 temos a área de funcionários/serviço composta por: entrada de serviço, escritório/zona de controlo, copa de pequenos-almoços, zona de estadia dos funcionários, copa de serviço/armazém, monta-cargas, circulação de funcionários, IS's e vestiários femininos, IS's e vestiários masculinos, arrumos, armazém, circulação vertical/escadas de emergência e compartimento de contentores de lixo. A área pública (dos clientes) é composta pela receção, sala de pequenos almoços, bar/zona de estadia, IS's de deficientes masculinos, IS's de deficientes femininas, circulação para as IS's, ascensor e circulação vertical/escadas.

Nos pisos 1 a 5 a área de funcionários/serviço é composta por monta-cargas, circulação vertical/escadas de emergência e copa de serviço. A área pública é composta por ascensor, circulação vertical/ escadas, 6 quartos (pisos 1, 2 e 5) e 7 quartos (pisos 3 e 4). A central térmica está instalada na cobertura do edifício onde serão colocados todos os equipamentos necessários ao funcionamento da instalação: chiller, caldeira, UTAN, bombas de circulação de água, quadro elétrico, dispositivos de comando e controlo e redes de condutas de ar e tubagens de água, conforme plantas em anexo.

### **3.3. Envolvente exterior**

#### **3.3.1. Paredes**

##### **● Paredes de fachada**

Paredes compostas do interior para o exterior por placas de gesso cartonado com 1.0 cm de espessura, isolamento térmico em placas de poliestireno expandido extrudido (XPS) com 3.0 cm de espessura, pedra lioz (aproximação à rocha calcária dura) - tabela nº I.2, de [19]; com variações de espessura entre os 56 cm ( piso 5, Este) e os 91 cm ( piso 0, Oeste) e reboco exterior em argamassa com 3.0 cm de espessura. Acabamento exterior com tinta de cor clara, exceto o piso 0, com acabamento em pedra.

Espessura total entre os 63 cm e os 95 cm, de acordo com a variação da espessura da pedra [Anexo III].

##### **● Paredes adjacentes a outros edifícios**

Paredes compostas do interior para o exterior por placas de gesso cartonado com 1.0 cm de espessura, isolamento térmico em placas de XPS com 3.0 cm de espessura e pedra lioz com variações de espessura entre os 26 cm ( piso 5, Sul) e os 69 cm ( piso 2, Este).

Espessura total entre os 30 cm e os 73 cm, de acordo com a variação da espessura da pedra. Estas paredes localizam-se nas empenas laterais de encosto com os edifícios a Este e Sul [Anexo III].

Em termos de introdução de valores no programa HAP estas paredes são interpretadas como sendo interiores.

##### **● Paredes de forro lateral das portas das mansardas**

Paredes compostas do interior para o exterior por placas de gesso cartonado com 1.0 cm de espessura, isolamento térmico em placas de XPS com 3.0 cm de espessura, tijolo furado com 11cm de espessura e reboco em argamassa com 3.0 cm de espessura. Acabamento exterior com tinta de cor clara.

Espessura total de 18 cm [Anexo III].

#### **3.3.2. Cobertura**

##### **● Cobertura da fachada até à parede falsa, entre mansardas, piso 5**

Cobertura inclinada, composta do interior para o exterior por pladur com 1,5 cm de espessura, isolamento em XPS com 4,0 cm de espessura, tijolo furado com 11cm de

espessura, caixa de ar com 30 cm de espessura, pladur com 2,0 cm de espessura, placas de aglomerado de fibras orientadas com 2.0 cm de espessura, isolamento térmico-acústico em painéis de fibra de madeira com 5.0 cm de espessura e telha de canudo (aproximação ao material cerâmico), tab I.2 de [18]; com 1.0 cm de espessura.

Espessura total de 56 cm [Anexo III].

- **Cobertura entre a parede falsa e a cota 2.2 m, piso 5**

Cobertura inclinada, composta do interior para o exterior por pladur com 2,0 cm de espessura, caixa de ar com 17 cm de espessura, placas de aglomerado de fibras orientadas com 2.0 cm de espessura, isolamento térmico-acústico em painéis de fibra de madeira com 5.0 cm de espessura e telha de canudo com 1.0 cm de espessura.

Espessura total de 27 cm [Anexo III].

- **Cobertura entre a cota 2,2 m e a cumieira**

Cobertura inclinada, composta do interior para o exterior por pladur com 1,5 cm de espessura, placas de XPS com 8,0 cm de espessura, soalho de madeira com 2,2 cm de espessura, caixa de ar com 30 cm de espessura, pladur com 1,5 cm de espessura, placas de aglomerado de fibras orientadas com 2.0 cm de espessura, isolamento térmico-acústico em painéis de fibra de madeira com 5.0 cm de espessura e telha de canudo com 1.0 cm de espessura.

Espessura total de 51,2 cm [Anexo III].

- **Cobertura sob a zona técnica**

Cobertura horizontal, composta do interior para o exterior por pladur com 2,0 cm de espessura, placas de XPS com 8,0 cm de espessura, caixa de ar com 13 cm de espessura, lage de betão aligeirado com 15 cm de espessura e mosaico cerâmico com 1,8 cm de espessura.

Espessura total de 39,3 cm [Anexo III].

- **Cobertura exterior entre mansardas, piso 4**

Cobertura inclinada, composta do interior para o exterior por pladur com 1,5 cm de espessura, placas de XPS com 8,0 cm de espessura, soalho de madeira com 2,2 cm de espessura, caixa de ar com 30 cm de espessura, pladur com 1,5 cm de espessura, placas de aglomerado de fibras orientadas com 2.0 cm de espessura, isolamento térmico-

acústico em painéis de fibra de madeira com 5.0 cm de espessura e telha de canudo com 1.0 cm de espessura.

Espessura total de 51,2 cm [Anexo III].

- **Cobertura exterior em frente da porta das mansardas, piso 4**

Cobertura horizontal, composta do interior para o exterior por pladur com 1,5 cm de espessura, placas de XPS com 8,0 cm de espessura, caixa de ar com 27 cm de espessura, lage de betão aligeirado com 15 cm de espessura e mosaico cerâmico com 1,8 cm de espessura.

Espessura total de 53,3 cm [Anexo III].

### **3.3.3. Envidraçados**

O edifício possui vãos simples e com a mesma constituição nas fachadas a Norte, Sul, Este, Oeste e claraboias. Construção com caixilharia em alumínio termolacado com corte térmico (caixilhos constituídos por duas peças metálicas, uma exterior e outra interior, interligadas por uma peça dum material com características isolantes, em regra de material plástico, e de cor clara), segundo [18]. Vidros com um coeficiente de reflexão elevado para alturas solares altas, coeficientes de transmissibilidade e de absorvidade baixos.

Constituição em vidro duplo liso 6 mm + 6 mm, separados por 13 mm de lâmina de ar selada, com uma espessura total de 25 mm. O tipo de envidraçado foi escolhido de acordo com os Anexos IV e V do RCCTE [13] e opções do HAP, apresentando:

- Vãos simples nas fachadas a Norte, Oeste e claraboias, com vidro interior claro e vidro exterior claro com película solar refletora.
- Vãos simples nas fachadas a Sul e Este (tardoz), com vidro claro pelo interior e exterior.

A proteção solar é constituída por cortinas interiores pouco transparentes, reguláveis, de cor clara. Não existem estores protetores pelo exterior. Considera-se a área da caixilharia incluída na superfície total do envidraçado.

### **3.3.4. Pavimento**

Pavimento composto do interior para o exterior por mosaico hidráulico com 1.8 cm de espessura [19]. Camada de betão isolante “resistente” com dosagem em cimento  $\geq 300$  Kg/m<sup>3</sup> e massa volúmica aparente dos grânulos de argila expandida entre 300 e 550

Kg/m<sup>3</sup> com 20 cm de espessura. Cimento  $\leq$  250 Kg/m<sup>3</sup> e massa volúmica aparente dos grânulos de argila expandida entre 350 e 550 Kg/m<sup>3</sup> e com massa volúmica entre 600 e 1000 Kg/m<sup>3</sup> com 30 cm de espessura (quadros II.9 - B e II.12 – B), de [18].

Espessura total de 51,8 cm [Anexo III].

### **3.4. Envolvente Interior**

#### **3.4.1. Paredes interiores de separação de compartimentos**

##### **● Parede do escritório**

Constituída por placas de pladur em ambas as faces, com 1,0 cm de espessura e isolamento térmico em placas de XPS com 3,0 cm de espessura.

Espessura total de 5,0 cm [Anexo III].

##### **● Paredes em alvenaria com 12 cm**

Constituídas por placas de pladur em ambas as faces, cada com 1,0 cm de espessura, placas de XPS com 3,0 cm de espessura e tijolo furado com 7,0 cm de espessura.

Espessura total de 12 cm [Anexo III].

##### **● Paredes em alvenaria com 16 cm**

Constituídas por placas de pladur em ambas as faces, cada com 1,0 cm de espessura, placas de XPS com 3,0 cm de espessura e tijolo furado com 11 cm de espessura.

Espessura total de 16 cm [Anexo III].

##### **● Paredes em pedra**

Constituídas por placas de pladur com 1,0 cm de espessura, placas de XPS com 3,0 cm de espessura e pedra lioz com espessuras entre os 16 cm e os 46 cm.

A espessura total das paredes varia entre os 20 cm e os 50 cm, de acordo com a espessura da pedra [Anexo III].

#### **3.4.2. Tetos**

##### **● Teto piso zero (receção + sala peq. almoços)**

Constituído do interior para o exterior por placas de XPS com 8,0 cm de espessura, caixa de ar com 10,2 cm de espessura e soalho de madeira com 2,2 cm de espessura.

Espessura total de 20,4 cm [Anexo III].

- **Tetos dos quartos (em zonas de IS's)**

Constituídos por placas de gesso cartonado com 1,5 cm de espessura, placas de XPS com 8,0 cm de espessura, caixa de ar com 27,2 cm de espessura e soalho de madeira com 2,2 cm de espessura.

Espessura total de 38,9 cm [Anexo III].

### **3.4.3. Pavimentos interiores**

- **Pavimento interior do piso 1**

Constituído por soalho de madeira com 2,2 cm de espessura, caixa de ar com 10,2 cm de espessura e placas de XPS com 8,0 cm de espessura.

Espessura total de 20,4 cm [Anexo III].

- **Pavimento interior dos pisos 2 + 3 + 4 + 5**

Constituído por soalho de madeira com 2,2 cm de espessura, caixa de ar com 27 cm de espessura, placas de XPS com 8,0 cm de espessura e placas de gesso cartonado com 1,5 cm de espessura.

Espessura total de 38,7 cm [Anexo III].

### **3.4.4. Portas interiores**

Portas de quartos, roupeiros e I.S's construídas em madeira com 3,5 cm de espessura.

### **3.4.5. Pé direito**

Piso 0 com 3,0 m; piso 1 e piso 2 com 3,4 m; piso 3 com 3,22 m e piso 4 com 2,43 m. Para o piso 5, admitiu-se um pé direito médio de 2,2 metros.

### **3.4.6. Espaços a climatizar**

No piso 0 situa-se a receção, a sala de pequenos almoços, o bar/zona de estadia e o escritório da contabilidade; pisos 1, 2 e 5 compostos por 6 quartos; pisos 3 e 4 compostos por 7 quartos, num total de 36 espaços. A área bruta de construção ascende a 1749,5 m<sup>2</sup>. A área de implantação é de 297,5 m<sup>2</sup>. A área total a climatizar será de aproximadamente 725,5 m<sup>2</sup>, distribuídos por 36 espaços independentes representados no Anexo IV.

### 3.5. Inércia térmica

Visto que o tipo de construção é tradicional em pedra com espessura significativa, mas por outro lado possui vãos envidraçados de média dimensão, considera-se a inércia térmica como sendo de classe média (cálculo conforme Quadro VII.5 do RCCTE).

### 3.6. Condições de projeto

A satisfação das necessidades de conforto térmico e de qualidade do ar ambiente no interior dos edifícios, implica em geral o recurso a meios de ventilação, aquecimento, arrefecimento, humedificação e desumidificação. A utilização destes meios deve obedecer a regras que permitam assegurar as exigências ambientais prescritas e o uso racional de energia. As condições de projeto são definidas de acordo com o Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de abril, [14].

A principal função de um sistema de climatização é garantir, dentro de um determinado espaço, as condições de conforto termo higrométricas e a boa qualidade do ar ambiente. Segundo [4], um indivíduo encontra-se em condições de conforto termo higrométricas quando não experimenta qualquer desagrado ou irritação de modo a distraí-lo das suas atividades do momento. A condição necessária para que tal situação se verifique é que o sistema termorregulador do organismo se encontre em equilíbrio com o ar ambiente.

#### 3.6.1. Condições interiores

São definidos os seguintes parâmetros relativos à temperatura seca e humidade relativa do ar ambiente de acordo com as condições de conforto indicadas no RSECE, [14].

Tabela 1 - Condições interiores de projeto

|         | T [°C] | HR [%] |
|---------|--------|--------|
| Verão   | 25     | 50     |
| Inverno | 20     | 50     |

#### 3.6.2. Condições exteriores

A cidade de Lisboa é classificada como zona climática I1 no caso de inverno e V2 no caso de verão, de acordo com o RCCTE, [13].

Tabela 2 - Condições exteriores de projeto

|         | Ts [°C] | HR [%]  |
|---------|---------|---------|
| Verão   | 32      | 37 [16] |
| Inverno | 3,5     | 80 [16] |

### 3.6.3. Temperaturas consideradas no programa HAP

Situação de espaço não ocupado:

- verão: 29,4 °C
- inverno: 15,6 °C

Espaços interiores não climatizados:

- verão: 27°C
- inverno: 15°C

Espaços de edifícios contíguos:

- verão: 30°C
- inverno: 0°C

### 3.6.4. Determinação do caudal de ar novo

Para a determinação dos caudais mínimos de ar novo a garantir nas zonas de ocupação permanente tomou-se em consideração o estipulado no Anexo VI do RSECE, [14].

Deste modo e de acordo com os valores indicados na tabela, utilizaram-se dois métodos de cálculo: um baseado no número de pessoas presentes no espaço e outro baseado na ventilação por m<sup>2</sup> do espaço a climatizar, ambos dependentes da função para a qual o local foi concebido. Adota-se o maior dos 2 valores obtidos.

Tabela 3 - Caudais Mínimos de Ar Novo

| Espaços           | Ar novo                                                            |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Escritório        | 35 m <sup>3</sup> /h.pessoa                                        |
| Receção           | 30 m <sup>3</sup> /h.pessoa ou 15 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> |
| Sala peq. almoços | 35 m <sup>3</sup> /h.pessoa                                        |
| Bar               | 35 m <sup>3</sup> /h.pessoa ou 35 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> |
| Quartos           | 30 m <sup>3</sup> /h.pessoa                                        |
| Circulações       | 5 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>                                 |

Tabela 4 - Caudais de Ar Novo Introduzidos em cada Espaço

| <b>Espaço</b>     | <b>Área [m²]</b> | <b>Nº Pessoas</b> | <b>Critério utilizado</b> | <b>Eficiência Ventilação</b> | <b>Caudal de Ar Novo [m³/h]</b> |
|-------------------|------------------|-------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Escritório        | 3,4              | 1                 | 35m³/h.pessoa             | 0,8                          | 44                              |
| Sala peq. almoços | 58,7             | 19                | 35m³/h.pessoa             | 0,8                          | 832                             |
| Recepção          | 35,2             | 4                 | 15m³/h.m²                 | 0,8                          | 660                             |
| Bar               | 33,2             | 8                 | 35m³/h.m²                 | 0,8                          | 1453                            |
| Quartos 2 pessoas |                  | 2                 | 30m³/h.pessoa             | 0,8                          | 75                              |
| Suites 3 pessoas  |                  | 3                 | 30m³/h. pessoa            | 0,8                          | 113                             |
| Circulações       | 188,9            |                   | 5 m³/h.m²                 | 0,8                          | 1181                            |

As soluções de difusão de ar adotadas em projeto contribuem para uma boa renovação e distribuição de ar, baixa velocidade do ar na zona de trabalho e ausência de correntes de ar.

### 3.6.5. Eficiência de ventilação

Em todos os espaços a climatizar foi atribuído um coeficiente de 0.8 (Tabela E1 da EN 13779 - razão entre uma concentração de poluentes no ar extraído (mg/m³) e a concentração de poluentes na zona ocupada (mg/m³), divisível pelo respetivo caudal de ar novo insuflado, de forma a colmatar alguns pontos do espaço com menor ventilação. Deste modo, esta medida tem como objetivo garantir que todos os espaços possuem pelo menos os caudais de ar referidos, de acordo com:

$$\epsilon_v = ((C_{ETA} - C_{SUP}) / (C_{IDA} - C_{SUP}))$$

Sendo:

$\epsilon_v$  – Eficácia da ventilação

$C_{ETA}$  – concentração de poluentes no ar extraído [mg/m³]

$C_{IDA}$  – concentração de poluentes na zona ocupada [mg/m³]

$C_{SUP}$  – concentração de poluentes no ar insuflado [mg/m³]

### 3.6.6. Velocidade do ar ambiente

A velocidade do ar ambiente associado ao gradiente de temperaturas necessário para a remoção das cargas térmicas no interior dos espaços, deve ser inferior a 0,2 m/s na zona de trabalho.

### 3.6.7. Perfis de ocupação, iluminação e equipamentos

De acordo com o Anexo XV do RSECE, [14]; foram criados no programa HAP os perfis correspondentes aos padrões de referência de utilização do edifício. Para determinação das cargas a que o Hotel estará sujeito, é necessário efetuar uma correta aproximação ao tipo de utilização esperada, de forma a dimensionar corretamente o sistema. Os perfis permitem definir a utilização percentual das fontes internas de calor atrás referidas, hora a hora e diariamente. Posteriormente, para introdução no programa HAP, agrupam-se conjuntos de dias com o mesmo tipo de perfil. Criam-se assim perfis para uma semana, fim de semana, estação do ano, entre outros.

Este tema será abordado adiante, no ponto **3.11**, respeitante à introdução dos *inputs* no programa HAP, referente ao espaço “Quarto nº 307”.

### 3.6.8. Horários de funcionamento do hotel

Tabela 5 - Horários

|                   | Horários                                |
|-------------------|-----------------------------------------|
| Escritório        | 09h às 13h e 14h às 18h - 2ª a 6ª feira |
| Receção           | 00h às 24 h - 7 dias por semana         |
| Sala Peq. Almoços | 06h às 11 h - 7 dias por semana         |
| Bar               | 09h às 24 h - 7 dias por semana         |
| Quartos           | 00h às 24 h - 7 dias por semana         |

### 3.6.9. Tipo de atividade

O tipo de atividade foi selecionado nas opções do programa HAP. De acordo com o tipo e nível de atividade, o programa fornece os valores das respetivas cargas sensível e latente.

Tabela 6 - Tipo de atividade

|                   | Tipo de atividade |
|-------------------|-------------------|
| Escritório        | Trabalho ligeiro  |
| Receção           | Trabalho ligeiro  |
| Sala Peq. Almoços | Sentados          |
| Bar               | Sentados          |
| Quartos e suites  | Repouso           |

### 3.6.10. Cargas internas devido a iluminação e equipamento

Tendo em conta o ramo de atividade, definiram-se as potências abaixo indicadas.

De referir que se adotaram lâmpadas de iluminação economizadoras.

Tabela 7 - Iluminação e equipamento (Fonte RSECE)

|                  | Iluminação         | Equipamento         |
|------------------|--------------------|---------------------|
| Todos os espaços | 8 W/m <sup>2</sup> | 15 W/m <sup>2</sup> |

### 3.7. Caracterização térmica dos elementos da envolvente

Os coeficientes globais de transmissão de calor (U) dos elementos da envolvente exterior e da envolvente interior do edifício/espacos, foram calculados individualmente e as respetivas folhas de cálculo podem ser consultadas no Anexo III.

#### 3.7.1. Envolvente exterior

- Paredes: Valores de (U) entre,  $U = 0,639 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  e  $U = 0,756 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Cobertura: Valores de (U) entre,  $U = 0,289 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  e  $U = 0,872 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Pavimento:  $U = 0,535 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Envidraçados:  $U = 2,842 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  [Fonte HAP]

#### 3.7.2. Envolvente interior

- Paredes adjacentes: valores de (U) entre,  $U = 0,721 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  e  $U = 0,882 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Paredes interiores: valores de (U) entre,  $U = 0,774 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  e  $U = 0,980 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Tetos: valores de (U) entre,  $U = 0,368 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  e  $U = 0,376 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$
- Pavimentos interiores: Valores de (U) entre,  $U = 0,388 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  e  $U = 0,397 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$

### 3.8. Cálculo das cargas térmicas

Os valores das cargas térmicas através de elementos da envolvente podem ser obtidos recorrendo a programas informáticos, tal como neste caso o programa HAP da Carrier, ou utilizando a fórmula geral de cálculo traduzida pela seguinte expressão:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

Sendo:

Q - Fluxo de calor através do elemento construtivo [W]

A - Área da superfície de transmissão [m<sup>2</sup>]

U - Coeficiente global de transmissão de calor do elemento da envolvente [ $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ]

$\Delta T$ - Diferença de temperatura entre o exterior e o interior [ $^\circ\text{C}$ ]

### 3.8.1. Cálculo do coeficiente global de transmissão de calor (U)

O valor de (U) caracteriza cada uma das diferentes soluções construtivas que compõem a envolvente do edifício e de cada espaço independente a climatizar.

O valor de (U) é o inverso da soma das resistências térmicas de todos os componentes que constituem o elemento duma envolvente.

Segundo [18], o coeficiente global de transmissão de calor (U), expressa a quantidade de calor em Watts que uma dada estrutura com faces planas e paralelas, transmite em condições de regime permanente, na unidade de tempo, por metro quadrado de superfície e por  $^\circ\text{C}$  de diferença de temperatura entre os ambientes separados pela referida estrutura.

- O valor de (U) pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$U = 1 / (1/h_i + \sum L_i/\lambda_i + 1/h_e)$$

Sendo:

U - Coeficiente global de transmissão de calor [ $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ]

$h_i$  - Coeficiente de transmissão superficial interior [ $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ]

$L_i$  - Espessura dos materiais [m]

$\lambda_i$  - Condutibilidade térmica interna dos materiais [ $\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ ]

$h_e$  - Coeficiente de transmissão superficial exterior [ $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ]

- A resistência térmica (R) obtém-se através da divisão da espessura (L) do material pela sua condutibilidade térmica ( $\lambda$ ).

- Segundo [18], a condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) expressa em [ $\text{W/m}\cdot\text{K}$ ] ou [ $\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$ ] é uma propriedade que caracteriza os materiais e que representa a quantidade de calor (expressa em [W] por unidade de área [ $\text{m}^2$ ] que atravessa uma espessura unitária [m] de um material, por  $^\circ\text{C}$  de diferença de temperatura entre as duas faces planas e paralelas desse material.

- Consideram-se como isolantes térmicos os materiais e produtos que apresentam uma condutibilidade térmica inferior a  $0.065 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  ou uma resistência térmica superior a  $0.030 \text{ m}^2.\text{°C/W}$  [18].

