

# **Climatização da Igreja e Torre dos Clérigos – Acompanhamento e Direção de Obra**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica

**Autor**

**Miguel Ângelo da Silva Barbosa**

**Orientador**

**Prof. Adjunto António Manuel de Moraes Grade**

ISEC

**Supervisor da Empresa**

**Eng. Ricardo Fernandes**

Vieira & Lopes LDA

**Coimbra, dezembro, 2015**





*“Deus quer, o Homem sonha e a obra nasce.”*

Fernando Pessoa



## AGRADECIMENTOS

Aproveito esta oportunidade para agradecer a todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para o alcance desta fase da minha vida.

À empresa *Vieira & Lopes LDA* pela oportunidade de realização deste estágio curricular.

Aos colaboradores da empresa, àqueles com quem convivi mais de perto, fico-lhes eternamente grato, nomeadamente, D. Fátima Silva, João Amaral, Margarida Rocha, Carlos Caldas, Vítor Gomes, André Vila Verde, Carlos Amorim, Daniel Costa, João Moreira e por fim aos colegas com quem mantive um contato mais direto, Eng<sup>a</sup>. Liliana Teixeira, Eng. Nuno Cardoso, Eng. Ricardo Machado e Eng. Ricardo Fernandes.

Ao Eng. Marco Lopes e à Eng<sup>a</sup>. Isabel Fernandes, do conselho de administração, por terem tornado possível a realização do estágio na empresa, pela tolerância e pela descontração que me transmitiram.

Ao meu orientador Prof. António Manuel de Morais Grade não só pelo acompanhamento, como também pelos ensinamentos e conselhos transmitidos, e pela dedicação na elaboração deste relatório.

A par do cariz académico vem, naturalmente, o humano e, como tal, não poderia deixar de prestar uma enorme gratidão à minha família no geral, nomeadamente, à minha mãe “Bia” por todo o apoio, orientação e motivação concedidos durante todos estes anos.

Um agradecimento especial à Diana Mafalda, aquela pessoa que sempre me acompanhou, e que, ao longo de todo o tempo me motivou, me ouviu e me chamou a razão.

Aos meus amigos e colegas de curso que sempre me ouviram e aconselharam para seguir o melhor caminho.

A todos eles, o meu muito obrigado.



## RESUMO

O presente relatório contempla as atividades desenvolvidas no decorrer do período de estágio curricular do Mestrado em Engenharia Mecânica, na especialização em Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos, que decorreu na empresa Vieira & Lopes LDA, no período de 23 de Setembro de 2014 até 15 de Agosto de 2015, completando um total de 1560 horas.

O relatório baseia-se, fundamentalmente, na instalação de sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), sendo esta uma das principais atividades da empresa, juntamente com o departamento de orçamentação.

Numa primeira fase do estágio, foi dada a conhecer não só a empresa, como também alguns dos seus colaboradores, o seu modo de funcionamento, e algumas das tarefas que seriam atribuídas no decorrer do estágio, tendo como primeira tarefa o acompanhamento na elaboração de orçamentos para empreitadas a que a empresa estava a concorrer.

No departamento de orçamentação são elaboradas as cotações atendendo aos projetos técnicos das especialidades, onde estão envolvidos os componentes e sistemas térmicos.

Esses projetos são recebidos e analisados sendo que, por vezes, são sugeridas alterações ou melhorias do ponto de vista funcional, de instalação ou até mesmo melhorias que possam ser mais viáveis em termos económicos.

Já no departamento de direção de obra são executadas as empreitadas de AVAC dando-se início pela análise do projeto, previsão de materiais, execução e coordenação dos trabalhos a realizar, arranques das instalações e por fim a realização dos ensaios das mesmas.

Por fim destacaram-se também todos os conhecimentos e práticas adquiridas no decorrer do estágio que tiveram grande importância, uma vez que proporcionaram o ganho de experiência e o contacto com a área estudada ao longo de todos estes anos de aprendizagem, enquanto aluno do ensino superior no ISEC.

**Palavras-chave:** AVAC, orçamentação, direção de obra.



## ABSTRACT

This report relates the activities developed by the student during their traineeship period of the Master in Mechanical Engineering, specialization in Design, Installation and Maintenance of Thermal Systems, held at the company Vieira & Lopes LDA, from 23 September 2014 until August 15, 2015, for a total of 1560 hours.

The report is based primarily on the installation of Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC systems), which is one of the main activities of the company, and also in the budgeting department.

In a first stage phase the company was made known to the student along with some employees, its operation mode, and some of the tasks that would be assigned during the internship, being the first task the monitoring of ongoing budgets.

In the budgeting department quotations are drawn up taking into account the technical projects of the specialties where the components and thermal systems are involved.

These projects are then received and analyzed, and are sometimes suggested changes or improvements from the functional point of view, installation or even improvements that could be more economically viable.

In the work management department are planned the HVAC systems works beginning by the analysis of the project, forecast materials, the implementation and coordination of the work to be performed, testing and finally preparation and gathering of all the information regarding the closing work.

Finally, stands out all the knowledge and practices acquired during the internship, that have great importance to the student, leading to an experience gain and contact with an area that was studied throughout these years of learning as student of higher education at ISEC.

**Keywords:** HVAC , budgeting , work management.



## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>3. SISTEMAS DE AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO.....</b>                   | <b>5</b>  |
| 3.1. Introdução.....   | 5         |
| 3.2. Tipos de sistemas.....  | 5         |
| 3.2.1. Classificação dos sistemas .....  | 5         |
| 3.2.2. Sistemas de aquecimento central .....   | 8         |
| 3.2.3. Sistemas de climatização de expansão direta .....                               | 10        |
| 3.2.4. Ventilação dos edifícios e qualidade do ar interior .....                       | 12        |
| 3.2.5. Procedimentos a ter em conta na construção de instalações de climatização ..... | 14        |
| <b>4. RESUMO DOS TRABALHOS REALIZADOS AO LONGO DO ESTÁGIO.....</b>                     | <b>19</b> |
| 4.1. Orçamentação .....  | 19        |
| 4.2. Participação em projetos e acompanhamento de obras .....                          | 21        |
| 4.2.1. Acompanhamento de obras .....   | 21        |
| 4.3. Provisionamento e envio de material para a República do Congo .....               | 24        |
| 4.3.1. Processo de logística .....   | 24        |
| <b>5. RESTAURO E RECUPERAÇÃO DA IGREJA E DA TORRE DOS CLÉRIGOS... 27</b>               | <b>27</b> |
| 5.1. Descrição do edifício .....   | 27        |
| 5.2. Parâmetros de cálculo .....   | 28        |
| 5.2.1. Parâmetros climáticos .....   | 28        |
| 5.2.2. Parâmetros interiores .....   | 28        |
| 5.3. Solução a instalar segundo o caderno de encargos .....                            | 28        |
| 5.4. Rede aerólica .....   | 29        |
| 5.4.1. Simulação da rede aerólica no <i>CYPE</i> .....                                 | 31        |
| 5.5. Previsão de material .....  | 33        |
| 5.6. Receção de material.....  | 34        |
| 5.7. Execução em obra .....  | 35        |
| 5.8. Alteração dos elementos terminais da rede aerólica .....                          | 36        |
| 5.9. Instalação da rede de aquecimento central .....                                   | 39        |
| 5.9.1. Simulação da rede de aquecimento central no <i>CYPE</i> .....                   | 43        |
| 5.10. Acabamentos e arranque da instalação .....                                       | 48        |
| 5.10.1. Acabamentos.....   | 48        |
| 5.11. Ensaios da Instalação.....   | 54        |
| <b>6. CONCLUSÃO .....</b>  | <b>57</b> |
| <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>59</b> |
| <b>8. ANEXOS .....</b>   | <b>61</b> |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 3-1 Esquema de princípio de uma instalação “tudo-ar” monozona (Carapito, 2014) .....                             | 7  |
| Figura 3-2 Exemplo de esquema de aquecimento central e AQS (Vulcano, 2013).....   | 8  |
| Figura 3-3 Comparação entre as perdas de energia de caldeiras sem condensação e com condensação (Vulcano, 2013).....    | 9  |
| Figura.3-4 Exemplo de uma instalação de aquecimento central com retorno direto e retorno invertido. (Uponor, 2010)..... | 10 |
| Figura.3-5 Tipologia de interligação dos radiadores com os circuitos de aquecimento central .....                       | 10 |
| Figura.3-6 Exemplo de uma instalação VRV (Webarcondicionado, 2012) .....  | 12 |
| Figura.4-1 Exemplo de uma folha de cálculo orçamental. ....   | 20 |
| Figura.4-2 Embalamento de todo o material armazenado na base logística .....  | 25 |
| Figura 5-1 Traçado inicial da rede aerólica .....   | 30 |
| Figura 5-2 Traçado final aprovado da rede aerólica .....  | 30 |
| Figura 5-3 Passagem das condutas pelos negativos existentes .....   | 31 |
| Figura 5-4 Arquitetura do piso rés-do-chão do edifício .....  | 32 |
| Figura 5-5 Introdução dos dados da UTAN da marca OcramClima.....  | 32 |
| Figura 5-6 Desenho 3D da rede aerólica do piso 4.....   | 33 |
| Figura.5-7 Material aplicado em obra depois de efetuado o levantamento de chapa .....                                   | 34 |
| Figura.5-8 Isolamento da rede aerólica .....  | 35 |
| Figura 5-9 Área efetiva de saída da grelha linear AH 125x525 (TROX, 2011) .....   | 36 |
| Figura.5-10 Pormenor da integração dos plenos na arquitetura do edifício .....  | 36 |
| Figura.5-11 Instalação das grelhas de extração .....  | 37 |
| Figura 5-12 Posicionamento inicial da grelha linear .....   | 38 |
| Figura.5-13 Posicionamento final da grelha linear .....   | 38 |
| Figura.5-14 Integração do pleno de insuflação na sala de reuniões.....  | 39 |
| Figura 5-15 Radiador de parede aplicado RA2 .....   | 41 |
| Figura .5-16 Radiador de chão aplicado RB2.....   | 42 |
| Figura 5-17 Vista geral do ambiente de trabalho (CYPE, 2016).....   | 44 |
| Figura.5-18 Vista 3D do edifício modelado. (CYPE, 2016).....  | 45 |
| Figura.5-19 Edição dos parâmetros dos compartimentos .....  | 46 |
| Figura 5-20 Protótipo da instalação de grelhas nas condutas .....   | 49 |
| Figura 5-21 Aspeto final da instalação das grelhas na rede aerólica .....   | 49 |
| Figura 5-22 Radiador de chão aplicado RB1.....  | 50 |
| Figura 5-23 Instalação da caldeira Baxiroca Power HT, e respetiva instalação hidráulica .....                           | 51 |
| Figura 5-24 Instalação do QEAC e Q.RCF .....  | 51 |
| Figura 5-25 Módulos constituintes da UTAN .....   | 52 |
| Figura 5-26 Instalação do registo corta-fogo na rede aerólica.....  | 53 |
| Figura 5-27 Ligação da instalação hidráulica à bateria da UTAN.....   | 54 |



## ÍNDICE DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 3-1 Avaliação do PMV .....  | 13 |
| Tabela -5-1 Dados climáticos .....   | 28 |
| Tabela 5-2 Modelos de radiadores a instalar nas várias divisões do edifício .....          | 40 |
| Tabela. -5-3 Características técnicas dos radiadores de parede (RA) da marca ZEHNDER ..... | 41 |
| Tabela 5-4 Características técnicas dos radiadores de chão (RB) da marca RUNTAL .....      | 42 |
| Tabela5-5 Comparação das potências térmicas dos radiadores .....                           | 47 |



## SIMBOLOGIA

|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| °C                | Grau Celsius            |
| A                 | Amperes                 |
| Hz                | Hertz                   |
| kW                | Kilowatt                |
| l/h               | Litros por hora         |
| m/s               | Metros por segundo      |
| m <sup>2</sup>    | Metros quadrados        |
| m <sup>3</sup> /h | Metros cúbicos por hora |
| mm                | Milímetro               |
| mm <sup>2</sup>   | Milímetro quadrado      |
| Pa                | Pascal                  |
| RPM               | Rotações por minuto     |
| W                 | Watt                    |



## ABREVIATURAS

|        |  |
|--------|--|
| ANPC   | Autoridade Nacional de Proteção Civil                            |
| AVAC   | Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado                        |
| EPI    | Equipamento de Proteção Individual                               |
| GD     | Graus Dias   |
| GES    | Grandes Edifícios de Serviços                                    |
| QAI    | Qualidade do Ar Interior   |
| QEAVAC | Quadro Elétrico de Ar Condicionado, Ventilação e Ar Condicionado |
| RA     | Radiador de Parede   |
| RB     | Radiador de Chão   |
| REH    | Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação  |
| SCE    | Sistema de Certificação Energética                               |
| UTAN   | Unidade de Tratamento de Ar Novo                                 |
| VAC    | Volume de Ar Constante   |
| VAV    | Volume de Ar Variável  |
| VRV    | Volume de Refrigerante Variável                                  |
| PMV    | Predicted Mean Vote  |
| PPD    | Percentagem de Pessoas Insatisfeitas                             |
| HPD    | Nível de Desconforto   |
| PIE    | Plano de Inspeção e Ensaios                                      |
| FSM    | Fichas de Submissão de Materiais e Equipamentos                  |
| FRM    | Fichas de Receção de Materiais e Equipamentos                    |
| PMM    | Procedimentos de Montagem de Materiais e Equipamentos            |
| FCV    | Fichas de Verificação e Controlo                                 |
| RVC    | Relatório de Não Conformidade                                    |







## 1. INTRODUÇÃO

O Mestrado em Engenharia Mecânica, lecionado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, tem uma duração de dois anos letivos e consiste numa especialização em determinada área de estudo, que neste caso é a área deste relatório Projeto, Instalação e Manutenção de Sistemas Térmicos.

No âmbito da unidade curricular de Projeto/Estágio/Dissertação do segundo ano de Mestrado, foi escolhido pelo aluno seguir a vertente de Estágio numa empresa da área em estudo, empresa essa que foi a Vieira & Lopes LDA.

Sendo a Vieira & Lopes LDA uma empresa com bastante experiência na área de estudo do aluno, e sendo de todo o interesse do aluno realizar um estágio curricular para ganhar contato profissional com o mercado de trabalho, foi efetuado um primeiro contato com a empresa, apresentando-se esta desde logo recetiva a acolher o aluno para a realização de um estágio curricular, dando assim o primeiro passo para que estivessem reunidas as condições para a realização do estágio curricular.

Elaborado o plano de trabalhos e aprovado o estágio no Conselho Técnico-Científico do ISEC, foi celebrado um acordo entre as duas entidades, e realizado o estágio curricular com a duração de 1560 horas.

O estágio curricular realizado pelo aluno teve como objetivos ganhar experiência com o mercado de trabalho e desenvolver a sua atividade na área em que teve formação superior.

Com o início do estágio foi estabelecido uma panóplia de objetivos específicos que se encontram distribuídos pelas áreas de atividade da empresa.

Começando pelo departamento de orçamentação o estagiário teve a possibilidade de desenvolver as suas capacidades para efetuar estimativas orçamentais respondendo a propostas apresentadas por clientes, e em simultâneo, fomentar o contato com fornecedores, com os custos associados a cada equipamento e serviço, que por sua vez, serviram para que o aluno desenvolvesse o seu conhecimento acerca da gama de produtos disponíveis no mercado de forma a responder aquilo que lhe fora apresentado.

Relativamente à área do Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado (AVAC), o estagiário teve que executar algumas alterações em projetos, adquirir e aprofundar conhecimentos no programa *AutoCad*<sup>TM</sup>, elaborar traçados de condutas e de redes hidráulicas, ter conhecimento da representação de alguns equipamentos em projeto, elaborar diagramas de princípio de funcionamento, e telas finais de algumas instalações.

O estágio também permitiu ganhar experiência no dimensionamento de equipamentos, bem como na determinação de caudais de ar e de água, perdas de carga associadas a cada tipo de instalação e no cálculo de equipamentos a aplicar por forma a responder aquilo que lhe fora apresentado.

Já no que diz respeito à direção de obra, o objetivo era pôr em prática tudo aquilo que se projetou e foi previsto em projeto, desenvolver a capacidade de comunicar e articular todas as tarefas a desenvolver para a execução dos trabalhos com todas as especialidades envolvidas, desde os intervenientes em obra até aos fornecedores, planear e prever todo o trabalho a ser desenvolvido, assim também como os custos associados a cada um deles, antever os problemas que possam surgir ao longo do desenvolvimento dos trabalhos e desenvolver as capacidades para a sua resolução.

Com o estágio curricular possibilita a integração e desenvolvimento do autor na empresa, assim como em todas as atividades propostas durante o período proposto.

O presente relatório de estágio é constituído por 6 capítulos e anexos complementares ao relatório.

O presente capítulo, intitulado Introdução, inclui os objetivos e o enquadramento do estágio.

No capítulo seguinte, o capítulo 2, é feita a apresentação da empresa e da sua atividade.

No capítulo 3, são apresentadas as bases teóricas e a legislação necessária para a realização dos trabalhos.

Nos capítulos 4, 5 e 6, são descritos detalhadamente todas as atividades desenvolvidas durante o período de estágio, desde a orçamentação, a análise de projetos de AVAC, o acompanhamento e a direção de obra, e processo de logística referente ao envio de material para obras que estavam a ser construídas pela empresa.

Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões do estágio realizado.

## 2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa *Vieira & Lopes LDA* onde o aluno realizou o estágio curricular, foi constituída em 1998, por dois sócios, sendo um deles o ainda atual gerente da mesma, o Engenheiro Marco André Pinheiro Lopes, e um outro sócio o Sr. Vieira.

