



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



Importância das Inspeções e Ensaios nas Instalações de AVAC

CARLOS EDUARDO FERREIRA DA SILVA
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Prof. Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Teresa Moura Silva

Vogais:

Prof. Especialista Nuno Paulo Ferreira Henriques

Prof. Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Janeiro de 2022



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

Importância das Inspeções e Ensaios nas Instalações de AVAC

CARLOS EDUARDO FERREIRA DA SILVA
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Teresa Moura Silva

Vogais:

Prof. Especialista Nuno Paulo Ferreira Henriques

Prof. Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

Janeiro de 2022

Agradecimentos

Aproveito para agradecer à orientadora do presente trabalho, a Professora Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca, pelo acompanhamento prestado desde a fase de escolha do tema do presente trabalho, pela motivação transmitida, recomendações, esclarecimento de dúvidas e toda a disponibilidade demonstrada.

Deixo um grande agradecimento à minha esposa, Mariana, especialmente pela grande contribuição dada na escolha do tema, fortemente relacionado com a minha atividade e que desta forma conseguiria uma motivação extra em pesquisar e desenvolver o mesmo. Agradeço-lhe também toda a preocupação e motivação transmitida durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Agradeço a todos os meus colegas e à Sotécnica, S.A. pela formação profissional, documentação disponibilizada, possibilidade de estudar com exemplos práticos o processo de execução, meios e metodologias de ensaio de instalações de AVAC, que tiveram uma grande contribuição técnica para o desenvolvimento do presente trabalho.

Deixo ainda um especial obrigado aos meus pais pela preocupação desde sempre em transmitir os valores da educação e da formação, bem como pela oportunidade de frequentar o Ensino Superior, apesar de todo o esforço económico envolvido.

Por último agradeço também à minha restante família, amigos e colegas do ISEL, pela motivação, apoio e amizade, que de forma direta ou indireta contribuíram para o meu percurso académico e desenvolvimento do presente trabalho.

Lista de Siglas e Acrónimos

ANEPC - Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

AQS - Águas Quentes Sanitárias

ASA - Sociedade Americana de Anestesiologistas (*American Society of Anesthesiologists*)

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

CA - Corrente Alternada

CC - Código Civil

CC - Corrente Contínua

CCP - Código dos Contratos Públicos

CENTERM - Centro Tecnológico para a Indústria Térmica, Energia e Ambiente

COP - Coeficiente de Desempenho (*Coefficient of Performance*)

DO - Dono da Obra

EC - Eletronicamente Comutáveis

EER - Rácio de Eficiência Energética (*Energy Efficiency Ratio*)

EMM - Equipamento de Monitorização e Medição

ESEER - Índice de Eficiência Energética Sazonal (*European Seasonal Energy Efficiency Ratio*)

Eurovent - Associação Industrial da Europa para Clima Interno (AVAC), Processos de Arrefecimento e Tecnologias de Cadeia Fria de Alimentos (*Europe's Industry Association for Indoor Climate (HVAC), Process Cooling, and Food Cold Chain Technologies*)

IPQ - Instituto Português da Qualidade

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MQ - Manual de Qualidade

OE - Ordem dos Engenheiros

PIE - Plano de Inspeção e Ensaios

PQ - Plano de Qualidade

QAI - Qualidade do Ar Interior

QAS - Qualidade, Ambiente e Segurança

RCF - Registo Corta-Fogo

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

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

SCIE - Segurança Contra Incêndios em Edifícios

SGQ - Sistema de Gestão de Qualidade

SI - Sistema Internacional

SMACNA - Associação Nacional de Empreiteiros de Chapas Metálicas e Ar Condicionado
(*Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association, INC.*)

SPQ - Sistema Português da Qualidade

UE - Unidade Exterior

UI - Unidade Interior

UTA - Unidade de Tratamento de Ar

UTAN - Unidade de Tratamento de Ar Novo

Resumo

O incorreto funcionamento ou a disfuncionalidade das instalações técnicas nos edifícios poderão, aos dias de hoje, comprometer a segurança e conforto dos seus habitantes bem como elevados prejuízos humanos e materiais quando relacionados com os sectores da saúde, industrial e empresarial. Tornou-se desta forma cada vez mais importante garantir o correto funcionamento das instalações técnicas, durante a fase de execução e antes de entrega das mesmas ao cliente para exploração, através de inspeções e ensaios aos equipamentos e redes associadas.

O presente trabalho desenvolve a importância das inspeções e ensaios nas instalações de AVAC, através de um enquadramento desta especialidade com as diversas necessidades dos edifícios na atualidade, da descrição dos materiais e equipamentos associados e das ferramentas e metodologias necessárias para os inspecionar e ensaiar, garantindo assim que a correta funcionalidade não ficará comprometida. Para o efeito, foi necessário explorar o tema desde os conceitos mais teóricos, como a apresentação de uma empreitada em geral, com destaque às diferentes partes envolvidas, respetivos deveres e obrigações. Com especial destaque ao empreiteiro, uma vez que terá de dar resposta a obrigações diretamente relacionadas com o tema em causa. Custos adicionais e imprevistos para o instalador, ao abrigo do período de garantia, é uma das obrigações que deverá ser salvaguardada através da implementação de um Plano de Inspeções e Ensaios (PIE), onde se aplicam os fundamentos principais de gestão da qualidade e metrologia. De uma forma sequencial e com o objetivo de aprofundar a especialidade de AVAC foram especificadas as áreas a que a mesma dá resposta, analisando legislação e artigos relacionados com a Qualidade do Ar Interior, Ventilação, Segurança Contra Incêndios em Edifícios, bem como descrever os principais materiais e equipamentos, cuja conformidade deverá ser confirmada através da aplicação do PIE da empreitada.

Este trabalho tem como objetivo adicional, o de facultar informação e ferramentas para que seja possível elaborar e aplicar um PIE associado a uma empreitada de AVAC, sendo desta forma como um guião de consulta de uma Direção de Obra desta área. É nesta parte prática do trabalho que se apresenta os diversos Equipamentos de Monitorização e Medição, que apresentarão resultados das inspeções e ensaios para que possam ser analisados e, de seguida, tiradas as respetivas conclusões. No entanto, somente com os equipamentos não é possível fazer os ensaios. Desta forma, a parte final é dedicada à explicação das metodologias de utilização dos diversos EMM, para que se simplifique todo o processo e se anule qualquer possibilidade de realizar indevidamente alguma inspeção ou ensaio associados ao AVAC.

Palavras chave: Empreitada, AVAC, SGQ, PIE, EMM, Garantia

Abstract

The incorrect functioning or dysfunctionality of technical installations in advanced, nowadays, compromises the safety and comfort of its inhabitants, as well as high human and material damages when related with business sectors like health, industrial. In this way, it has become increasingly important to guarantee the proper functioning of the technical installations, during an execution phase and before handing them over to the customer for operation, through inspections and tests on the equipment and associated networks.

This work aims to develop the theme of the importance of inspections and tests in HVAC installations, through a framework of this specialty with the various needs of buildings today, the description of materials and associated equipment and the tools and methodologies necessary for the inspect and rehearse, thus ensuring that correct functionality is not compromised. For the purpose, it was necessary to explore the theme from the most theoretical concepts, such as the presentation of a contract in general, with emphasis on the different parties involved, their respective duties and obligations. With special emphasis on the contractor, as he will have to respond to obligations directly related to the subject in question. Additional and unforeseen costs for the installer, under the warranty period, is one of the obligations that must be safeguarded through the implementation of an Inspection and Testing Plan (ITP), in which the main principles of quality management and metrology are applied. In a sequential way and with the objective of deepening the specialty of HVAC, the areas to which it responds were specified, analyzing legislation and articles related to Indoor Air Quality, Ventilation, Fire Safety in Buildings, as well as describing the main materials and equipment, whose compliance must be confirmed through the application of the contract ITP.

This work has as an additional objective, to provide information and tools so that it is possible to prepare and apply a ITP associated with an HVAC contract, thus acting as a reference guide for a Work Direction in this area. It is in this practical part of the work that the various Monitoring and Measurement Equipment (MME) are presented, which will present the results of inspections and tests so that they can be analyzed and then drawn to the respective conclusions. However, only with the equipment it is not possible to carry out the tests. Thus, the final part is dedicated to explaining the methodologies for using the various MME, so that the entire process is simplified and any possibility of improperly carrying out any inspection or testing associated with the HVAC is eliminated.

Keywords: Contract Work, HVAC, Quality Management System, ITP, MME, Warranty

Índice

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1. Motivação e objetivos	1
1.2. Fases de uma obra	3
1.2.1. Consignação da obra.....	4
1.2.2. Execução dos trabalhos	5
1.2.3. Receção da obra.....	5
1.3. Plano de Inspeção e Ensaios.....	8
1.4. Organização da Tese	9
Capítulo 2 – Estado da arte.....	11
2.1. Sistema de Gestão de Qualidade	11
2.2. Relação entre o SGQ e o PIE	14
2.3. Metrologia	19
2.4. Importância dos sistemas de AVAC	22
2.4.1. Qualidade do Ar Interior.....	23
2.4.2. Controlo de fumos	27
2.4.3. Conforto térmico em edifícios.....	30
2.4.4. Manipulação das condições de QAI, temperatura e humidade	35
Capítulo 3 - Descrição das instalações técnicas de AVAC	39
3.1. Grupos produtores de água arrefecida e aquecida.....	39
3.2. Sistemas energéticos de expansão direta.....	45
3.3. Depósitos de acumulação	46
3.4. Eletrobombas recirculadoras de água arrefecida e água aquecida	47
3.5. Redes de tubagem.....	50

3.6.	Válvulas e acessórios diversos	52
3.7.	Unidades de tratamento de ar	55
3.8.	Ventiloconvetores.....	58
3.9.	Ventiladores.....	58
3.10.	Redes de condutas	59
3.11.	Difusão	60
3.12.	Equipamentos de segurança contra incêndios.....	63
3.13.	Equipamentos e circuitos elétricos.....	65
Capítulo 4 - Meios de inspeção e ensaio de sistemas de AVAC.....		67
4.1.	Verificações visuais.....	67
4.2.	Redes de Tubagem	68
4.2.1.	Estanqueidade em tubagem de água.....	69
4.2.2.	Medição dos caudais de água	72
4.2.3.	Estanqueidade em tubagem de fluido frigorigéneo	73
4.2.4.	Tubagem de condensados.....	76
4.3.	Redes de Condutas	76
4.3.1.	Estanqueidade.....	76
4.3.2.	Medição dos caudais e temperatura de ar.....	77
4.3.3.	Verificação dos registos de limpeza de redes condutas.....	81
4.4.	Circuitos elétricos.....	83
4.5.	Níveis de ruído	84
Capítulo 5 – Metodologias do PIE de sistemas de AVAC.....		87
5.1	Verificações visuais.....	87
5.2	Redes de tubagem.....	88
5.2.1	Tubagem de água arrefecida e aquecida.....	88

5.2.2	Tubagem de fluidos frigorigéneos.....	92
5.2.3	Tubagem de condensados.....	93
5.3	Redes de condutas.....	94
5.3.1	Estanqueidade.....	94
5.3.2	Caudais e temperatura de ar.....	96
5.3.3	Ensaios de fumos.....	102
5.4	Circuitos elétricos.....	103
5.4.1	Tensão elétrica.....	103
5.4.2	Resistência elétrica.....	104
5.4.3	Continuidade elétrica.....	104
5.4.4	Corrente elétrica.....	105
5.5	Níveis de ruído.....	107
5.6	Processo técnico de final de obra.....	108
Capítulo 6 – Conclusões.....		111
Referências Bibliográficas.....		115
Anexos 119		
Anexo A – Fases de uma obra.....		119
Fases de uma obra.....		121
Consignação da obra.....		123
Execução dos trabalhos.....		124
Receção da obra.....		128
Anexo B - Fichas de Inspeção e Ensaios.....		131