Tabela 8 - Características térmicas dos materiais utilizados [18]

|                                              | Espessura | Condutibilid. térmica ( $\lambda$ ) | Resistência térmica (R) | Coef.iciente transmissão calor (U) |
|----------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Material                                     | [mm]      | [W/m.°C]                            | [m².°C/W]               | [W/m².°C]                          |
| Painéis de isolamento em XPS                 | 30        | 0,037                               | 0,81                    | 1,23                               |
| Pedra lioz (rocha calcária dura)             | 910       | 1,7                                 | 0,535                   | 1,868                              |
| Pladur - tetos                               | 15        | 0,25                                | 0,060                   | 16,667                             |
| Pladur - paredes                             | 10        | 0,25                                | 0,040                   | 25,000                             |
| Reboco exterior (argamassa)                  | 30        | 1,3                                 | 0,023                   | 43,333                             |
| Telha canudo (material cerâmico)             | 10        | 0,69                                | 0,014                   | 69,000                             |
| Envidraçados (6 + 13 + 6)                    | 25        |                                     |                         | 2,842                              |
| Mosaico hidraulico (cerâmico duro)           | 18        | 0,92                                | 0,020                   | 51,111                             |
| Isolamento térmico painéis fibra madeira     | 50        | 0,1                                 | 0,500                   | 2,000                              |
| Placa de aglomerado de fibras orientadas     | 20        | 0,13                                | 0,154                   | 6,500                              |
| Betão isolante resistente                    | 200       | 0,36                                | 5,556                   | 1,80                               |
| ½ cimento areia+areia c/pedra+cal            | 300       | 0,31                                | 0,968                   | 1,033                              |
| Madeira densa (soalho)                       | 22        | 0,23                                | 0,096                   | 10,455                             |
| Betão pavimento aligeirado (teto-piso 4 e 5) | 150       |                                     | 0,140                   | 7,140                              |
| Placa Isolamento térmico em XPS              | 80        | 0,037                               | 2,162                   | 0,463                              |
| Reboco (dosagem ½ cimento/ Areia)            | 40        | 0,31                                | 0,129                   | 7,750                              |
| Tijolo 11 cm furado                          | 110       |                                     | 0,270                   | 3,704                              |
| Tijolo 7 cm furado                           | 70        |                                     | 0,19                    | 0,840                              |

Tabela 9 - Materiais constituintes de uma parede

| Parede exterior pisos 1+2 (Norte + Oeste)     |           |                                 |                         |                         |
|-----------------------------------------------|-----------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                               | espessura | Condutib. térmica ( $\lambda$ ) | Resistência térmica (R) | referências ITE 50 [19] |
| Constituição da camada                        | [m]       | [W/m.°C]                        | [m².°C/W]               |                         |
| Resistência térmica superficial interior (Ri) |           |                                 | 0,13                    | quadro 1.3              |
| Placa de gesso cartonado                      | 0,010     | 0,250                           | 0,04                    | quadro 1.2              |
| Placa isolamento termico XPS                  | 0,030     | 0,037                           | 0,811                   | quadro 1.2              |
| Pedra lioz (aproximação rocha calcária dura)  | 0,750     | 1,700                           | 0,441                   | quadro 1.2              |
| Reboco exterior em argamassa                  | 0,030     | 1,300                           | 0,023                   | quadro 1.2              |
| Resistência térmica superficial exterior (Re) |           |                                 | 0,04                    | quadro 1.3              |
| Totais                                        | 0,820     |                                 | 1,49                    |                         |
| <b>U = 0,673 W/m².°C; R = 1,49 m².°C/W</b>    |           |                                 |                         |                         |

Servindo como exemplo de aplicação e utilizando a equação descrita anteriormente, efetua-se o cálculo do coeficiente global de transmissão de calor (U) das 2 paredes exteriores (iguais) mais representativas do edifício: As paredes referentes aos pisos 1 e 2 das fachadas Norte e Oeste, de acordo com os valores da tabela apresentada, extraída das folhas de cálculo do Anexo III e coincidente com os valores introduzidos no programa HAP, no módulo *Spaces/Walls*.

Refira-se que as resistências térmicas superficiais exterior (Re) e interior (Ri) assumem os valores de, respetivamente, 0,04 e 0,13 [m<sup>2</sup>.°C/W], tabelados, visto o sentido do fluxo de calor ser na horizontal. (Quadro 1.3), de [19].

Desta forma temos:

$$U = 1 / (1/h_i + \sum L_i/\lambda_i + 1/h_e)$$

$$U = 1 / ((0,13 + (0,01/0,25 + 0,03/0,037 + 0,75/1,7 + 0,03/1,3) + 0,04)) = 0,673 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$$

### **3.9. Identificação das cargas térmicas**

A identificação das cargas térmicas faz-se através de um balanço térmico ao edifício e caracterização de todas as cargas térmicas que se geram no seu interior e os ganhos ou perdas de calor através das paredes, cobertura, envidraçados e pavimento. A transmissão de calor através da envolvente depende essencialmente da orientação, do tipo de materiais utilizados e de aspetos geométricos como tamanho e forma. As cargas térmicas podem dividir-se em cargas térmicas exteriores e cargas térmicas interiores.

#### **3.9.1. Cargas térmicas exteriores**

##### **3.9.1.1. Carga térmica através da envolvente opaca**

Calcula-se através da sua fórmula geral:  $Q = A \cdot U \cdot \Delta T$

Na estação de arrefecimento, a carga térmica através da envolvente opaca consiste em cargas por radiação, condução e convecção. A radiação solar e a diferença de temperatura entre as faces interior e exterior da envolvente opaca (paredes exteriores, cobertura e pavimento) variam ao longo do dia, pelo que a intensidade do fluxo de calor que assim se estabelece também varia.

Como a radiação solar provoca um fluxo de calor adicional para o interior dos espaços, este valor é contabilizado no  $\Delta T$ , através do conceito de  $\Delta T_{eq}$ , que incorpora este fluxo adicional. A diferença equivalente de temperaturas tem em consideração as condições

de projeto, orientação, localização e tipo de construção, sendo a carga térmica dada pela expressão:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T_{eq}$$

Sendo:

Q – Fluxo de calor através da envolvente opaca [W]

A – Área da superfície [m<sup>2</sup>]

U – Coeficiente global de transmissão de calor [W/m<sup>2</sup>.°C]

$\Delta T_{eq}$  – Diferença de temperatura equivalente [°C]

### **3.9.1.2. Carga térmica através dos vãos envidraçados**

Nos envidraçados a radiação solar incidente corresponde à soma da radiação direta, difusa e refletida. A transmissão de calor devido à radiação solar através das superfícies transparentes depende essencialmente de fatores como o tipo de vidro, área útil, sombreamento existente, ângulo de incidência dos raios solares, distância percorrida pelos raios solares, nebulosidade da atmosfera, localização geográfica e orientação. Utiliza-se um fator de correção (Fc) que pondera os seguintes parâmetros: tipo de caixilho, tipo de vidro e sombreamento dos vidros. Para superfícies transparentes, a carga térmica é dada pela seguinte expressão [14].

$$Q_{rad\ env} = A \cdot I_{rad} \cdot F_c$$

Sendo:

$Q_{rad\ env}$  - Carga térmica por radiação através dos envidraçados [W]

A - Área do vidro [m<sup>2</sup>]

$I_{rad}$  - Radiação para a época, hora e orientação em análise [W/m<sup>2</sup>]

$F_c$  - Fator de correção

### **3.9.1.3. Carga térmica através da envolvente interior**

O cálculo desta carga térmica determina-se tendo em conta a diferença de temperatura entre o espaço a climatizar e o espaço interior adjacente não climatizado. Devido ao facto de ambos os espaços se encontrarem a diferentes temperaturas estabelece-se um fluxo de calor do espaço com temperatura mais elevada para o de menor temperatura.

O valor desta carga obtém-se através da expressão geral:  $Q = A \cdot U \cdot \Delta T$

#### **3.9.1.4. Carga térmica do ar novo**

De forma a manter-se a boa qualidade do ar no interior dos espaços a climatizar é necessário efetuar a renovação periódica desse ar, de acordo com as especificações regulamentares. Existe uma carga térmica associada a este ar novo, que corresponde ao calor que temos que retirar ao ar novo. Este valor é determinado pela seguinte expressão:

$$Q_{AN} = \dot{m} (h \text{ ar novo} - h \text{ int})$$

Sendo:

$Q_{AN}$  - carga térmica do ar novo [W]

$\dot{m}$  - caudal mássico de ar novo [Kg/s]

$h \text{ ar novo}$  - entalpia do ar novo = 61,5 (verão); 13,5 (inverno) [kJ/Kg]

$h \text{ int}$  - entalpia do ar interior = 50,7 (verão); 39 (inverno) [kJ/Kg]

#### **3.9.1.5. Carga térmica devido a infiltrações de ar**

A força do vento e as frinchas de janelas e portas são responsáveis pela passagem de ar do exterior para o interior, provocando um ganho térmico. Contudo, sempre que o espaço a climatizar esteja em sobrepressão (a ligeira sobrepressão obtém-se à custa de um caudal de extração cerca de 10% inferior ao do caudal do ar novo insuflado) relativamente ao exterior considera-se este ganho como sendo nulo. No entanto, este cálculo pode ser mais preciso recorrendo à expressão  $Q = A.K. < \Delta P$  (Fonte RSECE).

#### **3.9.2. Cargas térmicas interiores**

Correspondem à soma das quantidades de calor libertadas no interior do espaço a climatizar e são devidas à ocupação, iluminação e equipamentos.

##### **3.9.2.1. Carga térmica devido à ocupação**

O calor gerado pelos seres humanos deve-se a um conjunto de reações exotérmicas (metabolismo) cuja intensidade varia consoante o indivíduo e o tipo de atividade desenvolvida. O calor libertado pelos ocupantes divide-se em duas componentes: sensível e latente.

A carga térmica de ocupação pode ser obtida através da seguinte expressão:

$$Q_{ocup} = N_p. (Q_{sen} + Q_{lat})$$

Sendo:

Qocup - carga térmica devida à ocupação [W]

Np - número de pessoas no espaço (de acordo com o número de lugares sentados)

Qsen - calor sensível libertado por cada ocupante [W/pessoa]

Qlat - calor latente libertado por cada ocupante [W/pessoa]

### **3.9.2.2. Carga térmica devido à iluminação**

Os aparelhos de iluminação convertem a energia elétrica em energia luminosa, função do comprimento de onda emitido, e posteriormente toda a energia é transformada em calor. Esta fonte de calor é apenas calor sensível. A estimativa dos ganhos de calor devido à iluminação baseia-se num nível de iluminação de 8 W/m<sup>2</sup> para todos os espaços.

Considerou-se iluminação tipo fluorescente de alto rendimento.

Este ganho é dado pela seguinte expressão:

$$Q_{ilum} = A_{amb} \cdot Q_{amb} \cdot FIGI$$

Sendo:

Qilum - carga térmica devida à iluminação [W]

Aamb - área do espaço em análise [m<sup>2</sup>]

Qamb - ganhos de calor por metro quadrado [W/m<sup>2</sup>]

FIGI - fator inercial de ganho para o calor libertado pela iluminação (Anexo IV), [14].

### **3.9.2.3. Carga térmica devido aos equipamentos**

Os equipamentos elétricos instalados no interior dos espaços a climatizar representam uma carga térmica significativa. O cálculo das cargas térmicas devido aos equipamentos teve por base o valor médio de energia libertada pelos equipamentos de 15 W/m<sup>2</sup> para os quartos, escritório, receção, bar e sala de pequenos almoços, segundo [14].

Este ganho é dado pela seguinte expressão:

$$Q_{equip} = A \cdot q$$

Sendo:

Qequip - carga térmica devida aos equipamentos [W]

A - área do espaço em análise [m<sup>2</sup>]

q - ganhos por unidade de área [W/m<sup>2</sup>]

### **3.10. Metodologia utilizada no HAP para cálculo das cargas térmicas**

O cálculo das cargas térmicas do edifício foi efetuado recorrendo ao programa informático desenvolvido pela Carrier, HAP 4.5.

As cargas térmicas de arrefecimento de um espaço correspondem à potência térmica que é necessário retirar desse espaço para manter a temperatura do seu interior igual à definida como condição de projeto. As cargas térmicas de arrefecimento são o somatório dos ganhos de calor através dos elementos da envolvente opaca, envidraçados, admissão de ar exterior, iluminação, equipamentos e ocupação. As cargas térmicas de aquecimento correspondem à potência de aquecimento necessária que a instalação deve possuir para garantir o conforto térmico de todos os espaços a aquecer caso não existam ganhos solares nem ganhos internos. Esta potência é calculada somando todas as perdas através da envolvente de cada espaço e por renovação de ar. As perdas pela envolvente incluem as perdas pelas paredes exteriores, tetos, pavimento e paredes interiores de espaços não aquecidos.

Os valores das cargas térmicas de cada espaço, serão calculados com base num ano típico em termos de temperatura e humidade relativa, de hora a hora, das 00:00 às 24:00 horas, durante todos os dias e meses do ano. Deste modo, os valores das potências de arrefecimento e aquecimento calculadas aproximam-se o mais possível da realidade. Contudo, o perfil climático é livre, podendo ser modificado livremente pelo utilizador.

Devido ao facto das cargas térmicas dos diferentes espaços normalmente não registarem valores máximos (pico) em simultâneo, as potências de arrefecimento e aquecimento globais do edifício são inferiores ao somatório das referidas potências de cada espaço. Assim, evita-se o sobredimensionamento desnecessário dos sistemas de climatização resultando num funcionamento mais próximo das condições nominais, aumentando o rendimento térmico e reduzindo os custos de investimento inicial e de exploração.

Efetuarão-se os cálculos espaço a espaço, sendo cada espaço analisado individualmente com o objetivo de se determinar com o máximo rigor possível as cargas térmicas envolvidas. Assim, cada espaço foi tratado como sendo uma zona independente.

### **3.11. Introdução de dados (*inputs*) no programa HAP**

Devido ao elevado número de folhas de dados, apenas serão descritos os *inputs* principais efetuados para um espaço independente, quarto nº 307, visto o método ser idêntico para os restantes espaços do edifício. Contudo, todas as folhas de dados podem ser consultadas no suporte informático E3 A em Anexo.

O programa apresenta por defeito diversos dados, os quais permitem efetuar uma primeira abordagem ao seu funcionamento. A introdução dos *inputs* é realizada por etapas, que se passam a referir:

- Bloco *weather*.

No menu geral, seleciona-se o local do projeto, Lisboa. De seguida, definem-se as condições exteriores, considerando-se as respetivas características climáticas do local, retiradas do RCCTE, [13]. Para o verão, introduz-se o valor da temperatura máxima de bolbo seco  $T = 32^{\circ}\text{C}$ , o valor coincidente da temperatura do bolbo húmido  $T = 22,5^{\circ}\text{C}$  e da amplitude térmica diária  $\Delta T = 10,5^{\circ}\text{C}$ . Para a temperatura mínima diária, retira-se o valor da temperatura do bolbo seco no inverno  $T = 3,5^{\circ}\text{C}$ , cuja respetiva temperatura do bolbo húmido é obtida recorrendo à carta psicrométrica considerando uma humidade relativa de 80%, obtendo-se um valor de  $1^{\circ}\text{C}$ .

O fator de nebulosidade atmosférica, *atmospheric clearness number*, é usado para corrigir os perfis de radiação solar em condições de céu limpo ou muito nublado, assumindo-se o valor unitário apresentado por defeito. A refletância média do solo, *average ground reflectance*, define o modo como a radiação solar é refletida pelo solo em redor do edifício.

The image shows a software dialog box titled "Weather Properties - [Lisbon]". It has four tabs: "Design Parameters", "Design Temperatures", "Design Solar", and "Simulation". The "Design Parameters" tab is currently selected. It contains several input fields for defining the location and climate data for Lisbon. The fields are organized into two columns. The left column includes Region (Europe), Location (Portugal), City (Lisbon), Latitude (38.8 deg), Longitude (9.1 deg), Elevation (122.8 m), Summer Design DB (32.0 °C), Summer Coincident WB (22.5 °C), Summer Daily Range (10.5 °K), Winter Design DB (3.5 °C), and Winter Coincident WB (1.0 °C). The right column includes Atmospheric Clearness Number (1.00), Average Ground Reflectance (0.20), Soil Conductivity (1.385 W/m/K), Design Clg Calculation Months (Jan to Dec), Time Zone (GMT +/-) (0.0 hours), Daylight Savings Time (Yes), DST Begins (Apr 1), and DST Ends (Oct 31). At the bottom, there are buttons for OK, Cancel, and Help. The Data Source is listed as User Modified.

Figura 8 - Propriedades da envolvente exterior, Lisboa

Devido às “proteções solares naturais”, assumiu-se o valor de 0,20, apresentado por defeito. A condutividade térmica do solo influencia os fluxos de calor através das paredes e pavimentos de base do edifício, mantendo-se o valor assumido pelo programa. Consideram-se os valores indicados pelo *software* do programa, *design solar profiles*, referentes aos ganhos máximos de calor devido à radiação solar [W/m<sup>2</sup>] nos diferentes quadrantes ao longo do ano tipo.

- Bloco *spaces*

No menu geral, *general*, são introduzidos os valores da área do pavimento, pé direito e necessidades de ar novo. Visto tratar-se de um edifício de dimensão média, o programa calcula um peso específico médio do edifício de 341,8 Kg/m<sup>2</sup>. O seu valor quantifica a sua inércia térmica, ou seja, provoca o desfasamento da onda de calor do exterior para o interior (verão).

No menu cargas térmicas internas, *internals*, são introduzidos os ganhos internos referentes à ocupação (2 pessoas, em repouso), equipamentos elétricos e iluminação (fator multiplicativo igual à unidade, visto adotarem-se lâmpadas fluorescentes de alto rendimento), [14]. O programa calcula os valores do calor sensível, 67,4 W/pessoa e latente, 35,2 W/pessoa. De seguida, constroem-se os perfis de iluminação, equipamento e ocupação de acordo com o anexo XV do RSECE.

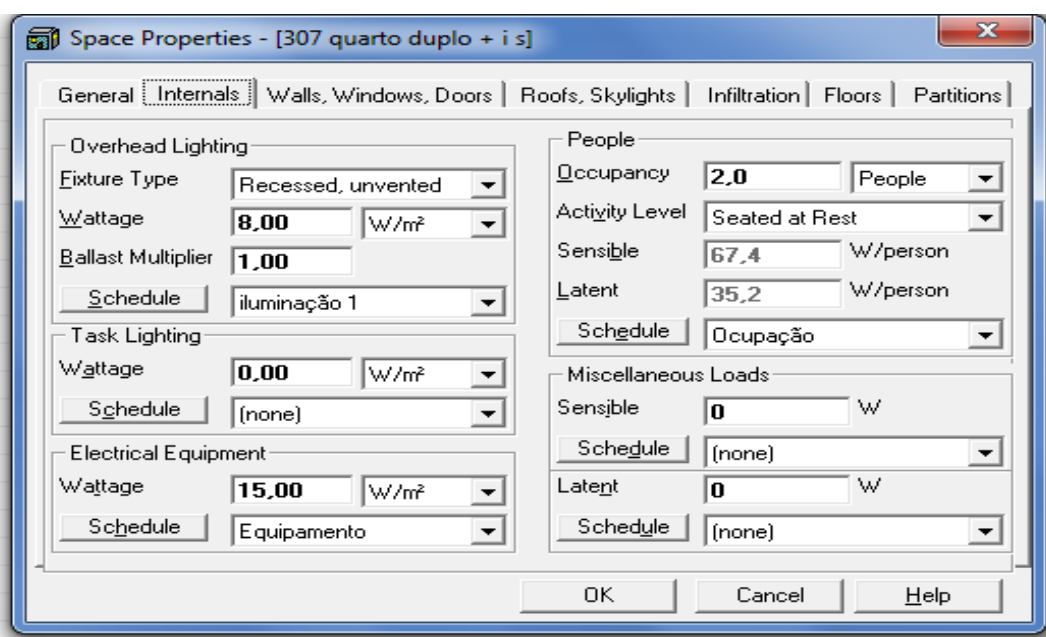


Figura 9 - Definição dos espaços interiores; ganhos internos

Para cada uma das cargas internas são considerados 4 perfis (primavera, verão, outono e inverno), iguais para todos os dias da semana. Considera-se a situação de espaço não ocupado, diariamente, entre as 10:00 e às 18:00 horas.

Os perfis de utilização para determinação das cargas térmicas internas permitem definir a utilização percentual das fontes internas de calor. Ao longo do ano, existem 4 perfis de iluminação, 4 de equipamentos e 4 de ocupação, correspondentes às 4 estações do ano.

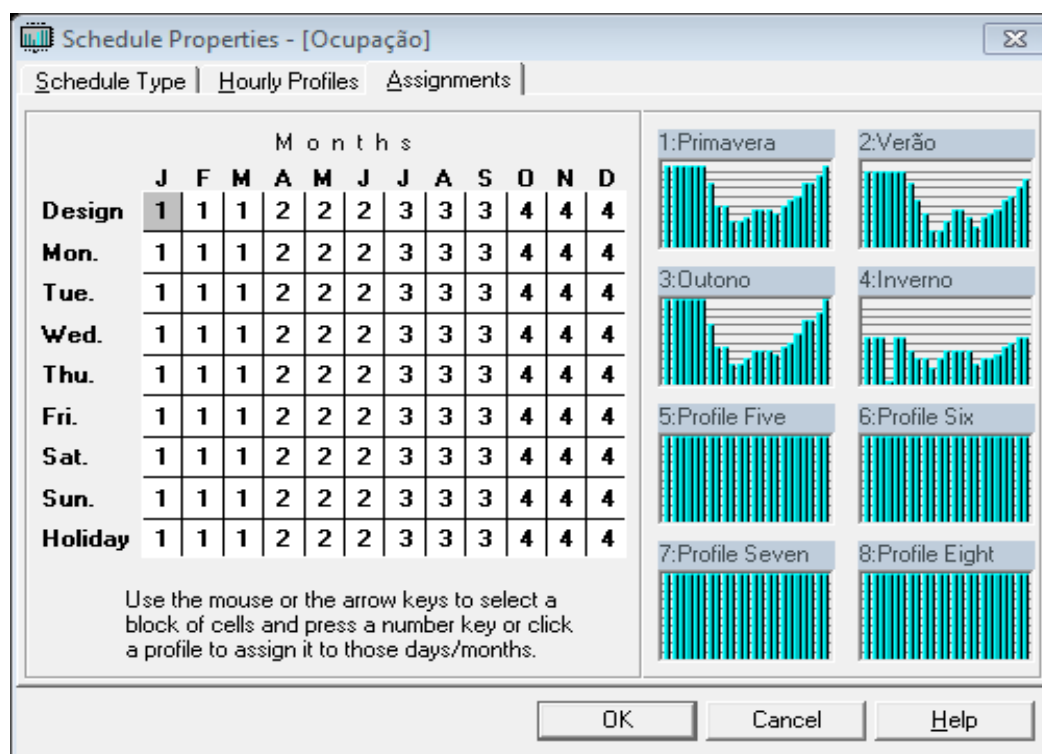


Figura 10 - Perfis horários, ocupação do quarto nº 307

No menu paredes, janelas e portas, *walls*, *windows*, *doors*, são introduzidas as áreas e respetivas orientações das paredes e janelas exteriores.