Tendo iniciado a sua atividade num pequeno armazém nos arredores da cidade de Braga, dispõe nos dias de hoje de infraestruturas de maior dimensão de acordo com o crescimento que a empresa tem conseguido ao longo destes anos, tendo atualmente a sua sede na Rua da Quintã em Braga, e duas filiais, uma delas no Loteamento do Feital, também em Braga, e uma outra em França, na cidade de Villeneuve-Le-Roi.

A *Vieira & Lopes LDA* faz parte de um grupo de empresas na qual também está englobada a *OCRAMclima*, tendo como principais áreas de atuação a otimização energética de edifícios, o controlo ambiental, o comércio e de instalação de equipamentos de climatização, ventilação, ar condicionado, aquecimento, energia solar e a fabricação de Unidades de Tratamento de Ar (UTA's).

Para a fabricação das Unidades de Tratamento de Ar (UTA's) foi criada em 2008 a *OCRAMclima*, tendo como empresa mãe a *Vieira & Lopes LDA*.

No entanto trata-se de uma estrutura independente da empresa de origem.

A empresa onde o aluno realizou o estágio curricular é uma pequena média empresa que dispõe neste momento de cerca de 130 colaboradores, 150 clientes, tendo realizado mais de 200 projetos em 6 países, destacando-se Portugal, Espanha, França, países de África e Dinamarca.

Apesar da conjuntura económica que está instalada praticamente por toda a Europa, a *Vieira & Lopes LDA* tem crescido cerca de 15% a 20% ao ano, apresentando um volume de negócios no ano de 2014 que ronda os 12,000,000.00€.



## 3. SISTEMAS DE AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO

### 3.1. Introdução

Para garantir o conforto térmico e a qualidade do ar no interior dos edifícios, sendo maioritariamente instalados nos grandes edifícios de serviços, é utilizada a solução do AVAC, conseguindo através da mesma garantir os parâmetros interiores pretendidos para um determinado edifício, assegurando assim a qualidade do ar no seu interior para que os seus ocupantes se sintam confortáveis enquanto permanecem no mesmo.

Para obrigar a que todos os edifícios garantam as condições mínimas para o conforto dos seus ocupantes, aliadas à maior eficiência energética possível, surgiu o SCE, que não é mais do que um Sistema de Certificação Energética e respetivos regulamentos (REH e RECS), que visa estabelecer condições padrão para a obtenção de um conforto térmico e QAI.

Portanto deve existir, durante a fase de projeto, o cuidado de garantir o cumprimento desses mesmos requisitos assim como uma conceção dos sistemas o mais eficiente possível, dentro das possibilidades do projeto (ADENE, 2016)

### 3.2. Tipos de sistemas

Nos dias de hoje, com o aumento de novas soluções no mercado para climatização, existem diversas formas de classificar os sistemas a instalar, que tornam a tarefa de classificação bastante complexa devido ao conjunto de parâmetros existentes nos novos sistemas de climatização.

Na generalidade, existem dois tipos de sistemas de climatização, classificando-se de acordo com a área servida pelos sistemas e tendo em conta o fluido térmico utilizado para processo de climatização.

#### 3.2.1. Classificação dos sistemas

A classificação dos sistemas pode realizar-se:

- De acordo com a área climatizada pelos sistemas e local de produção:

Os sistemas de climatização podem ser classificados em sistemas centralizados ou sistemas individuais, e sistemas parcialmente centralizados, que combinam as características dos dois primeiros.

Classifica-se como sistema centralizado, um sistema que serve totalidade, ou grande parte do edifício, através de um elemento produtor, que se encontra normalmente instalado na zona técnica do edifício, onde geralmente só os técnicos têm acesso, sendo a climatização dos espaços é assegurada a partir de um circuito primário que transporta o fluido térmico desde o equipamento principal, até ao equipamento terminal.

Por outro lado, o sistema individual serve apenas um espaço do edifício, ou seja, é um sistema no qual o equipamento produtor normalmente não se encontra instalado na área técnica do edifício, mas em zonas próximas da que se pretende climatizar. Os sistemas mais usuais são do tipo Split<sup>1</sup> que se definem como sistemas individuais.

Este tipo de classificação de sistemas é importante, uma vez que, o REH assim o obriga.

Segundo o artigo 14º do Capítulo V desse mesmo regulamento, “*O recurso a unidades individuais de climatização para aquecimento ou arrefecimento em edifícios de serviços licenciados posteriormente à data da entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 118/98, de 7 de Maio, ou em cada uma das suas fracções autónomas, só é permitido nos espaços que apresentem cargas térmicas ou condições interiores especiais em relação às que se verificam na generalidade dos demais espaços da fracção autónoma ou edifício, ou não ultrapassarem 12 kW de potência instalada de ar condicionado por edifício ou fracção autónoma, ou quando houver dificuldades técnicas ou impedimentos fortes de outra qualquer natureza devidamente justificados e aceites pela entidade licenciadora*” (MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, 2006).

- De acordo com o fluido térmico utilizado:

Os sistemas podem também ser classificados quanto ao fluido térmico, ou seja, quanto ao fluido secundário a ser usado. Este tipo de classificação é unicamente aplicado a sistemas centralizados.

Os sistemas podem dividir-se em três grupos distintos: tudo-ar, ar-água, e tudo-água.

Os sistemas “tudo-ar” são categorizados em dois grupos, os de conduta simples e os de dupla conduta.

No sistema de dupla conduta o ar, depois sofre um pré-tratamento adequado na Unidade de Tratamento de Ar (UTA), é distribuído por duas condutas, uma das quais é equipada com uma bateria de aquecimento e outra com uma bateria de arrefecimento.

Os sistemas de conduta simples mais comuns são os de Volume de Ar Constante (VAC) e os de Volume de Ar Variável (VAV).

No sistema VAC o caudal de ar a insuflar é constante e o sistema permite alterar as condições de insuflação, normalmente a temperatura do ar. No sistema VAV a temperatura de insuflação é constante, variando o caudal de ar insuflado.

Os sistemas VAC, podem ser ainda subdivididos em dois grupos: uma só zona e várias zonas. Nos sistemas VAC, monozona, o ar é tratado numa UTA e distribuído por uma rede de condutas, numa ou mais divisões. Neste caso, todas as divisões recebem o ar no mesmo estado, como se pode verificar na Figura 3-1.

Nos sistemas VAC multizona, podem usar-se baterias de reaquecimento terminal para ajustar a temperatura de cada zona em função das suas necessidades térmicas.

---

<sup>1</sup> Designação comercial deste tipo de equipamento, que são instalados no interior das zonas a climatizar, e que estão ligados a uma unidade exterior que geralmente se encontra nas imediações dessas mesmas zonas.

Neste subcapítulo apenas se descreve os sistemas tudo-ar, com volume de ar constante, uma vez que foi o aplicado no acompanhamento que o aluno fez durante o período de estágio curricular.

Estas instalações são sobretudo destinadas a locais de grande área, salas de conferência, teatros, cinemas, entre outros, mas também às construções com um grande número de divisões: escritórios, hospitais, museus, entre outras. Nos edifícios de várias divisões o caudal de ar insuflado em cada divisão deverá ser proporcional à respetiva carga térmica a vencer, podendo esse caudal variar por regulação de registos colocados ao longo da rede aerólica.

Todas as instalações de climatização e tratamento de ar podem ser realizadas de forma a assegurar a climatização completa ou parcial dos locais.

Este tipo de instalações não permite o controlo da temperatura em cada divisão, nem tem capacidade para adaptar-se às variações de carga térmica numa ou mais divisões.

Relativamente ao sistema de controlo, ele atua nas baterias de aquecimento ou arrefecimento da UTA em função da temperatura do ar na conduta de retorno. Eventualmente poderá haver também controlo da humidade relativa do ar, também através de uma sonda na conduta de retorno, que irá atuar na humidade para humidificar o ar ou na bateria de arrefecimento da UTA para desumidificar o ar.

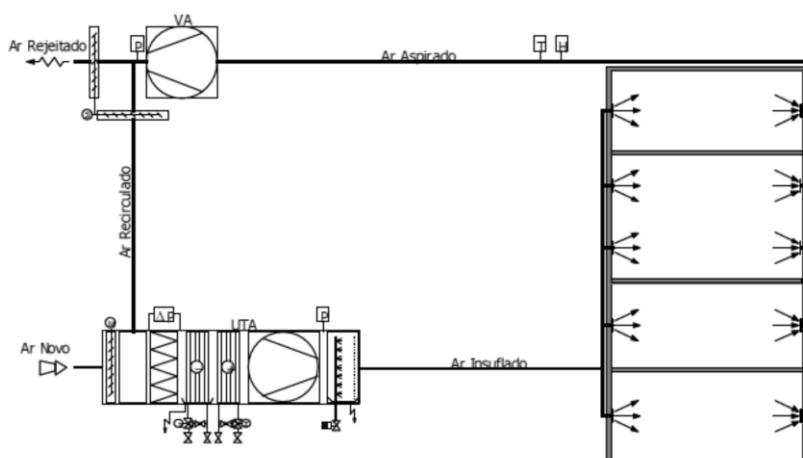


Figura 3-1 Esquema de princípio de uma instalação “tudo-ar” monozona (Carapito, 2014)

A vantagem deste tipo de sistema consiste na sua simplicidade e necessita de um espaço disponível menor que os sistemas com percurso duplo.

O caudal de insuflação é sempre constante durante todo o ano, independentemente da estação e obtém-se uma distribuição do ar na zona térmica sempre constante e independente do regime de funcionamento do sistema. As desvantagens deste sistema residem no facto de não haver diferenciação no controlo da temperatura dos diferentes espaços, o que limita a sua aplicação e também o elevado consumo de energia. (Malça, 2012)

### 3.2.2. Sistemas de aquecimento central

Os sistemas de aquecimento central, têm a particularidade de ter um elemento produtor de calor para todos os locais, geralmente localizado na zona técnica do edifício.

O calor é transportado para os diferentes locais por intermédio de um fluido térmico, mais concretamente a água, vapor de água ou o ar.

Os sistemas que usam água como fluido térmico, atingem temperaturas máximas de 110°C.

A água é aquecida na caldeira e transportada até aos elementos terminais, nos espaços a climatizar onde é libertada a energia. por intermédio de uma rede de distribuição.

A água regressa à caldeira, onde volta a ser aquecida através da rede de retorno. Pode-se observar abaixo na Figura 3-2.

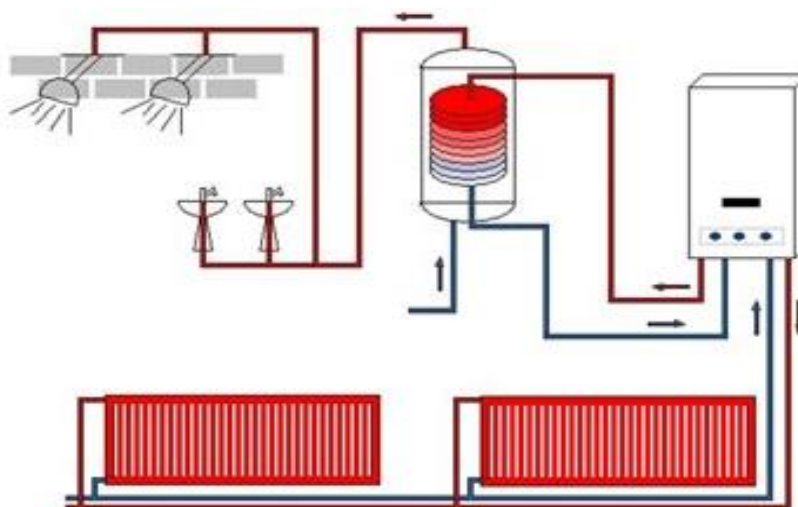


Figura 3-2 Exemplo de esquema de aquecimento central e AQS (Vulcano, 2013)

Existem dois tipos de caldeiras, sem condensação ou com condensação. Nas caldeiras sem condensação, a água da linha de retorno é aquecida pelos gases de combustão no corpo da caldeira, sendo depois encaminhados por intermédio de uma chaminé para o meio ambiente a uma temperatura elevada, apresentando assim um rendimento bastante baixo, comparativamente às caldeiras de condensação, normalmente entre os 80 % e 90%.

As caldeiras de condensação conseguem atingir rendimentos bastante superiores as caldeiras sem condensação, uma vez que conseguem recuperar parte ou a totalidade do calor latente associado à condensação do vapor de água presente nos gases da combustão. Para além disto, os gases de combustão são expelidos a temperaturas mais baixas, e trabalham com uma mistura ar-combustível mais precisa, resultando numa combustão mais limpa e eficiente.

Perante tais factos, o rendimento deste tipo de caldeiras ultrapassa largamente os 100%, uma vez que é calculado com base no Poder Calorífico Inferior (PCI) do combustível, ao invés de ser calculado com o Poder Calorífico Superior (PCS).



Figura 3-3 Comparação entre as perdas de energia de caldeiras sem condensação e com condensação (Vulcano, 2013)

Quanto aos elementos terminais, existe uma enorme variedade, sendo os mais comuns os radiadores em alumínio, existindo também em ferro fundido ou chapa de aço. O facto de funcionarem com gamas de temperatura da água na ordem dos 80°C restringe a sua utilização, visto estarem associados a equipamentos térmicos com temperaturas elevadas, geralmente tendo como equipamento produtor de água quente as caldeiras.

Os radiadores podem, ser aplicados em diferentes tipos de instalação, como monotubo, bitubo ou por coletores, apenas sendo abordado o segundo tipo de instalação, porque foi a tipologia implementada na instalação que o aluno acompanhou.

A instalação de radiadores em bitubo é o sistema mais usado. Os radiadores são montados em paralelo e a água que chega a cada radiador a partir da caldeira regressa diretamente à mesma pelo retorno. Neste tipo de instalações a temperatura de entrada em todos os radiadores é praticamente a mesma.

Na Figura.3-4, no exemplo de instalação do lado esquerdo, o tubo de retorno parte do radiador mais afastado e vai recolhendo a água dos diferentes radiadores até a devolver à caldeira. O trajeto da água é menor para o radiador mais próximo, pelo que a sua perda de carga é menor, sendo sucessivamente maior para os radiadores mais afastados, obrigando assim à regulação do caudal nos radiadores.

Com retorno invertido o tubo de retorno parte do radiador mais próximo da caldeira e segue o sentido da alimentação, chegando até à caldeira. Os trajetos de cada radiador são idênticos em comprimento, pelo que não requer regulação de caudal. (Grade, 2010)

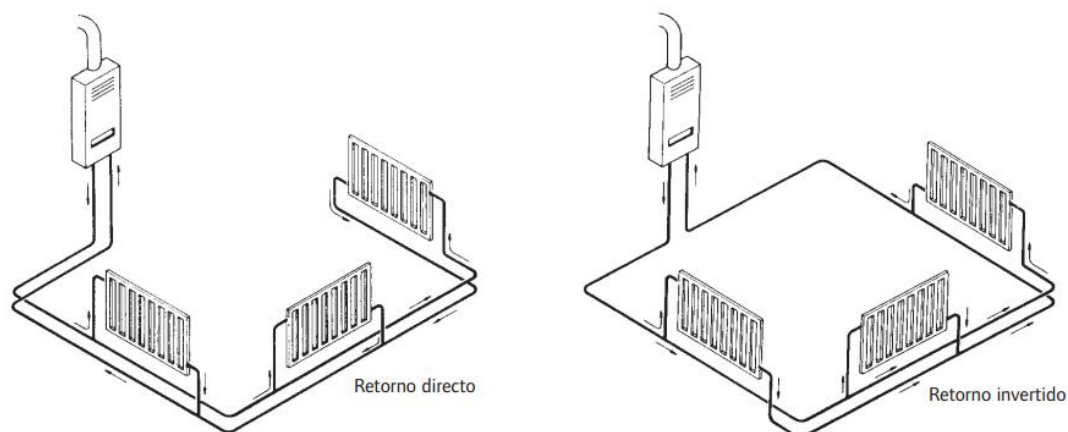


Figura.3-4 Exemplo de uma instalação de aquecimento central com retorno direto e retorno invertido. (Uponor, 2010)

A entrada de água no radiador deve efetuar-se sempre pela parte superior e a saída pela parte inferior tal como as soluções da Figura.3-5. Quando o comprimento do radiador supera os doze elementos é conveniente adotar a solução A para que o radiador não perca potência, uma vez que a maior parte do caudal de água passará pelos primeiros elementos, visto encontrar uma menor perda de carga, não havendo a devida troca de energia com o meio envolvente. (Uponor, 2010)

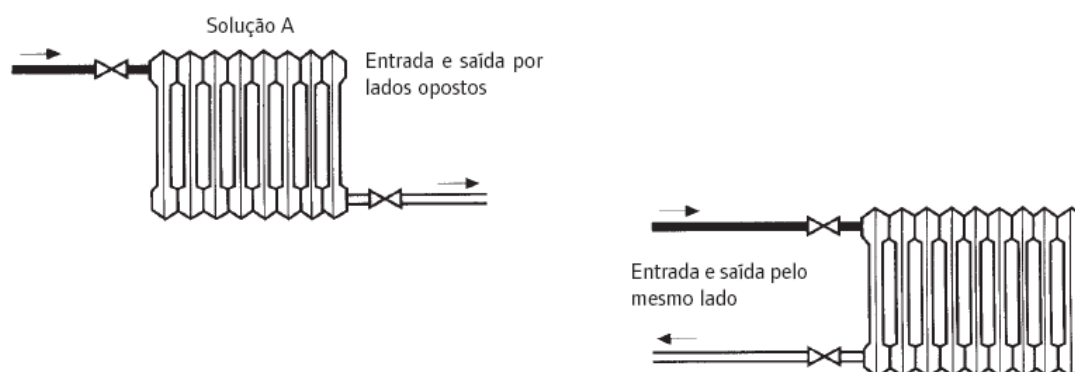


Figura.3-5 Tipologia de interligação dos radiadores com os circuitos de aquecimento central

### 3.2.3. Sistemas de climatização de expansão direta

São sistemas em que o arrefecimento ou aquecimento do ar é efetuado através da expansão direta de um fluido frigorígeno, isto é, dos aparelhos de ar condicionado que libertam ou recebem calor diretamente de/ou para o espaço a climatizar.