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Exemplo de representação de um ciclo frigorígeno num Diagrama de <i>Mollier</i>	31
Figura 2.2 – Obtenção do valor de Coeficiente de Desempenho (COP).....	32
Figura 2.3 – Obtenção do valor de Rácio de Eficiência Energética (EER).....	33
Figura 2.4 – Exemplo de representação de um Diagrama Psicrométrico.....	34
Figura 2.5 – Layout tipo do sistema de AVAC de um bloco operativo	35
Figura 2.6 – Simulação CFD mostrando os padrões de fluxo de ar num ambiente de sala limpa	36
Figura 2.7– Layout tipo do sistema de AVAC de um quarto de pressão negativa.....	37
Figura 3.1 – Sistema de compressão tipo alternativo	41
Figura 3.2 – Sistema de compressão tipo scroll	42
Figura 3.3 – Sistema de compressão tipo parafuso	42
Figura 3.4 – Sistema de compressão tipo centrífugo.....	43
Figura 3.5 –Caldeiras tipo convencionais vs condensação.....	45
Figura 3.6 – Esquema de sifão para condensados	57
Figura 3.7 – Carta psicrométrica de um sistema exemplificativo de arrefecimento de um espaço	61
Figura 3.8 – Esquema de alteração de rede de retorno para desenfumagem através de registo de desenfumagem	64
Figura 3.9 – Esquema de by-pass a módulo de filtragem electroestático através de registo de desenfumagem	64
Figura 4.1 – Exemplo de manómetro analógico de escala 0 bar a 10 bar	71
Figura 4.2 – Exemplo de medidor de pressão diferencial	73
Figura 4.3 – Exemplo de conjunto manómetros de baixa e alta pressão.....	75

Figura 4.4 – Legenda dos componentes de conjunto manómetros “Manifold Gauge”	75
Figura 4.5 – Exemplo de um transdutor de pressão diferencial	77
Figura 4.6 – Exemplo de um termo-anemómetro do tipo fio quente	78
Figura 4.7 – Exemplo de um termo-anemómetro do tipo hélice	79
Figura 4.8 – Exemplo de um balômetro	80
Figura 4.9 – Exemplo de um pirómetro.....	81
Figura 4.10 – Exemplo de porta de visita.....	82
Figura 4.11 – Exemplo de multímetro pinça amperimétrica.....	83
Figura 4.12 – Exemplo de sonómetro.....	85
Figura 5.1 – Esquema de funcionamento de um transdutor de pressão (exemplo: Leakage Tester LT 510).....	96
Figura 5.2 – Esquema de funcionamento de termo-anemómetro do tipo fio quente	98
Figura 5.3 – Ensaio de fumos num parque de estacionamento	103
Figura 5.4 – Legenda de utilização de um sonómetro.....	107

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 – Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm).....	51
Tabela 4.2 – Pressões de serviço e ensaio para os principais fluidos frigorigéneos	74
Tabela 5.3 – <i>Checklist</i> de verificações visuais de instalações de AVAC.....	88
Tabela 5.4 – Ficha de ensaio estanqueidade de tubagem de água (ficha completa em anexo)	89
Tabela 5.5 – Ficha de ensaio de caudais de água em tubagens (ficha completa em anexo)	91
Tabela 5.6 – Ficha de ensaio de estanqueidade de condutas (ficha completa em anexo) ...	95
Tabela 5.7 – Ficha de ensaio de caudais de ar em condutas (ficha completa em anexo)	97
Tabela 5.8 – Exemplo de preenchimento de ficha de ensaio de caudais de ar em condutas	99
Tabela 5.9 – Ficha de ensaio de caudais de ar em equipamentos de difusão (ficha completa em anexo)	101
Tabela 5.10 – Ficha de ensaio de ventiloconvetores (ficha completa em anexo)	102
Tabela 5.11 – Ficha de ensaio de eletrobombas (ficha completa em anexo)	106
Tabela 5.12 – Ficha de ensaio de <i>chiller</i> (ficha completa em anexo)	106

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Motivação e objetivos

Os edifícios estão essencialmente relacionados com as necessidades diárias do homem e da evolução da humanidade em geral. Desde sempre o homem procurou abrigos para se proteger de perigos adversos e das condições de intempérie, começando por grutas e cavernas e evoluindo para construções arquitetónicas, dedicadas à exploração pretendida, com crescentes condições de estabilidade e conforto. No entanto, ainda é significativamente recente, em comparação com a humanidade, o aparecimento das primeiras instalações técnicas em edifícios, nomeadamente, as redes de iluminação, abastecimento e drenagem de águas, redes de comunicação telefónica, entre outras, até aos mais recentes edifícios inteligentes com sistemas de gestão centralizada progressivamente autónomos, que permitem uma otimização energética dentro das respetivas finalidades da sua exploração.

A evolução tecnológica dos edifícios contribui para a melhoria da qualidade de vida em geral. Não só pelas condições de conforto e segurança que proporciona aos seus ocupantes, como pelo fácil acesso a recursos, por meio de infraestruturas, de auxílio profissional em diversos sectores, como os da saúde, industrial, empresarial, sendo desta forma o cerne para acompanhar as diversas necessidades da humanidade.

As instalações técnicas estão associadas a materiais e equipamentos mecânicos, elétricos e eletrónicos, que são dimensionados em função do conjunto completo de arquitetura do edifício, finalidade do mesmo e local onde se insere. Como em qualquer equipamento, existem recomendações feitas pelo respetivo fabricante, relacionadas com a sua instalação, redes associadas, sua utilização e conservação.

Desta forma é de extrema importância, durante a fase de obra, garantir a execução das instalações por técnicos especializados e credenciados, assim como acompanhar a execução das mesmas confirmando se vão ao encontro das recomendações dos fabricantes e das especificações do respetivo projeto de especialidade. Sendo no entanto, para tal, também necessário recorrer a verificações, inspeções e ensaios, sem recurso

obrigatório a trabalhadores especializados e credenciados, bem como ainda antes de ser iniciado a execução de instalações, tendo como exemplo as verificações durante a receção de materiais e equipamentos.

No entanto, para as instalações técnicas, a aparente boa execução poderá não ser suficiente para significar o correto funcionamento dos equipamentos e redes associadas. Comparativamente com trabalhos de acabamentos de arquitetura e construção civil as instalações técnicas exigem uma inspeção, antes, durante e após execução das instalações, mais detalhada e com recurso a diversas ferramentas, além da visual, uma vez que servem um funcionamento mecânico, termodinâmico, elétrico que poderá ficar comprometido devido a um ínfimo erro humano durante a execução ou até mesmo antes de ser entregue em obra, no fabrico.

Não existem dúvidas que a evolução tecnológica, de forma geral, melhorou a qualidade de vida das pessoas, no entanto também causou uma elevada dependência. O incorreto funcionamento ou disfuncionalidade das instalações técnicas nos edifícios poderão, aos dias de hoje, comprometer a segurança e conforto dos seus ocupantes bem como elevados prejuízos humanos e materiais quando relacionados com os sectores residencial, industrial e terciário. Desta forma, é cada vez mais importante garantir o correto funcionamento das instalações técnicas durante a fase de execução e antes de entrega das mesmas ao cliente para exploração, através de inspeções e ensaios aos equipamentos e redes associadas.

A escolha deste trabalho teve como principal base de motivação a constante preocupação e necessidade de confiança na boa execução de uma instalação de AVAC. Os prazos solicitados para conclusão de uma empreitada são mais curtos, o que por vezes poderá forçar as respetivas equipas de instalação, muitas vezes empresas subcontratadas, a contornar procedimentos de controlo de qualidade, o que poderá comprometer o funcionamento dos respetivos sistemas e que causará certamente problemas futuros para a entidade executante e cliente. A única forma de filtrar possíveis falhas na execução é através da implementação de um PIE para, de seguida, resolver enquanto a intervenção é menor e o problema não se propaga até prejudicar o cliente e ocupantes do edifício. A garantia conseguida através de resultados favoráveis a uma bateria de fichas de inspeção e ensaios aos diversos equipamentos e materiais fornecidos e instalados resultará, sem qualquer dúvida, uma segurança para o empreiteiro bem como melhor previsão dos

resultados financeiros conseguidos, uma vez que não se espera custos adicionais imprevistos resultantes de avarias futuras por má execução, no período de garantia.

Assim, relacionado com a principal motivação, os objetivos do presente trabalho são os de apresentar as diversas fases de um empreitada em geral, como principal foco nas obrigações contratuais do empreiteiro, introduzir a temática do PIE, Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ) e metrologia, que dão suporte ao processo de controlo de qualidade dos serviços prestados, aprofundar a especialidade de AVAC demonstrando a importância que tem para o correto e seguro funcionamento de um edifício e, por fim, numa segunda parte, tem como objetivo adicional, o de facultar informação e ferramentas para que seja possível elaborar e aplicar um PIE associado a uma empreitada de AVAC, sendo desta forma como um guião de consulta de uma direção de obra desta área.,

1.2. Fases de uma obra

Para melhor compreender a importância das inspeções e ensaios, não só nas instalações de AVAC, mas de forma geral, torna-se essencial compreender as principais partes, conceitos e obrigações intrínsecas a uma empreitada de obras públicas.

O desenvolvimento da temática das fases de uma obra encontra-se sustentado pela legislação em vigor e seguida nas diversas empreitadas, nomeadamente o Código dos Contratos Públicos (CCP), Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de janeiro, TÍTULO II - Contratos administrativos em especial, CAPÍTULO I - Empreitadas de obras públicas e pode ser consultado na íntegra em anexo ao presente trabalho final de mestrado, nomeadamente o *Anexo A – Fases de uma obra*.

Previamente à celebração do contrato de empreitada já existe uma relação entre o Dono da Obra (DO), que solicita uma proposta, num concurso público, concurso limitado com publicação no jornal oficial da União Europeia ou em Diário da República ou em consulta prévia num ajuste direto, a diversos concorrentes de acordo com um caderno de encargos que disponibiliza, e o empreiteiro, que analisa o projeto de execução e apresenta pedidos de esclarecimento necessários para conseguir apresentar a sua melhor proposta para execução.

Caso se verifique que a proposta comercial do empreiteiro apresenta melhores condições comparativamente com os restantes concorrentes, que tem capacidade técnica e financeira

para executar o projeto em causa e que a proposta técnica corresponde às especificações do caderno de encargos, ou equivalentes, esta estará em condições de ser aceite.

Considera-se obra pública o resultado de quaisquer trabalhos de construção, reconstrução, ampliação, alteração ou adaptação, conservação, restauro, reparação, reabilitação, beneficiação e demolição de bens imóveis executados por conta de um contraente público. São partes no contrato de empreitada de obras públicas o DO e o empreiteiro, contudo durante a execução do contrato, o DO é representado pelo diretor de fiscalização da obra, embora não tenha poderes de representação em matéria de modificação, resolução ou revogação do contrato, e o empreiteiro por um diretor de obra, salvo nas matérias em que, em virtude da lei ou de estipulação contratual, se estabeleça diferente mecanismo de representação.

No que diz respeito ao normal decurso de uma empreitada, uma obra divide-se em diversas fases, mesmo após se encontrar executada e em exploração por parte do cliente. Todas as fases são suportadas por documentos oficiais em que se narram determinadas ocorrências ou se regista um ato para fins legais, assinados pelas partes, nomeadamente os autos. Uma empreitada abrange os seguintes tipos de autos:

- Auto de Consignação
- Autos de Medição
- Auto de Suspensão, caso aplicável
- Auto de Receção Provisória
- Auto de Receção Definitiva

1.2.1. Consignação da obra

A consignação de obra é celebrada quando o DO faculta ao empreiteiro o acesso à propriedade, ou parte da mesma, onde os trabalhos devem ser executados e fornecer-lhe os elementos que, nos termos contratuais, sejam necessários para o início dos trabalhos.

A data da consignação da obra é importante por determinar, juntamente com outros fatores, o arranque dos trabalhos cujos prazos parciais e total da empreitada começam a contar.