Seguidamente, procede-se ao preenchimento dos quadros com os materiais construtivos (Fonte ITE 50) [18], para cálculo dos coeficientes globais de transmissão de calor (U). De referir que o programa apresenta por defeito valores de  $R_i$  e  $R_e$  diferentes dos tabelados no ITE 50, tendo sido corrigidos para os valores indicados.

Wall Properties - [P. Ext. Piso 3]

Wall Assembly Name: **P. Ext. Piso 3**

Outside Surface Color: **Light** Absorptivity: **0.450**

| Layers: Inside to Outside  | Thickness<br>mm | Density<br>kg/m³ | Specific Ht.<br>kJ/kg/K | R-Value<br>m²·K/W | Weight<br>kg/m² |
|----------------------------|-----------------|------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|
| Inside surface resistance  | 0,000           | 0,0              | 0,00                    | 0.12064           | 0,0             |
| ▶ Pladur c/ isolam térm-ac | 10,000          | 900,0            | 1,10                    | 0.04000           | 9,0             |
| Isolamento Poliestireno X  | 30,000          | 35,0             | 1,50                    | 0.81100           | 1,1             |
| Pedra Lioz                 | 690,000         | 2100,0           | 0,84                    | 0.40600           | 1449,0          |
| Reboco ext c/Argamassa     | 30,000          | 1900,0           | 0,84                    | 0.02300           | 57,0            |
| Outside surface resistance | 0,000           | 0,0              | 0,00                    | 0.05864           | 0,0             |
| Totals                     | 760,000         |                  |                         | 1,46              | 1516,1          |

Overall U-Value: 0.685 W/m²/K

OK Cancel Help

Figura 11 - Constituição da parede exterior do piso 3

No cálculo das áreas das janelas foram considerados módulos de 1 m × 1 m (largura × altura) a multiplicar pela área total da janela. Nos envidraçados, sempre que necessário, fez-se a aproximação da área introduzida no programa à área real medida nas plantas. Os materiais dos envidraçados foram selecionados de acordo com as opções disponíveis no programa (sendo o valor de (U) comparado com o ITE 50). O sombreamento interior efetua-se por cortinas interiores de cor clara, com o objetivo de atenuar a incidência de radiação solar no espaço climatizado.

Window Properties - [janela]

Window Details

Name: **janela**

Detailed Input: ☒

Height: **1.00** m Width: **1.00** m

Frame Type: **Aluminum with thermal breaks**

Internal Shade Type: **Drapes - Semi-Open Weave - Light**

Overall U-Value: **2.842** W/m²/K

Overall Shade Coefficient: **0.411**

Glass Details

| Glazing       | Glass Type           | Transmissivity | Reflectivity | Absorptivity |
|---------------|----------------------|----------------|--------------|--------------|
| Outer Glazing | 6mm clear reflective | 0.501          | 0.315        | 0.184        |
| Glazing #2    | 6mm clear            | 0.792          | 0.079        | 0.129        |
| Glazing #3    | not used             |                |              |              |

Gap Type: **13 mm Air Space**

OK Cancel Help

Figura 12 - Características da superfície envidraçada

No menu cobertura e claraboias, *roofs skylights*, não se introduzem dados visto que neste espaço não existem telhados nem claraboias. Caso contrário, teriam de ser calculados os respetivos (U), preenchendo os quadros *roofs skylights* à semelhança de *walls, windows, doors*.

No menu pavimentos, *floors*, a área do pavimento do quarto nº 307 não é contabilizada para efeito de cálculo do (U), devido ao facto de estar em contacto com um espaço climatizado.

No menu espaços interiores, *partitions*, o sistema só permite a introdução de duas *partitions* por cada espaço. Neste caso, consideram-se 2 *partitions* referentes ao hall do ascensor e às instalações sanitárias, em contacto com 2 tipos de paredes de construção diferenciada. Assim, foram calculadas as áreas (portas incluídas no material predominante) e os respetivos (U). Foram igualmente introduzidos os valores das temperaturas máxima  $T = 25^{\circ} \text{C}$  e mínima  $T = 20^{\circ} \text{C}$  de projeto e os valores das temperaturas máxima  $T = 27^{\circ} \text{C}$  e mínima  $T = 15^{\circ} \text{C}$  adotados para os espaços adjacentes não climatizados.

- Bloco *systems*

Esta opção tem como objetivo o dimensionamento das unidades interiores, neste caso dos VC's, pois o sistema dá-nos as cargas térmicas de cada espaço.

No menu geral, *general*, introduzem-se os dados relativos ao tipo de equipamento a colocar no espaço a climatizar (VC a 4 tubos) e número de zonas do piso

No menu do sistema de insuflação e extração de ar no edifício, *ventilation system componentes*, que neste caso é tudo ar novo, temos os seguintes sub-menus:

Ventilação de ar, *ventilation air*, referente ao ar novo de insuflação que é de caudal de ar constante. Método de dimensionamento da ventilação, *ventilation sizing method*, total do caudal do ar novo a insuflar calculado pela soma dos caudais de cada espaço. Percentagem máxima de  $\text{CO}_2$  no ar novo à entrada do sistema, 400 ppm, de acordo com [14].

Recuperação de energia do ar de exaustão, *ventilation reclaim*: no inverno, a *vent. Reclai unit* transfere calor do ar quente de saída (*exhaust air*) para o ar novo de insuflação. Assim, faz-se o aproveitamento da energia do ar quente de saída para fazer subir a temperatura do ar frio de entrada. Serão utilizados permutadores de calor de correntes cruzadas.

Faz a recuperação em calor sensível, com uma eficiência térmica de 55% de acordo com o fornecedor, e perfil de funcionamento para todo o ano.

Bateria de arrefecimento do VC, *cooling coil*, referente ao *set point* do ar novo. Características: *set point* regulado para 25°C; fator de *by-pass* com um valor de 0,1 (valor dado pelo programa por defeito); água fria como fluido de arrefecimento e perfil de funcionamento para todo o ano.

Bateria de aquecimento do VC, *heating coil*, referente ao *set point* do ar novo. Características: *set point* regulado para 20°C, água quente como fluido de aquecimento e perfil de funcionamento para todo o ano.

Ventilador de insuflação, *ventilation fan*, com as seguintes características: ventilador do tipo centrífugo com pás de curvatura avançada, pressão estática de 665 Pa (valor referente ao cálculo das perdas de carga, Anexo X) e eficiência de 63%.

Sistema de condutas, *duct system*, considerando-se a opção de extração de ar por condutas.

Ventilador de extração, *exhaust fan*, tendo as seguintes características: ventilador centrífugo do tipo com pás de curvatura avançada, pressão estática de 661 Pa (valor referente ao cálculo das perdas de carga, AnexoXI) e eficiência total de 62%. A extração de ar será cerca de 10% inferior à insuflação, de modo a manter o edifício em sobrepressão, minimizando assim as infiltrações de ar exterior. Os filtros da unidade de tratamento de ar novo, UTAN, aumentam as perdas de carga dos respetivos circuitos.

No menu componentes de zona, *zone components*, temos os seguintes sub-menus:

Espaços, *spaces*, adicionando-se o espaço (quarto nº 307) à zona piso 3.

Termostatos, *thermostats*, considerando-se o quarto nº 307 incluído na zona piso 3. Consideram-se os termostatos com iguais *set points* para todas as zonas. Introduzem-se os *set points* de arrefecimento, 25°C em situação de ocupado e 29,4°C (adotado o valor indicado pelo programa) em situação de não ocupado. Igualmente, os *set points* de aquecimento, 20°C em situação de ocupado e 15,6°C (adotado o valor indicado pelo programa) em situação de não ocupado. Assume-se o valor da zona morta *T stat throttling range* = 1K. Considera-se que o arrefecimento pode funcionar num espaço em situação de não ocupação.

No perfil do termostato de refrigeração, considera-se a situação de espaço ocupado das 18:00 às 10:00 horas. Na situação de espaço não ocupado, das 10:00 às 18:00 horas.

Dados comuns, *common data*, ou sejam, os dados comuns da unidade terminal (VC).

Bateria de arrefecimento: temperatura do ar à saída da bateria  $T = 16^{\circ}\text{C}$ , fator de *by-*

pass da serpentina de frio  $f_{bp} = 0,1$  (adotado o valor indicado pelo programa), fonte de arrefecimento é água refrigerada proveniente do chiller, considera-se o perfil de funcionamento aberto todo o ano. Ventilação sempre ligada. Bateria de aquecimento: temperatura do ar à saída da bateria  $T = 30^{\circ}\text{C}$ , fonte de aquecimento é água quente proveniente da caldeira, considera-se o perfil de funcionamento aberto todo o ano. Ventilação sempre ligada.

Unidades terminais, *terminal units*, todas com características semelhantes. As unidades terminais são todas do tipo ventiloconvector a 4 tubos, ventilador com 20 Pa de pressão estática e 50% de eficiência total.

No menu dados para dimensionamento, *sizing data*, temos os seguintes sub-menus:

Dimensionamento do sistema, *system sizing*, onde, selecionando a opção *computer generated*, será o programa a efetuar o dimensionamento. Especificações para o dimensionamento hidráulico: água fria  $\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$ , água quente  $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ .

No dimensionamento considera-se 1 sistema por piso.

Dimensionamento das zonas, *zone sizing*, sendo o método de dimensionamento do caudal de ar total a insuflar pela central constituído pela soma dos caudais de ar de todos os espaços dessa zona. O método de dimensionamento da carga térmica do ar novo é efetuado com os picos de cada espaço.

- Bloco *plants*

Este bloco serve para efetuar o dimensionamento da central térmica, isto é, do *chiller* e da caldeira.

No menu geral, selecionam-se as opções *chiller* e caldeira, correspondendo à central de frio e de aquecimento.

No menu sistemas, *systems*, na opção *chiller* e caldeira adicionam-se os sistemas abastecidos a água fria / água quente, zona pisos 0 a 5.

### 3.12. Relatórios (outputs) do programa HAP

**Air System Sizing Summary for s piso 3**

Project Name: Edif-2b 23 maio 2013  
Prepared by: isel

06-03-2013  
09:06

**Air System Information**

|                       |          |                       |                      |
|-----------------------|----------|-----------------------|----------------------|
| Air System Name ..... | s piso 3 | Number of zones ..... | 7                    |
| Equipment Class ..... | TERM     | Floor Area .....      | 120,7 m <sup>2</sup> |
| Air System Type ..... | 4P-FC    | Location .....        | Lisbon, Portugal     |

**Sizing Calculation Information**  
**Zone and Space Sizing Method:**

|                 |                             |                          |            |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------|------------|
| Zone L/s .....  | Sum of space airflow rates  | Calculation Months ..... | Jan to Dec |
| Space L/s ..... | Individual peak space loads | Sizing Data .....        | Calculated |

**Cooling Coil Sizing Data**

|                                |          |                        |                |
|--------------------------------|----------|------------------------|----------------|
| Total coil load .....          | 0,9 kW   | Load occurs at .....   | Jul 1800       |
| Sensible coil load .....       | 0,9 kW   | OA DB / WB .....       | 31,0 / 22,2 °C |
| Coil L/s at Jul 1800 .....     | 156 L/s  | Entering DB / WB ..... | 29,1 / 21,7 °C |
| Max coil L/s .....             | 156 L/s  | Leaving DB / WB .....  | 24,0 / 20,2 °C |
| Sensible heat ratio .....      | 1,000    | Bypass Factor .....    | 0,100          |
| Water flow @ 5,0 °K rise ..... | 0,05 L/s |                        |                |

**Heating Coil Sizing Data**

|                                 |          |                        |                |
|---------------------------------|----------|------------------------|----------------|
| Max coil load .....             | 1,1 kW   | Load occurs at .....   | Des Htg        |
| Coil L/s at Des Htg .....       | 156 L/s  | Ent. DB / Lvg DB ..... | 12,9 / 19,0 °C |
| Max coil L/s .....              | 156 L/s  |                        |                |
| Water flow @ 10,0 °K drop ..... | 0,03 L/s |                        |                |

**Ventilation Fan Sizing Data**

|                                        |                            |                     |          |
|----------------------------------------|----------------------------|---------------------|----------|
| Actual max L/s .....                   | 156 L/s                    | Fan motor BHP ..... | 0,26 BHP |
| Standard L/s .....                     | 154 L/s                    | Fan motor kW .....  | 0,19 kW  |
| Actual max L/(s-m <sup>2</sup> ) ..... | 1,29 L/(s-m <sup>2</sup> ) | Fan static .....    | 665 Pa   |

**Exhaust Fan Sizing Data**

|                                        |                            |                     |          |
|----------------------------------------|----------------------------|---------------------|----------|
| Actual max L/s .....                   | 156 L/s                    | Fan motor BHP ..... | 0,26 BHP |
| Standard L/s .....                     | 154 L/s                    | Fan motor kW .....  | 0,19 kW  |
| Actual max L/(s-m <sup>2</sup> ) ..... | 1,29 L/(s-m <sup>2</sup> ) | Fan static .....    | 661 Pa   |

**Outdoor Ventilation Air Data**

|                             |                            |                  |                  |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|
| Design airflow L/s .....    | 156 L/s                    | L/s/person ..... | 10,40 L/s/person |
| L/(s-m <sup>2</sup> ) ..... | 1,29 L/(s-m <sup>2</sup> ) |                  |                  |

Figura 13 - Resumo do caudal e cargas térmicas de ar novo do sistema do piso 3

Através dos relatórios *air system sizing summary*, efetua-se o dimensionamento da UTAN pelo somatório dos caudais de ar novo, cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento do ar novo de todos os sistemas do edifício, um por piso. Na figura nº 13, representa-se o *output* referente ao dimensionamento do sistema de ar do piso 3.

### Zone Sizing Summary for s piso 3

Project Name: Edif-2b 23 maio 2013  
Prepared by: isel

06-03-2013  
09:06

#### Air System Information

Air System Name ..... s piso 3  
Equipment Class ..... TERM  
Air System Type ..... 4P-FC

Number of zones ..... 7  
Floor Area ..... 120,7 m<sup>2</sup>  
Location ..... Lisbon, Portugal

#### Sizing Calculation Information

##### Zone and Space Sizing Method:

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

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

#### Zone Sizing Data

| Zone Name | Maximum Cooling Sensible (kW) | Design Air Flow (L/s) | Minimum Air Flow (L/s) | Time of Peak Load | Maximum Heating Load (kW) | Zone Floor Area (m <sup>2</sup> ) | Zone L/(s-m <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Q301      | 0,7                           | 61                    | 61                     | Jul 1900          | 0,6                       | 18,2                              | 3,38                       |
| Q302      | 0,5                           | 44                    | 44                     | Jul 1900          | 0,3                       | 13,2                              | 3,31                       |
| Q303      | 0,5                           | 51                    | 51                     | Jul 1900          | 0,3                       | 13,0                              | 3,89                       |
| Q304      | 1,5                           | 136                   | 136                    | Jul 1800          | 0,5                       | 18,3                              | 7,43                       |
| Q305      | 0,5                           | 49                    | 49                     | Jul 1900          | 0,5                       | 13,1                              | 3,74                       |
| Q306      | 2,4                           | 221                   | 221                    | Jul 1800          | 0,9                       | 31,2                              | 7,09                       |
| Q 307     | 1,5                           | 138                   | 138                    | Jul 1800          | 0,7                       | 13,7                              | 10,10                      |

#### Terminal Unit Sizing Data - Cooling

| Zone Name | Total Coil Load (kW) | Sens Coil Load (kW) | Coil Entering DB / WB (°C) | Coil Leaving DB / WB (°C) | Water Flow @ 5,0 °K (L/s) | Time of Peak Load |
|-----------|----------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| Q301      | 0,9                  | 0,7                 | 26,1 / 19,7                | 16,0 / 15,4               | 0,04                      | Jul 1900          |
| Q302      | 0,7                  | 0,5                 | 26,0 / 19,9                | 16,0 / 15,4               | 0,03                      | Jul 1900          |
| Q303      | 0,8                  | 0,6                 | 26,0 / 19,8                | 16,0 / 15,4               | 0,04                      | Jul 1900          |
| Q304      | 1,9                  | 1,7                 | 26,2 / 19,2                | 16,0 / 15,3               | 0,09                      | Jul 1800          |
| Q305      | 0,8                  | 0,6                 | 25,9 / 19,8                | 16,0 / 15,4               | 0,04                      | Jul 1900          |
| Q306      | 3,0                  | 2,7                 | 26,3 / 19,2                | 16,0 / 15,3               | 0,15                      | Jul 1800          |
| Q 307     | 1,9                  | 1,7                 | 26,1 / 19,2                | 16,0 / 15,3               | 0,09                      | Jul 1800          |

#### Terminal Unit Sizing Data - Heating, Fan, Ventilation

| Zone Name | Heating Coil Load (kW) | Heating Coil Ent/Lvg DB (°C) | Htg Coil Water Flow @10,0 °K (L/s) | Fan Design Airflow (L/s) | Fan Motor (BHP) | Fan Motor (kW) | OA Vent Design Airflow (L/s) |
|-----------|------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| Q301      | 0,5                    | 19,5 / 27,0                  | 0,01                               | 61                       | 0,003           | 0,002          | 21                           |
| Q302      | 0,2                    | 19,8 / 24,1                  | 0,01                               | 44                       | 0,002           | 0,002          | 21                           |
| Q303      | 0,3                    | 19,7 / 24,4                  | 0,01                               | 51                       | 0,003           | 0,002          | 21                           |
| Q304      | 0,5                    | 19,8 / 22,6                  | 0,01                               | 136                      | 0,007           | 0,005          | 21                           |
| Q305      | 0,4                    | 19,6 / 26,6                  | 0,01                               | 49                       | 0,003           | 0,002          | 21                           |
| Q306      | 0,8                    | 19,7 / 22,9                  | 0,02                               | 221                      | 0,012           | 0,009          | 31                           |
| Q 307     | 0,7                    | 19,9 / 23,8                  | 0,02                               | 138                      | 0,007           | 0,006          | 21                           |

#### Space Loads and Airflows

| Zone Name / Space Name | Mult. | Cooling Sensible (kW) | Time of Load | Air Flow (L/s) | Heating Load (kW) | Floor Area (m <sup>2</sup> ) | Space L/(s-m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|-------|-----------------------|--------------|----------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Q301</b>            |       |                       |              |                |                   |                              |                             |
| 301 quarto duplo + i s | 1     | 0,7                   | Jul 1900     | 61             | 0,6               | 18,2                         | 3,38                        |
| <b>Q302</b>            |       |                       |              |                |                   |                              |                             |
| 302 quarto duplo + i s | 1     | 0,5                   | Jul 1900     | 44             | 0,3               | 13,2                         | 3,31                        |
| <b>Q303</b>            |       |                       |              |                |                   |                              |                             |
| 303 quarto duplo + i s | 1     | 0,5                   | Jul 1900     | 51             | 0,3               | 13,0                         | 3,89                        |
| <b>Q304</b>            |       |                       |              |                |                   |                              |                             |
| 304 quarto duplo + i s | 1     | 1,5                   | Jul 1800     | 136            | 0,5               | 18,3                         | 7,43                        |
| <b>Q305</b>            |       |                       |              |                |                   |                              |                             |
| 305 quarto duplo + i s | 1     | 0,5                   | Jul 1900     | 49             | 0,5               | 13,1                         | 3,74                        |
| <b>Q306</b>            |       |                       |              |                |                   |                              |                             |
| 306 suite + i s        | 1     | 2,4                   | Jul 1800     | 221            | 0,9               | 31,2                         | 7,09                        |
| <b>Q 307</b>           |       |                       |              |                |                   |                              |                             |
| 307 quarto duplo + i s | 1     | 1,5                   | Jul 1800     | 138            | 0,7               | 13,7                         | 10,10                       |

Figura 14 - Resumo das cargas térmicas do sistema do piso 3

O relatório da figura 14 refere-se ao cálculo das cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento de cada espaço deste piso, a partir do qual será efetuado o dimensionamento dos respetivos ventiloconvectores.

### Air System Design Load Summary for s piso 3

Project Name: Edif-2b 23 maio 2013  
Prepared by: isel

06-03-2013  
09:06

|                               | DESIGN COOLING                                                 |              |            | DESIGN HEATING                                                 |              |            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------|------------|----------------------------------------------------------------|--------------|------------|
|                               | COOLING DATA AT Jul 1800                                       |              |            | HEATING DATA AT DES HTG                                        |              |            |
|                               | COOLING OA DB / WB 31,0 °C / 22,2 °C                           |              |            | HEATING OA DB / WB 3,5 °C / 1,0 °C                             |              |            |
| ZONE LOADS                    | Details                                                        | Sensible (W) | Latent (W) | Details                                                        | Sensible (W) | Latent (W) |
| Window & Skylight Solar Loads | 30 m²                                                          | 3786         | -          | 30 m²                                                          | -            | -          |
| Wall Transmission             | 78 m²                                                          | 197          | -          | 78 m²                                                          | 883          | -          |
| Roof Transmission             | 0 m²                                                           | 0            | -          | 0 m²                                                           | 0            | -          |
| Window Transmission           | 30 m²                                                          | 395          | -          | 30 m²                                                          | 1407         | -          |
| Skylight Transmission         | 0 m²                                                           | 0            | -          | 0 m²                                                           | 0            | -          |
| Door Loads                    | 0 m²                                                           | 0            | -          | 0 m²                                                           | 0            | -          |
| Floor Transmission            | 6 m²                                                           | 3            | -          | 6 m²                                                           | 11           | -          |
| Partitions                    | 208 m²                                                         | 286          | -          | 208 m²                                                         | 1386         | -          |
| Ceiling                       | 0 m²                                                           | 0            | -          | 0 m²                                                           | 0            | -          |
| Overhead Lighting             | 869 W                                                          | 720          | -          | 0                                                              | 0            | -          |
| Task Lighting                 | 0 W                                                            | 0            | -          | 0                                                              | 0            | -          |
| Electric Equipment            | 1267 W                                                         | 1290         | -          | 0                                                              | 0            | -          |
| People                        | 9                                                              | 609          | 324        | 0                                                              | 0            | 0          |
| Infiltration                  | -                                                              | 0            | 0          | -                                                              | 0            | 0          |
| Miscellaneous                 | -                                                              | 0            | 0          | -                                                              | 0            | 0          |
| Safety Factor                 | 0% / 0%                                                        | 0            | 0          | 0%                                                             | 0            | 0          |
| >> Total Zone Loads           | -                                                              | 7287         | 324        | -                                                              | 3687         | 0          |
| Zone Conditioning             | -                                                              | 8716         | 324        | -                                                              | 3516         | 0          |
| Plenum Wall Load              | 0%                                                             | 0            | -          | 0                                                              | 0            | -          |
| Plenum Roof Load              | 0%                                                             | 0            | -          | 0                                                              | 0            | -          |
| Plenum Lighting Load          | 0%                                                             | 0            | -          | 0                                                              | 0            | -          |
| Exhaust Fan Load              | 156 L/s                                                        | 191          | -          | 156 L/s                                                        | -191         | -          |
| Ventilation Load              | 156 L/s                                                        | 284          | 1111       | 156 L/s                                                        | 1425         | 0          |
| Ventilation Fan Load          | 156 L/s                                                        | 192          | -          | 156 L/s                                                        | -192         | -          |
| Space Fan Coil Fans           | -                                                              | 28           | -          | -                                                              | -28          | -          |
| Duct Heat Gain / Loss         | 0%                                                             | 0            | -          | 0%                                                             | 0            | -          |
| >> Total System Loads         | -                                                              | 9411         | 1435       | -                                                              | 4530         | 0          |
| Cooling Coil                  | -                                                              | 949          | 0          | -                                                              | 0            | 0          |
| Heating Coil                  | -                                                              | 0            | -          | -                                                              | 1129         | -          |
| Terminal Unit Cooling         | -                                                              | 8462         | 1442       | -                                                              | 0            | 0          |
| Terminal Unit Heating         | -                                                              | 0            | -          | -                                                              | 3400         | -          |
| >> Total Conditioning         | -                                                              | 9411         | 1442       | -                                                              | 4529         | 0          |
| Key:                          | Positive values are clg loads<br>Negative values are htg loads |              |            | Positive values are htg loads<br>Negative values are clg loads |              |            |

Figura 15 - Resumo das cargas térmicas detalhadas do sistema do piso 3

Relatório referente ao somatório das cargas térmicas do piso 3, picos máximos coincidentes, incluindo a do ar novo.