Os principais componentes deste tipo de sistemas são: o evaporador, o compressor, o condensador e a válvula de expansão. Normalmente, o compressor é acionado por um motor elétrico mas, recentemente, estão a surgir no mercado sistemas de compressão mecânica acionada por gás.

Nos dias de hoje, praticamente todos estes equipamentos, são do tipo reversíveis, ou seja, são capazes de arrefecer durante o verão e capazes de aquecer durante o inverno. Para que estas máquinas consigam ter um ciclo reversível é necessária uma válvula de inversão, também

conhecida como válvula de 4 vias, caso contrário este tipo de sistemas realizam apenas frio ou calor.

É preciso ter em atenção que quando a tubagem de fluido frigorigénio contacta com zonas onde pode haver ocupação humana, tendo que ser cumprida a norma NP EN 378, de modo a evitar possíveis problemas de intoxicação dos ocupantes por rutura da tubagem.

Como este tipo de sistemas apenas aquecem ou arrefecem o espaço, é necessário adotar sistemas complementares que tenham em conta a qualidade de ar interior (QAI). Deste modo, é necessária uma solução complementar que permita a insuflação de ar novo, para que ocorra a renovação do ar do espaço, assim como a extração de ar viciado.

#### Sistemas de climatização do tipo split e multi-split

O sistema de climatização do tipo split é considerada a mais utilizada, uma vez que é usada ao nível habitacional, como também industrial.

Este sistema possui o evaporador e condensador separados, e interligados por meio de tubagens de cobre, permitindo uma grande distância entre as unidades e flexibilidade de instalação, proporcionando um nível de ruído de funcionamento dos equipamentos baixo, e uma melhor distribuição do ar devido a grande área de insuflação do ar, tornando-se mais econômico.

Os sistemas de climatização do tipo split, permite a ligação de uma unidade interior a uma unidade exterior, no entanto, nos casos em que é necessária a instalação de mais do que uma unidade interior, poderá optar-se pelo sistema multi-split, que permite a ligação de várias unidades interiores, a uma só unidade exterior, tendo em atenção que a potência da unidade exterior terá que ser suficiente para fornecer energia às várias unidades interiores.

#### Sistemas de climatização do tipo Volume de Refrigerante Variável (VRV)

Os sistemas VRV são muito semelhantes aos sistemas multi-split, permitindo, ligar um maior número de unidades interiores a uma só unidade exterior, podendo ultrapassar as 30 unidades interiores.

No caso dos sistemas VRV, existe a possibilidade de agrupar vários módulos, quando a potência da unidade exterior ultrapassa um determinado limite. Assim sendo, podem-se ligar várias unidades exteriores, ficando agrupadas em dois ou mais elementos, constituindo, no entanto, apenas uma unidade.

É também permitido que as unidades interiores fiquem mais distanciadas da unidade exterior, desde que não ultrapassem um limite de 40 metros de comprimento de tubagem, havendo em casos excepcionais equipamentos que mediante a sua potência permitem uma maior distância entre as duas unidades.

Os sistemas VRV integram um ou mais compressores de velocidade variável, fazendo variar o caudal de fluido frigorigéneo em circulação, de modo a que, em cada momento se adapte à carga térmica do edifício, permitindo, deste modo, o aumento da eficiência do sistema.

Este tipo de sistemas também podem ter a capacidade de realizar aquecimento e arrefecimento em simultâneo, neste caso é portanto exigido a instalação de sistemas com três tubos, quer isto

dizer, que nestes sistemas deve-se acrescentar mais um tubo para que o aquecimento e o arrefecimento se possa efetuar.



Figura.3-6 Exemplo de uma instalação VRV (Webarcondicionado, 2012)

#### 3.2.4. Ventilação dos edifícios e qualidade do ar interior

Para diminuir a carga térmica de um determinado edifício pode recorrer-se aos métodos tradicionais, que consistem na abertura de entradas de ar nas paredes do edifício, geralmente na parte superior, ou até mesmo na abertura de portas ou janelas, que, por sua vez, diminuem a carga térmica do mesmo consoante a direção e intensidade do vento, permitindo assim que exista um varrimento de parte do ar dos diferentes locais. Todo este processo é garantido devido às diferenças de pressão existentes nas várias zonas do edifício, mas nem sempre essa solução é possível devido à inconstante direção e intensidade do vento.

Para solucionar esse problema, é necessário recorrer-se a sistemas mecânicos de ventilação, que garantem uma circulação e renovação do ar adequadas nas várias zonas de um edifício.

As condições do ar no interior dos edifícios tem em vista o conforto dos ocupantes dos mesmos. A sensação de conforto é subjetiva, mas para que um indivíduo se possa sentir confortável é necessário que a energia produzida pelo seu metabolismo seja perfeitamente eliminada, isto é, as perdas de calor para o meio envolvente devem ser iguais à energia do metabolismo de um indivíduo.

Consoante o tipo de atividade de um indivíduo, é produzida uma determinada quantidade de calor, latente e sensível. A permuta de calor com o meio que envolve o indivíduo depende da área de permuta entre os dois, ou seja, da altura e constituição do indivíduo, assim como também do tipo de vestuário que é utilizado, e ainda das condições do ar que o rodeia: temperatura seca, humidade relativa, e velocidade do ar e temperatura das superfícies em redor.

Manter o equilíbrio entre o calor produzido pelo metabolismo e as perdas de calor não garante, só por si, o conforto de um indivíduo. As velocidades do ar demasiado elevadas, as diferenças de temperatura sentidas nas várias zonas do corpo, a existência de poeiras, odores e a presença de micro-organismos alergénicos ou patogénicos impedem que indivíduo se sinta confortável em qualquer tipo de ambiente que possua algum destes aspetos mencionados anteriormente.

Assim a QAI tem em atenção diversos fatores sendo os principais as condições de temperatura, humidade e velocidade do ar, o nível de partículas, o tipo de micro-organismos presentes, bem como as concentrações de gases e poeiras.

Para facilitar a harmonia de um indivíduo com determinado ambiente, recorre-se a equipamentos que permitam melhorar a QAI, assim como, controlar todas as variáveis que podem provocar desconforto, como exemplo temos, as UTAS, UTAN, equipamentos de purificação do ar e equipamentos de ar condicionado.

#### Temperatura, humidade e velocidade do ar

É comum definir valores de temperatura de bolbo seco e de humidade relativa do ar interior para definir condições de conforto. No entanto, esta definição é aproximada: apenas poderá ser ajustada caso as velocidades do ar sejam baixas e a temperatura das superfícies de uma determinada zona for próxima da temperatura de bolbo seco do ar. Para que os valores da temperatura de bolbo seco e de humidade relativa sejam os mais próximos dos valores ideais, devem ser calculadas as trocas de energia, trocas essas que podem ser por convecção, radiação e trocas de calor latente, determinada a percentagem de pessoas insatisfeitas, PPD, e calculado o número de ocorrências de desconforto, por intermédio do nível de desconforto, HPD, que se obtém através do *Predicted Mean Vote*, PMV.

Tabela 3-1 Avaliação do PMV

| Valor | Sensação térmica |
|-------|------------------|
| -3    | Muito frio       |
| -2    | Frio             |
| -1    | Frio ligeiro     |
| 0     | Neutralidade     |
| 1     | Calor ligeiro    |
| 2     | Calor            |
| 3     | Muito calor      |

### 3.2.5. Procedimentos a ter em conta na construção de instalações de climatização

Durante as diversas fases de construção de um sistema de climatização, são desenvolvidas várias tarefas de forma paralela.

Assim sendo, um bom projeto não é seguramente garantia de um bom desempenho do sistema, e mesmo um bom projeto e uma construção adequada não são sinónimos de condições de exploração otimizadas, se não houver uma correta manutenção dos equipamentos pertencentes à instalação, e até mesmo da própria instalação.

Em qualquer tipo de instalação mecânica, é indispensável a compatibilização entre os sistemas de climatização e as restantes vertentes de uma obra, quer com a própria arquitetura e estrutura do edifício, quer com as outras instalações mecânicas pertencentes ao edifício, por forma a garantir a exequibilidade da instalação das redes e equipamentos, como também as condições de controlabilidade e flexibilidade de adaptação às condições existentes de exploração.

A fase de construção de instalações mecânicas envolve um conjunto de subfases, encadeadas cronologicamente, não independentes umas das outras, identificando-se as ligações às fases precedentes e posteriores.

Durante o período de construção de qualquer instalação mecânica devem haver procedimentos e verificações quer por parte da empresa instaladora, quer por parte da entidade responsável pela coordenação, controlo de qualidade e gestão de obra, no respeito rigoroso pelas responsabilidades e atribuições de ambas as partes, sendo indispensável para o Dono de Obra que os aprovem.

O projetista deve ser parte integrante desta entidade, para que mais tarde a sua responsabilidade não seja posta em causa, assim como o desempenho da própria instalação.

Decorrido o processo de concurso, selecionada e aprovada a empresa instaladora pelo Dono de Obra devem seguir-se as seguintes fases: estudo e análise do projeto, preparação do estaleiro em obra, elaboração do plano de segurança, preparação da obra, execução da obra, ensaios, comissionamento e arranque da instalação.

Das várias fases acima mencionadas, destacam-se as seguintes, embora as demais não sejam menos relevantes na execução de qualquer tipo de instalação.

#### Estudo e análise do projeto

Sendo o projeto um documento fundamental do processo construtivo, é indispensável verificar, desde logo, se este inclui um conjunto de elementos, como a configuração, desenhos e detalhes necessários para a construção e instalação dos equipamentos, e que estes sejam claros quanto à identificação dos objetivos, assim como quanto às exigências e responsabilidades do projeto.

Estabelece-se assim como elementos de projeto indispensáveis:

- Descrição clara da conceção geral da instalação;
- Mapa de capacidades de todos os equipamentos;
- Mapa de dimensionamento de terminais de transferência;
- Especificações técnicas de cada um dos equipamentos e materiais considerados;

- Esquemas de princípio da instalação:
  - Hidráulico;
  - Aerólico;
- Desenhos de implantação de todos os equipamentos;
- Desenhos e cortes necessários à fácil perceção dos traçados de redes e condutas;
- Desenhos com esquemas dos quadros elétricos;
- Mapas de quantidades com os detalhes suficientes para servir como base à orçamentação;
- Visita em obra para verificar traçados de redes e condutas, instalação de equipamentos, acessos para instalação dos mesmos e para posterior manutenção.

Confirmados todos os elementos acima referidos, devem esclarecer-se eventuais alterações que melhorem o desempenho da instalação.

Devem ficar claramente identificadas as alterações, em termos da sua origem:

- Incorreções ou incompatibilidades de projeto;
- Alterações da área climatizada, da compartimentação, vocação ou densidade de ocupação dos espaços, por decisão da fiscalização ou do Dono de Obra;
- Substituição de equipamentos e materiais que determinem uma adaptação do projeto.

Em função das alterações, devem ser realizadas medições de quantidades corrigidas que contabilizem os trabalhos que terão que ser realizados para além do orçamentado, ou os trabalhos que não vão ser necessários fazer, geralmente chamados de “maiores ou menores valias”, que por sua vez vão provocar retificações no orçamento inicial e obter assim a versão final da cotação a apresentar ao Dono de Obra.

#### Preparação da obra

Para que um Diretor de Obra consiga ter um Plano de Diretor de Execução de Obra completo e prático, é necessário ter havido um estudo de projeto exaustivo assim como uma consulta ao mercado.

Um Plano de Diretor de Execução de Obra deve conter a seguinte informação:

- Identificação exaustiva de equipamentos e materiais a instalar, procedendo à correção e atualização do Mapa de Quantidades do Projeto, com a elaboração das respetivas Fichas de Caracterização dos Equipamentos e Materiais, que constituem os anexos das Fichas de Submissão de Equipamentos e Materiais, a submeter à aprovação do Projetista, Fiscalização e Dono de Obra;
- Plano de Inspeção e Ensaio (PIE), composto pelos seguintes elementos: descrição geral do PIE; Fichas de Submissão de Materiais e Equipamentos (FSM); Fichas de Receção de Materiais e Equipamentos (FRM); Procedimentos de Montagem de Materiais e Equipamentos (PMM); Fichas de Verificação e Controlo (FVC); Relatório de Não Conformidade (RNC); lista de equipamentos e materiais a ensaiar em fábrica,

comissionamento e ensaio da empresa instaladora; ensaios finais a efetuar com a “Coordenação, Controlo de Qualidade e Gestão de Obra”.

- Identificação dos Técnicos Responsáveis pela Direção Técnica da Obra, bem como do Encarregado Geral e Chefes de Equipas;
- Planeamento de intervenção, com identificação das tarefas e sub-tarefas, tempos de execução e precedências que permitam a sua integração no plano geral, assim como indicação das cargas de pessoal associadas às diferentes tarefas;
- Desenhos de construção, bem como a compatibilização com as restantes instalações que depois de sujeitos a aprovação, deverão ser executados em obra;
- Avaliação dos caminhos de acesso de equipamentos e meios de elevação, necessários ao transporte e colocação dos equipamentos e materiais nos seus lugares de instalação, com identificação de obstáculos e pesos, para aprovação e coordenação com o desenvolvimento dos restantes trabalhos (Roriz, 2007).

#### Execução em obra

Aprovada toda a documentação referida anteriormente, estão reunidas as condições para se dar início aos trabalhos. Devem, no entanto, ser mantidos os seguintes procedimentos:

- Marcação da data de Consignação e Início de Obra;
- Apresentação e aprovação de Fichas de Submissão de Materiais e Equipamentos;
- Elaboração de Fichas de Receção de Materiais e Equipamentos (FRM);
- Elaboração das Fichas de Verificação e Controlo (FVC);
- Relatórios de não conformidade (RNC);
- Apresentação e Aprovação da Certificação Profissional dos Técnicos intervenientes em obra;
- Manutenção dos sistemas de controlo de legalização dos trabalhadores em obra;
- Reuniões de coordenação com periodicidade mínima semanal, com o Dono de Obra, Fiscalização, empresas instaladoras das diversas áreas intervenientes em obra;
- Controlo de qualidade;
- Controlo do planeamento;
- Segurança;
- Controlo de Custos.

#### Ensaio, comissionamento e arranque do sistema

Com a finalização da instalação dos equipamentos previstos na empreitada global das Instalações de climatização, e existindo energia elétrica definitiva na obra, assim como água, estão reunidas as condições para se proceder à última etapa de construção/instalação de uma instalação de climatização que normalmente é designada por arranque do sistema.

Todo este processo engloba diversas etapas, das quais se destacam as seguintes:

- Ensaio de estanquidade das redes hidráulicas e aeraúlicas;
- Ensaio de componentes e acessórios;
- Medições e balanceamento das redes hidráulicas e aeraúlicas;

- Medições da corrente elétrica absorvida;
- Medições da velocidade;
- Medições de pressão;
- Medições de rotação;
- Medições de níveis de pressão sonora;
- Medições de temperatura e humidade relativa;
- Análise do desempenho e eficiência de todos os equipamentos instalados e respetivo ponto de funcionamento;
- Verificação das diferenças de temperaturas entre ida e retorno do primário e secundário das centrais de produção de água arrefecida e aquecida;
- Verificação da sequência de arranque e paragem dos diversos equipamentos;
- Verificação do funcionamento dos sistemas de arrefecimento e recuperação das unidades de tratamento de ar;
- Verificação do correto funcionamento dos registos corta fogo e registos de regulação de caudal;
- Verificação do correto funcionamento e desempenho dos sistemas de ventilação de extração e compensação de ar instalados;
- Parametrização de temperaturas, caudais e pressões de funcionamento;
- Verificação dos pontos de interligação com a Gestão Técnica Centralizada ao nível da informação, monitorização e atuações;
- Verificação das proteções elétricas dos equipamentos.

Depois de todas as etapas anteriormente referenciadas estarem terminadas, devem-se verificar algumas delas na presença da Fiscalização e do Dono de Obra, com a finalidade de comprovar que os ensaios feitos anteriormente foram os corretos e que toda a instalação está a funcionar dentro dos parâmetros mencionados nas folhas de registos de ensaios.

#### Fecho de obra e receção provisória

Estando todas as etapas anteriormente referidas concluídas, estão reunidas as condições para se proceder à receção provisória da obra, que deve conter as seguintes etapas:

- Processo Final de Obra incluindo principalmente:
  - Desenhos finais "Telas Finais";
  - Memórias Descritivas atualizadas;
  - PIE Final atualizado, contendo:
    - Descrição atualizada do PIE;
    - Resumo e totalidade das FSM;
    - Resumo e totalidade das FRM;
    - Procedimentos de execução e montagem de materiais e equipamentos;
    - Resumo e totalidade das FVS;
    - Resumo e totalidade do RNC;
    - Registo do comissionamento e ensaios efetuados pela empresa instaladora;

- Registo dos ensaios finais efetuados na presença da Fiscalização;
  - Listagem de sobressalentes;
  - Listagem de fabricantes, fornecedores e contactos;
  - Listagem de material para a instalação que, em caso de avaria, permita colocar em funcionamento os equipamentos num prazo inferior a horas;
  - Instruções de funcionamento;
  - Manual de Manutenção e Conservação.

Com a receção e conformidade dos elementos atrás referidos será, então elaborado ao Auto de Receção Provisória, na presença do Dono de Obra que o deve assinar. No caso de haver inconformidades, que a Fiscalização entenda que são aceitáveis, que não põem em risco o funcionamento da instalação, assim como, os equipamentos, pode ser anexada uma lista de falhas a corrigir dentro do prazo acordado.