1.2.2. Execução dos trabalhos

A execução dos trabalhos é a fase principal de uma obra, onde as diversas equipas operárias instalam os materiais e equipamentos correspondentes à respetiva empreitada, de acordo com o projeto de execução, instruções/esclarecimentos técnicos realizados pela direção de obra, desenhos de preparação e as encomendas realizadas.

Por norma, são realizadas reuniões semanais de obra entre o empreiteiro, fiscalização e DO, com o objetivo de discutir assuntos pendentes, de ambiente, segurança, pontos de situação dos trabalhos executados e por executar, preparação de obra, entre outros.

Conforme previsto no CCP, Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de janeiro, os principais temas relativos à fase de execução dos trabalhos encontram-se abaixo identificados e apresentados em anexo:

- Plano de trabalhos
- Suspensão dos trabalhos
- Trabalhos a mais
- Subempreitadas
- Medição

1.2.3. Receção da obra

Existem duas receções em cada obra. A que se dá imediatamente após término da execução da mesma, denominada de provisória, e a que se dá quando o empreiteiro deixa de ter obrigações de corrigir possíveis defeitos da obra e dos equipamentos nela integrados, denominada de definitiva.

- **Receção provisória**

A receção provisória da obra depende da realização de vistoria, que deve ser efetuada logo que a obra esteja concluída no todo ou em parte, mediante solicitação do empreiteiro ou por iniciativa do DO, tendo em conta o termo final do prazo total ou dos prazos parciais de execução da obra.

A vistoria é feita pelo DO, com a colaboração do empreiteiro, e tem como finalidade, em relação à obra a receber, verificar se todas as obrigações contratuais e legais do empreiteiro estão cumpridas de forma integral e perfeita.

O respetivo auto deve declarar se a obra está, no todo ou em parte, em condições de ser recebida. Deve conter informação sobre o modo como se encontram cumpridas as obrigações contratuais e legais do empreiteiro, identificando, nomeadamente, os defeitos da obra, o modo como foi executado, o plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição, nos termos da legislação aplicável e quaisquer condições que o DO julgue necessário impor, bem como o prazo para o seu cumprimento.

A assinatura do auto de receção provisória autoriza, no todo ou em parte, a abertura da obra ao uso público ou a sua entrada em funcionamento e implica, sendo caso disso, a sua transferência para o domínio público, sem prejuízo das obrigações de garantia que impendem sobre o empreiteiro.

No caso de serem identificados defeitos da obra que impeçam, no todo ou em parte, a receção provisória da mesma, a especificação de tais defeitos no auto é acrescida da declaração de não receção da obra ou da parte da mesma.

A obra considera-se tacitamente recebida sempre que a mesma seja afeta pelo DO aos fins a que se destina, sem prejuízo da obrigação de garantia.

O auto que declare a não receção da obra, no todo ou em parte, em virtude de defeitos da obra detetados na vistoria é notificado ao empreiteiro, sendo-lhe concedido um prazo razoável para os corrigir.

- **Garantia**

O prazo de garantia inicia-se após assinatura do auto de receção provisória, durante o qual o empreiteiro está obrigado a corrigir todos os defeitos da obra.

Como previsto no art.º 397.º do CCP e também referido no Código Civil (CC) e Código da Defesa do Consumidor, dependendo da origem do defeito, o prazo de garantia varia, dividindo-se nos seguintes três períodos de duração:

- 10 anos para elementos construtivos estruturais;
- 5 anos para elementos construtivos não estruturais ou instalações técnicas;
- 2 anos para equipamentos afetos à obra, mas dela autonomizáveis.

Como apresentado na *Ação de formação do Curso de Estudos Judiciários (CEJ) de Responsabilidade contratual do empreiteiro por defeitos, erros e omissões e trabalhos a mais*, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), publicada pela Ordem dos

Engenheiros (OE) a dezembro de 2021, entende-se como equipamentos afetos a obras mas dela autonomizáveis todos os equipamentos que funcionam independentemente da obra em causa, podendo incluir máquinas, aparelhos com funções específicas ou mobiliário e respetivos acessórios.

No ponto 4 do presente art.º 397.º do CCP, mais se prevê que quando o empreiteiro beneficia de um prazo de garantia superior ao previsto, oferecido pelos respetivos fornecedores, é esse o prazo que deve ser considerado.

O empreiteiro tem a obrigação de corrigir todos os defeitos da obra e dos equipamentos fornecidos, que sejam identificados até ao termo do prazo de garantia, a expensas suas. Tais como, quaisquer desconformidades entre a obra executada e os equipamentos fornecidos ou integrados e o previsto no contrato. Caso não seja possível corrigir os defeitos identificados pode ser exigido pelo DO que o empreiteiro repita a execução da obra com defeito ou que substitua os equipamentos defeituosos, sem custos adicionais, salvo caso se verifique que tal é impossível ou que constitua abuso de direito.

Caso não sejam devidamente corrigidos os defeitos, ainda que verificados na fase final da empreitada, o DO pode exigir a redução do preço, tendo direito de ser indemnizado.

- **Receção definitiva**

Por último e também previsto no CCP e no CC, após concluído o período de garantia, em relação à total ou a cada uma das partes da obra, realiza-se nova vistoria, para formalização de receção definitiva da empreitada, cujo procedimento deve ser previsto em contrato.

Conforme referido na introdução do presente subcapítulo, *1.3. Fases de uma obra*, a receção definitiva é também formalizada em auto. Depende da verificação cumulativa da funcionalidade regular, no termo do período de garantia, em condições normais de exploração, operação ou utilização, da obra e respetivos equipamentos, de forma que cumpram todas as exigências contratualmente previstas e do cumprimento, pelo empreiteiro, de todas as obrigações decorrentes do período de garantia relativamente à totalidade ou à parte da obra a receber. Se, em consequência da vistoria, se verificar que existem defeitos da obra da responsabilidade do empreiteiro, apenas podem ser recebidas as obras que reúnam as condições enunciadas e que sejam suscetíveis de receção parcial.

São aplicáveis à vistoria e ao auto de receção definitiva, bem como à falta de agendamento ou realização da vistoria pelo DO, os preceitos que regulam a receção provisória quanto às mesmas matérias.

O empreiteiro fica exonerado da responsabilidade pelos defeitos da obra que sejam verificados após a receção definitiva, salvo quando o DO prove que os defeitos lhe são culposamente imputáveis. Neste último caso o DO poderá recorrer à caução, seguro de caução, garantia bancária ou retenção para garantia, previstas no decurso da empreitada.

1.3. Plano de Inspeção e Ensaios

O PIE é o processo de controlo de qualidade utilizado durante toda a fase da execução dos trabalhos. O presente plano acompanha uma empreitada do início ao fim, constituindo um histórico do percurso da obra, através dos diversos registos. Inicia-se por norma com a verificação de conformidade dos diversos materiais e equipamentos com o pretendido, aprovado pela fiscalização e encomendado, sem danos, no ato da receção em obra. Entretanto, passa pelas diversas inspeções e ensaios associados a cada rede ou equipamento, à medida que são instalados, e termina com o comissionamento dos diversos sistemas, para serem devidamente explorados pelo cliente.

O PIE é normalmente elaborado pelo empreiteiro, em conformidade com as condições técnicas do projeto de execução e os diversos sistemas e equipamentos a instalar, para posteriormente ser analisado pela fiscalização.

No entanto, idealmente deveria ser a entidade projetista a elaborar o PIE da instalação, que dimensionou e especificou, podendo este plano fazer parte do Projeto de Execução ou Caderno de Encargos. Desta forma o instalador não teria oportunidade de elaborar o mesmo, nos moldes que o favorecessem mais, a fiscalização teria logo desde o princípio um PIE validado pela entidade que dimensionou e especificou a instalação, para que possa fazer cumprir durante a empreitada, e a entidade projetista teria uma garantia que toda a instalação que projetou estaria a ser submetida às inspeções e ensaios que considera importantes para a correta execução e funcionamento, podendo solicitar todos os registos de ensaios, à medida que fossem realizados.

As diversas verificações de conformidade de equipamentos e instalações, previstas no respetivo plano de inspeção e ensaios de uma obra devem, sempre que possível, ser

realizadas na presença do DO ou do seu representante, a fiscalização da obra, se assim estiver previsto no PIE, para cada tipo de ensaios. Esta verificação conjunta é muito vantajosa, em variadas vertentes, como por exemplo a aferição presencial da fiscalização da correta execução da obra, a discussão de soluções e esclarecimentos técnicos, específicos a cada sistema ou equipamento que se inspeciona ou ensaia, entre outras, para posteriormente apresentar a sua opinião relativamente ao plano e à execução da obra em geral, perante o DO.

O PIE reúne, por atividade ou produto/equipamento, o conjunto de tarefas, critérios, responsabilidades e documentos de referência ou impressos a utilizar. Sempre que seja detetada uma não conformidade respeitante a parte ou à totalidade da inspeção ou ensaio em curso, esta será registada e serão estabelecidas as eventuais ações corretivas a implementar.

As definições dos requisitos técnicos de cada relatório de ensaio serão correspondentes com as características dos equipamentos e/ou instalações e com o contratualmente estabelecido através das condições técnicas do projeto de execução.

Todos os resultados das inspeções e ensaios previstos no contrato são guardados no arquivo da obra e farão parte da compilação técnica do processo técnico de final de obra, que será entregue ao DO para consulta durante a exploração e manutenção de todos os sistemas incluídos.

1.4. Organização da Tese

O corrente trabalho encontra-se dividido em seis capítulos de desenvolvimento do tema da importância das inspeções e ensaios nas instalações de AVAC.

O presente capítulo, dedicado à introdução do trabalho, apresenta as motivações e objetivos do mesmo e faz uma introdução a duas temáticas, de forma isolada, que ajudam a compreender a importância das inspeções e ensaios numa empreitada em geral. O primeiro tema a desenvolver é o das diferentes fases de uma obra, baseado no CCP, no que diz respeito às empreitadas de obras públicas. Código esse que é fundamental estudar para compreender todo o processo relacionado com as diferentes fases de uma obra, dando especial atenção aos artigos relacionados com os deveres e direitos das partes envolvidas, introdução às receções da obra, períodos afetos à garantia e de que forma a

incorreta execução da mesma poderá originar elevados custos imprevistos em assistência ao abrigo do período de garantia, durante a exploração por parte do cliente. No mesmo também se apresenta uma introdução ao PIE. Tema que será desenvolvido, no presente trabalho, de uma forma detalhada e específica para as instalações de AVAC.

No segundo capítulo, denominado de Estado da Arte, enquadram-se as temáticas relacionadas com as inspeções e ensaios em instalações, nomeadamente os conceitos de SGQ e metrologia, suportadas por normas e entidades nacionais e internacionais, fortemente relacionadas com um PIE. Sendo a última parte dedicada à importância das instalações de AVAC, em particular, nos diversos edifícios com utilizações distintas, através do estudo de legislação relacionada como o Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (SCIE), o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

A descrição das instalações técnicas de AVAC ocupa o terceiro capítulo e tem como propósito apresentar de forma sintética os diversos equipamentos e materiais associados a estas para, de seguida, no quarto capítulo, identificar e definir de forma detalhada os diversos meios de inspeção e ensaio de sistemas de AVAC, conhecidos como os Equipamentos de Monitorização e Medição (EMM).

Não sendo somente necessários os meios para realizar as inspeções e ensaios, no quinto capítulo serão apresentadas de forma pormenorizada as metodologias do PIE de sistemas de AVAC, para o correto manuseamento dos diversos EMM e, desta forma, verificação do funcionamento das instalações.

Por fim, no sexto capítulo, terão lugar as conclusões do presente trabalho e de que forma o PIE tem elevada importância numa empreitada de AVAC, tanto para o instalador como para o cliente.

Capítulo 2 – Estado da arte

2.1. Sistema de Gestão de Qualidade

Em qualquer negócio é preciso garantir a qualidade dos produtos e/ou serviços para conseguir satisfazer os clientes de forma cada vez mais competitiva. Sendo este o principal motivo, para fazer crescer um negócio de uma organização, serão necessários meios adicionais para garantir a qualidade que o seu mercado exige. É normalmente nesta fase que surge maior necessidade de implementar um SGQ.