Efetuada um balanço térmico ao edifício através dos picos máximos coincidentes verifica-se que as necessidades reais de potência térmica de arrefecimento (62,7 kW) são inferiores ao somatório dos picos individuais não coincidentes (73,6 kW).

## Space Design Load Summary for s piso 3

Project Name: Edif-2b 23 maio 2013  
Prepared by: isel

06-03-2013  
09:06

| TABLE 7.1.A. COMPONENT LOADS FOR SPACE " 307 quarto duplo + i s " IN ZONE " Q 307 "         |         |          |        |                                                                                          |          |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|
| DESIGN COOLING                                                                              |         |          |        | DESIGN HEATING                                                                           |          |        |
| COOLING DATA AT Jul 1800<br>COOLING OA DB / WB 31,0 °C / 22,2 °C<br>OCCUPIED T-STAT 25,0 °C |         |          |        | HEATING DATA AT DES HTG<br>HEATING OA DB / WB 3,5 °C / 1,0 °C<br>OCCUPIED T-STAT 20,0 °C |          |        |
|                                                                                             |         | Sensible | Latent |                                                                                          | Sensible | Latent |
| SPACE LOADS                                                                                 | Details | (W)      | (W)    | Details                                                                                  | (W)      | (W)    |
| Window & Skylight Solar Loads                                                               | 7 m²    | 1007     | -      | 7 m²                                                                                     | -        | -      |
| Wall Transmission                                                                           | 20 m²   | 48       | -      | 20 m²                                                                                    | 226      | -      |
| Roof Transmission                                                                           | 0 m²    | 0        | -      | 0 m²                                                                                     | 0        | -      |
| Window Transmission                                                                         | 7 m²    | 92       | -      | 7 m²                                                                                     | 328      | -      |
| Skylight Transmission                                                                       | 0 m²    | 0        | -      | 0 m²                                                                                     | 0        | -      |
| Door Loads                                                                                  | 0 m²    | 0        | -      | 0 m²                                                                                     | 0        | -      |
| Floor Transmission                                                                          | 0 m²    | 0        | -      | 0 m²                                                                                     | 0        | -      |
| Partitions                                                                                  | 26 m²   | 28       | -      | 26 m²                                                                                    | 109      | -      |
| Ceiling                                                                                     | 0 m²    | 0        | -      | 0 m²                                                                                     | 0        | -      |
| Overhead Lighting                                                                           | 99 W    | 82       | -      | 0                                                                                        | 0        | -      |
| Task Lighting                                                                               | 0 W     | 0        | -      | 0                                                                                        | 0        | -      |
| Electric Equipment                                                                          | 144 W   | 146      | -      | 0                                                                                        | 0        | -      |
| People                                                                                      | 1       | 79       | 42     | 0                                                                                        | 0        | 0      |
| Infiltration                                                                                | -       | 0        | 0      | -                                                                                        | 0        | 0      |
| Miscellaneous                                                                               | -       | 0        | 0      | -                                                                                        | 0        | 0      |
| Safety Factor                                                                               | 0% / 0% | 0        | 0      | 0%                                                                                       | 0        | 0      |
| >> Total Zone Loads                                                                         | -       | 1481     | 42     | -                                                                                        | 663      | 0      |

| TABLE 7.1.B. ENVELOPE LOADS FOR SPACE " 307 quarto duplo + i s " IN ZONE " Q 307 " |      |             |        |         |         |         |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|--------|---------|---------|---------|
|                                                                                    |      |             |        | COOLING | COOLING | HEATING |
|                                                                                    | Area | U-Value     | Shade  | TRANS   | SOLAR   | TRANS   |
|                                                                                    | (m²) | (W/(m²·°K)) | Coeff. | (W)     | (W)     | (W)     |
| <b>N EXPOSURE</b>                                                                  |      |             |        |         |         |         |
| WALL                                                                               | 6    | 0,690       | -      | 9       | -       | 69      |
| WINDOW 1                                                                           | 2    | 2,842       | 0,411  | 26      | 61      | 94      |
| <b>W EXPOSURE</b>                                                                  |      |             |        |         |         |         |
| WALL                                                                               | 14   | 0,690       | -      | 39      | -       | 157     |
| WINDOW 1                                                                           | 5    | 2,842       | 0,411  | 66      | 946     | 234     |

Figura 16 - Resumo das cargas térmicas do espaço Q 307

Este relatório apresenta as cargas térmicas detalhadas de arrefecimento e aquecimento do espaço Q 307, não incluindo a carga térmica do ar novo.

Nos dois relatórios seguintes são indicadas as potências térmicas de arrefecimento do *chiller* e de aquecimento da caldeira, assim como a sua distribuição pelos 6 sistemas.

## Cooling Plant Sizing Summary for CHIILER

Edif-2b 23 maio 2013  
Isel

06-03-2013  
09:09

### 1. Plant Information:

Plant Name ..... CHIILER  
Plant Type ..... Generic Chilled Water  
Design Weather ..... Lisbon, Portugal

### 2. Cooling Plant Sizing Data:

Maximum Plant Load ..... 62,7 kW  
Load occurs at ..... Jul 1800  
m<sup>2</sup>/kW ..... 11,6 m<sup>2</sup>/kW  
Floor area served by plant ..... 724,3 m<sup>2</sup>

### 3. Coincident Air System Cooling Loads for Jul 1800

| Air System Name | Mult. | System Cooling Coil Load ( kW ) |
|-----------------|-------|---------------------------------|
| s piso 0        | 1     | 5,0                             |
| s piso 1        | 1     | 13,2                            |
| s piso 2        | 1     | 13,1                            |
| s piso 3        | 1     | 10,9                            |
| s piso 4        | 1     | 10,5                            |
| s piso 5        | 1     | 10,0                            |

System loads are for coils whose cooling source is ' Chilled Water ' or ' Any ' .

Figura 17 - Dimensionamento do *chiller*

## Heating Plant Sizing Summary for CALDEIRA

Edif-2b 23 maio 2013  
Isel

06-03-2013  
09:08

### 1. Plant Information:

Plant Name ..... CALDEIRA  
Plant Type ..... Generic Hot Water  
Design Weather ..... Lisbon, Portugal

### 2. Heating Plant Sizing Data:

Maximum Plant Load ..... 32,1 kW  
Load occurs at ..... Winter Design  
W/m<sup>2</sup> ..... 44,3 W/m<sup>2</sup>  
Floor area served by plant ..... 724,3 m<sup>2</sup>

### 3. Coincident Air System Heating Loads for Winter Design

| Air System Name | Mult. | System Heating Coil Load ( kW ) |
|-----------------|-------|---------------------------------|
| s piso 1        | 1     | 5,0                             |
| s piso 2        | 1     | 5,0                             |
| s piso 3        | 1     | 4,5                             |
| s piso 5        | 1     | 4,0                             |
| s piso 4        | 1     | 4,1                             |
| s piso 0        | 1     | 9,5                             |

System loads are for coils whose heating source is ' Hot Water ' or ' Any ' .

Figura 18 - Dimensionamento da caldeira

### 3.13. Análise dos Valores das Cargas Térmicas do Edifício

No anexo 5 são apresentadas diversas folhas de cálculo (*out-puts*) referentes aos valores das cargas térmicas do quarto Q 307, assim como o total das mesmas para o respetivo piso e total edifício. Os gráficos seguintes têm como objetivo comparar os “pesos” relativos das diferentes cargas térmicas segundo a sua origem, tanto para a estação de arrefecimento como para a de aquecimento.

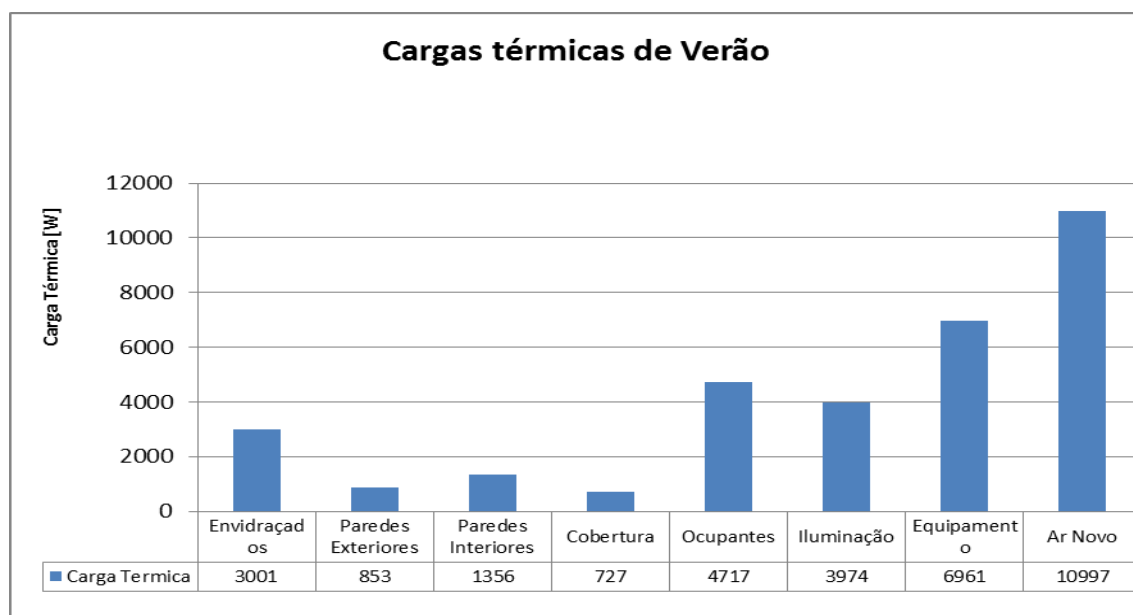


Figura 19 – Cargas térmicas do edifício para a estação de arrefecimento

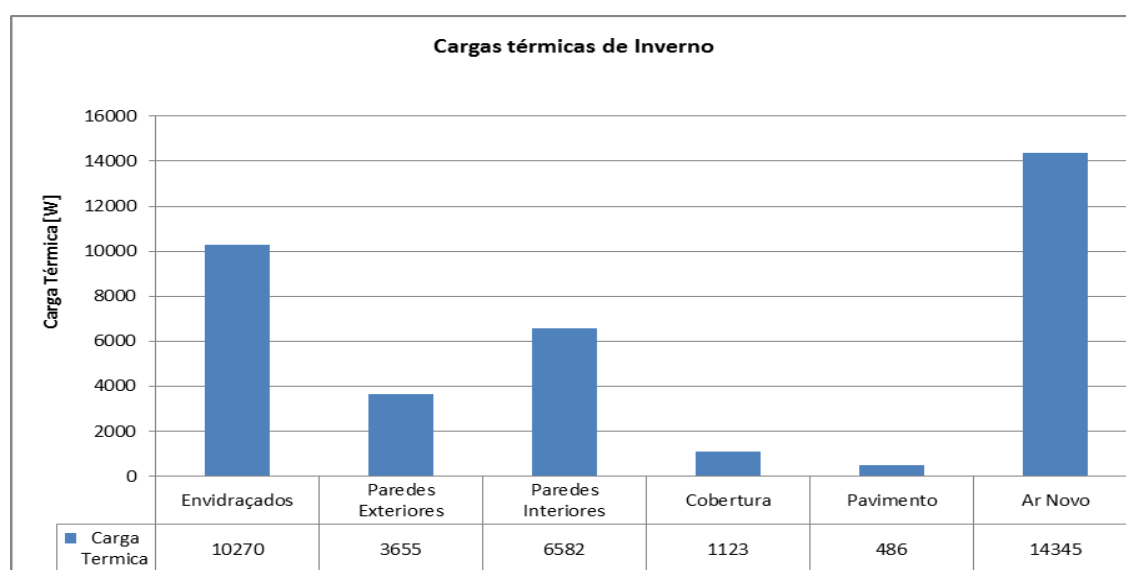


Figura 20 - Cargas térmicas do edifício para a estação de aquecimento

Após análise dos gráficos verifica-se que no verão as cargas térmicas predominantes são devidas ao ar novo, equipamentos, ocupantes, iluminação e envidraçados, sendo as restantes cargas pouco significativas. De referir que o “peso” das cargas térmicas devidas aos envidraçados, em particular na fachada Oeste, sofrem um incremento devido à ausência de proteções solares exteriores (estores, palas) dos envidraçados, apesar destes possuírem baixos coeficientes de transmissão de calor. De assinalar ainda a reduzida influência das cargas térmicas através da cobertura, paredes exteriores e pavimento. As cargas térmicas através das paredes interiores devem-se essencialmente aos espaços não climatizados pertencentes aos edifícios contíguos a Este e Sul, aos quais se atribuíram temperaturas de 30°C para as condições de verão.

Deve-se referir que ao longo da estação quente, o edifício possui “proteções solares naturais” constituídas pelos edifícios contíguos posicionados a Este e Sul, protegendo-o da radiação solar direta ao longo do dia. Este tipo de situação é determinante para a reduzida influência das cargas térmicas através das paredes exteriores. A única fachada totalmente exposta aos raios solares diretos é a que se encontra orientada a Oeste.

Na estação de aquecimento, verifica-se que as cargas térmicas mais significativas são as devidas ao ar novo, envidraçados, paredes exteriores e paredes interiores.

Deve-se referir que o tipo de enquadramento arquitetónico descrito como favorável para a estação de arrefecimento, assume-se agora como sendo desfavorável durante a estação de aquecimento, visto não permitir o aproveitamento dos ganhos solares na estação baixa.

De assinalar ainda, a reduzida influência das cargas térmicas através da cobertura e pavimento. As cargas térmicas através das paredes interiores, devem-se essencialmente aos espaços não ventilados pertencentes aos edifícios contíguos a Este e Sul, aos quais se atribuiu uma temperatura bastante baixa, de 0°C para as condições de inverno. Contudo, tendo em conta os condicionalismos arquitetónicos, verifica-se que o edifício apresenta um isolamento térmico bastante aceitável. Na estação baixa, a radiação solar sobre a envolvente exterior do edifício e as cargas térmicas referentes aos ocupantes, iluminação e equipamentos contribuem para a redução da potência necessária ao aquecimento.

Através da análise dos “reports”, constata-se que a orientação das diferentes fachadas do edifício assume uma importância relevante na amplitude e hora de “pico” das cargas térmicas. Assim, verifica-se que os “picos” máximos de todos os espaços, exceto no piso

0, ocorrem sempre no mês de julho mas a horas diferentes de acordo com a orientação das fachadas e dos horários de funcionamento do Hotel. Deste modo, podemos tirar as seguintes conclusões:

- Fachada Norte: em todos os espaços orientados unicamente neste quadrante, o “pico” da carga ocorre sempre às 19:00 horas, como são os casos dos quartos nº 101, 201, 301, 401 e 501; 201, 202, 203, 204 e 205; 303 e 403.
- Fachada Este: em todos os espaços orientados unicamente neste quadrante, o “pico” da carga reparte-se pelas 19:00 horas no caso dos quartos nº 105, 205 e 305, e pelas 22:00 horas no caso dos quartos nº 405 e 505.
- Fachada Oeste: em todos os espaços orientados unicamente neste quadrante, o “pico” da carga ocorre sempre às 18:00 horas, como são os casos dos quartos nº 104, 204, 304, 404 e 504; suítes nº 106, 206, 306 406 e 506, exceto na receção e no bar onde os “picos” ocorrem respetivamente nos meses de Julho e Agosto, às 16:00 horas.
- Fachadas Norte/Oeste: em todos os espaços com estas 2 orientações, o “pico” da carga ocorre pelas 18:00 horas, como são os casos dos quartos nº 103, 203, 307, 407 e 503, exceto na sala de pequenos almoços onde o “pico” ocorre no mês de junho, às 09:00 horas.
- Escritório: sendo o único espaço interior, apresenta o seu “pico” de carga máxima às 15:00 horas, resultando unicamente da acumulação das cargas devidas a ocupação, iluminação, equipamento, ar novo e espaços interiores não climatizados.

Através da comparação dos resultados obtidos, verifica-se que o somatório dos “picos” de carga máxima não coincidentes é superior ao somatório dos “picos” de carga máximos coincidentes. Deste modo, é possível dimensionar a instalação de uma forma mais rigorosa, obtendo benefícios económicos em termos de custos de instalação e exploração, mantendo os níveis de eficiência e qualidade desejados.

Devido ao fator de simultaneidade dos equipamentos não ser unitário, ou seja, raramente teremos situações em que todos os equipamentos interiores estejam à carga máxima em simultâneo, devem então ser considerados para o cálculo das potências de arrefecimento e de aquecimento, os valores dos respetivos “picos” máximos coincidentes.

Obtém-se desta forma a hora de projeto, ou seja, a hora a que se verifica o “pico” de carga máximo instantâneo em todo o edifício, o qual ocorre às 18:00 horas do mês de julho [Anexo VI].

Assim, as potências térmicas necessárias na instalação são as seguintes:

- Potência de arrefecimento: 62,7 KW.
- Potência de aquecimento: 32,1 KW.

## **4. Sistema de climatização proposto**

### **4.1. Características gerais**

Tendo em conta o tipo de utilização, propõe-se para o projeto do hotel um sistema centralizado “Ar-Água”.

Apresentam-se, sucintamente, as suas características gerais:

Produção de frio/calor:

- 1 *Chiller* só frio arrefecido a ar, para produção de água arrefecida
- 1 Caldeira a gás natural, para produção de água aquecida (espaço exíguo para BC).

Distribuição de energia térmica:

- 2 Bombas de circulação de água de velocidade variável, uma para o circuito de água arrefecida e outra para o circuito de água aquecida. A caldeira possuirá um módulo hidráulico com uma bomba de circulação de água de velocidade constante no circuito primário

Difusão de energia térmica:

- 36 Ventiloinvectores a 4 tubos

Ventilação de ar:

- 1 UTAN, 100% ar novo, com recuperador de calor estático do tipo fluxos cruzadas

### **4.2. Pressupostos para a escolha do sistema “Ar-Água”**

Neste ponto pretende-se justificar as razões que levaram à escolha do sistema proposto, apresentando as suas vantagens relativamente aos sistemas “Tudo-Ar” e “VRF”.

Em relação ao sistema “Tudo-Ar”, eram necessárias grandes condutas de insuflação e de retorno à UTAN. As dimensões das courettes e o espaço disponível são reduzidos, inviabilizando esta solução [2].

Os sistemas “Tudo-Ar”, para climatizarem mais do que uma zona, ou seja, um conjunto de espaços com condições térmicas semelhantes, apresentam a desvantagem de, nas situações onde existe necessidade de aquecer e arrefecer diferentes zonas do edifício ao mesmo tempo, serem um pouco rígidos, ou seja, caso as necessidades de arrefecimento sejam superiores às de aquecimento, estas últimas terão de ser satisfeitas através de

aquecimento terminal. No entanto, quando se verificasse o contrário, necessidades de aquecimento maiores do que as de arrefecimento, seria necessário projetar toda uma rede de tubagens para possibilitar o arrefecimento terminal. Este tipo de solução seria muito dispendiosa, uma vez que para além da necessidade de uma rede de condutas volumosas, seria necessário instalar igualmente uma rede de tubagens para o arrefecimento e/ou aquecimento terminal [2].

Os sistemas “VRF” apresentam um problema de segurança, uma vez que o sistema de expansão direta exige que o fluido refrigerante percorra grandes distâncias, circulando nas unidades interiores instaladas nos espaços a climatizar, aumentando assim o potencial de risco devido à ocorrência de possíveis fugas do fluido refrigerante. Os regulamentos condicionam a utilização de fluido frigorigéneo nas zonas de trabalho e espaços com ocupação de pessoas devido ao perigo de fugas de fluido refrigerante e respetivas consequências. Relativamente à concentração de gás, a Norma Portuguesa, NP-EN 378-1 de 2001, estipula um valor limite de concentração de fluido frigorigéneo no estado gasoso ( $0,44 \text{ Kg/m}^3$  para o R-410 A), limitando a dimensão e capacidade dos sistemas de expansão direta nos locais residenciais/trabalho. Como estamos a climatizar um Hotel, se a fuga se desse num quarto à noite em que as pessoas estão a dormir, poderiam originar-se danos graves na saúde dos utentes, se o alarme de gases não funcionasse ou se as pessoas não se apercebessem.

Por outro lado, neste tipo de edifícios as fugas nem sempre são fáceis de detetar, podendo acarretar elevados custos de reparação e eventual isolamento da instalação [2].

### **4.3. Descrição da conceção geral da instalação AVAC**

#### **4.3.1. Chiller e Caldeira**

A descrição apresentada é complementada pelas peças desenhadas em anexo, sendo estas representadas nas plantas à escala de 1/100.

Tratando-se dum projeto referente a um Hotel, conclui-se que o sistema de produção de energia térmica do tipo Central, a 4 tubos, é o que mais se adequa às características dos espaços a climatizar. Com a solução a 4 tubos será garantida a circulação de água arrefecida e de água aquecida ao longo do ano em regime de permanência, permitindo aquecimento e arrefecimento em simultâneo.

A produção de água arrefecida e água aquecida é efetuada através de um *chiller* só frio e uma caldeira a gás natural, a instalar na cobertura do edifício.

O sistema de distribuição de água previsto é um sistema de volume de água variável, na distribuição, sendo o controlo do caudal de água nas unidades terminais realizado por válvulas motorizadas de 2 vias.