- Administração de formação ao Dono de Obra, ou aos utilizadores responsáveis pela utilização das instalações hidráulicas e/ou aerólicas, no âmbito da utilização, condução e gestão da manutenção dos sistemas de climatização, de modo a garantir uma exploração económica fiável;
- Receção Definitiva.

Terminado o período de garantia, contado a partir da data da Receção Provisória, e se nada houver em depreciação da qualidade das instalações, deverá ser elaborado o “Auto de Receção Definitiva”, com a presença do Dono de Obra, que deve assinar o mesmo, sendo na circunstância libertadas as garantias bancárias que estejam em posse do Dono de Obra, como garantia do bom funcionamento da instalação.

## 4. RESUMO DOS TRABALHOS REALIZADOS AO LONGO DO ESTÁGIO

No primeiro dia de estágio, realizou-se uma apresentação do estágio aos elementos que estavam presentes no escritório/armazém da empresa, e foram dadas a conhecer as instalações, os procedimentos a ter e a forma como estava estruturada a mesma, servindo assim também de integração do mesmo na empresa.

Inicialmente, o aluno integrou o departamento de orçamentação, tendo como objetivo adquirir alguns conhecimentos ao nível dos procedimentos que são tidos em conta no período de cotação, assim como, ganhar conhecimento de empresas e fornecedores que laboram no mesmo mercado e ter uma ideia dos preços que se praticam na área da climatização, AVAC e instalações hidráulicas.

De seguida, foi proposto que o aluno analisasse alguns projetos e desse a sua opinião, fazendo referência a pormenores, decisões que o projetista adotou, como a instalação de equipamentos, traçado das condutas, e da tubagem, e caso surgissem dúvidas durante a análise dos mesmos questionasse o departamento de orçamentação e o departamento de direção de obra para que começasse a ganhar prática na interpretação de projetos e análise dos mesmos.

Numa fase seguinte, depois de estar devidamente esclarecido quanto à interpretação de projetos e análise dos mesmos, foram realizadas algumas visitas a obras em que a empresa estava a trabalhar, destacando-se o Hospital da Misericórdia de Vila Verde. Este hospital constitui uma obra de referência, uma vez que se trata de uma empreitada já com um nível de complexidade elevado, envolvendo a remodelação/reconstrução de uma Unidade Hospitalar que põe à prova os conhecimentos, destreza e competência do diretor de obra e de toda a equipa presente no terreno, devido aos vários equipamentos aí instalados, à dimensão das redes de tubagem e de conduta instaladas e ao facto de todas as obras se estarem a fazer sem que a Unidade Hospitalar estivesse fechada durante esse período. Por esta razão todos os trabalhos e intervenções foram cuidadosamente planeadas de modo a não por em risco o funcionamento da mesma.

Por último, o aluno realizou um acompanhamento direto em obra, conseguindo assim, uma maior compreensão de como todas as atividades se desenvolviam, desde a fase de orçamento, resposta aos pedidos de orçamentos recebidos e desenvolvimento dos trabalhos até ao fecho e entrega de obra.

Nesta última fase, já foi dada uma maior liberdade ao aluno e foi imposta uma maior responsabilidade, tendo este por vezes, que tomar certas decisões e dirigir determinadas atividades, desde encomendar de materiais, verificar se todas as atividades estavam a ser desenvolvidas consoante o que estava planeado, orientar os técnicos em obra e responder a certas questões colocadas em reuniões na obra.

### 4.1. Orçamentação

O primeiro departamento onde o aluno iniciou a sua atividade, foi no departamento de orçamentação, onde lhe foi explicado como eram recebidos os pedidos de orçamentação,

analisados, efetuado o pedido de cotação aos seus fornecedores, dando-lhe a conhecer alguns dos seus fornecedores mais ativos, assim como o preenchimento e resposta a esses pedidos.

Depois de todo o processo ser transmitido, foi efetuada uma revisão à proposta apresentada para a obra “*Restauro e recuperação da Igreja e Torre dos Clérigos*”, uma vez que foi necessário rever grande parte dos preços apresentados, tendo assim que recorrer aos fornecedores pedindo que retificassem a cotação anteriormente apresentada. Na Figura.4-1, é apresentado um exemplo de uma das revisões orçamentais efetuadas para a empreitada.

| Cliente:            | Signinum   |  |        |            |         |
|---------------------|--|--|--------|------------|---------|
| Obra:               | Torre Clérigos - Porto   |  |        |            |         |
| Refª :              | 130829   |  |        |            |         |
| Rev:                | 4  |  |        |            |         |
| Data:               | 29/08/2014   |  |        |            |         |
| mapa de quantidades |  |  |        |            |         |
| art.                | designação   | un.  | quant. | p.unitário | p.total |
| I                   | INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS MECÂNICOS   |  |        |            |         |
| 1.                  | GRUPO PRODUTOR DE ÁGUA QUENTE  |  |        |            |         |
| 1.1.                | Grupo térmico compacto, constituído por uma caldeira de aço, quadro de comando electrónico, válvula de segurança, purgadores e todos os acessórios necessários à sua correcta instalação modelo POWER HT-45 da marca BaxiRoca, ou equivalente. | un.  | 1      |            |         |
| 1.2.                | Chaminé completa em aço Inox duplamente isolado com diametro a indicar pelo fornecedor da caldeira e todos os acessórios de ligação e fixação conforme especificado. Gama DW-ECO 304 DN100 da marca geremias, ou equivalente.                  | ml   | 5      |            |         |

**Figura.4-1 Exemplo de uma folha de cálculo orçamental.**

Atendendo ao tipo de obra a que se estava a concorrer, foram tidos em atenção, durante a elaboração do orçamento, alguns aspetos específicos. Normalmente como se tratava de um restauro e recuperação de um edifício, e não de uma obra que estava a ser feita de raiz, não existiam zonas específicas para a passagem das instalações, da rede aerólica e da rede de aquecimento central. Tendo em consideração que todo o processo de passagem das redes ia ser mais demorado e trabalhoso, uma vez as redes tinham de se adaptar à arquitetura do edifício, era necessário mais tempo de mão-de-obra por parte dos técnicos durante a passagem das mesmas, resultando assim num custo acrescido de mão de obra.

No departamento em questão é necessário estar devidamente atento e ter bastante prática, uma vez que todo o trabalho de orçamentação é bastante minucioso, e são muitos os aspetos a ter em atenção durante a execução deste trabalho, tais como a verificação das quantidades referenciadas nos cadernos de encargos e as quantidades utilizadas no projeto, que por vezes diferem, não correspondendo as quantidades referenciadas as quantidades reais.

Durante a fase de orçamentação, é necessário pedir cotação para os equipamentos indicados no caderno de encargos aos fornecedores, mas nem sempre as soluções impostas são as melhores, desde o seu aspeto funcional ou até mesmo a nível económico, tendo assim que fazer tabelas comparativas entre as diversas soluções apresentadas pelos nossos fornecedores e apresentar aos clientes.

Como exemplo disso temos uma tabela comparativa da UTAN no capítulo anexos, na secção anexo B.

Outro aspeto a ter em conta é a localização da obra, ou seja, o distanciamento geográfico entre a sede da empresa e o local da obra onde se executam os trabalho, uma vez que isso pode implicar deslocar os técnicos, tendo assim que contabilizar os gastos associados à sua estadia, à alimentação, à distância percorrida pelas viaturas, e o tipo de trabalho a executar, que pode exigir uma maior permanência dos técnicos para executar a empreitada.

Com isto, realça-se que todos os aspetos a ter em conta durante a elaboração de orçamentos terão que ser tidos em atenção, e tendo em consideração a conjuntura que atravessamos, as empresas apresentam orçamentos bastante competitivos, pelo que qualquer tipo de gasto que não tenha sido previsto, pode levar a que a empresa tenha que sustentar grandes custos associados a esse desvio.

## **4.2. Participação em projetos e acompanhamento de obras**

Ao longo do estágio o aluno trabalhou em vários projetos, nalguns de forma integral, noutros executou apenas algumas alterações ao projeto e contabilização do material aplicado em obra.

Os projetos onde o aluno trabalhou de forma integral foram os seguintes:

- Restauro e recuperação da Igreja e Torre dos Clérigos;
- Provisionamento e envio de material para a construção da rede de AVAC de 12 hospitais na República do Congo;

Os projetos onde o aluno só efetuou alterações ao projeto e contabilização do material aplicado em obra foram os seguintes:

- Centre Hospitalier Universitaire de Nîmes – Marche de Conception, Réalisation, Institut de Cancérologie;
- Escola de Ciências Engenharia Biológica, 2ª fase, Universidade do Minho;
- Churrasqueira do Congo, República do Congo;
- Santa Casa da Misericórdia de Vila Verde, Hospital da Misericórdia de Vila Verde.

Estas alterações correspondem a ajustes aos projetos iniciais, de modo a adaptar os mesmos às melhores condições que a obra permitia, desde alterações de passagem de condutas, alterações do posicionamento de equipamentos terminais, como grelhas e unidades interiores, previsão de material a ser aplicado em obra e contabilização de material aplicado para ajuste de extras que foram aprovados no decorrer da empreitada.

### **4.2.1. Acompanhamento de obras**

Nesta fase, o aluno começou por ir aumentando a sua frequência de visitas a obras que estavam a ser feitas pela empresa, de modo a ganhar um maior conhecimento prático no terreno, conhecer melhor os colaboradores, saber como desenvolver determinadas tarefas, assim como conhecer alguns clientes.

Apesar de ter feitos visitas a diversas obras, a obra onde o aluno se deslocou mais vezes e à qual dedicou mais tempo foi a obra “Restauração e Recuperação da Igreja e Torre dos Clérigos”.

Durante a direção de obra há determinadas funções que se destacam das restantes, tais como, segurança em obra, reuniões de obra, gestão de subempreitadas, pedidos de aprovação de materiais, autos de medição, controlo em obra e receção de materiais.

#### Segurança em obra

A permanência em obra exige que sejam cumpridos diversos requisitos ao nível de segurança pessoal, em que cada um dos colaboradores é obrigado a usar o Equipamento de Proteção Individual (EPI), de forma a garantir o desempenho das suas funções em segurança.

O EPI de cada colaborador é constituído por capacete, auscultadores silenciadores, colete refletor com identificação da empresa, óculos, luvas, botas de biqueira e palmilha de aço.

Contudo, o EPI de cada um pode variar consoante a função que venha a desempenhar.

O aluno, enquanto diretor de obra, teve por obrigação verificar se todos os colaboradores faziam uso do EPI, enquanto permaneciam em obra alertando os mesmos para a falta do equipamento de proteção quando não estavam devidamente equipados.

Por sua vez, o Dono de Obra, estipulou um regulamento interno de prevenção e controlo de bebidas alcoólicas, o qual se aplicava a todos os elementos presentes em obra.

#### Reuniões em obra

No decorrer da empreitada, houve semanalmente reuniões com os vários diretores das diversas especialidades da obra, onde também estavam presentes o Diretor Geral da Obra, a equipa de fiscalização, o Dono de Obra, Projetistas e Arquitetos.

Era nessas reuniões que o aluno expunha os problemas que surgiam no decorrer dos trabalhos, esclarecia dúvidas, apresentava propostas de melhorias, propunha substituição de materiais, era interrogado pelos outros responsáveis das várias especialidades intervenientes em obra e onde se fazia o ponto de situação dos trabalhos.

Estas reuniões tinham como objetivo garantir uma rápida resolução de qualquer problema relacionado com os trabalhos efetuados em obra, para que, na presença de todos os responsáveis fossem apresentadas soluções ou ideias que pudessem desde logo ser identificadas e aprovadas.

No final de cada reunião era elaborada uma ata na qual ficavam registados os assuntos abordados durante a reunião, referentes às diversas especialidades intervenientes em obra.

#### Gestão de subempreitadas

Para a execução de diversos trabalhos ou subempreitadas há um protocolo a seguir que tem a seguinte ordem: pedido de cotação de preço, comparação das várias propostas apresentadas, aprovação e adjudicação/contrato.

O pedido de cotação tem como finalidade a obtenção de preços para a realização de um determinado trabalho por parte de um subempreiteiro.

Na apresentação da cotação por parte do subempreiteiro, terão que vir explicitas as suas condições de pagamento, e condições especiais para a realização do trabalho, caso existam.

Após a apresentação das cotações dos vários subempreiteiros, procede-se à elaboração de um mapa comparativo, onde é referenciado o preço que cada subempreiteiro apresentou, condições de pagamento, e caso sejam os mesmos a fornecer o material a aplicar, o tipo de material que cada um apresenta assim como a comparação com o que é pedido no caderno de encargos. Caso não seja o material pretendido, pede-se uma revisão e faz-se referências a essas discrepâncias.

Depois de o mapa comparativo estar devidamente preenchido, procede-se à escolha do subempreiteiro que melhor se adequa à realização da subempreitada e encaminha-se para a administração para que seja dado o aval final.

Sendo aprovado pela administração, comunica-se ao subempreiteiro e é dado conhecimento ao mesmo dos prazos a serem cumpridos e das datas pré-definidas para a realização dos trabalhos.

Paralelamente ao acerto de datas com o subempreiteiro, é verificado pelo departamento de Recursos Humanos se o mesmo tem a documentação necessária para entrar em obra, e caso não tenha, solicitar a mesma.

#### Pedido de aprovação de materiais

Quando houve necessidade de aprovação de algum tipo de material ou equipamento que não estava no caderno de encargos, tinha que ser comunicado à fiscalização e sujeito a avaliação, para que houvesse uma devida avaliação. Teriam que ser descritos o material ou equipamento a aplicar, acompanhados das fichas técnicas dos mesmos, e no caso de haver substituição de algum material ou equipamento, teria que ser feita uma comparação entre o pedido e o sugerido.

Depois de ser comunicado o resultado da avaliação, geralmente por correio eletrónico, prosseguia-se com a aplicação do material ou equipamento.

#### Autos de Medição

No decorrer da empreitada, eram debitados ao nosso cliente mensalmente Autos de Medição referentes aos trabalhos realizados nesse período que, posteriormente, eram analisados pela fiscalização para aprovação.

Depois de aprovado pela fiscalização e transmitida ao empreiteiro a aprovação por parte da mesma, era dado o consentimento ao Diretor de Obra que, posteriormente, procedia á emissão do respetivo pagamento do Auto de Medição em questão.

Para que houvesse um controlo dos Autos de Medição a emitir e dos Autos de Medição a receber, procedia-se ao registo dos mesmos numa folha de cálculo, onde o Diretor de Obra ou a administração da empresa tinham um total conhecimento dos valores da empreitada.

O mesmo processo se aplicava aos subempreiteiros, mediante o trabalho realizado, e estando o mesmo devidamente efetuado, procedia-se ao pagamento dos Autos.

### **4.3. Provisionamento e envio de material para a República do Congo**

Durante o período de estágio curricular do aluno, o mesmo foi responsável pelo envio de material para a República do Congo, para uma empreitada em que a Vieira & Lopes LDA apresentou cotação e devido à sua capacidade de resposta, e ao orçamento apresentado, foi a selecionada pelo cliente.

Esse pedido de cotação consistiu no fornecimento e instalação da rede de AVAC para 12 unidades hospitalares que estavam a ser construídas naquele país, e isso envolveu um complexo processo de logística, onde a empresa foi obrigada a adquirir temporariamente uma base logística, para que se conseguisse receber o material, proceder ao seu embalamento e posterior armazenamento, uma vez que o material só era enviado em dias específicos, quando havia disponibilidade do transitário para receber os contentores.

Todo o processo de receção, embalamento e despacho do material era acompanhado por colaboradores do nosso cliente, uma vez que todo o material tinha de ser devidamente embalado segundo as exigências do mesmo, para que chegasse ao destino com os mínimos danos possíveis, visto o processo de transporte do mesmo na República do Congo ser bastante atribulado devido ao estado das vias de acesso.

#### **4.3.1. Processo de logística**

O aluno, enquanto responsável por esse processo de logística, começou por fazer um levantamento exaustivo de todo o material necessário para a construção da rede de AVAC, fazendo inicialmente o provisionamento de todo o material de chapa necessário para a construção de rede, visto que para o fornecimento da chapa estávamos dependentes de 2 fornecedores, e para que os mesmos tivessem capacidade de resposta teria que ser feito o pedido com a devida antecedência.

Depois de enviado o pedido de material para os fornecedores de chapa, prosseguiu-se com o pedido dos restantes materiais e equipamentos, efetuando contatos diretos com fornecedores, para obter prazos de entrega, quantidades disponíveis para entrega, assim como obtenção de informações das condições em que os mesmos viriam acondicionados.

Os primeiros contentores a serem enviados transportavam o material de chapa, necessários para a construção da rede de AVAC, e que por sua vez, seria o primeiro material a ser necessário em obra.

Para facilitar todo o processo de logística no carregamento da chapa, a mesma foi carregada diretamente nas instalações dos nossos fornecedores, uma vez que assim se evitaram gastos de transporte do material para a nossa base logística e qualquer tipo de problema que surgisse no carregamento com algum dos acessórios poderia ser logo solucionado, uma vez que estávamos em contato direto com o fornecedor.

Depois de enviados os contentores que transportavam todo o material de chapa necessário à construção da rede de AVAC, que foram cerca de 24, procedeu-se ao envio dos restantes 72 contentores, onde se colocam todo o restante material e equipamentos para a construção da rede de AVAC.

Para que nada falhasse no envio do material, e até mesmo por questões burocráticas, foi necessário a elaboração de um *packing list*, onde estava discriminado todo o material que estava dentro de cada contentor, e que por sua vez, também facilitava o processo de preparação do material para embalar e carregar.

Os *packing list* do material a enviar estão disponíveis na secção dos anexos, no anexo F.