O sistema de gestão pode proporcionar benefícios desde a expansão de mercado até a melhoria da imagem da empresa perante os seus clientes, fornecedores, colaboradores e demais partes interessadas. Caracteriza-se por um conjunto de elementos interligados que são integrados numa organização para atender à política da qualidade e os objetivos da empresa, proporciona um controlo e um padrão para todos os seus processos, com constante medição da eficácia das ações tomadas para atingir a qualidade.

Resumidamente, o SGQ é uma ferramenta direcionada para o interesse do cliente, além da procura pela melhoria contínua dos processos.

Segundo a NP EN ISO 9001:2015, norma que integra o sistema de gestão da qualidade, “a organização deve melhorar continuamente a eficácia do SGQ através da utilização da política da qualidade, dos objetivos da qualidade, dos resultados das auditorias, da análise dos dados, das ações corretivas e preventivas e da revisão pela gestão”.

A gestão da qualidade baseia-se em oito princípios, nomeadamente:

- i. Foco no cliente: As organizações dependem dos seus clientes, devem compreender as suas necessidades atuais e futuras e esforçarem-se por exceder as suas expectativas;
- ii. Liderança: Os líderes devem saber manter um ambiente interno motivador, de modo a obterem a envolvência das pessoas para atingirem os objetivos previstos pela organização;

- iii. Envolvimento de pessoas: As pessoas são a principal valia de uma organização, o seu envolvimento permite que as suas aptidões sejam utilizadas em benefício da organização;
- iv. Abordagem de processos: Quando as atividades e os recursos que lhes estão associados são geridos por processos, os resultados desejados são atingidos de forma mais eficiente;
- v. Contexto organizacional: Gerir processos inter-relacionados como um sistema, contribui para que a organização atinja os seus objetivos com eficácia;
- vi. Melhoria contínua: Deve ser uma preocupação constante, com avaliação sistemática do desempenho global da organização;
- vii. Tomada de decisões baseadas em factos: Decisões eficazes, são baseadas na análise de factos, dados, informações, etc.
- viii. Raciocínio baseado na gestão do risco: Assegurar que os riscos são identificados, considerados e controlados.

Para tal é necessário que a organização garanta:

- A identificação dos processos necessários para o SGQ e para a sua aplicação em toda a organização;
- A determinação da sequência e interação dos processos;
- A determinação de critérios e métodos necessários para assegurar que, tanto a operação, como o controlo dos processos são eficazes;
- Assegurar a disponibilidade de recursos e de informação necessários, para suportar a operação e a monitorização dos processos;
- A monitorização, medição e análise dos processos;
- A implementação de ações necessárias para atingir os resultados planeados e a melhoria contínua dos processos.

É através do Manual de Qualidade (MQ) que uma empresa define os diversos procedimentos, instruções de trabalhos, instruções técnicas e impressos (registos) a recorrer, para dar resposta a qualquer necessidade inerente ao desempenho das funções da mesma.

Serão também, no respetivo MQ de uma empresa, definidas as políticas da qualidade e missão da empresa.

Uma obra, sendo um serviço específico prestado a um cliente, pode ser encarada como que um departamento dentro de uma empresa, no sentido em que também terá de recorrer ao manual de qualidade, no entanto apenas em parte aplicável ao respetivo projeto.

Desta forma, deverá ser aplicável um Plano de Qualidade (PQ) específico para uma obra, onde constem todos os planos necessários para execução das diversas funções inerentes à respetiva empreitada, sendo estas partes das instruções de trabalho e instruções técnicas presentes no MQ, bem como devem estar previstas no PQ da obra todos as fichas de registo aplicáveis à mesma.

Assim o PQ apresentará os objetivos de qualidade da obra, com metas, onde estarão incluídos:

- Organigrama da obra: Com a identificação dos diversos colaboradores da empresa e respetivas funções a desempenhar na obra em causa;
- Plano de trabalhos: Onde será possível acompanhar o planeamento dos diversos trabalhos, compatibilização entre diferentes equipas e identificar os caminhos críticos para conclusão dentro do prazo definido;
- Plano ambiental: Para consultar como devem ser tratados os diversos resíduos gerados;
- Plano de segurança e saúde: Que reúne todas as informações e indicações relevantes em matéria de saúde e segurança, contribuindo para que a segurança e saúde sejam uma preocupação fundamental durante a execução da obra.
- Plano de estaleiro: Onde são descritos e identificados, em planta, os diversos espaços de apoio à execução de uma obra, tais como espaços de escritórios, ferramentaria, refeições, instalações sanitárias, caminhos de circulação e evacuação, pontos de encontro, entre outros.
- PIE: Que estabelece de que forma será garantido o controlo de qualidade dos materiais e equipamentos fornecidos e instalações executadas, com recurso aos diversos EMM aplicáveis;
- Plano de funções dos operários: Onde se encontram descritos os diversos trabalhos necessários para execução da empreitada, bem como respetivas ferramentas;

- Procedimentos de qualidade aplicáveis: De que forma devem ser executados os trabalhos de forma correta;
- Gestão da obra, recursos humanos e materiais: Que dá suporte à constante gestão de recursos humanos e materiais, por forma a possibilitar a execução dos trabalhos dentro dos prazos previstos no plano de trabalhos;
- Relação com a fiscalização: Onde se estabelecem os circuitos de comunicação com a fiscalização, agendamento de reuniões de obra, apresentação de pedidos de aprovação de materiais e equipamentos, pedidos de esclarecimento, trabalhos a mais, autos, entre outros.

2.2. Relação entre o SGQ e o PIE

Um PIE de uma obra é constituído por um conjunto de atividades ou ações que visam assegurar a correta execução de uma determinada empreitada e, nalguns casos, até do processo de fabrico de materiais e equipamentos, alcançando desta forma a satisfação dos objetivos do cliente e as características definidas pelo respetivo projeto de execução específico.

Por norma, uma empreitada é constituída por uma série de sistemas, com características, materiais e equipamentos distintos, dimensionados para cumprir uma determinada finalidade necessária no edifício em causa. Assim, o PIE de uma obra inclui um conjunto de fichas de inspeção e ensaios, onde cada uma se destina à verificação pretendida para cada tipo de material, equipamento ou conjunto, quando aplicável. É neste sentido que se aplica de forma sucinta os pontos que a organização deve garantir na aplicação do SGQ, tanto ao nível da empresa, através do MQ, como especificamente para a obra, através do PQ.

Em cada ficha do PIE será feito o registo dos resultados de uma inspeção ou ensaio, mas também poderá servir para o preenchimento de variados registos e/ou processos. A sequência dos processos acompanha a evolução da obra, desta forma o plano é normalmente dividido em quatro fases do processo de monitorização, nomeadamente:

- i. Receção de materiais e equipamentos:

Primeira verificação, durante a receção dos materiais e equipamentos em obra, no que diz especial respeito a marcas, modelos, características,

quantidades comparativamente com o que foi encomendado, de acordo com o projeto de execução, submetido a aprovação e aprovado pela fiscalização de obra, bem como se não apresentam danos aparentes.

ii. Ensaaios em fábrica:

- a. Acompanhar os ensaios de fábrica, por forma a confirmar que os matérias e equipamentos estão a ser produzidos e ensaiados de acordo com o especificado em condições técnicas de projeto e aprovado pela fiscalização. Este tipo de ensaios é normalmente aplicável a equipamentos como quadros elétricos, UTA, *chillers*, caldeiras, bem como processos de pintura e tratamentos anticorrosivos.

iii. Inspeções em obra no processo de execução/montagem:

Verificação por inspeção e ensaio da correta montagem dos diversos materiais, enquanto te encontram em fase de execução, e ensaios funcionais dos equipamentos, comparativamente com as características do projeto de execução.

iv. Inspeções e ensaios finais (comissionamento):

Verificação final da empreitada, relativa aos sistemas e componentes no seu conjunto, se estão projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais do projeto e edifício em causa, resultando na receção provisória da obra.

Particularmente para os sistemas de AVAC, deveriam ser realizados os ensaios funcionais finais (comissionamento) nas estações críticas do ano, nomeadamente no pico do verão e no pico do inverno, pois só aí é que os sistemas podem ser testados em toda a sua plenitude, quer para o aquecimento, quer para o arrefecimento. Confirmando desta forma se os sistemas e equipamentos, projetados e instalados, têm capacidade para vencer as cargas térmicas máximas.

Adicionalmente aos quatro tipos de inspeções referidos, existe um, principal, que é realizado antes desses, no momento inicial da obra, nomeadamente a revisão do projeto. A revisão do projeto pelo empreiteiro é uma inspeção muito importante no sentido em que servirá para confirmar todos os materiais e equipamentos a instalar, bem como

respetivas características e quantidades, uma vez que se poderão verificar incongruências entre peças desenhadas, mapas de quantidades e restantes peças escritas de projeto. Servirá também para detetar eventuais situações dúbias ao projeto, que requerem apresentação de pedido de esclarecimento à entidade projetista, bem como para estudar eventuais otimizações que beneficiarão da simplificação da instalação, custo e prazo de execução.

Relativamente às inspeções e ensaios finais da empreitada, que, caso obtenham resultado favorável, permitirão formalizar a receção provisória, iniciando-se o período de garantia da instalação, estas encerrarão o processo de inspeções e ensaios previsto no PIE. No entanto, decorrido o período de garantia e aquando da realização da vistoria final, que resultará na receção definitiva da obra, do ponto de vista do DO seria vantajoso realizar-se novamente os ensaios finais dos sistemas e equipamentos, com o objetivo de verificar se os mesmos continuam em perfeito estado de funcionamento ou, caso se verifique que algum desses equipamentos não se apresenta em bom estado e funcional, solicitar assistência ao abrigo da garantia.

Os métodos de monitorização, podem ser dos tipos visual, funcional ou de medição e comparação com os requisitos. Relativamente à frequência, as monitorizações podem ser programadas, quando devem ser realizadas após conclusão de um trabalho, pontuais, quando se recebem materiais e equipamentos, e aleatórios, quando não há obrigatoriedade de realizar à totalidade das instalações do mesmo tipo, servindo para confirmar se as condições de boa execução estão reunidas. Para tal, será necessário recorrer às fichas de registo de monitorização, também mencionadas como fichas de inspeção e ensaios.

As fichas de inspeção e ensaios podem ser constituídas por campos de *checklist*, como por exemplo: Conforme – C / Não Conforme – NC / Não Aplicável – NA, ou ser impressos de registo para preenchimento de valores medidos, no respetivo ensaio.

Os campos de *checklist* são normalmente realizados por inspeção visual, sem recurso a EMM. Contudo, no caso dos ensaios o mesmo não se aplica, é necessário garantir a disponibilidade de EMM destinados à leitura que se pretende realizar e dentro dos períodos admissíveis de calibração, caso aplicável.

Existe uma variada gama de EMM aplicáveis a um PIE, uns necessitam de se encontrar calibrados, com certificado válido à data do ensaio, no entanto também poderão ser

utilizados EMM sem certificado de calibração, mas apenas aferidos por outros que se encontrem calibrados.

Um PIE deve incluir especificações e recomendações de diversos documentos de referência aplicáveis, tais como o caderno de encargos, o projeto de execução, os decretos-lei, portarias e normas aplicáveis, documentos técnicos e instruções dos fabricantes, bem como os critérios de aceitação aplicáveis a cada inspeção e ensaio, para serem analisados e aprovados pela fiscalização.

O diretor de obra é responsável por assegurar a realização das inspeções e ensaios e a fiscalização responsável por validar os mesmos, caso os presencie, no entanto a execução dos mesmos pode ser assegurada por diversos profissionais em obra, tanto técnicos credenciados, no caso de necessidade de manuseamento de equipamentos e sistemas que carecem de conhecimentos técnicos específicos, como por profissionais operários, embora sem qualificações, que detetem uma inconformidade em determinada execução, recorrendo apenas à inspeção visual.