A temperatura da água à saída do *chiller* será a 7°C, sendo o retorno efetuado a 12°C. Prevê-se uma bomba em funcionamento e outra de reserva, com arranque automático em caso de avaria da bomba que estiver em funcionamento.. A água refrigerada é distribuída pelo edifício através de uma rede de tubagens isoladas termicamente. Esta encaminhará a água até à UTAN e unidades terminais. A circulação de água efetua-se através de 4 prumadas, distribuídas pelo edifício. A distribuição de água aquecida será efetuada a 50°C, sendo o seu retorno efetuado a 40°C. O circuito de aquecimento segue o princípio descrito para o de arrefecimento.

#### **4.3.2. Unidade de Tratamento de Ar Novo**

As soluções adotadas para os sistemas de aquecimento e arrefecimento ambiente e de ventilação dos diferentes espaços do edifício são função do tipo de utilização de cada espaço, do horário de utilização dos mesmos, das condições interiores de conforto térmico requeridas e do *layout* arquitetónico previsto para cada espaço.

A UTAN fica instalada na cobertura, é do tipo tudo ar novo, 100%, possui baterias de água aquecida e arrefecida, ventiladores de insuflação e extração, e recuperador de calor estático do tipo fuxos cruzadas.

A ligação desta unidade com os diferentes espaços a climatizar efetua-se através de redes de condutas termicamente isoladas. A insuflação de ar nos espaços garante-se através da ligação da conduta ao pleno de retorno das unidades interiores.

A extração é garantida por um ventilador de extração existente na UTAN, que, mediante uma rede de condutas e respetivos acessórios terminais, tais como válvulas de extração no caso das IS's, garantem a ventilação do edifício.

A energia térmica do ar de extração/exaustão é parcialmente transferida para o ar novo através de um recuperador estático de fluxos cruzados, antes de ser rejeitado para o exterior. O recuperador de calor é do tipo ar/ar, dotado de dois circuitos de ar independentes, de fluxos cruzados com permutador térmico, possibilitando a transferência de calor do ar de rejeição para o ar novo de insuflação, permitindo desta forma uma redução significativa da carga térmica do ar novo. Na cobertura todas as condutas possuem proteção mecânica. Os isolamentos térmicos das condutas e tubagens devem ser contínuos, não podendo apresentar qualquer tipo de interrupção.

A difusão do ar de insuflação efetua-se através de grelhas e difusores de acordo com as peças desenhadas. O retorno efetua-se através de grelhas de retorno.

#### **4.3.3. Ventilconvectores**

Nos sistemas “Ar-Água”, a energia é transportada pela água entre a unidade produtora de água arrefecida/aquecida e as unidades terminais interiores, VC’s.

Cada um dos espaços possui um VC, composto por uma bateria de água aquecida e arrefecida, ventilador de insuflação/recirculação, filtro de ar e pleno de mistura onde se juntam o ar de retorno com o ar novo vindo da UTAN.

Os VC’s efetuam a movimentação do ar e a permuta térmica em cada compartimento. A introdução do ar nos espaços será repartida pelos VC’s e pelas grelhas de insuflação, efetuando-se a exaustão pelas grelhas de extração, de acordo com as peças desenhadas.

A circulação de água fria e quente será efetuada através de 2 bombas de velocidade variável, de forma a reduzir o número de arranques, reduzindo assim o consumo de energia. As 2 linhas independentes do circuito hidráulico terão, à saída dos VC’s (retorno), uma válvula de regulação com tomada de pressão, para regulação do caudal em cada VC e uma válvula motorizada de 2 vias do tipo *ON-OFF* ligada ao termostato do espaço, para efetuar o controlo da temperatura nesse local. Ambos os circuitos possuirão, na parte final de todos os troços, uma válvula de regulação com tomada de pressão que fará o *by-pass* entre a ida e o retorno. Esta válvula de regulação de fim de linha permite controlar o caudal mínimo de água de forma mais eficiente, garantindo assim o caudal mínimo de água das bombas de circulação (protecção na situação de arranque).

#### **4.3.4. Distribuição de Ar**

As redes de condutas associadas à ventilação iniciam-se na cobertura, onde está localizada a UTAN. A partir daí, as condutas são conduzidas para o interior do edifício pelas 4 *courettes* verticais, criadas para o efeito. Ao nível de cada piso, o desenvolvimento faz-se na horizontal. A rede de condutas deve dispor de:

- Painéis de acesso para limpeza, inspeção e manutenção, ou em alternativa quando tal não for possível, painéis de acesso a *robots* de limpeza.
- Registos corta-fogo na saída das *courettes* técnicas, sempre que passem por diferentes compartimentações corta-fogo, ou sempre que atravessem zonas corta-fogo distintas;
- Registos manuais de regulação de caudal nas derivações principais que permitam o correto equilíbrio da instalação, garantindo assim os caudais especificados em projeto.

Nos pisos dos quartos, o Hotel possui insuflações de ar em todas as zonas climatizadas e circulações de cliente, corredores e elevadores. Todas as IS's terão uma extração de 60 m<sup>3</sup>/h (EN 13779).

As copas de todos os pisos terão uma extração de 100 m<sup>3</sup>/h. O piso zero terá insuflações somente nas 4 zonas climatizadas. Nestas zonas, distribuiu-se o ar insuflado pelos VC's e pelas grelhas de insuflação, de forma a melhorar a distribuição do ar pelos espaços.

As restantes zonas como a copa de serviço, vestiários do pessoal, sala do pessoal, sala de contentores, IS's e corredor de serviço do piso zero terão extrações de acordo com o indicado nas peças desenhadas. A extração do ar é feita através do ventilador de extração da UTAN. O total do caudal de ar extraído do edifício corresponde a menos 10% do caudal de ar novo insuflado de forma a manter os espaços ligeiramente pressurizados, evitando assim infiltrações de ar exterior não tratado.

Efetuaram-se os cálculos dos balanços de caudais para todo o edifício de forma a que os pisos dos quartos e corredores ficassem pressurizados para que exista um “varrimento” do ar tratado de cima para baixo, desde o piso 5 até ao piso zero. Neste piso, para além das 4 salas climatizadas tudo o resto são extrações. Procurou-se fazer um “varrimento” de ar da frente do edifício, considerada como zona limpa, para as traseiras considerada zona “suja”.

Tabela 10 - Caudais de ar de Insuflação e Extração

| <b>Ventilação<br/>Pisos</b> | <b>Insuflação<br/>[m<sup>3</sup>/h]</b> | <b>Extração<br/>[m<sup>3</sup>/h]</b> |
|-----------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| Piso 0                      | 2989                                    | 3664                                  |
| Piso 1                      | 722                                     | 460                                   |
| Piso 2                      | 722                                     | 460                                   |
| Piso 3                      | 797                                     | 520                                   |
| Piso 4                      | 797                                     | 520                                   |
| Piso 5                      | 733                                     | 460                                   |
| <b>Total</b>                | <b>6760</b>                             | <b>6084</b>                           |

Nas traseiras do piso zero situa-se o espaço onde são colocados os contentores do lixo, considerada a zona mais “suja” do edifício, encontrando-se este em permanente depressão devido às diversas extrações de ar aí colocadas.

#### **4.3.5. Central técnica**

A central técnica do edifício localiza-se na cobertura, onde ficam instalados os seus equipamentos principais: *chiller*, caldeira, UTAN, bombas de circulação de água fria e quente, quadro elétrico e sistemas de comando e controlo.

#### **4.3.6. Condições de acesso para manutenção**

Todas as unidades a instalar, nomeadamente VC's, *chiller*, caldeira, UTAN, condutas de ar, válvulas de fecho e de regulação de caudal de ar e água no interior do edifício, devem ter um acesso franco de modo a facilitar a sua regulação e manutenção.

#### **4.3.7. Comando e controlo da instalação**

Prevê-se que seja instalado um sistema de controlo baseado em microprocessadores, os quais permitem transmitir e receber dados de comando, controlo e monitorização, de e para um computador central, através de um sistema de comunicações em rede. O sistema de controlo permite o comando e regulação funcional remota dos equipamentos nele integrados. Igualmente, fornece dados relativamente às condições operacionais e à contabilização dos períodos de funcionamento, tendo em conta a gestão energética e de manutenção das instalações e sistemas.

Após adequada programação do sistema, todas as funções relativas à monitorização das condições exteriores e de conforto, assim como em relação aos registos de consumo de energia térmica e elétrica tendo em vista a avaliação da eficiência energética da instalação, são assegurados em conformidade com a legislação em vigor, nomeadamente o RSECE, [14].

Para a concretização deste objetivo, será necessário instalar diversos equipamentos de campo e um contador de energia elétrica associado ao quadro elétrico das instalações mecânicas. Devem também ser instalados dispositivos de sinalização e comando manual (comutadores e/ou botões de pressão) para todos os equipamentos alimentados pelo quadro elétrico.

Em termos de comando e controlo, o *chiller* e a caldeira têm o seu funcionamento automático independentemente do sistema geral de controlo. Ambos possuem um quadro de regulação e controlo que engloba todos os elementos necessários ao seu funcionamento automático. Assim, o controlo para comando e regulação automático dos sistemas é função da programação dos microprocessadores integrados que atuarão em função dos sinais recebidos das diversas sondas, às quais se encontram ligados.

Contudo, prevê-se a instalação de uma unidade de gestão técnica centralizada, GTC, a qual poderá autorizar ou inibir o funcionamento do *chiller e da* caldeira dentro da programação horária prevista, receber confirmação do estado de funcionamento e eventual situação de avaria.

O comando e controlo da UTAN e VC's efetua-se através da GTC, que receberá os sinais enviados pelas diversas sondas colocadas no ambiente dos diferentes espaços. Igualmente efetuará o comando das válvulas de 2 vias, informação sobre o estado de funcionamento/avaría dos ventiladores e filtros colmatados.

#### **4.4. Dimensionamento dos equipamentos**

Efetuuou-se o dimensionamento dos equipamentos recorrendo aos relatórios obtidos através do programa HAP. Procurou-se, na seleção dos modelos, efetuar uma escolha criteriosa de forma a obter uma instalação equilibrada, fiável e de elevada eficiência

##### **4.4.1. Dimensionamento dos ventiloconvectores**

Ao longo do programa, tanto na opção *spaces* como na opção *systems*, foram definidas as condições pretendidas para cada espaço individual, sendo estas iguais para todos, ou seja:

- Cada divisão corresponde a uma zona independente;
- Sistema a 4 tubos, permitindo aquecimento e arrefecimento em simultâneo;
- Caudal de ar é o de ar novo necessário a cada espaço;
- Temperatura do ar a insuflar nos espaços: arrefecimento, 16°C, aquecimento, 30°C;
- Água que circula nos VC's: arrefecimento,  $\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$  e aquecimento,  $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ ;
- Cargas sensíveis e latentes da zona;
- Definição dos perfis de ocupação, equipamento e iluminação;
- Carga térmica do ar novo é toda retirada na UTAN;
- Dimensionamento das serpentinas pela carga térmica;
- Dimensionamento dos VC's definido pela carga térmica de cada espaço independente.
- Critério da velocidade média dos ventiladores;

Através do relatório do resumo do dimensionamento dos espaços, *zone sizing summary*, em *terminal unit sizing data*, obtêm-se os valores das potências máximas tanto de arrefecimento como de aquecimento, espaço a espaço (mas sem a carga térmica do ar novo), permitindo assim efetuar a seleção de todas as unidades terminais. Para tal,

optou-se pela consulta do catálogo geral da DAIKIN [10], visto estes modelos estarem mais próximos das potências desejadas. Adotaram-se velocidades médias do ar de forma a evitar ruídos, assim como baixo nível de pressão sonora. Efetuou-se a seleção dos VC's pela carga térmica sensível. Contudo, os valores da capacidade total também foram tidos em consideração.

De referir que as potências de aquecimento indicadas no catálogo relativamente aos modelos escolhidos são, de um modo geral, consideravelmente superiores relativamente às necessidades reais de cada espaço. Tal situação pode traduzir-se num acréscimo do consumo e perda de eficiência. Assim, decidiu-se fornecer os caudais de água arrefecida e aquecida aos VC's de acordo com as necessidades de frio e calor dos espaços e não de acordo com os valores indicados no catálogo, para os respetivos modelos. Os caudais de água arrefecida e aquecida que circulam nos VC's foram calculados através da seguinte expressão:

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Sendo:

Q - Carga térmica de arrefecimento ou de aquecimento [kW]

$\dot{m}$  - Caudal mássico da água de circulação [Kg/s]

$C_p$  - Calor específico da água (4,187) [kJ/Kg]

$\Delta T$  - Diferencial de temperatura, sendo 5°C para a água fria e 10°C para a água aquecida [°C]

Nos Anexos VIII e IX podem ser consultados os cálculos efetuados para o dimensionamento dos troços de tubagem na entrada e saída dos VC's e respetivos caudais de água. Assim, evitaram-se maiores caudais de água em circulação, tal como superiores diâmetros das tubagens, resultando numa economia de energia e melhoria da eficiência energética. Os VC's selecionados são do tipo horizontal sem caixa e horizontal com caixa (escritório) da marca DAIKIN, indicando-se nos quadros seguintes os modelos escolhidos para os diferentes espaços.

Tabela 11 - Dimensionamento dos Ventiloinvectores

|            | CARGAS TERMICAS    |     |                    | VENTILOCONVECTORES |                    |      |                     |                          |                          |                  |                     |
|------------|--------------------|-----|--------------------|--------------------|--------------------|------|---------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|---------------------|
|            | Potencia Frio [kW] |     | Potênc Aquec. [kW] | Modelo             | Potencia Frio [kW] |      | Potênc. Aquec. [kW] | Caudal Agua Arref. [l/s] | Caudal Agua Aquec. [l/s] | Caudal Ar [m³/h] | Press. Sonora [dB]A |
| Espaço     | Qs                 | Qr  | Qr                 |                    | Qs                 | Qr   | Qs                  |                          |                          |                  |                     |
| 02 Escrit. | 0,1                | 0,2 | 0,1                | FWL 01             | 1,14               | 1,46 | 1,9                 | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| 14 Recep   | 2,5                | 3,2 | 0,9                | FWM 04             | 3,15               | 4,33 | 5,05                | 0,21                     | 0,11                     | 690              | 52                  |
| 15 P. Alm  | 2,8                | 4,3 | 1,5                | FWM 04             | 3,15               | 4,33 | 5,05                | 0,21                     | 0,11                     | 690              | 52                  |
| 16 Bar     | 3,2                | 3,8 | 2,3                | FWM 06             | 3,57               | 4,67 | 5,30                | 0,22                     | 0,13                     | 763              | 56                  |
| Q 101      | 0,8                | 1,0 | 0,6                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 102      | 1,0                | 1,2 | 0,6                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 103      | 2,7                | 2,9 | 0,9                | FWM 04             | 3,15               | 4,33 | 5,05                | 0,21                     | 0,11                     | 690              | 52                  |
| Q 104      | 2,4                | 2,6 | 0,6                | FWM 04             | 3,15               | 4,33 | 5,05                | 0,21                     | 0,11                     | 690              | 52                  |
| Q 105      | 0,6                | 0,8 | 0,4                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 106      | 3,6                | 4,0 | 1,0                | FWM 08             | 4,85               | 6,64 | 7,91                | 0,32                     | 0,19                     | 998              | 61                  |
| Q 201      | 0,8                | 1,0 | 0,5                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 202      | 1,0                | 1,2 | 0,6                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 203      | 2,7                | 2,9 | 0,9                | FWM 04             | 3,15               | 4,33 | 5,05                | 0,21                     | 0,11                     | 690              | 52                  |
| Q 204      | 2,3                | 2,5 | 0,5                | FWM 04             | 3,15               | 4,33 | 5,05                | 0,21                     | 0,11                     | 690              | 52                  |
| Q 205      | 0,6                | 0,8 | 0,5                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 206      | 3,6                | 3,9 | 1,1                | FWM 08             | 4,85               | 6,64 | 7,91                | 0,32                     | 0,19                     | 998              | 61                  |
| Q 301      | 0,7                | 0,9 | 0,5                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 302      | 0,5                | 0,7 | 0,2                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 303      | 0,6                | 0,8 | 0,3                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 50                  |
| Q 304      | 1,7                | 1,9 | 0,5                | FWM 03             | 2,07               | 2,87 | 3,08                | 0,14                     | 0,08                     | 431              | 47                  |
| Q 305      | 0,6                | 0,8 | 0,4                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 306      | 2,7                | 3,0 | 0,8                | FWM 04             | 3,15               | 4,33 | 5,05                | 0,21                     | 0,11                     | 690              | 52                  |
| Q 307      | 1,7                | 1,9 | 0,7                | FWM 03             | 2,07               | 2,87 | 3,08                | 0,14                     | 0,08                     | 431              | 47                  |
| Q 401      | 0,7                | 0,9 | 0,5                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 402      | 0,5                | 0,7 | 0,2                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 403      | 0,6                | 0,7 | 0,3                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 404      | 1,7                | 1,9 | 0,4                | FWM 03             | 2,07               | 2,87 | 3,08                | 0,14                     | 0,08                     | 431              | 47                  |
| Q 405      | 0,5                | 0,7 | 0,3                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 406      | 2,5                | 2,8 | 0,7                | FWM 04             | 3,15               | 4,33 | 5,05                | 0,21                     | 0,11                     | 690              | 52                  |
| Q 407      | 1,7                | 1,9 | 0,6                | FWM 03             | 2,07               | 2,87 | 3,08                | 0,14                     | 0,08                     | 431              | 47                  |
| Q 501      | 0,8                | 1,0 | 0,5                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 502      | 0,6                | 0,8 | 0,3                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 503      | 1,4                | 1,6 | 0,6                | FWM 02             | 1,51               | 1,9  | 2,10                | 0,09                     | 0,05                     | 327              | 50                  |
| Q 504      | 1,7                | 1,9 | 0,5                | FWM 03             | 2,07               | 2,87 | 3,08                | 0,14                     | 0,08                     | 431              | 47                  |
| Q 505      | 0,5                | 0,7 | 0,3                | FWM 01             | 1,14               | 1,46 | 1,90                | 0,07                     | 0,054                    | 307              | 45                  |
| Q 506      | 2,7                | 3,1 | 0,9                | FWM 04             | 3,15               | 4,33 | 5,05                | 0,21                     | 0,11                     | 690              | 52                  |

Tabela 12 - Modelos dos ventiloconvectores

| <b>Espaços</b>                                                                              | <b>Modelo</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Escritório                                                                                  | FWL 01        |
| Quartos 101, 102, 105, 201, 202, 205, 301, 302, 303, 305, 401, 402, 403, 405, 501, 502, 505 | FWM 01        |
| Quarto 503                                                                                  | FWM 02        |
| Quartos 304, 307, 404, 407, 504                                                             | FWM 03        |
| Receção; Sala p. almoços; Quartos 103, 104, 203, 204 306, 406, 506                          | FWM 04        |
| Bar                                                                                         | FWM 06        |
| Quartos 106, 206                                                                            | FWM 08        |

#### 4.4.2. Dimensionamento do chiller e caldeira

A seleção do *chiller* e caldeira foram efetuados através da soma de todas as necessidades de frio e aquecimento, ou seja, da UTAN e dos VC's. Após o cálculo das cargas térmicas obtiveram-se os valores correspondentes às respetivas potências de acordo com o indicado nas Figuras nº 17 e 18 deste trabalho, sendo:

Tabela 13 - Potências totais de arrefecimento e aquecimento

|                          | <b>Potência de arrefecimento</b> | <b>Potência de aquecimento</b> |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| <b>Total do edifício</b> | <b>62,7 kW</b>                   | <b>32,1 kW</b>                 |

O relatório da figura nº 17, *cooling plant sizing summary for chiller*, indica um valor de 62,7 KW para a potência de arrefecimento em simultâneo. Esta ocorre no mês de julho, às 18:00 horas, devido essencialmente a 2 fatores: acumulação de carga solar e tipo do perfil de ocupação.

Através do catálogo geral da CARRIER [6], selecionou-se um *chiller* com as seguintes características: condensação a ar, compressores do tipo *scroll*, apenas arrefecimento e capacidade de arrefecimento nominal de 66 kW.

Desta forma escolheu-se o seguinte modelo: 30RBS 070.

Como já foi referido, verifica-se que no dimensionamento dos VC's os modelos escolhidos em função da potência de arrefecimento sensível e total ficam

sobredimensionados relativamente às necessidades de potência de aquecimento. Deste modo, decidiu-se dimensionar a caldeira pela potência e caudal de aquecimento necessários a cada espaço, em detrimento do aparelho. Assim, decidiu-se efetuar o aquecimento de todo o edifício através de uma caldeira mural, a gás natural.

Através do relatório da Figura nº 18, *heating plant sizing summary*, obtém-se um valor de 32,1 kW como potência necessária para aquecimento.

Optou-se por consultar o catálogo da marca ROCA [11], tendo-se escolhido uma caldeira de condensação, visto apresentar melhores rendimentos devido ao facto de efetuar parte da condensação dos gases de exaustão, reaproveitado assim o seu calor para reaquecimento. O modelo escolhido foi a Caldeira Bios 28/33 F, permitindo uma potência máxima de aquecimento de 33 kW.

#### **4.4.3. Dimensionamento de condutas e tubagens**

##### **4.4.3.1. Condutas de ar**

Os sistemas de condutas de distribuição de ar têm como objetivo encaminhar os caudais de ar desde a UTAN até aos espaços a climatizar e/ou unidades terminais.

Para o dimensionamento das condutas de ar foi utilizado o método de igual perda de carga. Este método consiste em dimensionar as condutas de forma a que, ao longo de cada troço, a perda de carga seja constante, tomando em consideração o caudal que nelas circula. Considerou-se um valor máximo de 0.9 Pa/m linear de perda de carga, quer para as condutas de admissão, quer para as condutas de extração, e velocidade de escoamento inferior a 5 m/s. As condutas são construídas em material de secção circular, tipo spiro, em aço galvanizado, sem rugosidades interiores.

Para o dimensionamento das condutas de ar utilizou-se o seguinte procedimento:

1. Desenho dos traçados de condutas nas plantas de modo a que estes sejam o mais curto e menos sinuoso possível, de forma a minimizar as perdas de carga, Procurou-se efectuar a distribuição o mais simétrica possível, de modo a facilitar o balanceamento.
2. Determinação dos caudais de ar novo em cada troço terminal. Refira-se que os caudais de ar mínimo referentes a cada espaço individual foram anteriormente definidos no ponto 3.6.4, de acordo com o RSECE;
3. Efetua-se a soma dos caudais de ar de baixo para cima, piso a piso, em cada prumada, até à UTAN. Deste modo, obtêm-se os caudais de ar de todos os troços;

4. Sabendo o valor do caudal em cada troço [l/s] e o valor imposto para a perda de carga máxima por metro [0,9 Pa/m], com uma velocidade de passagem do ar [ $v < 5$  m/s], determinam-se os diâmetros de todos os troços com o auxílio do gráfico *Friction chart for round duct*, cap. 32.9, fig. 9, de [1];

5. Sabendo o diâmetro da conduta e o caudal de ar respetivo, determina-se a velocidade e a perda de carga real por metro, em cada troço, a qual servirá para determinar os diâmetros equivalentes de todos os troços e posteriormente a perda de carga do circuito crítico;

6. Sabendo as dimensões das condutas, caudais, velocidades, pressões dinâmicas e coeficientes de perda de carga das singularidades de cada troço, determinam-se as perdas de carga localizadas correspondentes às curvas, contrações, T's, registos de caudal de ar e corta-fogo, etc, do troço crítico.