Após a entrega do material e dos equipamentos na base logística da empresa, estes eram posteriormente sujeitos a um processo de embalagem, onde eram acondicionados de modo a não haver oscilações durante o transporte, e garantir que caso houvesse um transporte menos cuidadoso o mesmo não se danificava.

Para organização dos colaboradores que operavam na base logística o material era disposto por lotes, onde se numeravam todos os equipamentos e material de modo a facilitar o processo de carregamento dos contentores.

Na imagem abaixo pode verificar-se a preparação do embalagem do material na base logística.



**Figura.4-2 Embalamento de todo o material armazenado na base logística**

O processo de carregamento dos contentores foi alvo de uma delicada pré análise, uma vez que, todo o material teria que ter uma disposição adequada de modo a economizar o máximo de espaço possível, assim como de evitar que houvesse espaço livre entre as várias paletes, para que se encomendasse o número mínimo de contentores necessários para o envio do material necessário.

Depois de todo o material estar devidamente carregado, e ter a aprovação do colaborador do cliente que acompanhava os carregamentos, fechava-se o contentor, colocava-se o selo na porta, e por fim identificava-se o contentor com o nome do hospital a que se destinava.



## 5. RESTAURO E RECUPERAÇÃO DA IGREJA E DA TORRE DOS CLÉRIGOS

Para este projeto foi pedido cotação à empresa responsável pelo restauro do mesmo edifício, denominada *Signinum*, empresa com quem já se tinha desenvolvido outras empreitadas, e pelo agrado demonstrado no decorrer das mesmas, foi solicitado que fosse dado o melhor preço para efetuar a climatização do edifício em questão.

### 5.1. Descrição do edifício

A Igreja e a Torre dos Clérigos situam-se no coração da baixa da Cidade do Porto. Começaram a ser construídas em 1732 por iniciativa da Irmandade dos Clérigos, e terminaram de ser construídas no ano de 1763, sendo primeiramente construída a Igreja e posteriormente a Torre.

Com 76 metros de altura, de estilo vincadamente barroco, o projeto do arquiteto italiano Nicolau Nasoni, previa inicialmente a construção de duas torres.

Ainda nos dias de hoje a Igreja e a Torre dos Clérigos são referenciadas como uma das principais atrações turísticas da cidade do Porto. Para chegar ao topo, os visitantes têm de subir uma escada em espiral com 240 degraus, de um edifício que já foi o mais alto de Portugal.

Por se tratar de uma obra em que o estilo predominante é o barroco, todas as suas fachadas, chão, escadarias, tetos e cornijas são trabalhadas em granito, realçando toda a arquitetura emblemática desse mesmo estilo, e dando uma imagem representativa ao edifício.

Trata-se de um edifício de serviços que está estruturado em 4 pisos. No piso 0 temos o gabinete do reitor, a receção e a zona de loja. No piso 1 temos as áreas de multimédia dedicadas espaços de exposições interativas e exposições multimédia. No piso 2 temos a Sala da Irmandade, a Sala da Paramentaria e a Sala de Arquivo, assim como uma zona comum aos vários pisos, um espaço expositivo. No piso seguinte, piso 3, temos a Enfermaria, a Sacristia da Enfermaria, e um espaço de distribuição. Por fim, o piso 4 é constituído por uma área de repouso, um gabinete, os serviços administrativos, um espaço de distribuição e a central técnica do edifício.

Os projetos dos vários pisos acima mencionados, encontram-se no capítulo Anexos, na secção C.

## 5.2. Parâmetros de cálculo

### 5.2.1. Parâmetros climáticos

Para que se consiga analisar devidamente o projeto e propor alguma alternativa aos equipamentos ou soluções assumidas pelo projetista, tem que se ter em conta a localização do edifício e, mediante a consulta do REH, obter os seguintes dados:

Tabela -5-1 Dados climáticos

|  | Inverno | Verão |
|--|---------|-------|
| <b>Zoneamento climático</b>                    | I2      | V1N   |
| <b>Graus dia (GD)</b>                          | 1580    | -     |
| <b>Duração da Estação (meses)</b>              | 6.7     | -     |
| <b>Temperaturas exteriores de projeto (°C)</b> | 1.3     | 29    |
| <b>Temperatura de bolbo húmido (°C)</b>        | -       | 19.7  |
| <b>Amplitude térmica diária</b>                | -       | 10.1  |

### 5.2.2. Parâmetros interiores

As necessidades energéticas de aquecimento consideradas para o interior do edifício foram barradas na seguinte temperatura de projeto:

- Temperatura do ar na estação de aquecimento: 20 °C;

Outros parâmetros de projeto:

Rede aerólica

- Velocidade de insuflação do ar: 0,2 m/s;
- Velocidade de extração do ar: 2 a 3 m/s;
- Perda de carga admissível para as condutas: 0,7 Pa/m a 0,85 Pa/m.

Rede aquecimento central

- Temperaturas da água quente (circuito de ida/retorno): 80/60°C;

## 5.3. Solução a instalar segundo o caderno de encargos

Segundo o caderno de encargos elaborado pelo projetista responsável, o edifício será dotado de um sistema centralizado de aquecimento proporcionado maioritariamente por uma caldeira de água quente, tendo como elementos terminais radiadores. Este sistema é complementado por uma UTAN, apenas dotada de bateria de aquecimento, alimentada pela mesma caldeira, que fornecerá a potência de aquecimento restante e garantirá a renovação do ar. Não está previsto sistema de arrefecimento.

A caldeira de produção de água quente, a instalar na área técnica existente no piso 4, será alimentada a Gás Natural.

A central técnica é a divisão onde se inicia toda a distribuição de água quente para o aquecimento ambiente e onde se situam os equipamentos mecânicos afetos à distribuição de água quente, tais como: bomba de circulação, UTAN e demais acessórios necessários ao correto desempenho e funcionamento da instalação.

Está ainda instalado na central técnica, o quadro elétrico QEAVAC que garantirá as alimentações e proteções elétricas de todos os equipamentos inseridos na rede aerólica e de aquecimento central.

#### **5.4. Rede aerólica**

Adjudicados os trabalhos para a realização da empreitada e estipulada a data para iniciar os mesmos, foi efetuada uma visita à obra no dia do começo da empreitada, para a verificação de eventuais incompatibilidades com o projeto inicial da rede aerólica e de aquecimento central.

Nessa mesma visita, deslocaram-se à obra, o Diretor de Obra destacado para a realização da empreitada, o Engenheiro Ricardo Fernandes, e o aluno.

Chegados à obra e analisados os traçados da rede aerólica, verificou-se que o traçado desenhado em projeto não era o ideal para aplicar naquele edifício, uma vez que, segundo indicações do Dono de Obra, os trabalhos teriam que ser efetuados alterando o mínimo possível da arquitetura do próprio edifício.

Verificando a existência de negativos nas paredes onde teria que passar a rede aerólica, desenhou-se um novo traçado desta rede, onde a mesma atravessaria as várias paredes das divisões do edifício por intermédio desses negativos, evitando assim a execução de roços, e aberturas nas várias paredes do edifício. Esta solução também era mais económica, visto serem paredes antigas, maioritariamente constituídas à base de granito que é um material inerte de elevada dureza e de difícil destruição.

Desenhado o novo traçado da rede aerólica, o mesmo foi apresentado na primeira reunião em obra, à Fiscalização, ao Dono de Obra e ao Projetista, justificando o motivo deste novo traçado, que se devia às incompatibilidades do desenho inicial com a arquitetura do edifício.

Analisados os mesmos pelas entidades acima referidas, recebemos a aprovação por parte dos três, podendo assim dar início aos trabalhos de instalação das condutas em obra.

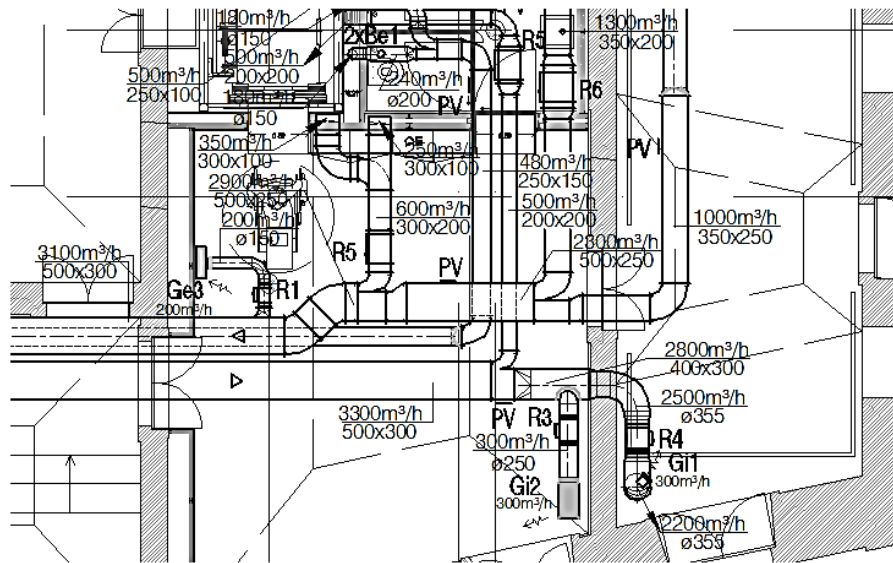


Figura 5-1 Traçado inicial da rede aerólica

Na Figura 5-2 pode verificar-se a passagem da conduta da rede aerólica pelo meio de uma das paredes, que era o traçado inicial de projeto.

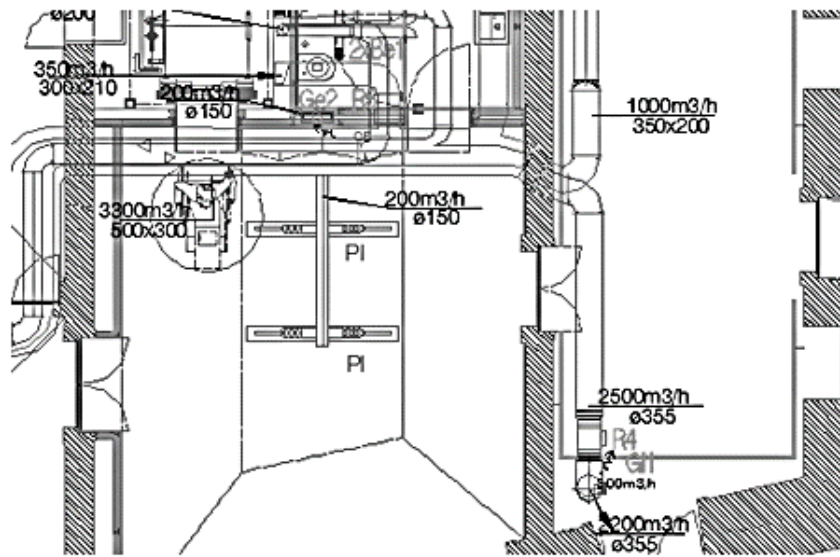


Figura 5-2 Traçado final aprovado da rede aerólica

A figura seguinte ilustra um dos negativos existentes na obra, que permitiu a passagem das condutas sem ter que haver abertura de roços nas paredes, evitando assim alterações na estrutura do edifício.



Figura 5-3 Passagem das condutas pelos negativos existentes

#### 5.4.1. Simulação da rede aerólica no *CYPE*

De forma a verificar o bom funcionamento da instalação, como também as necessidades específicas que cada divisão requeria, nomeadamente as necessidades térmicas, as renovações de ar e a QAI, recorreu-se ao *software Cype* uma vez que não só permite modelar não só o edifício em 3D, como também, simular as cargas térmicas, desenhar e projetar instalações mecânicas e hidráulicas, selecionar equipamentos e materiais e, finalmente, ter uma perceção do custo final da instalação. (Cypeterm - Top-Informática, 2009)

Após a alteração ao traçado da rede aerólica, redesenhou-se a mesma no *software Cype*, para que se conseguisse fazer uma análise mais detalhada de toda a instalação, nomeadamente se as necessidades de cada divisão eram satisfeitas, assim como ter uma visão 3D de toda a rede.

Para se conseguir efetuar a simulação, começou-se por desenhar todo o edifício, o mais próximo possível da realidade. No entanto, dada a arquitetura do mesmo, surgiram algumas incongruências no respetivo desenho. Também no que respeita aos materiais que o constituem foram utilizados os materiais o mais semelhantes possível.



Figura 5-4 Arquitetura do piso rés-do-chão do edifício

Após terminada a arquitetura do edifício, começou-se a desenhar a rede aerólica, onde o primeiro elemento a inserir foi a UTAN aplicada em obra.

Uma vez que a UTAN aplicada não estava disponível na biblioteca do software, foi necessário inserir todos os dados acerca da mesma na biblioteca, para que os resultados finais fossem os mais próximos possíveis da realidade.

Climatizadora (UTA) de baixa silhueta, a dois tubos, com bateria de água quente

**Modelo**  
OCRAM

**Descrição**  
UTAN

Dados técnicos **Geometria**

Potencia calorífica total  kW

Salto térmico  °C

Caudal  l/s

Perda de pressão  kPa

Caudal  m³/h

Pressão disponível  Pa

Potência específica do ventilador  W/(m³/s)

**Cálculo acústico**

Potência sonora  dB(A)

**Carga eléctrica**

Potência nominal  kW

Intensidade absorvida  A

Tensão  Monofásica  Trifásica

Figura 5-5 Introdução dos dados da UTAN da marca OcramClima

Após inseridos os dados da UTAN, começou-se com o desenho da rede aerólica, desde o equipamento de tratamento de ar, até ao piso do rés-do-chão, respeitando o traçado sugerido

pela empresa instaladora, assim como os materiais utilizados para a sua construção, e os elementos terminais, as grelhas e os difusores.

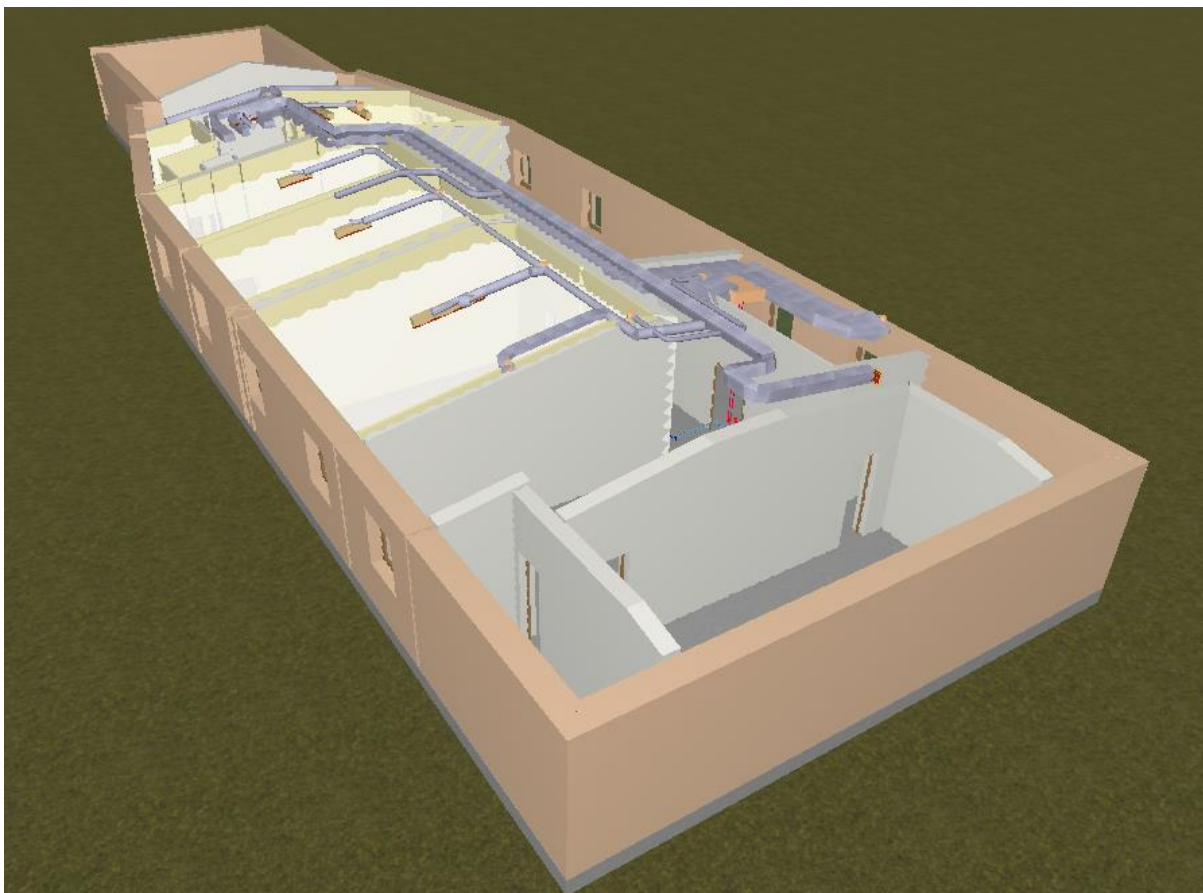


Figura 5-6 Desenho 3D da rede aerólica do piso 4

Terminada a simulação no software conclui-se que a rede aerólica cumpria os valores impostos em projeto, e conseqüentemente os impostos no RECS, podendo assim a mesma ser instalada segundo o projeto inicial, tendo em consideração as alterações propostas pelo instalar e aceites pela fiscalização.

### 5.5. Previsão de material

Aprovadas as alterações verificadas pela empresa instaladora, devido às incompatibilidades existentes entre o projeto inicial e a arquitetura do edifício, deu-se início ao levantamento das necessidades de material para aplicar em obra.

Esse foi um dos primeiros desafios do aluno, teve que fazer o levantamento das necessidades de condutas retangulares, curvas, reduções, entre muitos outros acessórios desenhados em projeto, que eram necessários para a rede aerólica. Com a supervisão do Diretor de Obra conseguiu-se fazer o levantamento da chapa necessária para estes elementos.