Caso não se verifiquem reunidas as condições de aceitação, deverá ser registada a não conformidade da inspeção e ensaio e analisadas e aplicadas as ações corretivas necessárias, até converter o resultado em conforme. Devem estar previstas algumas medidas/ações necessárias para atingir os resultados expectáveis, para os casos em que os resultados obtidos não foram favoráveis, dentro dos critérios estabelecidos. Quando a aplicação destes não se verificar suficiente para obter resultado positivo deve-se procurar esclarecimentos técnicos para converter o resultado em conforme e de seguida prever a respetiva ação na atualização do PIE, promovendo assim a melhoria contínua dos processos.

É reconhecido o benefício da aplicação de um PIE, pertencente ao PQ, para uma obra, de forma geral. No entanto, as vantagens do mesmo, podem ser analisadas de diferentes óticas. Do ponto de vista do empreiteiro será a confirmação da correta execução de uma instalação, enquanto a mesma ainda se encontrará em curso e através de inspeções e ensaios, resultando nos menores custos imprevistos ao abrigo do período da garantia, pelo que assim se converterá num melhor resultado financeiro possível. Do ponto de vista do DO significará a qualidade e correto funcionalidade dos sistemas adquiridos, resultando

numa maior satisfação do cliente, reconhecendo a qualidade do instalador no respetivo projeto e até, possivelmente, procurando o mesmo para futuros projetos.

Relativamente à transferência das instalações da fase de execução, pelo empreiteiro, para a fase de exploração, muitas vezes o DO e respetiva equipa de manutenção do edifício desconhecem a potencialidade técnica dos sistemas, como devem ser operados, em que regimes são energeticamente mais eficientes e resultam no consumo energético mínimo. Como tal, entre fases, deve ser elaborado e apresentado um manual de condução e exploração de edifício, com a principal finalidade de apresentar os diversos sistemas, regimes em que devem ser operados, *set-points* a adotar, funcionalidades do sistema de gestão técnica centralizada do edifício, caso aplicável, quais os ensaios e tarefas de manutenção a realizar periodicamente.

O manual de condução e exploração do edifício é normalmente realizado pelo empreiteiro, na fase final de execução da obra, no entanto entende-se que seria mais benéfico ser apresentado pela entidade projetista, uma vez que foi esta a responsável pela projeção e dimensionamento dos sistemas, estudo dos regimes funcionamento dos mesmos, quais os *set-points* que resultam num conforto individual, espaço a espaço, e de forma global, qual a simultaneidade que se espera com base nesses regimes de funcionamento, sem ultrapassar as capacidades das centrais de produção de energia térmica, armazenamento e de bombagem, entre muitas outras funcionalidades. Não seria, desta forma, necessário o empreiteiro alterar a condução estudada pela entidade projetista, em fase de elaboração de projeto, a fiscalização conheceria desde o início as potencialidades pensadas pelo projetista para a instalação em causa, podendo desta forma dar maior atenção aos detalhes mais importantes, durante a fase de instalação, execução e ensaio, e o DO saberia exatamente como deveria conduzir a instalação, pensada e dimensionada pelo projetista, tirando maior partido dos sistemas instalados e nos regimes de maior eficiência e menor custo energético.

Em complemento ao manual de condução e exploração do edifício, seria igualmente importante a entidade projetista assegurar o manual de procedimentos para o comissionamento (inspeções e ensaios), o manual de gestão de energia e o projeto de manutenção, juntamente com o respetivo projeto de execução elaborado.

2.3. Metrologia

É ao Instituto Português da Qualidade (IPQ) que compete representar o país nos organismos europeus e internacionais de acreditação, metrologia, normalização e certificação. O Sistema Português da Qualidade (SPQ), gerido pelo IPQ, é composto por três subsistemas:

- Normalização;
- Metrologia;
- Qualificação (certificação e acreditação).

A metrologia é a ciência da medição, base para praticamente todas as áreas da atividade humana, como a indústria, energia, meio ambiente, saúde, segurança, comunicações, transportes, entre outras, onde são necessárias medições exatas e geradoras de confiança para o utilizador. Essencial à investigação fundamental na procura de medições de elevada exatidão e pequena incerteza. Dentro da metrologia existem três tipos de atividade, a científica, a legal e a aplicada.

A metrologia científica coopera com os centros de investigação, procura identificar as áreas de maior relevância e capacidade nacional e beneficiar de maior envolvimento das instituições científicas e tecnológicas.

A metrologia legal procura assegurar os novos domínios que vão surgindo nos diversos sectores como da saúde, ambiente, energia, comunicações e forense, bem como a regulamentação exigindo medições sem rastreabilidade e a intensificação da fiscalização e vigilância de mercado.

A metrologia aplicada pretende dar resposta às diversas necessidades da indústria, estabelecer a concorrência entre metrologia obrigatória e voluntária e estudar novas necessidades dentro das quais a nanotecnologia, química analítica, biotecnologia e novos materiais.

Tanto na área das inspeções e ensaios de empreitadas, como nos restantes setores, as medições são verificadas por meio dos EMM. Contudo estes podem, ao longo do tempo e devido à normal utilização ou por algum acontecimento específico, perder a respetiva calibração.

A calibração é a operação que, em condições especificadas, num primeiro passo, estabelece a relação entre os valores da grandeza com incertezas de medição provenientes de padrões e as indicações correspondentes com incertezas de medição associadas e, num segundo passo, usa esta informação para estabelecer uma relação para obter o resultado de medição de uma indicação.

Neste contexto, entende-se que a calibração é dos conceitos mais importantes no tema da metrologia, uma vez que a utilização de um EMM que não se encontra calibrado facultará informações incorretas que certamente comprometerão as conclusões dos respetivos ensaios. Desta forma é estritamente necessário garantir que os EMM necessários aos ensaios previstos no PIE da respetiva empreitada se encontrem dentro da validade de calibração, a que foram anteriormente submetidos e certificados como tal, por um laboratório acreditado. Também deverão ser garantidas a correta utilização e conservação do EMM, uma vez que o inverso poderá causar prévia necessidade de calibração relativamente ao prazo previsto no certificado.

Como principal responsável nacional nesta matéria, é parte integrante da política da qualidade e da conciliação do IPQ, no que respeita ao Laboratório Nacional de Metrologia, disponibilizar os meios e os recursos adequados para assegurar as ações necessárias de suporte à metrologia. Promovendo o acompanhamento e a execução das políticas que contribuem para o desenvolvimento das atividades laboratoriais, garantindo a sua imparcialidade.

Sendo ainda de assegurar que todo o pessoal relacionado com as atividades de ensaio e/ou calibração de instrumentos de medição e produção de materiais de referência certificados, esteja familiarizado com a documentação da qualidade. Adicionalmente, deverá cumprir as políticas e os procedimentos no seu trabalho, considerando a qualidade das operações metrológicas disponibilizadas aos seus clientes, de acordo com os métodos implementados e com os requisitos dos clientes.

O Decreto-Lei n.º 291/90 estabelece o regime de controlo metrológico de métodos e instrumentos de medição. Métodos estes que obedecem à qualidade metrológica estabelecida nos respetivos regulamentos, de controlo metrológico, em harmonia com as diretivas comunitárias ou, na sua falta, pelas recomendações da Organização Internacional de Metrologia Legal ou outras disposições aplicáveis indicadas pelo IPQ.

O controlo metrológico dos instrumentos de medição compreende uma ou mais das seguintes operações:

- Aprovação de modelo;
- Primeira verificação;
- Verificação periódica;
- Verificação extraordinária.

A aprovação de modelo é o ato que atesta a conformidade de um instrumento de medição ou de um dispositivo complementar, devendo ser requerida pelo respetivo fabricante ou importador e sendo válida por um período de 10 anos, findo o qual carece de renovação.

Quando a aprovação ou renovação não possa ser concebida nas condições normais, podem ser impostas uma ou mais das seguintes restrições:

- Limitação do prazo de validade a dois anos, prorrogável, três no máximo;
- Limitação do número de instrumentos de medição fabricáveis ao abrigo da aprovação;
- Obrigação de notificação dos locais de instalação dos instrumentos de medição;
- Limitações na utilização.

Sempre que, a um modelo já aprovado, sejam alterados componentes ou dispositivos complementares, realizadas modificações que possam influenciar os resultados das medições ou condições de utilização, esse modelo carece de aprovação complementar. Contudo, o modelo pode vir a ser revogado, caso se verifique pelo menos uma das seguintes três situações:

- Não conformidade dos instrumentos de medição fabricados de acordo com o modelo aprovado;
- Não conformidade das condições particulares de aprovação;
- Detetado um defeito de ordem geral dos instrumentos de medição, tornando-os impróprios para o fim a que se destinam.

Os EMM, quando comprados, são fornecidos sem certificado de calibração, sendo o mesmo solicitado ou realizado à posteriori. A primeira verificação entende-se como o exame e o conjunto de operações destinados a constatar a conformidade da qualidade metrológica dos instrumentos de medição, novos ou reparados, devendo ser requerida,

para os novos instrumentos, pelo fabricante ou importador e pelo utilizador, para os reparados. Após concluída a primeira verificação, com resultado favorável, será registada no próprio a marca de garantia de inviolabilidade do instrumento.

A verificação periódica é o conjunto de operações destinadas a constatar se o instrumento mantém a qualidade metrológica dentro das tolerâncias admissíveis relativamente ao modelo, devendo ser requerida pelo utilizador

Entende-se por verificação extraordinária o conjunto de operações destinadas a verificar se o instrumento de medição permanece nas condições de calibrado e podem ser requeridas por qualquer interessado, ou por iniciativa de entidades oficiais competentes, como por exemplo a ANEPC, entre outras que participam em vistorias de obra.

Ao nível de uma empresa, que tem em sua posse um conjunto de EMM para diversos ensaios distintos, é normal fazer-se um registo em mapa de todos esses equipamentos, com marcas, modelos, finalidades, data de calibração ou aferição, qual o técnico que está responsável por ele, à respetiva data de registo, entre outras informações pertinentes. Desta forma é relativamente simples fazer o controlo dos EMM, normalmente pelo departamento de Qualidade, Ambiente e Segurança (QAS) de uma empresa, para consultar por que técnicos ou obras se encontram distribuídos e quando se aproxima a data de realizar nova aferição ou calibração, antes do período de validade caducar.

A aferição pode ser realizada em alguns tipos de equipamentos, como multímetros, manómetros, pirómetros, entre outros, contudo em laboratórios ou áreas fabris atestadas para esse efeito, através da comparação dos valores medidos com outro equipamento certificado. Contudo, no caso de equipamentos com um detalhe técnico mais complexo e nos casos cujo resultado da aferição se verificou negativo, estes devem ser calibrados em laboratórios de calibrações certificados para o efeito, como por exemplo o do IPQ e o da TAP. No entanto, será sempre dada preferência à aferição, uma vez que o custo de calibração de EMM em laboratório de calibrações chega a atingir custos superior ao do próprio EMM.

2.4. Importância dos sistemas de AVAC

Conforme anteriormente referido a evolução tecnológica dos edifícios contribui para a melhoria da qualidade de vida em geral. Especificamente a área do AVAC, que procura

dar resposta às necessidades da Qualidade do Ar Interior (QAI), por renovação de ar dos diversos espaços interiores de um edifício em função das suas características, dar resposta a diversas necessidades de segurança, tais como garantir o correto controlo de fumos e pressurização de caminhos de evacuação em caso de incêndio, proporcionar condições de conforto térmico aos seus ocupantes e possibilitar condições específicas de temperatura e humidade, que poderão ser necessárias para desempenhar diversas atividades profissionais.

Desta forma, serve o presente subcapítulo para apresentar e desenvolver as diversas finalidades das instalações de AVAC, com referência à respetiva legislação e normas, quando aplicável, demonstrando a importância que a mesma tem para a exploração de um edifício.