A perda de carga a vencer pelo ventilador de insuflação ou extração, corresponde à soma das perdas de carga do troço crítico desde a UTAN até às unidades terminais ou grelhas respetivas. Nos anexos X e XI apresentam-se os cálculos das perdas de carga das redes de condutas de insuflação e extração. Os troços de condutas aparecem referenciados pelo piso e prumada.

#### **4.4.3.2. Tubagens de água**

Os sistemas de tubagens de distribuição de água têm por função encaminhar caudais de água desde as unidades de produção de água aquecida / água arrefecida e até às unidades terminais dos espaços a climatizar. Para o dimensionamento de tubagens utilizou-se o método de igual perda de carga (nunca excedendo  $v < 1,5$  m/s e  $v < 1$  m/s nos troços terminais), tomando como referência o caudal de água em circulação. Este método consiste em dimensionar as tubagens de forma a que ao longo de cada troço a perda de carga seja constante. Considera-se um valor máximo de 400 Pa/m linear de perda de carga.

As tubagens de água fria e quente são construídas em pex multicamada.

Nota: 1 mm ca = 10 Pa.

Para o dimensionamento das tubagens de água o procedimento foi o seguinte:

1. Desenho dos traçados de tubagens de modo a que estes sejam o mais curto e menos sinuosos possíveis, de forma a minimizar as perdas de carga;

2. Determinam-se os caudais de cada troço terminal à entrada do respetivo VC recorrendo à expressão:  $Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$ . Considerou-se para a água fria,  $\Delta T = 5^\circ\text{C}$ ; água quente,  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ ;
3. Efetua-se a soma dos caudais de água arrefecida e de água aquecida de baixo para cima, piso a piso, em cada prumada, até à unidade da central. Deste modo, obtêm-se os caudais de água de todos os troços;
4. Sabendo o valor do caudal em cada troço [l/s] e a perda de carga máxima admissível, determinam-se os DN com o auxílio do gráfico da Fig.3, *Friction Loss for Water in Plastic Pipe*, de [1]. Para se determinar o diâmetro é necessário impor um valor máximo para a perda de carga [400 Pa/m linear];
5. Sabendo o DN de cada troço e o caudal de água respetivo, determina-se a velocidade e a perda de carga real por metro, em cada troço, a qual servirá para determinar os diâmetros nominais de todos os troços e a perda de carga do circuito crítico;
6. Sabendo as dimensões das tubagens, caudais, velocidades e a perda de carga de cada troço, determinam-se as perdas de carga das singularidades (curvas, contrações, derivações, válvulas, etc.), recorrendo às tabelas nº 1, 2, 6 e 7, de [1]. Deste modo determinam-se os comprimentos equivalentes, transformando a perda de carga localizada em comprimento equivalente de tubagem;
7. Considerou-se uma perda de carga de 63 kPa no *chiller*, 10 e 12 kPa nos VC's, respetivamente na água quente e fria, e 6 kPa nas válvulas motorizadas de duas vias. Considerou-se igualmente que a perda de carga imposta pelos filtros corresponde à de uma válvula de globo da mesma dimensão, uma vez que se considera que o filtro, durante o normal funcionamento da instalação, nunca se encontra totalmente limpo.
8. Considerou-se, para aplicação em obra, um diâmetro mínimo de 20 mm, correspondente ao DN 20.

A perda de carga a vencer por cada bomba de circulação corresponde à soma das perdas de carga do troço crítico, incluindo ida e retorno, obtida pela multiplicação do valor da perda de carga por metro desse troço, em Pa/m, pelo seu comprimento equivalente em m. Nos anexos VIII e IX são apresentados os cálculos das perdas de carga das bombas de água fria e quente a instalar.

#### 4.4.4. Dimensionamento da UTAN

O dimensionamento da Unidade de Tratamento de Ar Novo foi efetuado em função do caudal de ar novo de insuflação e extração do edifício, respetivamente 6760 e 6084 m<sup>3</sup>/h. Através dos relatórios do HAP, *air system sizing summary*, obtêm-se os valores da carga térmica do ar novo necessários para o dimensionamento das serpentinas, sendo:

- Carga térmica do ar novo de arrefecimento - 9,3 KW
- Carga térmica do ar novo de aquecimento - 11,2 KW

Para efetuar o dimensionamento da UTAN recorreu-se ao programa informático da Sandometal, de acordo com o seguinte procedimento:

- Definição dos diversos módulos de acordo com as opções do programa e esquematização da unidade, obtendo-se vistas laterais e de planta;
- Dimensionamento dos ventiladores;
- Introdução dos valores dos caudais de ar de insuflação e de extração;
- Introdução dos valores das pressões estáticas dos circuitos dos ventiladores de insuflação e de extração. De referir que na extração obteve-se o valor da pressão estática total através do somatório da pressão estática do circuito e a pressão correspondente à coluna do edifício (12 Pa/m × 18 m), de acordo com o anexo XI.
- Considerou-se um valor máximo de 2,50 m/s para a velocidade do ar na serpentina de arrefecimento;
- Seleção de filtros da classe F7 na insuflação e G4 na admissão e extracção;
- Introdução dos valores da carga térmica do ar novo a retirar nas serpentinas de arrefecimento e de aquecimento. Refira-se que a carga térmica do ar novo é toda retirada na UTAN;

Após a introdução dos diversos dados, *inputs*, obtém-se o relatório correspondente ao dimensionamento da unidade contendo a descrição dos 20 módulos que fazem parte da sua constituição [Anexo XII].

O modelo selecionado neste projeto foi SDM 2/3.

#### 4.4.5. Dimensionamento das bombas de circulação

Para efetuar o dimensionamento das bombas de água arrefecida e de água aquecida tomaram-se em consideração os seguintes parâmetros:

- Perdas de carga da tubagem de água arrefecida, *chiller* e ventiloconvector terminal ascendendo a cerca de 129 KPa  $\approx$  12,9 mca;

- Perdas de carga da tubagem de água aquecida, caldeira e ventiloconvetor terminal ascendendo a cerca de 70 KPa  $\approx$  7 mca;
- Caudais de água das respetivas bombas de acordo com os seguintes valores: água arrefecida, 3,12 l/s e água aquecida, 0,542 l/s;

## **5. Especificação técnica dos equipamentos e materiais**

### **5.1. Unidade produtora de água arrefecida, *chiller***

#### **5.1.1. Descrição geral**

Escolheu-se uma unidade compacta para colocação no exterior à intempérie, a instalar na central técnica na cobertura, de acordo com as peças desenhadas. Será do tipo só frio e produzirá água fria através de um ciclo frigorífico, sendo o fluído frigorigénio o R-410 A, arrefecida através do ar atmosférico.

A capacidade de arrefecimento nominal da unidade será de 66 kW.

A unidade será equipada com o módulo hidráulico constituído por um filtro de admissão de água, vaso de expansão com válvula de segurança, termómetros e manómetros, válvula de retenção, válvula de enchimento redutora de pressão, válvulas de corte, de regulação de caudal e de purga, purgador automático, fluxostato de caudal de água e bomba dupla de circulação de água de alta pressão e velocidade variável.

O fluído refrigerante a utilizar é o R-410 A, fluído verde ecológico, sendo este uma mistura de R 32 e R 125 assegurando rendimentos superiores ao do refrigerante R 22 e garantindo uma solução económica aos problemas de proteção do meio ambiente.

#### **5.1.2. Características construtivas e de controlo**

Unidade do tipo *chiller* arrefecida por ar, com dois circuitos frigoríficos independentes, sendo o segundo circuito acionado automaticamente se o primeiro circuito sofrer uma avaria. Dois compressores herméticos do tipo *scroll*, um ventilador axial e controlo por microprocessador do tipo P.I.D. O Chiller pode arrancar e funcionar a plena carga com uma temperatura ambiente entre os 0°C e os 48 °C.

A unidade foi projetada/fabricada e testada numa fábrica certificada pelas normas ISO 9001 (qualidade), 14001 (meio ambiente), 3746 (níveis sonoros); as performances e potências indicadas por catálogo são definidas tendo como base as indicações e certificação da Eurovent.

#### **5.1.3. Compressores**

Os dois compressores serão do tipo *scroll* hermético, permitindo a regulação da capacidade, sendo o primeiro estágio a 50 % da capacidade nominal. Assim, o funcionamento da unidade a cargas parciais reduz significativamente o seu consumo.

Carga de óleo requerida para o seu bom funcionamento, com visor do nível de óleo. Os compressores devem ser montados de fábrica, em borrachas antivibráteis, de forma a que a eficiência do isolamento não seja inferior a 95%.

Deverá ser garantido baixo nível de ruído e vibrações, ficando os suportes do compressor independentes dos chassis, com blocos de anti vibração. A sucção e descarga do compressor, diretamente preso ao suporte do compressor, deverá prevenir a transmissão de vibrações ao chassis da unidade.

#### **5.1.4. Permutador de calor a água**

A unidade será equipada com evaporador de expansão direta do tipo *shell and tube*, com dois circuitos de refrigerantes independentes.

Os evaporadores serão testados e standardizados de acordo com a diretiva Europeia dos equipamento sob pressão 97/23/EC. A máxima pressão do fluído refrigerante em funcionamento nominal será de 2910 KPa e a máxima pressão na troca de calor no lado do fluido cerca de 1 000 kPa. O evaporador deverá ser testado em fábrica.

Os tubos de cobre são providos de alhetas internas, que asseguram uma maior transferência de calor, sendo os tubos fixos a espelhos em poliuretano. O corpo dos evaporadores deve ser totalmente isolado, com prancha de borracha esponjosa de 19 mm, munida de barreira de vapor.

O evaporador deverá ser equipado com um dreno de água e com um purgador.

#### **5.1.5. Condensador**

A serpentina de condensação será composta por um ventilador axial do tipo pás múltiplas (Flying Bird) de transmissão direta, com baixo nível sonoro, descarga vertical, com grelhas de proteção em aço, revestidas de PVC reciclável.

As 3 fases dos motores elétricos possuirão classe de isolamento F, proteção IP 55 e uma eficiência mínima de 80%. A proteção de sobrecarga individual efetuar-se-á através de um interruptor. A hélice será do tipo monobloco, constituída por material compósito resistente à corrosão e estática e dinamicamente equilibrada, moldável e reciclável. O motor do ventilador deve possuir proteção própria contra sobreintensidades. Deve ser testado em fábrica, de acordo com as pressões máximas admissíveis e de acordo com as normas em vigor na União Europeia.

### 5.1.6. Componentes do circuito frigorífico

Cada circuito de refrigerante deve incluir os seguintes componentes: carga completa de R 410 A, uma válvula de corte, uma válvula de descarga, uma válvula de expansão eletrónica equipada com um visor de líquido para mostrar a abertura, um pressostato de alta com reajuste automático por cada compressor, um filtro secador com cartucho removível e sensores de pressão e de temperatura que podem ser removidos sem alterar a carga de refrigerante. Todos os componentes de circuitos de refrigerante são soldados, de forma a evitar fugas.

### 5.1.7. Controlo da Unidade

O *chiller* deverá ser equipado com controlo por microprocessador, o qual gere o funcionamento da unidade e respetivos parâmetros de segurança, de forma a otimizar a eficiência energética e reduzir a possibilidade de ocorrer uma paragem de um circuito frigorífico devido a falha. Um sistema global de regulação numérica deve supervisionar todos os parâmetros de funcionamento da unidade (temperaturas e pressões) e controlo dos componentes ativos como compressores, ventilador e diversos tipos de válvulas.

Deve possuir um painel de comando de fácil utilização e um sistema de auto diagnóstico evoluído, de forma a permitir uma comunicação fácil com o operador.

O *chiller* deve vir equipado com porta de comunicação RS 485, permitindo o controlo através de um BUS de comunicação, podendo utilizar o protocolo J BUS, de forma a permitir a ligação a uma unidade de gestão centralizada.

O sistema de supervisão deverá proteger preventivamente o *chiller* e aumentar a sua fiabilidade, assegurando:

- Equalização dos tempos de funcionamento dos compressores, em função do número de arranques;
- Otimização dos ciclos de descongelamento por cada circuito, de forma a minimizar a perda de capacidade.

O microprocessador controla todos os parâmetros de segurança, possibilitando, em caso de alguma falha e em função da sua gravidade, ordenar a paragem de um dos dois circuitos frigoríficos ou mesmo toda a unidade. Sempre que isto se verifique deve aparecer imediatamente um código no display numérico. O painel de controlo do microprocessador deve ser acessível, sem haver necessidade de abrir o painel elétrico. Deve dispor de indicadores tipo LED e um *display* numérico com segmentos luminosos, de fácil leitura, tais como: funcionamento da unidade, número de compressores em

funcionamento, temperatura de entrada e saída da água, modo de funcionamento, entre outros.

#### **5.1.8. Módulo hidráulico integrado**

O módulo hidráulico deverá estar incorporado no *chiller*, sem, contudo, aumentar as suas dimensões e deve incluir os seguintes elementos: bomba de água dupla de alta pressão e velocidade variável com proteção interna contra temperatura elevada; interruptor de caudal eletrónico; válvula de segurança calibrada para 4 bar; válvula de regulação de caudal de água; filtro de água e vaso de expansão. Um manómetro permite a leitura de pressão diferencial da bomba de água, perda de carga do evaporador e do filtro de água.

O suporte da bomba fica isolado da estrutura do *chiller* para evitar a transmissão de vibrações. A tubagem de água deve ser protegida contra a corrosão e equipada com dreno e purgador. As ligações hidráulicas exteriores devem ser do tipo *Victaulic*.

A unidade a instalar na cobertura assenta em apoios antivibráteis apropriados de modo a não transmitir vibrações à estrutura do edifício. Deu-se especial atenção ao nível de ruído do equipamento proposto, tendo em conta o local de instalação, estando assim previsto recorrer a atenuadores acústicos de forma a cumprir as normas em vigor.

A bomba de circulação incorporada no módulo hidráulico possui as seguintes características:

- Bomba de alta pressão, tipo radial e dupla;
- Caudal de água: 3,12 l/s;
- Pressão estática  $\approx 13,6$  mca (sendo necessário 12,9 mca de acordo com o dimensionamento);
- Classe de eficiência do motor elétrico: EE2;
- Sistema de gestão de energia “*PróDialog+*”;

Tabela 14 – Características técnicas principais do *chiller*

| Modelo                                         | 30RBS 070             |
|------------------------------------------------|-----------------------|
| Potência de arrefecimento [KW] / ESEER [kW/kW] | 66/3,77               |
| Temperatura de entrada/saída da água [°C]      | 7/12                  |
| Temperatura do ar exterior [°C]                | 35                    |
| Caudal de água nominal [l/s]                   | 3.19                  |
| Pressão disponível à saída [KPa]               | 132                   |
| Consumo elétrico nom / máx. [kW](400V;50 Hz)   | 26,0/31,2             |
| Potência sonora [dB (A) 10 <sup>-12</sup> w]   | 87                    |
| Dimensões (C x L x H) [mm]                     | 1.061 x 2.050 x 1.330 |
| Peso em funcionamento [kg]                     | 567                   |

### 5.1.9. Modo de funcionamento a carga parcial

A bomba de velocidade e caudal de água variáveis está incorporada com um sistema de gestão de energia, conseguido através da variação da pressão ou do  $\Delta T$ , cuja opção fica a cargo do utilizador. Neste projeto opta-se pelo modo de funcionamento com o  $\Delta T$  constante, devido ao facto de apresentar maior poupança de energia.

O sistema Pro-Dialog+ inclui dois modos de funcionamento a carga parcial:

- Controlo da pressão de saída constante;
- Controlo do valor delta T constante:

#### ● Controlo da pressão de saída constante

O controlo atua continuamente sobre a velocidade da bomba para garantir uma pressão de saída constante. Esta solução é adequada para instalações com válvulas de duas vias. Quando estas se fecham, dá-se uma aceleração da velocidade da água nas ramificações do sistema ainda abertas. Numa bomba de velocidade constante, tal supõe aumentar de forma desnecessária a pressão de saída da bomba. O modo de controlo da pressão de saída garante que cada ramificação do circuito recebe continuamente um caudal uniforme sem necessitar de desperdiçar energia. Esta solução garante que cada unidade terminal recebe o caudal de pressão adequado.

#### ● Controlo do valor $\Delta T$ constante

O algoritmo do sistema VWF mantém um valor de  $\Delta T$  constante independentemente da carga da unidade, o que permite reduzir o caudal ao mínimo necessário. Esta solução pode ser utilizada nos sistemas com válvulas de duas ou três vias e permite uma maior

poupança de energia comparativamente com o modo de controlo da pressão de saída constante. É adequada para a maioria das aplicações ambientais.

A marca do *chiller* considerado neste projeto foi CARRIER modelo 30RBS 070.

## 5.2. Caldeira

### ● Especificação técnica

Selecionou-se uma caldeira do tipo mural, de condensação estanque, com queimador modulante de alto rendimento, a gás natural, acendimento automático, controlo de chama por sonda de ionização e módulo hidráulico. Este módulo é composto por uma bomba de circulação de água, grupo de enchimento automático, purgador de ar automático, vaso de expansão, válvula de segurança com manómetro, e diversos acessórios entre os quais se destacam o quadro programável, diferentes tipos de válvulas, assim como todos os sistemas de segurança necessários ao seu perfeito funcionamento incluindo a possível falha de chama por termopar.

O sistema de comando e controlo fará o arranque, paragem e controlo de chama da caldeira. O sistema automático de controlo *Self-check* deteta e disponibiliza no ecrã da caldeira as possíveis anomalias. A gama BIOS é fornecida com sistema *Self-check*, duplo microprocessador garantindo alta eficiência de caldeira, queimador de pré-mistura, e permutador de calor em aço inoxidável, AISI 316-L. Este modelo garante altas performances, baixo consumo de gás (redução em cerca de 35%) e reduzidas emissões de CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>.

A admissão de ar novo e exaustão dos gases da combustão, far-se-á através de duas condutas do tipo spiro, ambas com 80 mm de diâmetro e ligação direta à caldeira. O ar novo é aspirado na cobertura e os gases de evacuação libertados por cima da grelha, terminando a conduta em forma de bico de pato.

Será colocado um separador hidráulico de acordo com as peças desenhadas, que fará a ligação entre o circuito primário e secundário. Desta forma, a água quente proveniente da caldeira (circuito primário) será distribuída pelas unidades terminais (circuito secundário) após passagem pelo separador.

### ● Condições de funcionamento

- Circuito primário:

- Temperatura de saída/entrada da água da caldeira:  $T = 80 / 60^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ ;
- Potência máxima de aquecimento: 33 kW;

- Pressão máxima do circuito de aquecimento: 3 bar;
- Rendimento nominal da caldeira ( $T = 80 / 60^{\circ}\text{C}$ ): 97,3%;
- Grau de proteção: IP 50;
- Potência da bomba do circuito primário: 47 W, 230 V;
- Marca e modelo do circulador: ROCA PC-1035;
- Sistema de queima: acendimento eletrónico, válvula de gás modulante, queimador em Aço Inoxidável AISI 316 – L incorporado dentro do permutador;
- Sistema hidráulico: permutador de calor em Aço Inoxidável AISI 316 – L;
- Sistema de regulação de temperatura: temperatura de aquecimento entre 25 e 80 °C;
- Sistema de segurança e controlo: pressostato de mínima no circuito de aquecimento, sistema de controlo automático *Self-check*, termostato de sobreaquecimento, proteção antigelo;

- Circuito secundário:

- Caudal de água quente: 1,95 m<sup>3</sup>/h
- Pressão estática da bomba: cerca de 70 kPa  $\approx$  7 mca;
- Potência da bomba do circuito secundário: 250 W, 240 V;
- Consumo da bomba do circuito secundário: 170 W;
- A bomba deverá estar equipada com controlador eletrónico de velocidade;

A marca do circulador (BAQ) considerado neste projeto foi GRUNDFOS modelo TPE 32-120/2.

A marca da caldeira considerada neste projeto foi ROCA modelo BIOS 28/33 F.

### **5.3. Unidade de Tratamento de Ar Novo (UTAN)**

#### **5.3.1. Especificação técnica**

A unidade de tratamento de ar tem como objetivo efetuar o condicionamento de ar dos espaços interiores. Por razões de oxigenação do ar ambiente, de modo a ter em conta os caudais de ar novo por pessoa recomendados pela regulamentação energética, optou-se por uma unidade do tipo “tudo-ar novo”. Assim, a UTAN será equipada com um recuperador de calor estático constituído por um permutador de calor de fluxos cruzadas, de modo a reduzir significativamente os custos de exploração da instalação.

Com este tipo de permutador, não existe qualquer contacto entre o ar de admissão e o de exaustão.

A admissão de ar novo e a exaustão de ar viciado na UTAN teve em conta os ventos dominantes, de forma a minimizar a possibilidade de “curto-circuito” do ar na cobertura.

A UTAN, de dimensões 6595 × 1340 × 2290 mm e peso de 1 970 Kg, é constituída pelos seguintes módulos:

**- Admissão de ar novo e insuflação:**

- módulo de entrada, equipado com registos;
- módulo de filtragem, com um pré-filtro plano
- módulo do recuperador de calor
- módulo de arrefecimento e aquecimento, bateria de água fria e quente
- módulo de ventilação de admissão e insuflação
- módulo atenuador acústico
- módulo de filtragem, com um filtro de saco

**- Extração e exaustão:**

- módulo atenuador acústico
- módulo de entrada, equipado com *dampers*
- módulo de ventilação de extração e exaustão
- módulo vazio
- módulo de filtragem, com um pré-filtro plano
- módulo do recuperador de calor

A unidade é do tipo modular, com portas de inspeção, versão exterior pois fica instalada na cobertura do edifício, à intempérie. Possui painéis duplos em chapa de aço galvanizado com 1 mm de espessura, pré pintado branco RAL 9002 no exterior e isolamento interior constituído por poliuretano expandido de 25 mm de espessura, sendo a ligação entre os diversos módulos estanque.

A UTAN fará a insuflação do ar tratado nas salas a uma temperatura de 16 °C, sendo as cargas térmicas internas retiradas pelos VC's colocados nos respetivos espaços.

A UTAN ficará equipada com um quadro elétrico, para alimentação dos ventiladores e das válvulas de duas vias, assim como o sistema de comando e controlo constituído por duas sondas de temperatura nas condutas de insuflação e retorno e actuadores ligados a

uma unidade de controlo. O cabo de alimentação destes quadros será proveniente do quadro de AVAC, possuindo um interruptor de corte local.

A unidade deve ficar assente sobre apoios antivibráticos devendo proporcionar uma frequência própria de oscilação vertical do sistema carga-apoios,  $f_0 \approx 10$  Hz, para uma carga de trabalho de 0,09 MPa.

A UTAN considerada neste projeto foi SANDOMETAL modelo SDM 2/3.