Os pedidos de material de chapa para a rede aerólica estão disponíveis no capítulo dos anexos, no anexo D.



Figura.5-7 Material aplicado em obra depois de efetuado o levantamento de chapa

## 5.6. Receção de material

Aquando da chegada do material em obra ou em armazém, o mesmo é sujeito a um processo de conferição, onde se compara a encomenda efetuada pela empresa instaladora e o material a ser entregue.

Verifica-se também as condições em que o mesmo é entregue, assim como se as referências correspondem às pedidas.

O processo de conferição foi efetuado em obra pelo Diretor de Obra destacado, ou pelo aluno, ou, no caso de nenhum destes estar presente, pelo encarregado da empresa ou quando por vezes por questões de logística, o mesmo não podia ser entregue em obra, foi o fiel de armazém da empresa que fez a conferição do mesmo.

Depois de o material ter sido entregue conforme a encomenda, todas as faturas eram conferidas e verificadas pelo aluno, para que não houvessem discrepâncias com os preços dos equipamentos que inicialmente foram orçamentados pelos fornecedores. No caso do fornecedor do material de chapa para a rede aerólíca, o processo de conferição tinha como principal objetivo, verificar se a área de chapa faturada correspondia realmente à área de material que era necessária para a construção das várias peças para a rede.

Para esse processo ser o mais correto, recorreu-se a uma folha de cálculo disponibilizada pelo fornecedor onde os valores obtidos de área de chapa necessária correspondiam à área necessária para cada peça a construir.

### 5.7. Execução em obra

Terminado todo o processo de preparação da obra, começou-se com a execução da empreitada, dando início à montagem da rede aerólica, uma vez que, por se tratar da instalação de condutas e acessórios com dimensões relativamente grandes, que exigiam uma maior área de trabalho, começou-se com a instalação das mesmas.

A rede aerólica foi iniciada desde a área técnica para as restantes áreas a climatizar, iniciando a rede com as condutas e acessórios de maior dimensão até aos elementos terminais, nomeadamente os plenos ou as golas onde posteriormente foram instalados os registos de caudal e as grelhas.

Todas as condutas de insuflação e extração de ar foram devidamente isoladas, com isolamento de 30 milímetros de espessura como era indicado no caderno de encargos. No caso de as mesmas ficarem expostas teriam que ser revestidas com chapa de alumínio anodizado de 0,8 milímetros de espessura.

Nos tramos de cada lanço de isolamento o mesmo era ajustado aos acessórios com fita reforçada de plástico e depois de instaladas as juntas do isolamento, eram cobertas por fita de alumínio auto adesiva.

Depois de terminada a instalação dos elementos terminais da rede aerólica, e os plenos ou as golas, estes eram devidamente tapados para que não ocorresse o risco da entrada de sujidade para o interior das mesmas, até à fase terminal em que eram retirados para colocar o acessório final.



Figura.5-8 Isolamento da rede aerólica

### 5.8. Alteração dos elementos terminais da rede aerólica

Por questões de arquitetura, foi sugerida a exclusão das várias grelhas de insuflação, que estavam previstas para as várias zonas a climatizar, e a sua substituição por plenos de modo a que ficassem mais integrados na arquitetura das mesmas zonas, visualizando-se apenas uma pequena ranhura nos tetos que seria mais harmonioso para a arquitetura final.

Na sequência do pedido para a alteração dos elementos terminais de insuflação, foi tido em atenção, que os mesmos teriam de ter capacidade de insuflar o volume de ar novo necessário. Verificou-se que, segundo o projeto, a área total das grelhas previstas seria de 0.028 metros quadrados, e para que isso fosse cumprido, projetou-se um pleno com uma área aproximadamente igual, obtendo assim uma área de insuflação de 0.0285 metros quadrados. (TROX, 2011)

Visto que assim se cumpriam os parâmetros impostos no projeto, instalou-se os plenos pretendidos pelo gabinete de arquitetura.

| Área efectiva de saída $A_{eff}$ em $m^2$ |   |         |       |       |       |       |       |       |       |
|---|---|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H em mm                                   | Modelos   | L em mm |       |       |       |       |       |       |       |
|   |   | 225     | 325   | 425   | 525   | 625   | 825   | 1025  | 1225  |
| 75  | AH · AF   | 0.006   | 0.009 | 0.011 | 0.014 | 0.017 | 0.022 | 0.028 | 0.034 |
|   | VAT · TRS · TRS-R · TRS-K                           | 0.007   | 0.011 | 0.014 | 0.018 | 0.021 | 0.029 | 0.036 | 0.043 |
| 125                                       | AT · VAT · ASL · SL · TR · TRS · TRS-R · TRS-K · KS | 0.014   | 0.021 | 0.029 | 0.036 | 0.043 | 0.057 | 0.072 | 0.086 |
|   | AH · AF   | 0.011   | 0.017 | 0.022 | 0.028 | 0.034 | 0.044 | 0.055 | 0.066 |
|   | AWT   | 0.010   | 0.015 | 0.020 | 0.025 | 0.031 | 0.040 | 0.050 | 0.060 |
| 225                                       | AT · VAT · ASL · SL · TR · TRS · TRS-R · TRS-K · KS | 0.029   | 0.043 | 0.057 | 0.072 | 0.086 | 0.114 | 0.142 | 0.172 |
|   | AH · AF   |         | 0.034 | 0.044 | 0.055 | 0.066 | 0.087 | 0.108 | 0.129 |
|   | AWT   |         | 0.031 | 0.040 | 0.050 | 0.060 | 0.078 | 0.097 | 0.116 |
| 325                                       | AT · VAT · ASL · SL · TR · TRS · TRS-K              |         | 0.064 | 0.086 | 0.108 | 0.129 | 0.172 | 0.214 | 0.256 |
|   | AH · AF   |         |       | 0.066 | 0.081 | 0.096 | 0.129 | 0.169 | 0.193 |
|   | AWT   |         |       | 0.060 | 0.073 | 0.086 | 0.116 | 0.152 | 0.174 |
| 425                                       | AT · VAT · ASL · SL · TR                            |         |       |       |       | 0.172 | 0.228 | 0.285 | 0.342 |
|   | AH · AF   |         |       |       |       | 0.129 | 0.169 | 0.214 | 0.256 |
| 525                                       | AT · VAT · ASL · SL · TR                            |         |       |       |       |       |       | 0.355 | 0.427 |

Figura 5-9 Área efetiva de saída da grelha linear AH 125x525 (TROX, 2011)



Figura.5-10 Pormenor da integração dos plenos na arquitetura do edifício

As grelhas de extração das salas comuns, também foram alvo de alteração do seu posicionamento. Estavam inicialmente previstas na parede a cerca de 0,3 metros do teto, e por questões de arquitetura foram colocadas dentro dos armários, ficando assim invisíveis e conseguindo que ficassem melhor enquadradas na restante arquitetura da zona.

Para que o seu funcionamento não fosse posto em causa, teve que se adaptar uma solução, que passou por fazer umas ranhuras na zona superior do armário, com dimensões suficientes para que houvesse entrada do ar necessário e se mantivesse a sua plena extração.

Apesar da posição das grelhas ter sido alterada, manteve-se o modelo pedido no projeto, modelo esse AH-AG-15 da marca TROX, sendo esta uma grelha linear com uma pequena deflexão nas lâminas de 15°, com a cor natural do alumínio, anodizado, como se pode verificar na Figura.5-11.



**Figura.5-11** Instalação das grelhas de extração

Outra alteração que foi efetuada durante a instalação da rede aerólica foi a colocação da grelha linear de insuflação na loja. Devido à arquitetura existente do edifício não havia espaço suficiente para a instalação do pleno, uma vez que tinha dimensões superiores às disponíveis no espaço que estava definido no projeto.

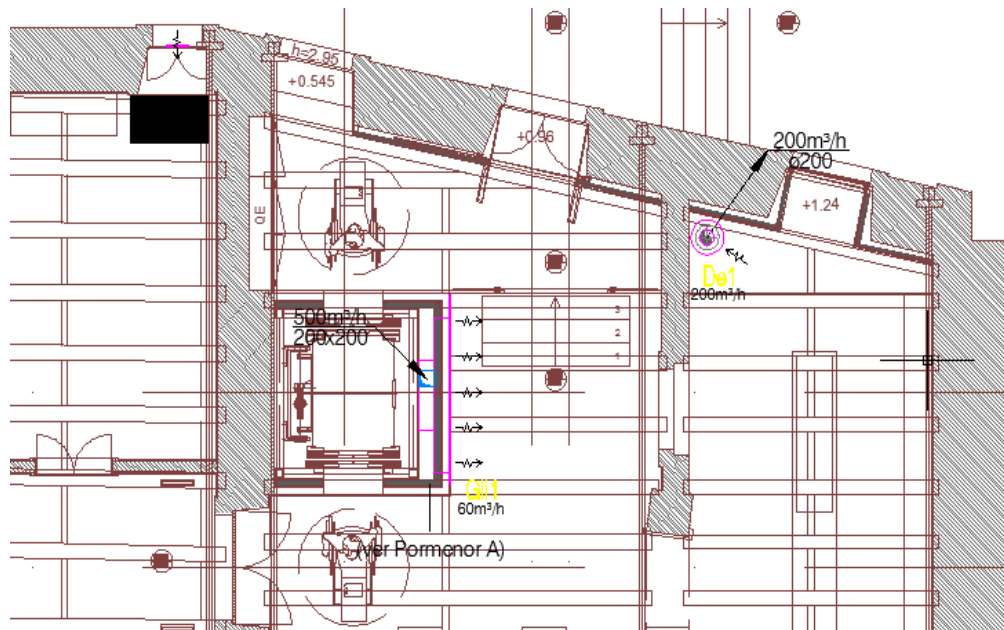


Figura 5-12 Posicionamento inicial da grelha linear

Apresentada essa impossibilidade ao gabinete de arquitetura e sugerindo uma alteração do seu posicionamento, foi então aceite e reposicionada a grelha linear por cima da porta de entrada na loja.

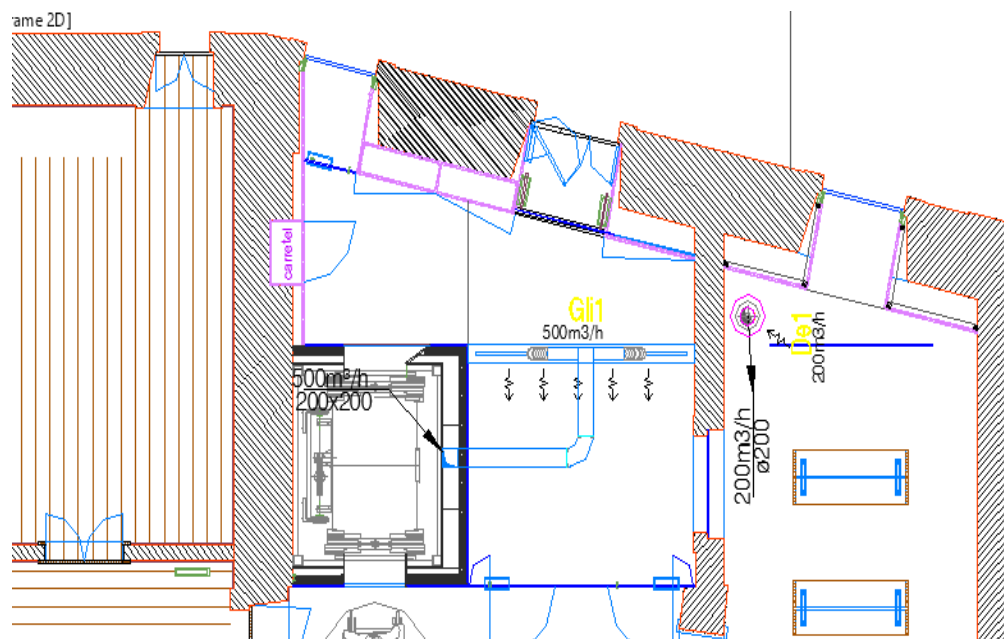


Figura.5-13 Posicionamento final da grelha linear

Uma vez que toda a rede aerólica teria que ser instalada no edifício, efetuando as mínimas alterações na sua arquitetura, houve também necessidade de enquadrar os plenos de insuflação e de extração da sala de reuniões, de modo a que os utilizadores não conseguissem visualizar os mesmos.

Como melhor forma de integração desses acessórios, sugeriu-se que na madeira do forro do teto, fossem feitos uns cortes, que permitissem assim a insuflação e a extração do ar naquele espaço, com uma área equivalente à área das grelhas que estavam previstas em projeto para ser instaladas.

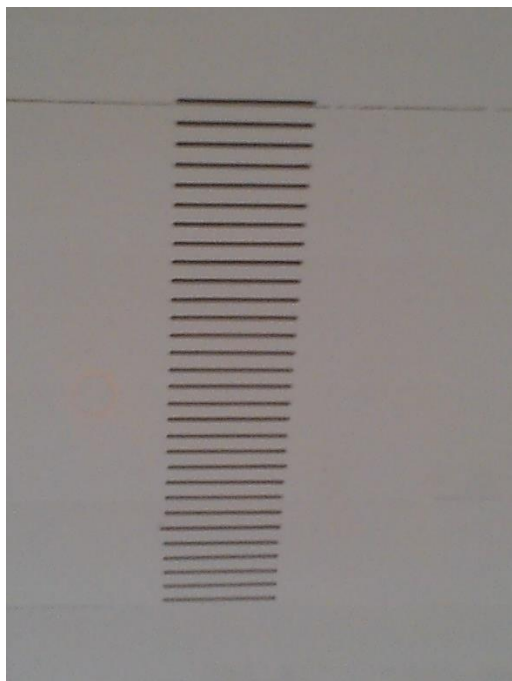


Figura.5-14 Integração do pleno de insuflação na sala de reuniões

### 5.9. Instalação da rede de aquecimento central

A rede de aquecimento central foi devidamente dimensionada pelo Projetista responsável, obtendo assim as necessidades térmicas necessárias para a climatização do edifício, e posteriormente mediante as necessidades térmicas obtidos foram selecionados os radiadores para as várias divisões, em cooperação com o Arquiteto.

Da escolha conjunta das duas especialidades resultaram dois tipos de modelos a instalar nas várias divisões do edifício, um modelo de radiador de parede, que como o nome indica foi instalado nas paredes interiores das divisões, e um outro modelo, um radiador de chão, para instalação no chão das divisões.

Os vários modelos de radiadores a instalar nas várias divisões, estão indicados na Tabela 5-2.

Tabela 5-2 Modelos de radiadores a instalar nas várias divisões do edifício

| <b>Espaço</b>                       | <b>Necessidade<br/>aquecimento<br/>(kW)</b> | <b>Radiador de<br/>Chão (RB)</b> | <b>Radiador de<br/>Parede (RA)</b> | <b>Número de<br/>radiadores</b> |
|-------------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Gabinete Reitor</b>              | 1.2   | RB1                              | -                                  | 1                               |
| <b>Espaço Acolhimento</b>           | 1.0   | RB2                              | -                                  | 1                               |
| <b>Receção</b>                      | 1.1   | RB1                              | -                                  | 1                               |
| <b>Espaço multimédia<br/>1.01</b>   | 1.0   | RB2                              | -                                  | 1                               |
| <b>Espaço multimédia<br/>1.06</b>   | 1.0   | RB2                              | -                                  | 1                               |
| <b>Espaço multimédia<br/>1.07</b>   | 1.0   | RB2                              | -                                  | 1                               |
| <b>Sala da Irmandade</b>            | 3.4   | RB1                              | -                                  | 4                               |
| <b>Sala da<br/>Paramentaria</b>     | 1.2   | RB2                              | -                                  | 1                               |
| <b>Sala Arquivo</b>                 | 1.2   | RB1                              | -                                  | 2                               |
| <b>Espaço Expositivo</b>            | 1.1   | -                                | -                                  | 0                               |
| <b>Enfermaria</b>                   | 1.5   | RB2                              | -                                  | 2                               |
| <b>Sacristia da<br/>Enfermaria</b>  | 1.2   | RB2                              | -                                  | 1                               |
| <b>Espaço de<br/>Distribuição</b>   | 1.3   | -                                | RA2                                | 2                               |
| <b>Espaço Expositivo</b>            | 1.1   | -                                | -                                  | 0                               |
| <b>Área Repouso</b>                 | 1.5   | -                                | RA1                                | 1                               |
| <b>Gabinete</b>                     | 1.0   | -                                | RA3                                | 1                               |
| <b>Serviços<br/>Administrativos</b> | 1.0   | -                                | RA3                                | 1                               |
| <b>Espaço de<br/>Distribuição</b>   | 1.4   | RB1                              | -                                  | 2                               |
| <b>Área expositiva</b>              | 1.1   | -                                | -                                  | 0                               |

Os modelos dos radiadores de parede (RA) acima mencionados, têm as seguintes características técnicas:

Tabela. -5-3 Características técnicas dos radiadores de parede (RA) da marca ZEHNDER

| Referência | Comprimento (mm) | Caudal de água (l/h) | Nº elementos | Potência útil (W) | Modelo       |
|------------|------------------|----------------------|--------------|-------------------|--------------|
| RA1        | 1426             | 50                   | 31           | 1190              | ZEHNDER 2050 |
| RA2        | 644              | 25                   | 14           | 535               | ZEHNDER 2050 |
| RA3        | 1196             | 50                   | 26           | 1000              | ZEHNDER 2050 |
| RA4        | 920              | 20                   | 20           | 765               | ZEHNDER 2050 |
| RA5        | 552              | 12                   | 12           | 460               | ZEHNDER 2050 |

Como exemplo modelo dos radiadores de parede, é apresentada a Figura 5-15.