2.4.1. Qualidade do Ar Interior

A especialidade de AVAC abrange diversos sistemas mecânicos, a instalar em edifícios, com finalidades distintas. Uma das primeiras necessidades dos edifícios neste âmbito é a ventilação, sendo uma das subespecialidades pertencentes ao AVAC que requer projeto de licenciamento.

O Decreto-Lei n.º 118/2013 visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do SCE, que integra o REH e o RECS, conciliado com as necessidades relativas à manutenção da QAI nos edifícios.

Dada a importância da QAI para assegurar as condições de bem-estar e saúde dos ocupantes dos edifícios, os legisladores responsáveis pelas áreas da energia, do ambiente, da saúde e da segurança social estabeleceram os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, em função da ocupação, das características do próprio edifício e dos seus sistemas de climatização, bem como, os limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior.

Os valores mínimos deverão ser garantidos para os novos edifícios de comércio e serviços, com base no método prescritivo ou no método analítico. Para tal, os edifícios devem ser dotados de sistemas e estratégias que promovam a ventilação dos espaços com recurso a meios naturais, a meios mecânicos ou a uma combinação dos dois.

Em fase de projeto deverá ser privilegiado o recurso à ventilação natural, numa ótica de otimização de recursos, de eficiência energética e de redução de custos. Sendo ainda eliminadas as auditorias de qualidade do ar interior, mantendo-se, contudo, a necessidade de se proceder ao controlo das fontes de poluição e à adoção de medidas preventivas, tanto ao nível da conceção dos edifícios, como do seu funcionamento, de forma a cumprir os requisitos legais para a redução de possíveis riscos para a saúde pública. A ventilação mecânica/forçada deve complementar, para os casos em que a ventilação natural seja insuficiente para cumprimento das normas aplicáveis.

A ventilação natural recorre às ações naturais do vento e da diferença de temperatura, baseia-se em soluções que permitam o escoamento natural do ar nos espaços interiores do edifício, através de aberturas permanentes ou controláveis, com área adequada para o efeito, sendo que o caudal de ar novo efetivo nos espaços está dependente dos efeitos naturais e da atuação dos ocupantes nas folhas móveis dos vãos.

No caso de utilização de meios mecânicos de ventilação, o valor de caudal de ar novo introduzido em cada espaço deve ter em conta a eficácia de redução da concentração de poluentes.

O cumprimento dos requisitos acima referidos deve ser demonstrado explicitamente nas peças escritas, através da memória descritiva e justificativa de execução, e desenhadas do projeto do edifício, bem como no final da obra, em projeto atualizado, telas finais e demais comprovativos da boa e correta execução.

Os edifícios de comércio e serviços novos, após a obtenção da licença de utilização, ficam sujeitos ao cumprimento dos limiares de proteção e condições de referência dos poluentes.

Para que um espaço possa ser considerado adequadamente ventilado com recurso a meios naturais, devem ser verificadas as condições previstas para o efeito nos seguintes métodos, descritos na Portaria n.º 353-A/2013:

i. Método base:

Baseado num cálculo horário da taxa de renovação de ar. O sistema de ventilação natural é considerado adequado quando garante um caudal mínimo de ar novo em, pelo menos, 90% das horas, no período de ocupação do ano;

ii. Método simplificado:

Condiciona o recurso a ventilação natural somente para edifícios com um máximo de quatro pisos, desde que as atividades desenvolvidas no seu interior não impliquem a emissão de poluentes específicos e que não disponham de aparelhos de combustão.

Prevê a necessidade de evidenciar que o caudal de ar novo, proporcionado pelo sistema de ventilação natural, é igual ou superior ao mínimo determinado pelo método analítico ou prescritivo;

iii. Método condicional:

Ainda na Portaria n.º 353-A/2013, mais especificamente no anexo ao RECS, *Requisitos de ventilação e qualidade e qualidade do ar interior*, considera que pode existir um caudal de ventilação natural adequado quando satisfeitas, cumulativamente, as seguintes condições principais, apresentadas de forma resumida:

- a) A área útil total das aberturas na envolvente exterior não deve ser inferior a 4% da área de pavimento do espaço com ventilação natural;
- b) Caso a ventilação seja assegurada pela abertura de janelas, estas devem ser adequadas para ventilação natural;
- c) Cada janela deve ter uma área útil de abertura não superior a 1 m²;
- d) As janelas devem ter parte da zona aberta situada acima de 1,8 m do pavimento;
- e) As janelas devem apresentar, no mínimo, classe 3 de permeabilidade ao ar;
- f) O espaço servido não deve apresentar uma densidade de ocupação superior a 0,2 [ocupante/m²];
- g) Nos quartos de dormir ou de repouso, a ventilação natural deve ser assegurada pelo recurso a aberturas na envolvente, nomeadamente grelhas de admissão de ar autorreguláveis;

Caso se verifique um espaço interior contíguo a um espaço confinado pela envolvente exterior com ventilação natural, o mesmo poderá ter ventilação natural suficiente desde que tenha uma abertura permanente de ligação ao espaço contíguo, de dimensão não inferior a 8% da área de pavimento do espaço interior, com um limite mínimo de 2,3 m²;

Relativamente à localização das aberturas nas fachadas, devem ser asseguradas as seguintes condições adicionais:

- a) Nos espaços com aberturas em apenas uma das fachadas, a profundidade do espaço não deve exceder duas vezes o seu pé-direito médio, até um valor máximo de 7,5 m;
- b) Nos espaços com aberturas em duas fachadas opostas, a maior distância entre essas fachadas com aberturas não deve exceder cinco vezes o pé-direito médio do espaço, até um valor máximo de 17,5 m;
- c) Nos espaços com aberturas em duas fachadas adjacentes, a distância média entre o centro das fachadas com aberturas não deve exceder cinco vezes o pé-direito médio do espaço, considerado, até um valor máximo de 17,5 m.

Independentemente do método de verificação, deve ser assegurado que os sistemas de ventilação natural são dotados de meios destinados a limitar a renovação excessiva de ar, devida, designadamente, à ação do vento intenso, devendo ainda ser assegurada a distribuição adequada das aberturas no espaço para promover a renovação do ar interior e evitar zonas de estagnação.

A ventilação com recurso a meios mecânicos baseia-se na utilização de sistemas e equipamentos que promovam a renovação do ar interior, por extração do ar do espaço e/ou insuflação de ar exterior, ou de ar tratado numa mistura com ar novo. Devendo ser garantida a distribuição homogénea do ar novo, em toda a zona ocupada do espaço, e a existência de sistemas de ventilação apropriados para a renovação do ar interior, que garantam o caudal mínimo de ar novo de acordo com o previsto no RECS, considerando a eficácia de remoção de poluentes garantida por esse sistema, na zona ocupada.

No que respeita à política de QAI, considera-se da maior relevância a manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e dos limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior, de forma a salvaguardar os mesmos níveis de proteção de saúde e de bem-estar dos ocupantes dos edifícios.

2.4.2. Controlo de fumos

A componente de controlo de fumos pode ser considerada a mais importante da especialidade de AVAC, no que diz respeito à segurança dos ocupantes do respetivo edifício, uma vez que tem um grande peso na área da SCIE.

A autoridade nacional competente que propõe as medidas legislativas e regulamentares consideradas necessárias neste domínio, bem como assegurar o seu cumprimento, é a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC).

O Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro engloba as disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos, distribuídos por 12 utilizações-tipo, sendo cada uma delas, por seu turno, estratificada por quatro categorias de risco de incêndio. Baseia-se nos princípios gerais da preservação da vida humana, do ambiente e do património cultural. Tendo em vista o cumprimento dos referidos princípios, o presente decreto-lei é de aplicação geral a todas as utilizações de edifícios e recintos, visando em cada uma delas:

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

A resposta aos referidos princípios é estruturada com base na definição das utilizações-tipo, dos locais de risco e das categorias de risco, que orientam as distintas disposições de segurança constantes deste regime.

É na Portaria n.º 1532/2008, de 29 de dezembro, do presente Decreto-Lei, que é aprovado um regulamento técnico que estabelece as condições técnicas gerais e específicas da

SCIE, nomeadamente as condições exteriores comuns, as condições de comportamento ao fogo, isolamento e proteção, as condições de evacuação, as condições das instalações técnicas, as condições dos equipamentos e sistemas de segurança e as condições de autoproteção.

No que diz respeito à matéria do controlo de fumos e especificamente para as cozinhas, onde existe uma maior necessidade de extração dos fumos e vapores libertados por confeção bem como maior risco de incêndio, a Portaria n.º 1532/2008, de 29 de dezembro prevê que as instalações de extração de fumos e vapores podem ser concebidas para funcionar como instalações de controlo de fumo em caso de incêndio.

É no capítulo IV da Portaria n.º 1532/2008 que é detalhada a temática do controlo de fumos, introduzindo esta com a recomendação que os edifícios devem dotar de meios que promovam a libertação para o exterior do fumo e dos gases tóxicos ou corrosivos, reduzindo a contaminação e a temperatura dos espaços e mantendo condições de visibilidade, nomeadamente nas vias de evacuação. O controlo de fumos pode ser realizado pelos seguintes métodos:

- i. O controlo do fumo produzido no incêndio pode ser realizado por varrimento ou pelo estabelecimento de uma hierarquia relativa de pressões, com subpressão num local sinistrado relativamente aos locais adjacentes, com o objetivo de os proteger da intrusão do fumo.
- ii. A desenfumagem pode ser passiva, quando realizada por tiragem térmica natural, ou ativa, nos casos em que se utilizem meios mecânicos.
- iii. As instalações de desenfumagem passiva compreendem aberturas para admissão de ar e aberturas para libertação do fumo, ligadas ao exterior, quer diretamente, quer através de condutas.
- iv. Não é permitido o recurso a desenfumagem passiva em locais amplos cobertos, incluindo pátios interiores e átrios, com altura superior a 12 m.
- v. Nas instalações de desenfumagem ativa, o fumo é extraído por meios mecânicos e a admissão de ar pode ser natural ou realizada por insuflação mecânica.

- vi. As instalações de ventilação e de tratamento de ar dos edifícios podem participar no controlo do fumo produzido no incêndio, desde que sejam satisfeitas as exigências do capítulo em causa.

É obrigatório prever controlo de fumos num conjunto de espaços bastante vulgares em edifícios de volume considerável, tais como vias verticais de evacuação enclausuradas, câmaras e antecâmaras corta-fogo, vias horizontais, pisos situados no subsolo, desde que sejam acessíveis a público ou que tenham área superior a 200 m², independentemente da sua ocupação. Existe, igualmente, obrigatoriedade de garantir controlo de fumos nos seguintes locais:

- De risco B, com efetivo superior a 500 pessoas;
- De risco C, referidos no n.º 3 do artigo 11.º do Decreto-lei n.º 220/2008, de 12 de novembro;
- Cozinhas na situação prevista no n.º 2 do artigo 21.º,
- Átrios e corredores adjacentes a pátios interiores, nas condições previstas na alínea a) do n.º 1 do artigo 19.º, no caso de serem cobertos;
- Espaços cobertos afetos à utilização-tipo II;
- Espaços afetos à utilização-tipo XII, cumprindo as respetivas condições específicas;
- Nos espaços cénicos isoláveis, cumprindo as respetivas condições específicas.

O Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, serviu igualmente para adotar o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias n.º 2000/147/CE e 2003/632/CE, relativas à classificação da reação ao fogo de produtos de construção, e n.º 2000/367/CE e 2003/629/CE, respeitantes ao sistema de classificação da resistência ao fogo, atendendo aos seguintes parâmetros:

- a) R — Capacidade de suporte de carga;
- b) E — Estanquidade a chamas e gases quentes;
- c) I — Isolamento térmico;
- d) W — Radiação;
- e) M — Ação mecânica;
- f) C — Fecho automático;

- g) S — Passagem de fumo;
- h) P ou PH — Continuidade de fornecimento de energia e ou de sinal;
- i) G — Resistência ao fogo;
- j) K — Capacidade de proteção contra o fogo.