Tabela 15 – Caudais de insuflação e de extração

| Características                       | UTAN    |
|---------------------------------------|---------|
| Modelo                                | SDM 2/3 |
| Caudal insuflação [m <sup>3</sup> /h] | 6760    |
| Caudal extração [m <sup>3</sup> /h]   | 6 084   |

### 5.3.2. Descrição dos módulos da UTAN

#### ● Módulo de entrada

A entrada do ar na UTAN tanto na parte de insuflação como na de extração, serão equipados com registos automáticos de lâminas opostas para regulação do caudal de ar admitido em ambos os circuitos.

#### ● Módulo de pré-filtragem e filtragem

O módulo de filtragem da UTAN na insuflação, será constituído por um pré-filtro plano de material sintético apropriado de classe EU 4, colocado à entrada da UTAN para proteger o recuperador e as baterias; um filtro de saco também de material sintético apropriado de classe EU 7, colocado à saída da unidade de modo a reter as poeiras em suspensão no ar.

Na parte de extração, será apenas instalado o pré-filtro plano para proteger o recuperador.

Cada módulo de filtragem deverá possuir um pressostato diferencial com uma gama de valores entre 0 - 250 Pa, de modo a verificar a colmatação dos filtros.

### ● Módulo de ventilação de insuflação e extração

Os ventiladores de insuflação e de extração de ar, de dupla entrada, com pás de curvatura recuada, motor elétrico trifásico, interruptor de corte local, transmissão direta, classe de eficiência EF2 e com variadores de velocidade, deverão possuir apoios antivibráticos no interior dos módulos.

As características técnicas dos ventiladores são indicadas no quadro seguinte:

Tabela 16 - Características técnicas dos ventiladores

| <b>Ventilador de insuflação</b>            | <b>UTAN</b> |
|--------------------------------------------|-------------|
| Caudal de ar insuflado [m <sup>3</sup> /h] | 6760        |
| Pressão total [Pa]                         | 706         |
| Rendimento [%]                             | 63          |
| Velocidade de rotação [rpm]                | 1 574       |
| Voltagem [V] (50 Hz)                       | 400         |
| Potência eléct. / consumo [kW]             | 3,8 / 2,11  |
| <b>Ventilador de extração</b>              | <b>UTAN</b> |
| Caudal de ar extraído [m <sup>3</sup> /h]  | 6 084       |
| Pressão total [Pa]                         | 695         |
| Rendimento [%]                             | 62          |
| Velocidade de rotação [rpm]                | 1 524       |
| Voltagem [V] (50 Hz)                       | 400         |
| Potência eléct./consumo [kW]               | 3,8 / 1,9   |

### ● Módulo de recuperação de calor

O recuperador de calor da UTAN será constituído por um permutador de calor de fluxos cruzadas, em alumínio, que procede à recuperação de energia do ar a expelir para o exterior e transfere essa energia para o ar novo admitido, o que reduz significativamente as potências de arrefecimento e aquecimento a fornecer na bateria.

A eficiência do permutador é superior a 50%. Por outro lado, a estanquidade do permutador tem que ser total (dados do fabricante EUROVENT), de modo a garantir que não haja nenhuma possibilidade de contacto direto entre os dois caudais de ar, o ar novo admitido e o ar a expelir para o exterior.

As características técnicas do módulo de recuperação de calor no caso do verão, são as indicadas no quadro seguinte.

Tabela 17 - Características do módulo de recuperação de calor

|                                        | <b>UTAN</b>  |                |
|----------------------------------------|--------------|----------------|
| <b>Ar novo</b>                         | <b>Verão</b> | <b>Inverno</b> |
| Caudal de ar novo [m <sup>3</sup> /h]  | 6760         | 6760           |
| Temp./ Humid entrada [°C] / [%]        | 32 / 40      | 3,5/80         |
| Temp. / Humid saída [°C] / [%]         | 27,17 / 52,8 | 15,67/35,4     |
| <b>Ar extraído</b>                     |              |                |
| Caudal de exaustão [m <sup>3</sup> /h] | 6 084        | 6084           |
| Temp. / Humid entrada [°C] / [%]       | 25 / 50      | 20/50          |
| Temp. / Humid saída [°C] / [%]         | 30,4 / 36,6  | 7,94/100       |
| Eficiência [%]                         | 76,65        | 73,1           |
| Potência calor recuperada [kW]         | 10,89        | 27,43          |

#### ● Módulos de arrefecimento e aquecimento

As baterias de arrefecimento e aquecimento serão instaladas na parte de insuflação da UTAN, sendo compostas por tubos em cobre e alhetas em alumínio.

As especificações técnicas das baterias no caso do verão são as seguintes:

Tabela 18 - Características das baterias de arrefecimento e aquecimento

|                                            | <b>Bateria de arrefecimento</b> | <b>Bateria de aquecimento</b> |
|--------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Caudal de ar insuflado [m <sup>3</sup> /h] | 6 760                           | 6 760                         |
| Temp/Humid entrada [°C]/[%]                | 27,17/52,8                      | 15,67/35,4                    |
| Temp/Humid saída [°C] /[%]                 | 23,81/63,1                      | 20,56/26,0                    |
| Temp. entrada/saída água [°C]              | 7/12                            | 80/60                         |
| Potência da bateria [kW]                   | 9,3                             | 11,2                          |
| Caudal de água [l/s]                       | 0,444                           | 0,137                         |

Após a bateria de frio será instalado um eliminador de gotículas que descarregará para o tabuleiro de condensados. A tubagem de esgoto de condensados deverá ser isolada termicamente nos primeiros 3 m da unidade.

#### ● Módulos atenuadores acústicos

Na UTAN, serão colocados dois atenuadores acústicos, um na saída do ar de insuflação e outro na entrada do ar na extração, conforme esquema de princípio.

Os atenuadores acústicos devem assegurar a redução do nível sonoro das médias e altas frequências (500 até 4000 Hz) nas redes de ventilação.

A sua envolvente deve ser constituída por chapa de aço galvanizado (lisa ou spiro), no exterior, isolamento em lã de vidro de densidade 40 Kg/m<sup>3</sup> com 45 a 65mm de espessura, e chapa perfurada no interior. As ligações á conduta devem ser efetuadas de forma direta por encaixe.

Os atenuadores possuem classificação ao fogo A1 –Nº RA02-0491, segundo a norma Europeia NF EN 13501-1, e as suas características acústicas testadas em laboratório, segundo a norma NF EN ISO 7235 e confirmadas pela experiência.

Terão as seguintes dimensões:1340 × 1035 × 1090 mm. A sua perda de carga será de 12 e 10 Pa, respetivamente, na insuflação e na extração. Possuirão uma capacidade de atenuação em termos de pressão sonora entre 15 e 20 dB (A).

A marca considerada neste projeto foi SANDOMETAL modelo SDM 2/3.

#### **5.4. Ventiloconvectores**

Serão do tipo horizontal sem caixa e vertical com caixa, da marca DAIKIN. Possuem as serpentinas de arrefecimento e aquecimento em tubo de cobre alhetado. Possuem um ventilador do tipo centrífugo, acoplado a um motor elétrico com três velocidades de funcionamento, eletricamente protegido e com filtro de ar do tipo lavável.

O controlo das unidades será feito através de controladores com *display*, colocados a cerca de 1,60 m da altura do pavimento, ligados por cabo à unidade. Regra geral serão colocados por cima do interruptor de iluminação de cada espaço. O termóstato terá um seletor de velocidades do ventilador, com três posições manuais e uma automática.

Os condensados dos VC's descarregam para os pontos de esgoto das instalações sanitárias, regra geral o sifão do lavatório. A tubagem dos condensados em PVC deverá ser isolada termicamente com espuma de borracha do tipo Armaflex ou equivalente, com uma espessura de 9 mm, nos primeiros 3 m após a ligação à unidade terminal.

A alimentação da água arrefecida e aquecida aos VC's far-se-á através de tubagem de ida e de retorno. As tubagens serão colocadas em calha técnica metálica apoiada fixa às paredes ou suspensa da laje do teto. Considera-se que os VC's são fornecidos com tabuleiro de condensados e o *kit* de ligação hidráulico.

Junto aos equipamentos de água arrefecida e água aquecida, previram-se válvulas de dupla regulação da marca T.A. ou equivalente, para calibração do circuito.

As unidades foram seleccionadas para a velocidade média / caudal de água em função da carga térmica de cada espaço. De modo a garantir um baixo índice de ruído no interior dos quartos será inibida a velocidade máxima.

A marca das unidades consideradas neste projeto foi DAIKIN modelos FWM 01, 02, 03, 04, 06, 08 DT/DF (modelos sem caixa – horizontais de teto); FWL 01 DT/DF (modelo com caixa – de teto). Os modelos estarão indicados nas peças desenhadas.

As características técnicas principais de cada uma das unidades são indicadas no quadro seguinte:

Tabela – 19 - Características técnicas principais dos ventiloconvectores

| Modelo                           | FWL 01 | FWM 01 | FWM 02 | FWM 03 | FWM 04 | FWM 06 | FWM 08 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Potência de frio [kW]            | 1,46   | 1,46   | 1,90   | 2,87   | 4,33   | 4,67   | 6,64   |
| Potência de calor [kW]           | 1,90   | 1,90   | 2,10   | 3,08   | 5,05   | 5,30   | 7,91   |
| Caudal de ar [m <sup>3</sup> /h] | 307    | 307    | 327    | 431    | 690    | 763    | 998    |
| Caudal de água [l/s]             | 0,07   | 0,07   | 0,09   | 0,14   | 0,21   | 0,22   | 0,32   |
| Perda de carga [kPa]             | 13     | 13     | 13     | 11     | 12     | 14     | 12     |
| Pressão sonora [dB(A)]           | 45     | 45     | 50     | 47     | 52     | 56     | 61     |
| Consumo elétrico [A]             | 170    | 170    | 240    | 250    | 440    | 430    | 800    |

## 5.5. Condutas de ar

As condutas de insuflação da UTAN no interior do edifício serão isoladas termicamente e as de extração não possuem isolamento térmico. As de extração das I S's não são isoladas termicamente. Na cobertura, tanto as de insuflação como as de extração são isoladas termicamente e com proteção mecânica. As condutas de secção circular serão do tipo *spiro-safe*, em que a ligação dos troços e acessórios possui um vedante em borracha resistente ao envelhecimento e às variações de temperatura. As condutas de secção retangular, nas ligações entre troços e acessórios deverão também incluir uma borracha apropriada e idêntica à do *spiro-safe*, de modo a garantir a estanqueidade das diversas redes de condutas. Será necessário aplicar guias nas curvas das condutas de maiores dimensões, de modo a orientar o escoamento do ar. As condutas de secção circular serão do tipo espiral por meio de costura helicoidal contínua, normalmente designadas do tipo *spiro*. Curvas, transições e outras singularidades serão executadas

segundo as Normas Europeias S.M.A.C.N.A.(Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association), no respeitante a condutas de baixa velocidade e secção circular.

Regra geral, serão construídas em chapa de aço galvanizado nas seguintes espessuras:

Tabela 20 - Espessuras das condutas de secção circular

| <b>Perímetro conduta</b> | <b>Espessura da Chapa</b> |
|--------------------------|---------------------------|
| até 2 230 mm             | 0,4 mm                    |
| de 2 512 até 2860 mm     | 0,5 mm                    |
| de 3 520 até 3926 mm     | 1,0 mm                    |
| acima de 4 400 mm        | 1,6 mm                    |

Nas condutas de secção retangular, a chapa de aço galvanizado deverá ter as seguintes espessuras:

Tabela 21 - Espessuras das condutas de secção retangular

| <b>Lado maior da secção</b> | <b>BG</b> | <b>Espessura da chapa</b> |
|-----------------------------|-----------|---------------------------|
| até 400 mm                  | 24        | 0,63 mm                   |
| de 401 até 650 mm           | 22        | 0,80 mm                   |
| de 651 até 900 mm           | 20        | 1,00 mm                   |
| de 901 até 1 500 mm         | 20        | 1,00 mm                   |
| de 1 501 até 2 000 mm       | 18        | 1,25 mm                   |
| de 2 001 até 2 500 mm       | 16        | 1,50 mm                   |

As condutas devem possuir portas de visita para limpeza de pelo menos 10 em 10 m (EN 13779), de forma a assegurar a manutenção e limpeza de toda a rede. Os diferentes troços de condutas devem ser transportados e manuseados durante a obra, devidamente tamponados, garantindo-se assim a sua limpeza interior.

A ligação das condutas à UTAN e os plenos das grelhas nos VC's serão sempre efetuados através de mangas flexíveis, de forma a evitar transmissão de vibrações.

## 5.6. Acessórios

Devem ser previstos os registos de caudal necessários ao equilíbrio da rede, de forma a respeitar os caudais indicados nas peças desenhadas.

### ● Dimensões e traçado

As dimensões e os traçados das condutas estão indicados nas peças desenhadas.

### ● Isolamento Térmico

No exterior, as condutas de insuflação e retorno deverão ser devidamente isoladas pela sua superfície exterior com manta de lã de rocha de 30 mm de espessura, massa volumica mínima de  $40 \text{ kg/m}^3$  com revestimento a alumínio, de acordo com o RSECE.

O isolamento deve ser colado na superfície exterior das condutas e reforçado em toda a sua envolvente por rede metálica de malha larga.

### ● Estanquidade das condutas

As condutas devem ser estanques, de forma a não permitir a fuga do ar ou a admissão de ar não desejado nos circuitos. Deverão ser verificadas as normas SMACNA.

O caudal de fuga nas condutas não pode exceder  $1,5 \text{ l/m}^2$  de conduta (Normas Europeias).

### ● Proteção mecânica das condutas

No exterior, a proteção mecânica das condutas deve ser constituída por folha de alumínio de 0,5 mm de espessura a envolver completamente o exterior da conduta e o isolamento térmico. Pode igualmente ser efetuada por chapa galvanizada com 0,5 mm de espessura e pintada com tinta própria. Na cobertura, tanto as condutas de insuflação como as de extração devem ser isoladas termicamente e com proteção mecânica.

### ● Suspensão das condutas

Nos troços horizontais o suporte das condutas deverá ser efetuado por varão roscado chumbado às lajes do teto e paredes e o berço deverá possuir borracha apropriada que será colocada entre ambos.

Nos troços verticais o suporte das condutas deve ser efetuado por perfis com interposição de borracha apropriada entre o berço e as condutas, envolvendo a conduta nas quatro faces ou na totalidade do seu perímetro e devidamente chumbados às paredes. O espaçamento entre suportes é função da dimensão da conduta e nunca deve exceder os 3 m.

A marca considerada neste projeto foi SANDOMETAL do tipo *SPIROSAFE*.

### **5.7. Registos de caudal de ar**

Os registos de regulação do caudal de ar devem ser em chapa de ferro galvanizado de espessura conveniente, quinada, equipada com manípulo acessível e possibilidade de fixação por elemento estável. Estes registos devem ser colocados nas bifurcações, de modo a assegurar a possibilidade de equilibrar corretamente os caudais de ar nos locais, de acordo com o especificado em projeto.

Deve igualmente ficar bem definida a identificação de aberto e fechado, bem como o sentido da deslocação do ar. Sempre que se justifique devem ser previstos registos de caudal de ar em todas as ramificações, referentes aos difusores/grelhas para além dos assinalados nas peças desenhadas.

A marca considerada neste projeto foi SANDOMETAL.

### **5.8. Registos corta fogo/Controlo de caudal**

Estes registos serão uma combinação de registo de caudal de ar e registo corta-fogo, devendo assegurar qualquer uma das funções. Serão do tipo lâminas múltiplas, adequados para funcionar quer na posição horizontal quer na posição vertical.

O registo será fabricado para satisfazer as secções transversais da conduta onde será instalado. A função de controlo de caudal de ar será fixa, sendo a função corta-fogo feita pela atuação de uma mola mantida sob tensão por um elo de ligação, fusível à temperatura de 70°C. O rearme será manual. Para tal, cada registo disporá de uma portinhola de acesso instalada na face inferior da manga de união à conduta.

A marca considerada neste projeto foi FRANCE AIR REF 500.

### **5.9. Grelhas**

#### **• Grelhas lineares de insuflação**

Estrutura em alumínio extrudido instalado em aro. Montagem por pressão numa estrutura com ranhura. O aro e barras frontais são construídas em alumínio extrudido. A fixação deve ser efetuada por clips.

De dupla deflexão serão fornecidas com registo e defletores traseiros permitindo uma direccionalidade e alcance do ar. A regulação do registo de caudal será feita a partir do exterior da grelha por meio de uma chave de fendas. Estas grelhas serão instaladas e localizadas tal como se indica nas peças desenhadas.

A ligação do pleno às condutas de insuflação será feita por intermédio de troços de secção circular de conduta com registo de caudal. Prevê-se que o acabamento superficial das grelhas seja em alumínio, termolacadas a cor a definir pela Arquitetura. A marca considerada neste projeto foi FRANCE AIR modelo LAC 40.

#### ● **Grelhas de retorno**

As grelhas de retorno do ar serão de alhetas fixas inclinadas a 45°. Serão fornecidas com um dispositivo de regulação de caudal (registo). A regulação do registo de caudal será feita a partir do exterior da grelha por meio de uma chave de fendas. Estas grelhas serão instaladas e localizadas tal como se indica nas peças desenhadas.

Os registos de caudal serão construídos em chapa de aço galvanizada, com espessuras compreendidas entre 0,8 e 1,5 mm. Será formado por um caixilho retangular. Um sistema de rodas dentadas e corrediças permitirá rodar as alhetas em sentidos apostos. O sentido de rotação das lâminas será alternado. Entre a posição totalmente aberta e totalmente fechada, as lâminas não rodarão mais do que 45°.

Este sistema de regulação disporá de uma ranhura que permita a afinação do registo por meio de uma chave de fendas, a partir do exterior da grelha.

Prevê-se que o acabamento superficial das grelhas a fornecer seja em alumínio, termolacadas a cor a definir pela Arquitetura.

A marca considerada neste projeto foi FRANCE AIR modelo GAC 81.

#### ● **Grelhas de passagem**

Estas grelhas serão adequadas para a passagem de ar através de portas ou paredes divisórias, cuja espessura não ultrapasse os 60 mm. As grelhas serão fornecidas com contra-aro para remate de abertura do outro lado da porta ou da parede divisória. As grelhas serão fornecidas com acabamento superficial, sendo termolacadas a cor a definir pela Arquitetura.

Estas grelhas serão compostas por uma fiada de lâminas paralelas e horizontais. Terão um perfil em V invertido. A secção transversal terá as dimensões mínimas de 32 mm x 32 mm. A espessura não será inferior a 1 mm. O espaçamento entre as lâminas não deverá ser superior a 20 mm. Os aros serão construídos com um perfil de alumínio extrudido com a configuração de um L, com as dimensões de 30 mm x 36 mm e uma espessura não inferior a 1 mm.

A marca considerada neste projeto foi FRANCE AIR modelo GAVE 91.

## **5.10. Válvulas**

### **• Válvulas de extacção de ar**

As válvulas serão em disco cónico, regulável com baixa resistência ao ar e de fixação após regulação. A sua execução será em chapa de aço com acabamento em pintura de esmalte. Serão colocadas diretamente na conduta ou no teto falso. A sua dimensão depende do caudal de ar.

A marca considerada neste projeto foi SANDOMETAL/LINDAB modelo VE.

### **• Válvulas de Anti-Retorno (VAR)**

Estes registos de sobrepressão para montagem em conduta de secção circular ou retangular atuam como registo antirretorno, e atuam também quando se pretende manter uma sobrepressão ou depressão num local, relativamente ao exterior ou a outro local intermédio. São constituídos por um aro em aço galvanizado e alhetas com passo de 100mm em chapa de alumínio. As alhetas são montadas em juntas de plástico antifricção com limite de abertura das mesmas. Para garantir excelente estanqueidade as alhetas possuem também uma junta em borracha.

As VAR devem ser colocadas em todas as condutas de extração (exceto IS's) para evitar a contaminação dos espaços com odores das IS's e copas de serviço, caso seja necessário parar a UTAN.

A marca considerada neste projeto foi FRANCE AIR modelo SPG.

## **5.11. Rede de tubagem de água**

A tubagem a utilizar na instalação de climatização deste projeto é em Polipropileno Copolímero (PP-R (C)) do tipo CLIMATHERM FASER OT, com barreira anti difusora de oxigénio, Série 5/SDR 11 da marca AQUATHERM, levando acessórios do mesmo material com união por termofusão. Este tipo de material é indicado para instalações de climatização e industriais, sob pressão, e caracteriza-se por possuir uma capa intermédia de fibra especial, permitindo assim a redução em cerca de 75% da dilatação linear, comparando com as tubagens normais de PP.

Em virtude de uma escolha criteriosa da matéria-prima utilizada, esta é dotada de características que lhe permitem um excelente comportamento face a altas temperaturas, como é o caso das tubagens da caldeira, permitindo assim uma elevada longevidade da tubagem. O Polipropileno Copolímero tem uma baixíssima afinidade química com as

substâncias ácidas ou básicas, o que o torna compatível quando em contacto com os materiais utilizados na construção, como por exemplo a cal e o cimento.

Assim, não será necessário recorrer a qualquer tipo de precaução específica no que refere à proteção. O elevado grau de isolamento térmico que caracteriza o material garante uma baixa perda de calor por parte do fluido transportado. Esta característica reflete-se num ganho energético. O baixo valor de condutividade térmica provoca uma drástica diminuição do efeito de condensação sobre a superfície exterior do tubo.

Quando a temperatura externa ao tubo é extremamente baixa, constata-se que a água líquida necessita de um período de tempo mais longo para que a transformação em gelo se verifique. A superfície interna dos tubos e dos acessórios não apresenta qualquer tipo de porosidade, traduzindo-se numa rugosidade superficial bastante reduzida, originando assim perdas de carga muito baixas.

Por outro lado, não é possível a obstrução provocada por depósitos de calcário. Como forma de garantia da qualidade das instalações, só deverão ser utilizadas tubagens portadoras de certificado de ensaio ou de homologação, emitidas por entidade acreditada para o efeito. Durante a instalação da tubagem devem ser tomadas em consideração as regras de instalação definidas pelo fabricante das tubagens.

Deve ser dada especial atenção à execução das uniões de modo a não surgirem problemas de falta de estanqueidade.

#### ● **Acessórios para Tubagens de PP-R (C)**

Os acessórios a utilizar serão do mesmo tipo de material empregue nas tubagens, podendo ser divididos em dois grupos: acessórios em PP de fusão térmica e acessórios de PP com inserção metálica.

No primeiro caso, a ligação tubo-acessório, ou mesmo acessório-acessório, é efetuada através de uma operação de fusão entre ambas as partes, enquanto no segundo a extremidade do acessório é dotada de uma inserção metálica roscada. Esta última hipótese é utilizada nas partes terminais das instalações, oferecendo a possibilidade de se poder unir a elementos metálicos de rosca.

#### ● **Fixação das Tubagens de PP-R (C)**

Estas tubagens podem ser instaladas à vista, embebidas, em caleiras, galerias ou tetos falsos. Quando sujeitas à ação de raios ultravioletas, deverão ser protegidas com um revestimento, de modo a evitar a sua deterioração.