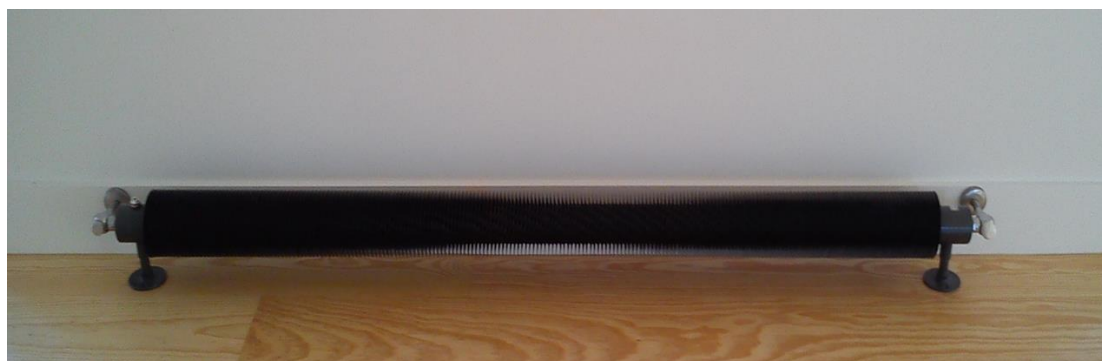
Figura 5-15 Radiador de parede aplicado RA2

Os radiadores de chão aplicados apresentam as seguintes características técnicas:

**Tabela 5-4 Características técnicas dos radiadores de chão (RB) da marca RUNTAL**

| <b>Referência</b> | <b>Comprimento (mm)</b> | <b>Caudal de água (l/h)</b> | <b>Potência útil (W)</b> | <b>Modelo</b>    |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------|
| <b>RB1</b>        | 1500                    | 25                          | 616                      | RUNTAL XFFR 1500 |
| <b>RB2</b>        | 2000                    | 40                          | 831                      | RUNTAL XFFR 2000 |

Na seguinte figura é apresentado um dos radiadores de chão aplicado.



**Figura .5-16 Radiador de chão aplicado RB2**

A rede hidráulica de aquecimento central foi construída em aço carbono, instalando os devidos acessórios recorrendo ao processo de prensagem (Xpress), seguindo a disposição dos radiadores e o traçado imposto pelo projetista.

A construção da rede hidráulica de aquecimento central em aço carbono para este tipo de edifícios foi uma escolha prática e segura, uma vez que, o aço carbono aguenta temperaturas elevadas e não necessita que qualquer fonte de calor para a aplicação dos seus acessórios, ao contrário do cobre.

Como se trata de um edifício antigo onde predomina a madeira como material de construção, ao utilizar-se alguma fonte de calor para a construção da rede poderia ocorrer algum acidente, algum incêndio, mas como a solução adotada não exigia o uso de qualquer fonte de calor, não exigiu cuidados extra durante construção da instalação.

Para facilitar a distribuição da rede pelos vários andares, a passagem da rede instalou-se junto da caixa de elevador, uma vez que havia espaço para a instalação da tubagem, assim como para a realização dos trabalhos para a construção da mesma.

Paralelamente à construção da rede hidráulica de aquecimento central, procedia-se ao isolamento da mesma, com o isolamento imposto em caderno de encargos (*Armaflex Armstrong SH*).

Logo que os pontos de ligação dos radiadores estavam no seu devido posicionamento, procedia-se ao tamponamento dos mesmos e a sua fixação, uma vez que os pontos de ligação teriam que estar no ponto certo para que no momento de instalação dos radiadores não houvesse necessidade de abrir rouços na parede, em caso de os mesmo não estarem na posição correta.

Terminada a construção da rede de aquecimento central, efetuou-se um teste de estanquidade a toda a instalação, para se verificar que não havia fugas, submetendo toda a instalação a uma pressão de 5 bar.

Apesar de se ter verificado que não havia fugas na rede, a mesma permaneceu com a pressão de 5 bar até a instalação dos elementos terminais, para garantir que durante os trabalhos que se estavam a desenrolar paralelamente á construção da rede de aquecimento central, não se corria o risco da mesma ser perfurada sem que fosse detetada a fuga.

### **5.9.1. Simulação da rede de aquecimento central no *CYPE***

No decorrer da empreitada e após ter estado em obra, foi efetuado o cálculo das cargas térmicas do edifício para confirmar se o número de radiadores previstos em projeto seriam suficientes para o aquecimento das várias divisões.

Para a verificação das cargas térmicas do edifício, (determinação da potência de aquecimento), foi utilizado o *software Cype*.

Para se proceder ao cálculo das cargas térmicas do edifício, foram levados em conta dois aspetos:

- Perfis e padrões reais de ocupação, iluminação e equipamentos a instalar;
- Tipologia dos elementos terminais para climatização.

A modelação do edifício foi realizada de maneira a ser aproximada ao máximo da realidade, ou seja, a arquitetura, a constituição da estrutura e os materiais da rede de aquecimento central, foram escolhidos de acordo com os elementos existentes em obra, de acordo com o Caderno de Encargos. No entanto, surgiram diversos obstáculos na modelação do edifício.

Tendo em conta que na altura da construção do edifício, foram utilizadas paredes com formatos e feitios bastante irregulares (obtidas a partir de granito trabalhado manualmente), o desenho das paredes, dos tetos e as lajes tornaram-se um pouco difíceis de modelar. Note-se que todas estas aproximações teriam efeito na influência do resultado final do cálculo das cargas térmicas.

Para além desta aproximação, foram também realizadas algumas adaptações na modelação relativamente à existência de radiadores. Tal como referido anteriormente, na obra foram aplicados radiadores de chão e de parede.

Como os radiadores de parede estavam disponíveis na biblioteca do *software*, estes foram aplicados na simulação. No entanto, os radiadores de chão não existiam o que levou à introdução de um radiador com características o mais próximas possível dos radiadores de chão aplicados.

Depois de terminada a modelação do edifício, realizaram-se os relatórios das cargas térmicas, que eram o principal objetivo deste estudo efetuado no *software*.

A construção virtual processou-se em diversas etapas, descrevendo sucintamente os passos seguidos da seguinte forma:

- Foi atribuída a categoria de “Local Público” ao edifício, por se tratar do perfil mais adequado em função das categorias disponibilizadas pelo *software*, assim como a finalidade a que o mesmo se destinava;
- Escolheu-se a localização da obra e selecionaram-se os dados gerais bem como as condições climáticas predefinidas para a cidade do Porto;
- Escolheram-se os materiais para a construção do edifício;
- Definiu-se a orientação “Norte” do edifício, bem como os limites da sua área.

Para uma melhor visualização do edifício, apresenta-se na Figura 5-17 uma vista geral do ambiente de trabalho em *CYPETM*, Figura.5-18 uma vista 3D do edifício do mesmo *software*.

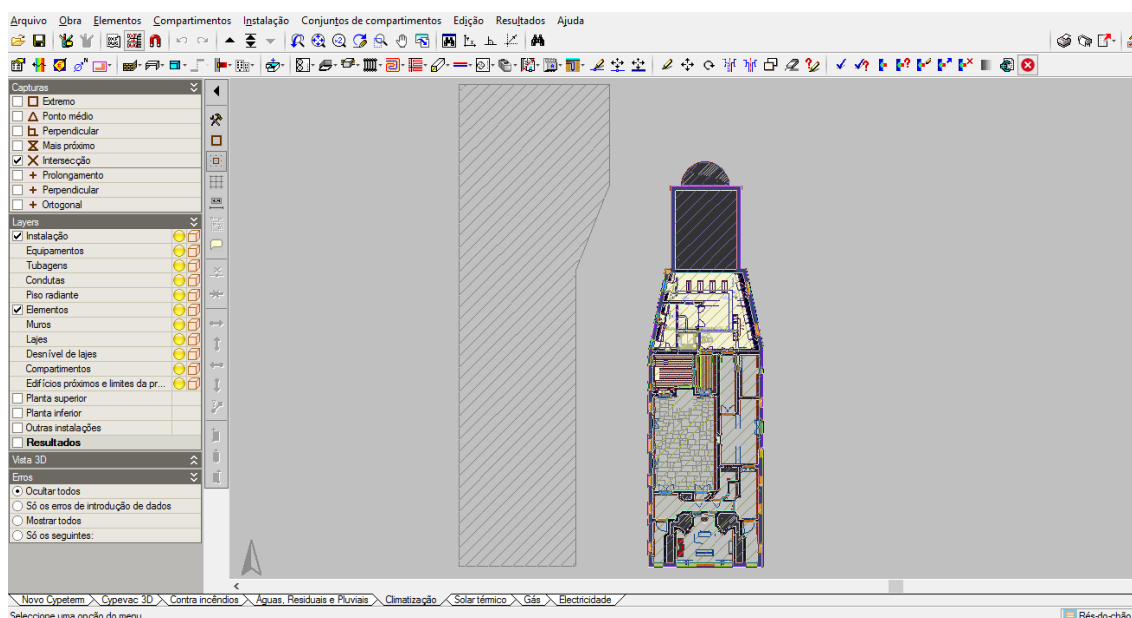


Figura 5-17 Vista geral do ambiente de trabalho (CYPE, 2016)

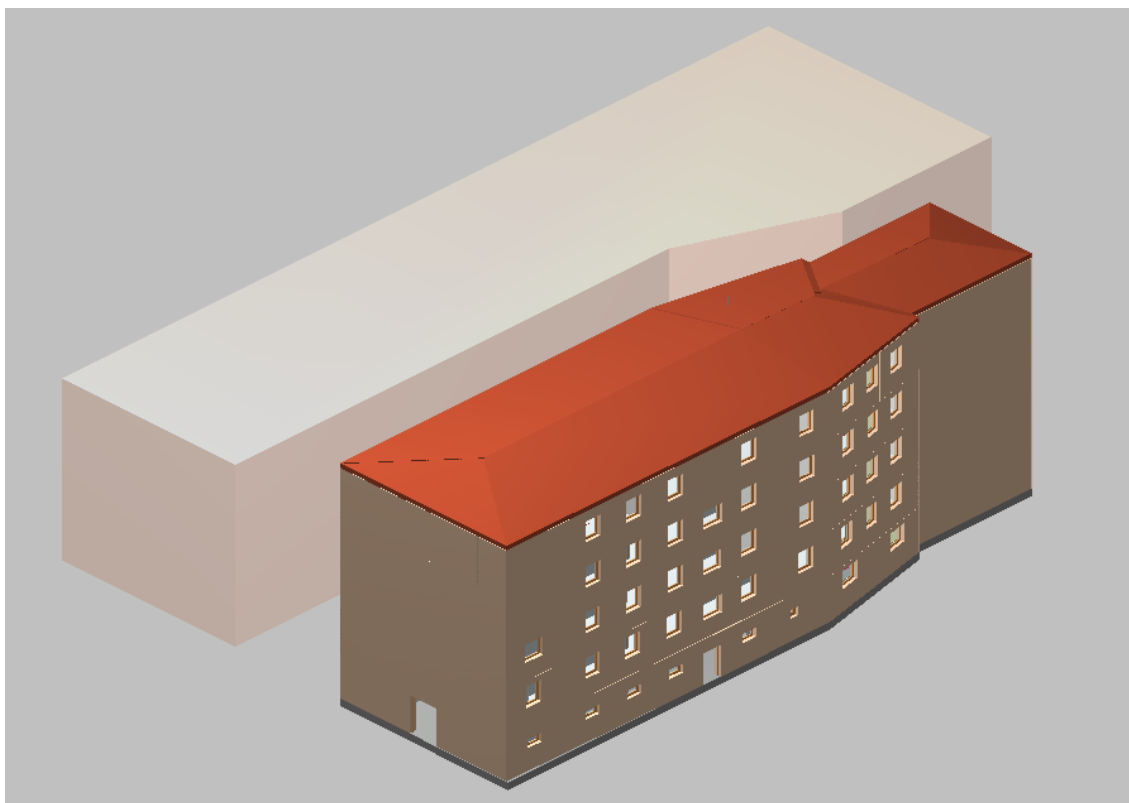


Figura.5-18 Vista 3D do edifício modelado. (CYPE, 2016)

Após a estruturação do edifício, foram definidos todos os compartimentos usando os valores disponíveis na biblioteca do *software*. De seguida, é apresentado um exemplo da simulação efetuada para o compartimento denominado “escritório”.

Para tal, consideraram-se as condições de “Temperatura de Verão” de 24°C, “Temperatura de Inverno” de 20°C e “Humidade relativa” de 50 %. Relativamente à “Ocupação” considerou-se 1 pessoa por m<sup>2</sup> “sentado ou de pé”.

No campo da “Iluminação” atribuiu-se uma “Potência” de 22 W/m<sup>2</sup>, na “Ventilação” considerou-se, conforme o RECS, 30 W/m<sup>2</sup> por ocupante e considerou-se ainda o valor de 11 W/m<sup>2</sup> de “Potência latente” no campo “Outras cargas”.

Todos estes parâmetros foram tidos em consideração segundo as “Tabelas de atividade para o cálculo de necessidades”. Na figura seguinte encontra-se um *print* da janela de edição do tipo de compartimento em questão.

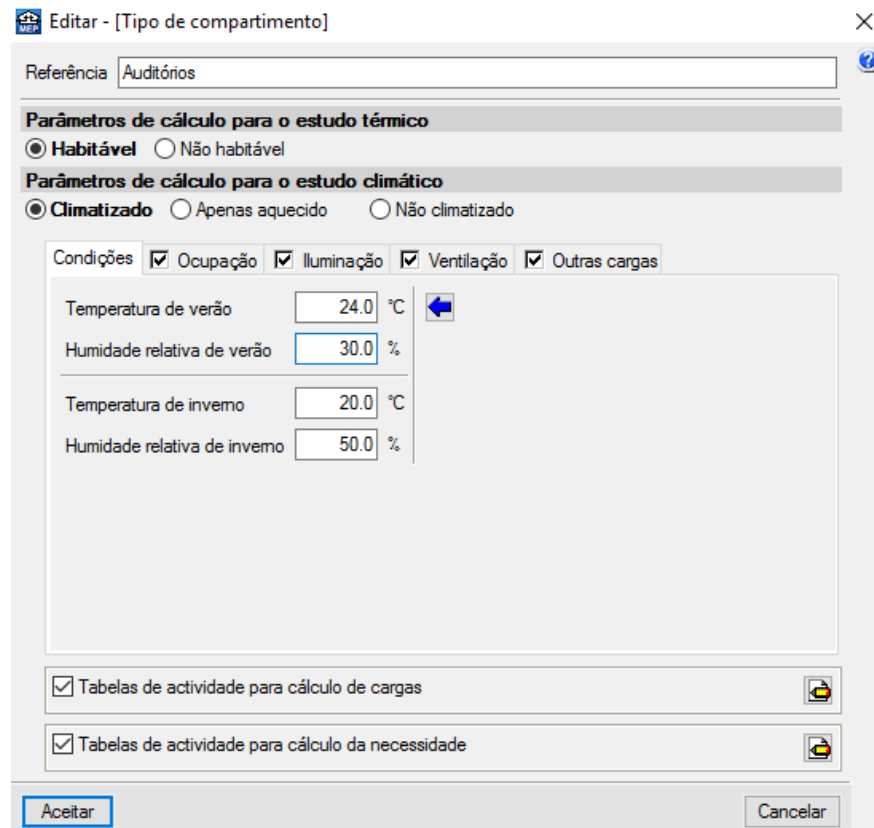


Figura.5-19 Edição dos parâmetros dos compartimentos

Terminada a modelação do edifício e efetuados os relatórios necessários, verificou-se que a potência dos radiadores instalados em obra não era suficiente para vencer as cargas térmicas dos espaços a climatizar, ou seja, a potência dos radiadores instalados era inferior á obtida na simulação efetuada.

Embora hajam pequenas diferenças na construção do edifício, nomeadamente na arquitetura, e nos materiais selecionados para a sua constituição, são estas pequenas diferenças que acabam por influênciar o desempenho dos equipamentos.

Outro aspeto que leva a que hajam discrepâncias é a limitação máxima de ocupação do edifício, visto no *software* só estar contemplada a estrutura do edifício e os radiadores, não estando ilustrados os objetos e outros artefactos que estão no interior do mesmo, que por sua vez ocupam uma determinada área, impedindo assim que o número de ocupantes não seja o mesmo que foi previstos na simulação, tendo em consideração que o cálculo efetuado na simulação foi para o número de ocupantes máximo.

Outro fator a ter em consideração que originou a discrepância de potências entre os cálculos do projetista, e os valores obtidas na simulação, foi o facto de o projetista ter previsto para a estação de aquecimento 2 formas de climatização, a mais comum foi a utilização de radiadores para aquecimento central, e a outra através do ar a ser insuflado, uma vez que a UTAN dispõe de uma bateria de aquecimento, para que haja um aumento da temperatura do ar a insuflar.

Para esclarecer a diferença dos valores das potências encontra-se na tabela abaixo o valor da potência dos radiadores instalado em obra, assim como o valor da potência dos radiadores que seriam necessários segundo o *software* de simulação.