2.4.3. Conforto térmico em edifícios

O globo terrestre é constituído por diversos locais, que apresentam condições meteorológicas distintas. As características térmicas dos edifícios poderão não ser suficientes para vencer esses ganhos ou perdas térmicas causadas pelas condições exteriores, refletindo-se em condições interiores prejudiciais para a saúde e conforto humano.

O AVAC tem também como objetivo dar resposta às necessidades de conforto térmico nos edifícios, normalmente compreendido entre os 20 °C e os 23 °C, vencendo os ganhos térmicos de cada espaço, através de uma diversa gama de sistemas e equipamentos mecânicos e com recurso aos fundamentos termodinâmicos, com origem no ciclo frigorígeno, que possibilita o transporte da energia térmica do(s) evaporador(es), onde é absorvida, para ser dissipada no(s) condensador(es).

Dependendo do fluido frigorígeno específico, é através do respetivo Diagrama de *Mollier* que se estuda as capacidades térmicas envolvidas num determinado sistema, pela variação de pressões, temperaturas, entalpias, volumes específicos e entropias em causa.

A figura 2.1 apresenta um ciclo frigorígeno teórico num Diagrama de *Mollier*, onde é possível verificar as transformações associadas a cada um dos principais equipamentos do ciclo, nomeadamente o aumento de entalpia no evaporador e a diminuição no condensador, ambas isobáricas, o aumento de pressão no compressor, isentrópico, e a diminuição de pressão, isentálpica, na válvula de expansão.

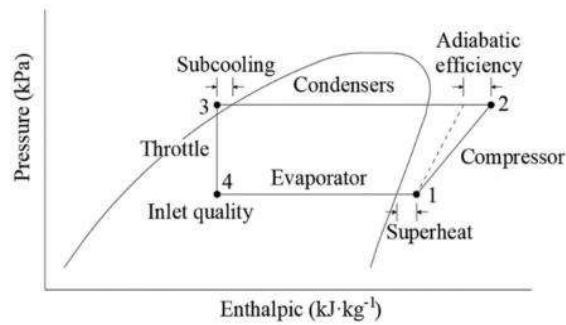


Figura 2.1 – Exemplo de representação de um ciclo frigorífero num Diagrama de Mollier

[Fonte: Performance Analysis of Heat Pump Dryer with Unit-Room in Cold Climate Regions, *Energies*. 2019]

A eficiência de um sistema de climatização é tão maior quanto menor for o seu consumo de energia elétrica no(s) compressor(es) por cada kW de arrefecimento/aquecimento produzido, sendo para tal adotados os seguintes coeficientes que podem ser facilmente obtidos através da leitura do respetivo Diagrama de Mollier:

Em modo aquecimento:

$$COP = \frac{\dot{Q}_{aquecimento}}{P_{compressor}} \quad (1)$$

onde,

COP – Coeficiente de Desempenho [n.a.];

$\dot{Q}_{aquecimento}$ – Capacidade de aquecimento [kW];

$P_{compressor}$ – Potência elétrica consumida [kW].

em modo arrefecimento:

$$EER = \frac{\dot{Q}_{arrefecimento}}{P_{compressor}} \quad (2)$$

em que:

EER – Rácio de Eficiência Energética [n.a.];

$\dot{Q}_{arrefecimento}$ – Capacidade de arrefecimento [kW].

Sendo a potência associada a um ciclo frigorífico obtida da seguinte forma:

$$\dot{Q} = \dot{m} \Delta h \quad (3)$$

onde:

\dot{Q} – Capacidade de aquecimento ou arrefecimento [kW];

\dot{m} – Caudal mássico do fluido frigorigéneo [kg/s];

Δh – Variação da entalpia [kJ/kg].

Uma vez que os valores de caudal mássico são constantes, devido à conservação da massa do fluido, no próprio ciclo, é possível calcular os valores de COP e EER pela relação dos valores de variação de entalpia, entre os pontos 2 e 3 em situação de aquecimento (COP) e entre os pontos 4 e 1 em situação de arrefecimento (EER), como se explica com maior detalhe de seguida.

A figura 2.2 representa, graficamente, a relação de variações de entalpia entre o compressor, onde é consumida a energia elétrica, e o condensador, onde é libertada a energia térmica, em modo aquecimento.

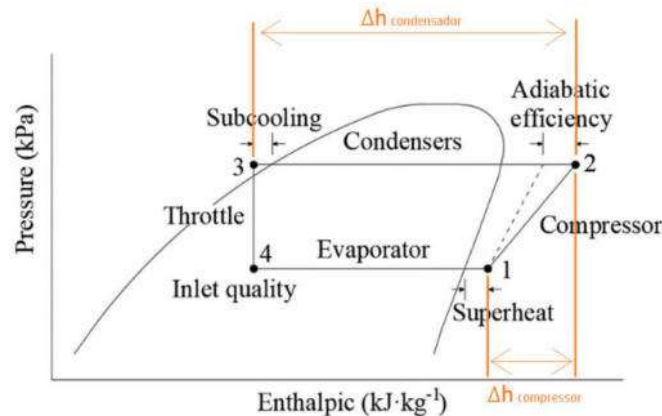


Figura 2.2 – Obtenção do valor de Coeficiente de Desempenho (COP)

[Fonte: Adaptado de Performance Analysis of Heat Pump Dryer with Unit-Room in Cold Climate Regions, *Energies*. 2019]

obtendo o valor do COP da seguinte forma:

$$COP = \frac{\Delta h_{condensador}}{\Delta h_{compressor}} \quad (4)$$

A figura 2.3 representa, graficamente, a relação de variações de entalpia entre o compressor, onde é consumida a energia elétrica, e o evaporador, onde é absorvida a energia térmica, em modo arrefecimento.

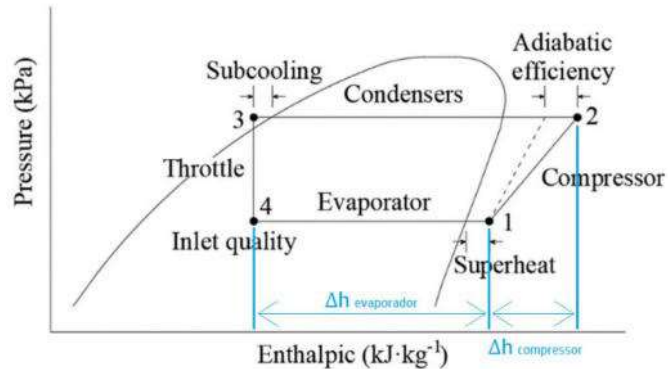


Figura 2.3 – Obtenção do valor de Rácio de Eficiência Energética (EER)

[Fonte: Adaptado de Performance Analysis of Heat Pump Dryer with Unit-Room in Cold Climate Regions, *Energies*. 2019]

obtendo o valor do EER da seguinte forma:

$$EER = \frac{\Delta h_{evaporador}}{\Delta h_{compressor}} \quad (5)$$

Relativamente ao ar insuflado para tratar um determinado espaço, com respetivo caudal, ganhos térmicos, temperaturas, humidade e condições exteriores é, através de um Diagrama Psicrométrico, como o representado na figura 2.4, possível estudar as respetivas capacidades térmicas necessárias para prévio tratamento e conseqüente comportamento.

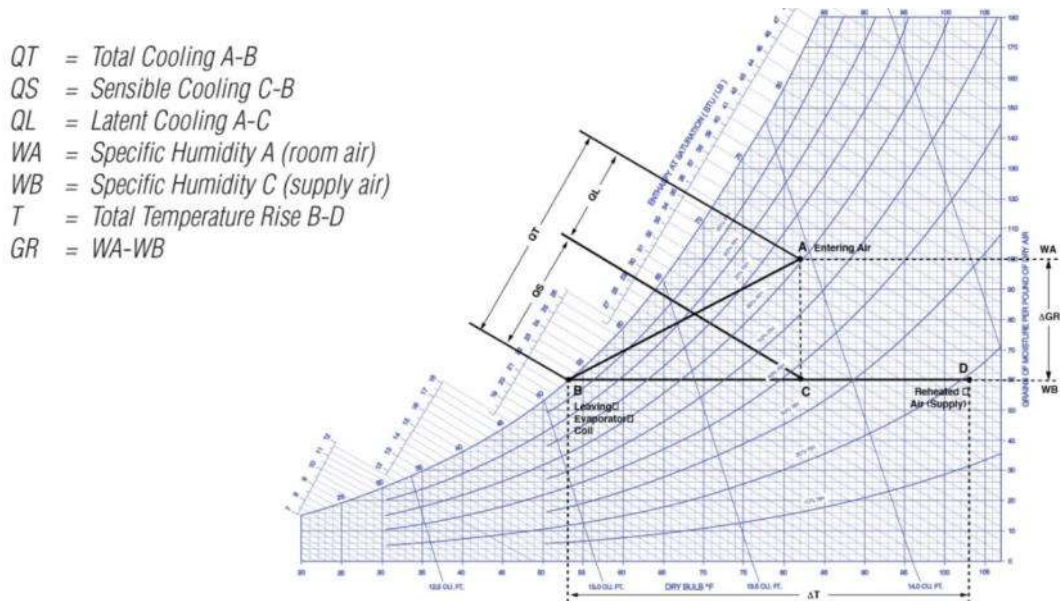


Figura 2.4 – Exemplo de representação de um Diagrama Psicrométrico

[Fonte: Desert Aire, 2019]

Os dois tipos de diagramas de *Mollier* e Psicrométrico são dos mais importantes para dimensionamento e seleção dos equipamentos a adotar, em função do espaço a que se destinam, tanto para fabrico como seleção, em fase de projeto de execução. Contudo, existe uma grande diversidade de outras ferramentas de apoio ao dimensionamento de sistemas de AVAC. Não só para equipamentos, como para redes de condutas, tubagem, válvulas, acessórios, difusão.

É em função dos ganhos térmicos, sensíveis e latentes, que se selecionam as unidades terminais de climatização, as centrais e as produtoras de energia térmica. Devendo estas unidades terem capacidades superiores às respetivas necessidades, em situações críticas, bem como em consideração os respetivos coeficientes de simultaneidade. Contudo, complementarmente aos equipamentos de produção de energia e tratamento do ar, também existe outra área com elevada influência no conforto, a difusão. Uma incorreta seleção e implantação dos equipamentos de difusão poderá resultar num défice de varrimento do ar tratado pelo espaço que climatiza. Tal, fenómeno, causará uma gama de temperaturas diferente dentro do mesmo espaço e possivelmente fora do intervalo de conforto térmico, o que não se pretende.

Uma boa climatização é a que oferece uma temperatura homogénea e de conforto dentro do espaço que trata e onde os seus ocupantes não sentem a difusão do ar insuflado diretamente.

2.4.4. Manipulação das condições de QAI, temperatura e humidade

Os sectores da saúde e da indústria são dos apresentam maiores necessidades ao nível da manipulação das condições de QAI, temperatura e humidade. Os edifícios hospitalares, por exemplo, necessitam de sistemas de AVAC específicos e rigorosos, especialmente quando se trata de blocos operatórios e quartos de isolamento. O risco de infeção num bloco operatório devido ao transporte de bactérias pelo ar é dos principais riscos a ter em consideração no desenvolvimento do projeto de ventilação de uma sala de cirurgia. Os sistemas de ventilação deverão minimizar esse risco, através da seleção e localização dos equipamentos de difusão, dos caudais de ar, que devem resultar numa pressurização do espaço e pela aplicação de *High-efficiency particulate air (HEPA) filter*.

Como é possível verificar pelo layout tipo do sistema de AVAC de um boco operatório, figura 2.5, a implantação do difusor de insuflação, com filtragem bastante fina, sob o paciente permite um escoamento unidirecional e descendente do ar tratado, impedindo a penetração de possíveis bactérias presentes na sala, nessa área exposta. A extração ao nível baixo permite que o escoamento do ar tratado seja o mais descendente possível e, desta forma, não retorne à zona de cirurgia.