Nas situações em que se lhes possa ter acesso, deverão ser identificadas de acordo com a natureza da água transportada. Nas situações de não-embutimento, deverão ser fixadas através de elementos de suporte – abraçadeiras, em quantidade que assegure a sua correta fixação e possibilite que ocorram livremente eventuais contrações ou dilatações. As abraçadeiras deverão ser posicionadas de modo a garantir o correto alinhamento das tubagens e a adequada resistência mecânica, considerando os esforços a que ficarão sujeitas.

As distâncias entre abraçadeiras (instalações não embebidas), serão em função dos diâmetros e não deverão ser superiores a:

Tabela 22 - Distancias entre abraçadeiras

| Diferença de temperatura $\Delta t$ (K) | Diâmetro exterior da tubagem d (mm)  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                         | 20                                   | 25  | 32  | 40  | 50  | 63  | 75  | 90  | 110 | 125 | 160 | 200 | 250 |
|                                         | Distância entre abraçadeiras em (cm) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 20                                      | 90                                   | 105 | 120 | 135 | 155 | 175 | 185 | 195 | 215 | 240 | 270 | 275 | 280 |
| 30                                      | 90                                   | 105 | 120 | 135 | 155 | 175 | 185 | 195 | 210 | 225 | 245 | 250 | 255 |
| 40                                      | 85                                   | 95  | 110 | 125 | 145 | 165 | 175 | 185 | 200 | 215 | 235 | 240 | 245 |
| 50                                      | 85                                   | 95  | 110 | 125 | 145 | 165 | 175 | 185 | 190 | 195 | 205 | 210 | 215 |
| 60                                      | 80                                   | 90  | 105 | 120 | 135 | 155 | 165 | 175 | 180 | 185 | 195 | 200 | 205 |
| 70                                      | 70                                   | 80  | 95  | 110 | 130 | 145 | 155 | 165 | 170 | 175 | 185 | 190 | 195 |

A marca da tubagem considerada neste projeto foi AQUATHERM.

#### ● Isolamento térmico

O isolamento terá as espessuras mínimas indicadas de acordo com o diâmetro da tubagem, de acordo com o RSECE.

$\phi \leq 32 \text{ mm} \Rightarrow 19 \text{ mm}$  de espessura do isolamento

$40 \text{ mm} \leq \phi \leq 90 \text{ mm} \Rightarrow 27 \text{ mm}$  de espessura do isolamento

$\phi > 90 \text{ mm} \Rightarrow 36 \text{ mm}$  de espessura do isolamento

Se for utilizado um isolamento térmico que tenha uma condutibilidade térmica superior a  $0,037 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$  à temperatura média de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , deverão ser corrigidas as espessuras do isolamento da tubagem em função desse valor.

Nos troços exteriores da cobertura, a espessura do isolamento deverá ser acrescida até 20 mm, conforme o RSECE. Serão também protegidas mecanicamente.

A marca considerada neste projeto foi ARMAFLEX.

### **5.12. Depósito de inércia de água**

O depósito será constituído pelo corpo e fundos copados de geometria normalizada, que serão em chapa de aço. O corpo ou parte cilíndrica será enrolado e soldado segundo a direção de laminagem da chapa. Todas as soldaduras deverão ser radiografadas para assegurar a inexistência de risco de rutura. No interior serão revestidos com uma dupla vitrificação de alta resistência, anulando assim a possibilidade de corrosão e aumentando significativamente o seu tempo de vida útil.

O isolamento térmico da superfície exterior será efetuado com espuma rígida de poliuretano injetado de alta densidade com 100 mm de espessura e com proteção mecânica exterior adequada.

Apesar de todas as precauções em termos de tratamentos anticorrosivos, não será dispensada uma conveniente proteção catódica.

O depósito terá as seguintes características principais:

- Capacidade: 300 litros
- Tipo: cilíndrico
- Posição: horizontal
- Pressão máxima de serviço: 8 bar
- Pressão de ensaio: 12 bar

A marca da unidade considerada neste projeto foi SANDOMETAL.

### **5.13. Tratamento químico da água**

Deve-se efetuar o tratamento químico da água de enchimento e de compensação da instalação, controlando-se os seus valores através de análises químicas periódicas. A água de circulação em circuito fechado deve conter os aditivos adequados ao bom funcionamento da instalação, de forma a evitar corrosões e incrustações

Na linha de admissão de água da rede de ambos os circuitos será instalada uma estação de tratamento de água, com o objetivo de promover a sua descalcificação e o seu

acondicionamento químico para o controlo de corrosão no sistema, conforme peças desenhadas.

- **Unidade de descalcificação**

Deverá ser instalada uma unidade de descalcificação constituída por uma coluna de resinas catiónicas, em políester reforçado a fibra de vidro e um sistema de regeneração automático controlado volumetricamente e equipado com cuba de salmoura em polietileno. Esta unidade deverá possuir uma capacidade de interregenerações mínima de  $100\text{ }^{\circ}\text{F} \times \text{m}^3$  e um caudal de ponta de 1500 lt/h.

- **Unidade de Tratamento Químico**

Esta unidade deverá prever a dosagem proporcional, ao caudal de água de reposição, de um produto químico inibidor de corrosão, adequado ao sistema em causa, constituída por contador volumétrico emissor de impulsos, bomba doseadora de elevada precisão de dosagem e cuba para o produto.

#### **5.14. Válvulas e Acessórios**

- **Válvulas de regulação de caudal com tomada de pressão**

Para calibração dos caudais de água em circulação serão aplicadas válvulas de dupla regulação nos coletores de retorno. O seu dimensionamento é função do caudal e da velocidade linear da água. Assim, o seu diâmetro deverá ser confirmado com o fabricante de modo que a sua regulação se possa efetuar nas condições nominais.

Terão o corpo, obturador e sede, em bronze, com anilhas de seda ou fibra substituíveis. Terão a haste em latão de alta resistência. Deverão possuir duas tomadas de pressão para calibração dos caudais de água dos circuitos.

Para permitir o normal funcionamento das bombas de água garantindo um caudal mínimo em circulação, serão colocadas válvulas de fim de linha entre a ida e o retorno do VC mais distante, em todas as derivações.

A marca considerada neste projeto foi TOUR & ANDERSON, TA.

- **Válvulas de regulação de caudal sem tomada de pressão**

Para calibração dos caudais de água nos VC's serão aplicadas válvulas de regulação de caudal de água (1 para cada circuito) com ajustamento fino e manual, de forma a permitir a regulação dos caudais de água máximos que circularão nas serpentinas dos aparelhos, de acordo com peças desenhadas.

A marca considerada neste projeto foi TOUR & ANDERSON, TA, modelo STAD.

- **Válvulas motorizadas de duas vias *ON-OFF* e modulante**

As válvulas motorizadas *on-off* serão instaladas nos retornos dos VC's para efetuar o controlo do caudal de água nas baterias de arrefecimento e aquecimento, ou seja, a adaptação da potência de frio e de calor das serpentinas às condições internas dos espaços.

As válvulas motorizadas modulantes serão instaladas no retorno das baterias da UTAN, de modo a permitir a regulação do caudal de água máximo que passará nas serpentinas da unidade, conforme esquema de princípio. Em ambos os casos, previu-se a aplicação de válvulas de duas vias atuadas por motor elétrico.

As válvula deverão ter o corpo e órgãos internos em bronze. Deverão ser fornecidas completas, com motor elétrico de acionamento e ligação mecânica motor-válvula. O motor deverá ser protegido por uma caixa metálica estanque à poeira e à humidade.

Na face anterior da caixa motorizada da válvula, deverá existir um ponteiro indicador de posição de abertura da válvula. A válvula deve ter a indicação de aberta, fechada e sentido de passagem do fluído.

As ligações elétricas internas deverão ser trazidas a uma caixa terminal do tipo estanque, fixada ao corpo de motorização da válvula. A alimentação e o sistema de comando e controlo serão efetuados a partir do quadro elétrico da respetiva UTAN e da ligação do VC.

As válvulas serão intercaladas no circuito através de sistema de encaixe apropriado.

A marca utilizada neste projeto foi TOUR & ANDERSON, "TA", modelo STAF.

- **Válvulas de seccionamento do tipo macho esférico**

Estas válvulas terão o corpo, monobloco, e anéis de obturação em aço inox. Terão haste de manobra em latão de alta resistência e volante em duralumínio injetado. Deverão possuir sistema de segurança para a fixação da posição.

- **Válvulas de retenção**

Terão o corpo em bronze, obturador guiado e sede. Possuirão um sistema de tal modo que permita com facilidade o escoamento da água no sentido pretendido e que vede completamente o escoamento no sentido oposto. As válvulas serão intercaladas nos circuitos através de sistema de encaixe apropriado.

- **Válvulas de enchimento redutoras de pressão**

Para proceder ao enchimento do circuito do chiller, será instalada uma válvula de enchimento.

Terão o corpo construído em bronze e próprias para redução da pressão da água para um valor preestabelecido. A válvula será intercalada no circuito através de sistema de encaixe apropriado.

- **Válvulas de segurança**

Deverão ser do tipo de mola e reguladas para pressões adequadas aos circuitos que protegem. Estas válvulas, devem permitir o escoamento normal da água até que a pressão atinja o valor indicado. A ligação do escape das válvulas deverá ser feita para um esgoto visível.

- **Juntas anti vibráteis**

Serão de borracha apropriada para água fria e quente, com os mesmos diâmetros que os da tubagem. Serão montadas nas ligações ao *chiller*, à caldeira e às bombas de circulação de água.

- **Filtro de água**

O filtro de água será em forma de Y, com corpo em ferro fundido. Deverá ser de diâmetro igual ao da tubagem em que serão montados, com extremidade roscada e cesto em rede de aço inoxidável.

- **Separador de ar**

O separador de micro-bolhas tem a função de eliminar de forma contínua o ar que possa estar contido no circuito hidráulico sem que a água saia ou entre ar no circuito. A circulação da água completamente purgada permite um funcionamento sem problemas

de ruídos, corrosão, sobreaquecimentos localizados ou avarias mecânicas. Colocou-se um separador de ar na linha de retorno de água fria ao depósito de inércia.

- **Purgadores de ar**

Os purgadores de ar serão do tipo automático, com corpo em latão e o conjunto boiador /válvula em aço inoxidável. A saída de purga será ligada a um circuito de drenagem.

Os purgadores de ar serão colocados em todos os pontos mais altos dos circuitos.

- **Válvula de purga e limpeza**

A colocar nos pontos mais baixos da instalação, permitindo o esvaziamento e limpeza da rede de tubagem de água. Todas as singularidades aplicadas, nomeadamente curvas, T's, reduções etc., serão soldadas à tubagem utilizando solda de prata de modo a garantir uma estanqueidade total à pressão de ensaio.

O empreiteiro, durante a entrega das telas finais deverá indicar a posição exata do encaminhamento de todas as tubagens, nomeadamente as embebidas.

### **5.15. Isolamento acústico e contra vibrações**

Todos os equipamentos incluídos neste projeto e suscetíveis de originar ruídos e vibrações, tais como *chiller*, UTAN, VC's, bombas e ventiladores, deverão ter um funcionamento muito silencioso e equilibrado. A redução da amplitude das vibrações no espectro audível, entre as máquinas e o teto ou paredes, deverá ser superior a 45 dB (isolamento global de 99,5%) e nos extremos das mangas elásticas deverá ser superior a 20 dB (isolamento global de 90%). Para minimizar na origem a produção de ruídos e vibrações, todos os equipamentos deverão ser instalados tendo em conta o seu adequado isolamento e tratamento acústico, de modo a verificar as Normas em vigor.

Serão instalados fixes para absorção de vibrações do *chiller*, UTAN, VC's, bombas e ventiladores, assim como os isolamentos acústicos necessários para a obtenção dos níveis de ruído exigidos pelas Normas em vigor.

### **5.16. Instalações elétricas de potência**

- **Alimentações elétricas**

Estão incluídas neste projeto todas as ligações de potência, comando e controlo dos VC's, a partir dos quadros elétricos de piso. Os equipamentos instalados na cobertura serão alimentados a partir do quadro elétrico da cobertura.

#### ● Cabos para os circuitos de potência

Serão do tipo A05VV-U (VV) ou H1VV-R, para montagem assente em braçadeira ou calha metálica horizontal ou vertical, de códigos respetivamente 205100 e 305100 quando montados no interior e de códigos 205200 e 305200 quando montados à intempérie (bainha de cor preta).

#### ● Cabos para os circuitos de comando

Serão do tipo A05VV-U, para montagem assente em braçadeira ou calha metálica horizontal ou vertical, de código 205100 quando montado no interior e de código 205200 quando montado à intempérie (bainha de cor preta).

#### ● Tubagem

A tubagem a utilizar nas canalizações elétricas é definida pela Norma NP 1070.

O tubo VD é definido pelo código 5101100 e o tubo ERE é definido pelo código 7101100.

### 5.17. Sistema de gestão técnica centralizada, GTC

Deverá ser instalado um sistema de controlo centralizado, gestão técnica centralizada, GTC, baseado em microprocessadores (unidades DDC) e respetivos equipamentos de campo que permitem transmitir e receber dados de comando, controlo e monitorização, de e para um computador central, através de um sistema de comunicações em rede.

Nesta instalação distinguem-se, quanto ao controlo, 4 grupos de equipamentos:

- Central de produção e distribuição de água arrefecida;
- Central de produção e distribuição de água aquecida;
- Unidade de tratamento de ar novo e ventiladores;
- Ventiloconvectores;

Durante o normal funcionamento do edifício, a central de climatização deverá ter um funcionamento totalmente automático.

O sistema de controlo proposto permitirá eventuais ampliações sem necessidade de efetuar a troca dos equipamentos originais, ou seja, acrescentando os equipamentos e os programas necessários mas respeitando sempre o sistema original.

Em termos gerais, o sistema GTC garantirá a condução e monitorização dos diversos equipamentos inseridos neste projeto, excetuando-se a condução das unidades

produtoras de água fria e quente (*chiller* e caldeira), as quais possuem quadro de controlo específico do respetivo equipamento.

O sistema de gestão técnica centralizada possibilita ainda a integral monitorização das instalações de acordo com o exigido pelos regulamentos, nomeadamente:

- Consumo elétrico de motores com potência superior a 5,5 kW;
- Estado de colmatção dos filtros de ar;
- Estado de colmatção dos filtros de água;
- Posição dos registos corta-fogo, em aberto ou fechado.
- Temperatura da água nos circuitos primários, ida / retorno;
- Temperatura do ar de insuflação da UTAN;
- Temperatura do ar exterior;
- Temperatura do ar interior.

## 6. Conclusões

No Hotel em estudo verifica-se que as principais cargas térmicas dos espaços são devidas ao ar novo, cargas internas e vãos envidraçados da envolvente. Consequentemente, ao longo do ano existem diferentes necessidades de climatização nos diferentes espaços, consoante a sua orientação geográfica e tipo de utilização. Deste modo, e sobretudo nas alturas de meia estação, existem espaços que necessitam simultaneamente de frio e/ou calor.

Tendo como objetivo efetuar o cálculo das cargas térmicas da forma mais aproximada possível da realidade, utilizou-se o programa informático HAP da Carrier, E 20 – II, versão Hourly Analysis Program 4.5. Para tal, introduziram-se *inputs* de acordo com as condições de projeto e perfis de funcionamento. Após o programa correr, obtiveram-se os *outputs* (relatórios) com as cargas térmicas detalhadas de todos os espaços e os picos de carga máximos coincidentes de hora a hora das 00:00 às 24:00, para todos os dias do ano tipo.

Assim, obtém-se a carga máxima em simultâneo para o dimensionamento do *chiller* e da caldeira. Igualmente os picos máximos de cada espaço, para o dimensionamento dos ventiloconvectores e as potências a retirar das serpentinas da UTAN.

Para efetuar o correto dimensionamento da UTAN recorreu-se ao programa informático da Sandometal.

Ao longo do trabalho, após comparação de diversos tipos de sistemas de climatização concluiu-se que deveria ser utilizado um sistema “Ar-água” a 4 tubos, permitindo dotar a instalação da flexibilidade necessária para efetuar o arrefecimento e aquecimento em simultâneo durante todo o ano.

De forma a melhorar a eficiência energética da instalação de AVAC incorporou-se na UTAN, 100% ar novo, um recuperador de calor estático do tipo correntes cruzadas, permitindo assim uma economia significativa de energia.

A otimização da instalação consegue-se igualmente através de uma boa interligação dos diversos equipamentos, sendo esta situação assegurada por um sistema de gestão técnica centralizada, GTC, permitindo a visualização global de toda a instalação, assim como o controlo dos custos de energia, exploração e manutenção.

Ao longo do projeto tomaram-se todas as opções em função do estipulado nos regulamentos, de forma a que o edifício cumpra as disposições em vigor, nomeadamente o RCCTE, RSECE e QAI.

A conceção deste sistema de climatização vai ao encontro dos objetivos inicialmente traçados, que apontavam no sentido de se conceber um edifício de elevada eficiência energética, mantendo igualmente elevados padrões de qualidade e conforto. Devendo para tal assegurar as condições de temperatura, velocidade e qualidade do ar, bem como garantir condições que permitam baixos custos de manutenção e exploração.

Para a elaboração das peças desenhadas recorreu-se ao programa informático AUTO-CAD 2007.

Em termos de perspetivas de trabalho futuro sugere-se o estudo e desenvolvimento dos atuais equipamentos da instalação, tendo como objetivo um provável aumento da sua eficiência energética, em conjugação com as soluções e avanços tecnológicos gradualmente conseguidos pelos fabricantes de equipamentos.

Apesar do reduzido espaço físico disponível e dos inevitáveis condicionalismos arquitetónicos, um aspeto a considerar futuramente prende-se com o estudo e análise de equipamentos que utilizem as energias renováveis como fontes energéticas, referindo-se como exemplo o *chiller* de absorção mencionado neste trabalho. Para tal, deveria ser aplicada uma metodologia que possibilitasse o aumento da eficiência energética do equipamento, assim como a redução dos custos de aquisição.

Este tipo de equipamento poderia trazer grandes vantagens face aos equipamentos convencionais, resultando numa redução significativa do consumo de combustíveis fósseis, redução dos custos de manutenção e exploração, assim como numa diminuição das emissões com efeito de estufa.

## **Referências Bibliográficas**

- [1] ASHRAE Handbook, Fundamentals; American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, S. I. Edition, 1997, Atlanta, U. S. A.
  
- [2] ASHRAE Handbook, HVAC Systems and Equipment; American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, S. I. Edition, 2008, Atlanta, U. S. A.
  
- [3] ASHRAE Handbook, Fundamentals Systems and Equipment; American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers; S. I. Edition, 2009, Atlanta, U. S. A.
  
- [4] Canha da Piedade, A., Moret Rodrigues, A., Roriz, L., Climatização em edifícios, envolvente e comportamento Térmico - Edições Orion, 1ª edição, 2000, Lisboa.
  
- [5] Carrier Corporation; Software Systems Network; Hap Quik Reference Guide, 2008-2009, U. S. A.
  
- [6] Catálogo CARRIER, 2013.
  
- [7] Catálogo FLAKT WOODS GROUP, 2011, Suécia.
  
- [8] Catálogo FRANCE AIR, 2011, França.
  
- [9] Catálogo GRUNDFOS DATA BOOKLET, 2011, Dinamarca.
  
- [10] Catálogo Geral DAIKIN, 2011, Portugal.
  
- [11] Catálogo ROCA, Caldeira Mural Bios, 2011, Espanha.
  
- [12] Catálogo SANDOMETAL, Portugal.

[13] Imprensa Nacional Casa da Moeda - Diário da República, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Decreto-Lei 80/2006, de 4 de abril, Lisboa.

[14] Imprensa Nacional Casa da Moeda - Diário da República, Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). Decreto-Lei 79/2006, de 4 de abril, Lisboa.

[15] Imprensa Nacional Casa da Moeda - Diário da República, Regulamento dos Sistemas de Certificação Energética (SCE) e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (QAI). Decreto-Lei nº 78 / 2006, de 4 de abril, Lisboa.

[16] Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica; Temperaturas exteriores de projeto e números de graus- dia, 1989, Lisboa.

[17] ISO 7730, Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD. Indices and specification of the conditions for thermal comfort, International Standards Organization, 1984.

[18] Santos, Pina dos, Matias, Luís, Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC, ITE 50), versão atualizada de 2006, Lisboa.

[19] Shapiro, H.N., Moran, M. J., Fundamentals of engineering thermodynamics, third edition, John Wiley & Sons, 1998.

#### **Sites consultados na internet**

(1)[www.youtube.com/watch?v=oMJwtu8PA5Y](http://www.youtube.com/watch?v=oMJwtu8PA5Y)

(2)[www.webarcondicionado.com.br/o-que-e-um-ar-condicionado-split](http://www.webarcondicionado.com.br/o-que-e-um-ar-condicionado-split)

(3)[www.magazineluiza.com.br/PortaldaLu/verConteudo.asp?id=554](http://www.magazineluiza.com.br/PortaldaLu/verConteudo.asp?id=554)

(4)[www.evac.pt/section.php?id=30](http://www.evac.pt/section.php?id=30)

(5) [pt.wikipedia.org/wiki/unidade\\_de\\_tratamento\\_de\\_ar](http://pt.wikipedia.org/wiki/unidade_de_tratamento_de_ar)

(6)[www.portal-energia.com](http://www.portal-energia.com) > energia geotérmica

- (7)[www.buderus.pt/.../geotermia-bombas-de-calor-reversiveis.htm](http://www.buderus.pt/.../geotermia-bombas-de-calor-reversiveis.htm)
- (8)[www.qzero.pt/solucoes/bc](http://www.qzero.pt/solucoes/bc)
- (9)[pt.wikipedia.org/wiki/Refrigeraçãopor absorção](http://pt.wikipedia.org/wiki/Refrigera%C3%A7%C3%A3o_por_absor%C3%A7%C3%A3o)
- (10)[pessoal.utfpr.edu.br/luizpepplow/arquivos/Agua\\_gelada\\_ver\\_1\\_3.pdf](http://pessoal.utfpr.edu.br/luizpepplow/arquivos/Agua_gelada_ver_1_3.pdf)
- (11)*Edifício Solar XXI, LNETI; 2006, Lisboa*

## **Lista de Anexos**

### Anexo I

Desenhos de Arquitetura

### Anexo II

Desenhos do projecto AVAC

### Anexo III

Coeficientes globais de transmissão de calor (U)

### Anexo IV

Identificação dos espaços a climatizar

### Anexo V

Caudais de ar

### Anexo VI

*Outputs* do programa HAP

### Anexo VII

Dimensionamento dos ventiloconvectores

### Anexo VIII

Dimensionamento e perdas de carga da tubagem de água arrefecida

### Anexo IX

Dimensionamento e perdas de carga da tubagem de água aquecida

### Anexo X

Dimensionamento e perdas de carga das condutas de insuflação

### Anexo XI

Dimensionamento e perdas de carga das condutas de extração

## Anexo XII

Dimensionamento da UTAN

## Anexo XIII

Ficheiro E3 A do programa HAP da Carrier