Cargas térmicas

Tabela5-5 Comparação das potências térmicas dos radiadores

| <b>Aquecimento</b>                      |                            |  |                               |
|---|----------------------------|--|-------------------------------|
| <b>Espaço</b>                           | <b>Potência de projeto</b> | <b>Potência necessária segundo a simulação</b> | <b>Diferença de potências</b> |
|   | <b>kW</b>                  | <b>kW</b>                                      | <b>kW</b>                     |
| <b>Gabinete do Reitor</b>               | 1.2                        | 3.4  | 2,2                           |
| <b>Espaço de acolhimento e Recepção</b> | 2.1                        | 2.6  | 0,5                           |
| <b>Espaço Multimédia</b>                | 1.0                        | *  | *                             |
| <b>Sala de estar 1º piso (1.06)</b>     | 1.0                        | 2  | 1                             |
| <b>Sala de reuniões 1º piso (1.07)</b>  | 1.0                        | 5  | 4                             |
| <b>Sala da Irmandade</b>                | 3.4                        | 2.7  | 0,7                           |
| <b>Sala da paramentaria</b>             | 1.2                        | 5.4  | 4,2                           |
| <b>Sala arquivo</b>                     | 1.2                        | 4.5  | 3,3                           |
| <b>Espaço Expositivo</b>                | 1.1                        | *  | *                             |
| <b>Enfermaria</b>                       | 2.5                        | 3  | 0,5                           |
| <b>Sacristia Enfermaria</b>             | 1.2                        | 5.5  | 4,3                           |
| <b>Espaço de distribuição</b>           | 1.3                        | 6  | 4,7                           |
| <b>Espaço expositivo</b>                | 1.1                        | *  | *                             |
| <b>Área de repouso</b>                  | 1.5                        | 2.9  | 1,4                           |
| <b>Gabinete</b>                         | 1.0                        | 1.8  | 0,8                           |
| <b>Serviços Administrativos</b>         | 1.0                        | 1.9  | 0,9                           |
| <b>Espaço de distribuição</b>           | 1.4                        | 6  | 4,6                           |
| <b>Área expositiva</b>                  | 1.1                        | *  | *                             |
| <b>Total</b>                            | <b>25.30</b>               | <b>52.70</b>                                   | <b>31.7</b>                   |

\*Espaços que segundo decisão por parte do dono de obra, só deveriam dispor de pré-instalação de aquecimento central.

Segundo a análise dos valores na tabela acima, a potência total necessária dos radiadores a instalar para a climatização das várias divisões do edifício assume um valor de 25.3kW.

Ao valor da potência total dos radiadores a instalar segundo o projeto, é necessário somar os 15 kW da bateria da UTAN, uma vez que a mesma irá aquecer o ar a insuflar nas várias divisões, contribuindo assim para o aquecimento do edifício.

Somando a potência dos radiadores segundo o projeto, com a potência da bateria da UTAN, obtém-se um valor total de 40.3kW necessários para o aquecimento do edifício.

Pelos valores obtidos na simulação, são necessários mais 12.4 kW, diferença esta originada pelas considerações assumidas no decorrer da simulação, como já foi referido anteriormente.

Segundo a simulação a potência total necessária para a estação de aquecimento é de 52.70 kW, não tendo todas as divisões radiadores, uma vez que segundo a decisão por parte do dono de obra de dispor de radiadores, uma vez que a utilização que seria dada a essas divisões não justificava a instalação dos mesmos, dispondo apenas de pré-instalação para radiadores.

Avaliando as diferenças de potências obtidas, e tendo em consideração as discrepâncias mencionadas anteriormente, tanto ao nível das considerações assumidas, como também das diferenças na arquitetura, não assumem um valor relevante.

## **5.10. Acabamentos e arranque da instalação**

### **5.10.1. Acabamentos**

Durante a fase de acabamentos procedesse à instalação dos elementos terminais, que não estão incluídos na fase de pré instalação, tanto da rede aerólica como da rede hidráulica de aquecimento central.

Os últimos elementos a instalar são geralmente aqueles que estão expostos, desde grelhas, difusores, forra mecânica e radiadores.

Antes de se proceder à instalação das grelhas nos vários pontos da rede aerólica teve que se preparar um protótipo da instalação dessas mesmas grelhas, uma vez que o arquiteto estaria com receio do acabamento final, apresentando-se o protótipo que se encontra na Figura 5-20.



**Figura 5-20 Protótipo da instalação de grelhas nas condutas**

Depois de aprovado pelo arquiteto a instalação das grelhas consoante a imagem acima ilustra, procedeu-se então à instalação da forra mecânica nas condutas que ficam expostas, e por fim dos registos reguladores de caudal e das respetivas grelhas e difusores ao longo de toda a rede aerólica, obtendo um aspeto final que está ilustrado na imagem abaixo.



**Figura 5-21 Aspeto final da instalação das grelhas na rede aerólica**

Outro dos equipamentos a instalar na fase de acabamentos são os radiadores, como já foi referido anteriormente, tendo nesta empreitada que instalar dois tipos de radiadores, radiadores de parede e radiadores de chão.

Durante a instalação dos radiadores de chão, surgiu-o um problema, que consistia no desalinhamento do rodapé em relação ao espelho da tubagem de ida e de retorno da rede de aquecimento central, visto o soalho ter sido assente em cima de vigas mestras que não foram alvo de restauro, tendo um ligeiro desnível entre as zonas de apoio das vigas e o centro das várias divisões.

Para solucionar o problema resolveu-se em consenso com a equipa de carpinteiros a substituição do rodapé aplicado, por outro que garantisse a mesma distância entre os espelhos da tubagem da rede de aquecimento central.



**Figura 5-22 Radiador de chão aplicado RB1**

Por fim e com todos os restantes equipamentos já instalados procedeu-se à instalação dos equipamentos na área técnica, desde montagem da UTAN, construção de toda a instalação hidráulica na área técnica, assim como, instalação de todos os seus equipamentos e acessórios para produção de água quente para climatização do edifício e instalação do quadro elétrico de AVAC.



Figura 5-23 Instalação da caldeira Baxiroca Power HT, e respetiva instalação hidráulica



Figura 5-24 Instalação do QEAC e Q.RCF

A montagem da UTAN para climatização do edifício teve que ser efetuada já dentro da própria área técnica, ao contrário da maioria das UTAN's que já vão devidamente montadas para as obras, não foi o caso desta, uma vez que devido à falta de acessos ao interior do edifício por meios elevatórios, esta teve que ser transportada à mão até ao piso 4 em vários módulos e só depois é que foi montada no sítio onde iria ficar instalada.



**Figura 5-25 Módulos constituintes da UTAN**

Depois de estar devidamente montada toda a UTAN, assim como, efetuadas todas as ligações às condutas de insuflação e de extração, a empresa foi questionada por parte da fiscalização se nas condutas que atravessavam a zona técnica e faziam o contacto com o resto do edifício, não estava mencionado em projeto a instalação de registos corta-fogo, e uma vez que, toda a instalação estava a ser construída mediante o pedido em projeto, não havia quaisquer registos corta-fogo na área técnica.

Consultada a entidade fiscalizadora a ANPC, os mesmos confirmaram que era obrigatório a instalação de registos corta-fogo, para em caso de incêndio na área técnica, não facilitasse a propagação do mesmo pelas condutas de AVAC, havendo assim a necessidade de instalar os registos corta-fogo e procedeu-se de imediato à instalação dos mesmos, resultando a aplicação dos registos, numa maior valia para a empresa instaladora.



**Figura 5-26** Instalação do registo corta-fogo na rede aerólica

Por último procedeu-se à instalação dos restantes equipamentos da área técnica nomeadamente da instalação hidráulica, constituída por uma caldeira, separador de ar, vaso de expansão, bomba de circulação, purgadores, válvulas e demais acessórios necessários à construção da instalação hidráulica.

A caldeira, unidade produtora de água quente, tinha como objetivo fornecer energia aos radiadores e à bateria da UTAN, que por sua vez serviria para climatizar as várias divisões do edifício.



Figura 5-27 Ligação da instalação hidráulica à bateria da UTAN

Um outro elemento essencial na instalação é o tratamento químico, que é composto por duas etapas, a descalcificação inicial e o tratamento químico, em que a descalcificação inicial consiste em remover parcialmente os sais responsáveis pela dureza da água, e o tratamento químico tem como finalidade inibir a corrosão na instalação adicionando um agente inibidor em quantidades proporcionais, garantindo assim o bom funcionamento da instalação assim como dos vários equipamentos, estando os parâmetros da água de abastecimento devidamente controlados.

### 5.11. Ensaios da Instalação

Quando de finalizada uma empreitada tem de se executar o arranque das máquinas e proceder à afinação da instalação, assim como dos seus equipamentos.

Os arranques de qualquer tipo de instalação terá que ser efetuado por pessoas devidamente credenciadas para o efeito, e uma vez que a empresa disponha de pessoas habilitadas para tal, os ensaios eram assegurados pela *Vieira & Lopes LDA*.

No arranque da instalação em causa o aluno teve a possibilidade de presenciar o arranque da instalação, assim como também de colaborar, onde a sua função era medir caudais e proceder ao respetivo ajuste, a fim de obter os caudais próximos dos enunciados em projeto, retirar potências de consumo.

Após o técnico proceder ao arranque do ventilador do recuperador de calor, o aluno efetuou a medição do caudal na conduta de ligação à UTAN usando um termoanemómetro, para de seguida reajustar o regime de funcionamento do respetivo ventilador através do variador de velocidade.

De realçar que em todas as instalações deverá existir um variador por motor, pois há projetos em que se pretendem caudais diferentes entre a insuflação e a extração, pelo que o uso de apenas um variador para vários ventiladores não permitiria esse controlo individual.

Com os caudais obtidos próximos dos impostos em projeto, passava-se à medição do consumo de energia por parte dos motores elétricos, desde os motores dos ventiladores e da bomba de circulação.

Por fim efetuou-se a medição dos caudais debitados em cada grelha, tendo que para isso ajustar os registos reguladores de caudal instalados nas condutas, tendo que por vezes para proceder a esse ajuste abrir alçapões no teto das divisões, uma vez que o Arquiteto queria que depois de terminada a obra não houvessem alçapões à vista, tendo que os mesmos serem tapados depois de afinado o registo de caudal.

No decorrer do processo de ajuste dos caudais de insuflação e de extração, o aluno optava por, no caso da rede de extração de ar, regular os registos de caudal das grelhas da mais próxima da máquina para a mais afastada. Já na rede de insuflação o processo era inverso.

De realçar é o facto do equipamento usado possuir uma memória interna onde ficavam armazenados os dados retirados em cada medição. Tinha ainda uma característica, que o aluno usava devido à organização que esta permitia dar aos dados recolhidos, que era a possibilidade de guardá-los em vários testes, permitindo deste modo, separar as medições por troço de insuflação e extração.

Para cada ensaio estavam previamente estabelecidas metodologias de execução e os critérios de aceitação.

Todos os ensaios que produziram resultados não tenham satisfeito os critérios pretendidos, foram repetidos, após a implementação de medidas corretivas apropriadas até que se obtivesse resultados satisfatórios.

Foram efetuados os seguintes ensaios para além dos preceituados pelo regulamento:

- Ensaio do funcionamento de todos os equipamentos, incluindo a verificação do funcionamento dos seus sistemas de comando, controlo e segurança;
- Ensaios do funcionamento dos ventiladores com análise da intensidade da corrente absorvida pelo motor elétrico e consequente avaliação do caudal de ar insuflado e extraído;
- Estanquidade da rede de tubagem, submetendo a mesma a uma pressão 1.5 vezes a pressão nominal de serviço durante 24 horas;
- Medição dos caudais de água e ar em cada componente do sistema, nomeadamente na UTAN, nos radiadores, registos de insuflação e de extração;
- Medição dos consumos de energia na bomba circuladora da instalação;
- Verificação das proteções elétricas em todos os equipamentos alimentados por corrente elétrica;
- Verificação do sentido de rotação em todos os motores;
- Verificação do sentido de colocação dos filtros e válvulas anti-retorno, bem como a confirmação de que todos os acessórios estavam devidamente montados;

- Drenagem de todos os condensados, onde se deve verificar que os mesmos drenam corretamente e não ficam acumulados no local de produção;
- Verificação da programação da UTAN, assim como também dos parâmetros da caldeira;
- Sistemas de segurança, tais como válvulas de segurança, registos corta-fogo, tratamento químico, caldeira, quadros elétricos, válvulas de segurança da rede de gás natural, detetor de gás;

Dos ensaios realizados acima mencionados, foram devidamente preenchidos os registos de ensaios comprovando as condições e os equipamentos utilizados para a realização dos mesmos, assim como a data e os responsáveis que efetuaram os ensaios à instalação assim como aos várias equipamentos pertencentes da mesma.

Depois de preenchidos os registos de ensaio e devidamente aprovado pelo diretor de obra, os quais serão entregues ao dono de obra para que se faça a entregue provisória da obra.

Os registos de ensaios efetuados à instalação, podem ser consultados no capítulo anexos, no anexo E.

## 6. CONCLUSÃO

Finalizado o estágio curricular na empresa, e de acordo com o presente relatório, conclui-se que se alcançaram os objetivos propostos, uma vez que a sua realização permitiu a aplicação prática dos conhecimentos teóricos gerais adquiridos ao longo do Mestrado em Engenharia Mecânica, e a inserção do aluno no contexto de trabalho.

O estágio desenvolvido incidu sobre a direção e o acompanhamento em obra, neste caso, da climatização de um determinado edifício, onde o aluno teve contacto com as diversas etapas, desde a orçamentação, passando por todo o processo que engloba a direção de obra, até à entrega da obra.

Durante o processo de orçamentação ficou retida a ideia de que a necessidade de atualização de preços e de equipamentos é fulcral para qualquer tipo de empresa. No entanto, nunca se deve cair em exageros provocados pela concorrência desleal de empresas da concorrência, em que por vezes, a cotação apresentada não corresponde ao pedido no caderno de encargos.

Outro aspeto a ter em atenção durante o processo de orçamento, é a verificação das quantidades pedidas na folha de orçamento correspondem ao que é pedido, assim como o tipo de materiais a aplicar.

Durante o processo de direção e acompanhamento em obra de AVAC, o aluno colocou em prática muitos dos conhecimentos adquiridos lecionados durante as aulas de Mestrado, desde a legislação que rege todas as instalações, seleção de equipamentos, cálculo da potência térmica necessária para a climatização de uma determinada área, escolha de materiais a aplicar e como dirigir os trabalhos durante uma determinada empreitada.

Apesar de haver dimensionamento e projeto para a realização das instalações de AVAC, cabe sempre ao Diretor de Obra verificar se os equipamentos propostos no caderno de encargos cumpre as necessidades das instalações. Com a realização desta obra verificou-se isso mesmo, uma vez, que segundo a simulação efetuado no software *CYPE*, e apesar de na simulação não terem sido aplicados exatamente os mesmos materiais que constituem o edifício, houve discrepâncias no cálculo das cargas térmicas. Cabe assim ao Diretor de Obra ter espírito crítico e apresentar à fiscalização a sua opinião acerca dos equipamentos a aplicar, e mediante a decisão de quem fiscaliza a instalação aceitar a opinião ou recusar e aplicar o que estava em projeto, assumindo a responsabilidade da solução mais fiável a instalar.

O acompanhamento e a direção de obra foi uma experiência muito enriquecedora, tanto a nível profissional como pessoal para o aluno, visto este ter consolidado e adquirido novos conhecimentos na área do AVAC e do aquecimento central, e claro em muitas outras áreas.

Por fim, a realização deste estágio proporcionou a aplicação e aquisição de conhecimentos lecionados durante todo o curso, nomeadamente em orçamentação, na área da climatização de edifícios, organização, gestão e conseqüente consolidação de todos estes conhecimentos com a elaboração deste relatório de estágio curricular.

Futuramente, todos os projetos de qualquer área deveriam ser projetados a três dimensões para que se tivesse uma percepção mais pormenorizada da totalidade do edifício, assim como de todas as instalações, e até mesmo detetar antecipadamente incompatibilidades.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ADENE, Agência para Energia. 2016.** ADENE, Perguntas e Respostas sobre RSECE . 2016.

**Carapito, N. 2014.** Sistemas Climatização. Braga : Universidade do Minho, 2014.

**CYPE. 2016.** Software para Engenharia e Construção. 2016.

**Cypeterm - Top-Informática, Lda. 2009.** Manual do utilizador, exemplos práticos. 1ª Dezembro de 2009.

**Grade, António. 2010.** Apontamentos da Unidade Curricular de Equipamentos Térmicos. Coimbra : ISEC, 2010.

**Malça, João. 2012.** Apontamentos da Unidade Curricular de Instalações de AVAC. Coimbra : ISEC, 2012.

**MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES. 2006.** RSECE. Lisboa : Diário da República, 04 de Abril de 2006.

**Pina dos Santos, Carlos A. e Matias, Luís. 2006.** Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios. Lisboa : LNEC, 2006.

**Roriz, Luis. 2007.** Climatização, Conceção, Instalação e Condução de Sistemas. Alfragide : Orion, 2007.

**TROX, Technik. 2011.** Princípios de Difusão do Ar. 2011.

**Uponor. 2010.** MANUAL TÉCNICO SOLUCIONES UPONOR PEX PARA CALEFACCIÓN POR RADIADORES. 2010.

**Vulcano. 2013.** Caldeiras Murais Convencionais Condensação. Aveiro : s.n., 2013.

**Webarcondicionado. 2012.** Saiba tudo sobre VRV. 2012.



## 8. ANEXOS

Anexo A – Orçamento

Anexo B – Tabela comparativa entre UTAN proposta em projeto e apresentada pela empresa

Anexo C – Projetos e telas finais dos vários pisos do edifício

Anexo D – Pedidos de chapa para a construção da rede de AVAC e certificado do fornecedor

Anexo E – Registos de ensaios da instalação

Anexo F – Packing List do material enviado para os Hospitais na Republica do Congo

Anexo G – Resultados da Simulação do software *CYPE*



## **Anexo A – Orçamento**



**Anexo B – Tabela comparativa entre UTAN proposta em projeto e apresentada pela empresa**



**Anexo C – Projetos e telas finais dos vários pisos do edifício**



**Anexo D – Pedidos de chapa para a construção da rede de AVAC e certificado do fornecedor**



## **Anexo E – Registos de ensaios da instalação**



**Anexo F – Packing List do material enviado para os Hospitais na Republica do Congo**



**Anexo G – Resultados da simulação do software *CYPE***