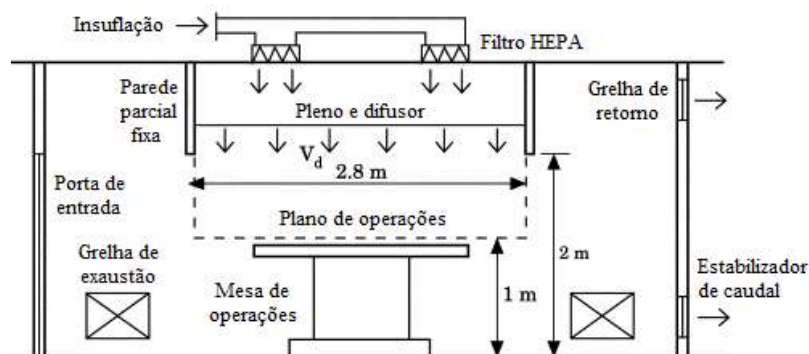


Figura 2.5 – Layout tipo do sistema de AVAC de um bloco operatório

[Fonte: Traduzido de Journal of Hospital Infection Volume 56, Issue 2, February 2004]

Adicionalmente e embora não se verifique na imagem anterior, o somatório dos caudais de extração e retorno devem ser inferiores aos de insuflação, só desta forma se garante que no caso de abertura de portas confinantes com outros espaços não entrem bactérias, através da pressurização do espaço.

Relativamente ao presente tema, da procura e estudo dos fluxos unidirecionais em espaços limpos, a dinâmica de fluidos computacional tem sido uma ferramenta de rápido desenvolvimento usada na previsão da distribuição do ar ambiente e dispersão de contaminantes.

A figura 2.6 demonstra, através de uma simulação CFD, como se consegue obter um regime laminar através do tipo de difusão, conseguindo um melhor controlo das condições do ar numa mesa de trabalho.

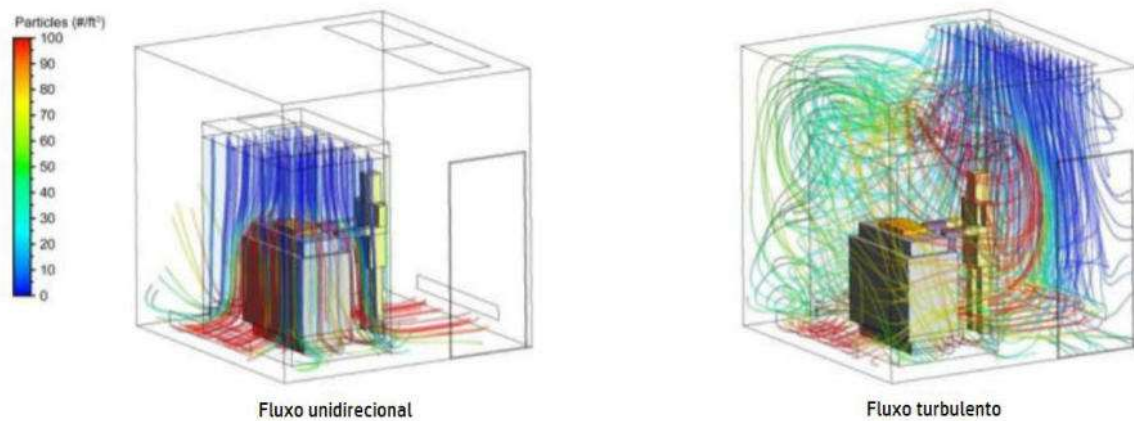


Figura 2.6 – Simulação CFD mostrando os padrões de fluxo de ar num ambiente de sala limpa

[Fonte: Ordem dos Engenheiros - 15.^{as} jornadas de engenharia de climatização, outubro 2015]

O rigoroso controlo da temperatura e humidade nas salas cirúrgicas tem também uma elevada importância nos blocos operatórios, uma vez que influencia um dos sinais vitais do paciente, a temperatura corporal.

A Sociedade Americana de Anestesiologistas (ASA) recomenda a constante monitorização e avaliação da oxigenação, da ventilação, da circulação e da temperatura corporal, para qualquer procedimento anestésico. Sendo que, relativamente à temperatura, considera como principal objetivo manter uma temperatura corporal adequada durante todo o procedimento anestésico.

Dentro do sector da indústria um dos que exige maior rigor no dimensionamento dos sistemas de AVAC é o farmacêutico. Estes edifícios possuem salas com características muito semelhantes às dos blocos operatórios, contudo conseguem ser mais rigorosas nas tolerâncias de temperatura, humidade e de ausências de partículas indesejadas, por essa razão são conhecidas como as salas limpas.

Ainda relativamente à saúde, existem outros espaços cuja ventilação de ar e controlo de pressões é muito importante. Os quartos de isolamento, por exemplo, são destinados à permanência de pacientes com doenças facilmente transmissíveis pelo ar, como a tuberculose e a recente COVID-19. Nestes espaços a ventilação funciona de forma inversa aos blocos operatórios, uma vez que o pretendido é não contaminar os espaços adjacentes.

Como se pode verificar, na figura 2.7, os quartos de pressão negativa possuem sistemas de ventilação com caudais extração (B+C) superiores aos de insuflação (A), resultando numa entrada de ar (D) pela abertura de portas com espaços adjacentes e desta forma garantindo que não existe contaminação de outros espaços.

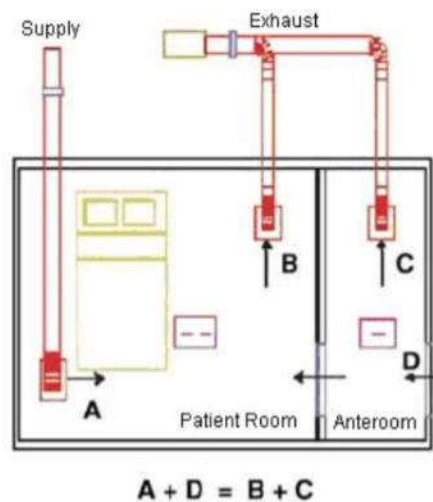


Figura 2.7– Layout tipo do sistema de AVAC de um quarto de pressão negativa

[Fonte: HVAC for Hospitals & Healthcare Facilities, 2012]

É também muito importante para estes sistemas garantir a fina filtragem do ar, embora neste caso relativamente à exaustão, bem como posicionar as saídas de ar com franco afastamento de circulações de pessoas e de admissão de ar exterior.

Capítulo 3 - Descrição das instalações técnicas de AVAC

É recorrente, na área da construção civil, ouvir-se dizer que não existem dois projetos iguais, o AVAC como especialidade não é exceção. Tal afirmação justifica-se não só pela arquitetura de cada edifício, pelas cargas térmicas e necessidades de renovação de ar dos diversos espaços desse edifício como pela vasta gama de soluções, sistemas e equipamentos possíveis a selecionar para realizar um determinado projeto. Desde a produção e transporte de energia, podendo ser do tipo água ou expansão direta, até aos diversos equipamentos, centrais ou terminais, inerentes ao tratamento, transporte, regulação e difusão do ar.

O presente capítulo tem como objetivo fazer uma apresentação e, caso aplicável, um desenvolvimento de fundamentos dos principais equipamentos, normalmente associados a uma instalação de AVAC.

3.1. Grupos produtores de água arrefecida e aquecida

O principal equipamento numa instalação de AVAC é o grupo produtor de água gelada, adiante designado por *chiller*, este representa juntamente com os ventiladores das UTA, o maior consumo de energia elétrica da instalação.

Os *chillers* estão divididos em dois grandes grupos, os de ciclo de compressão e os de ciclo de absorção, que por sua vez ainda se subdividem consoante o fluido de arrefecimento. No presente subcapítulo serão descritos os de ciclo de compressão, uma vez que são os mais utilizados nas instalações de AVAC e de acordo com o livro técnico *Sistemas de Climatização: com Volume de Ar Variável e Caudal de Água Variável*, de autor Cavaca Matos, R..

Os *chillers* arrefecidos a ar são construídos em blocos com todos os seus constituintes, compressor, condensador, evaporador, ventiladores, tubagens e controlo. São construídos e ensaiados, em fábrica, sendo desta forma mais fáceis de instalar e controlar o funcionamento. São fabricados em escalões de potência, que podem ir até 2 MW.

Os *chillers* arrefecidos a água, necessitam de uma ligação hidráulica externa para garantir o arrefecimento do condensador. São fabricados em gamas de potência que podem ir até aos 15 MW. Exigem um sistema adicional de arrefecimento, incorporando circulador de água, torre de arrefecimento e um sistema de controlo do conjunto, que os torna mais complexos e dispendiosos, sendo desta forma menos utilizados. Apresentam, no entanto, a vantagem de serem energeticamente bem mais eficientes e permitirem maior flexibilidade na localização dos equipamentos principais, nomeadamente *chillers* e bombas associadas, que podem ficar protegidos da intempérie, ficando apenas a torre de arrefecimento no exterior.

Estes equipamentos, tal como qualquer outro constituído por um ciclo frigorífico, absorvem energia do interior para a dissiparem para o exterior. São também desta forma fabricados *chillers* bomba de calor, que absorvem energia do exterior para a libertarem no interior, servindo como aquecimento, invertendo o ciclo de arrefecimento para aquecimento. Comercializa-se também *chillers* com a funcionalidade de produzir água quente e fria em simultâneo, em vez de dissiparem energia para o exterior aproveitam-na para climatizar espaços com necessidades inversas, especialmente em estações do ano intermédias, ou para produção de Águas Quentes Sanitárias (AQS) e conseguindo assim eficiências muito superiores que *chillers*/bombas de calor só frio ou só calor, sem recuperação.

Relativamente aos compressores, existem quatro tipos com que podem ser equipados os *chillers* e que lhes proporcionam diferentes constituições, gamas de potência de fabrico, preferência de aplicação e custo inicial. A descrição dos vários tipos de compressores tem particular referência à literatura do autor Cavaca Matos, R..

- **Compressores alternativos**

Os compressores alternativos são constituídos por pistão, embolo, biela e manivela, com todas estas peças em movimento, com grande desgaste, ruído e exigências de manutenção. As gamas de potência compreendem os 200 kW a 1300 kW, para *chillers* arrefecidos a água. Os do tipo arrefecido a ar encontram-se em desuso.

A figura 3.1 apresenta, de uma forma simplificada, os principais componentes responsáveis pela compressão de fluidos, em compressores do tipo alternativo.

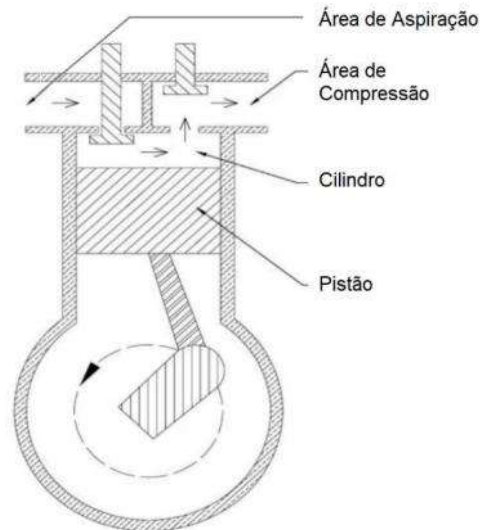


Figura 3.1 – Sistema de compressão tipo alternativo

[Fonte: Researchgate, Simplified diagram of a reciprocating compressor, 2016]

O eixo está acoplado a um motor elétrico, que introduz um determinado binário. Quando o pistão se encontra no sentido descendente, o fluido, à baixa pressão, é aspirado para o cilindro. Posteriormente, quando se encontra no ponto mais baixo da rotação, a válvula de admissão fecha e o fluido aspirado é comprimido, à medida que o pistão sobe, devido à redução do volume da câmara. Quando o pistão se encontra praticamente no ponto mais alto, a válvula de descarga abre e o fluido é transferido para o a alta pressão do ciclo.

- **Compressores tipo *scroll***

A compressão é obtida pela circulação de uma peça espiral em torno de outra fixa do mesmo tipo, mas descentralizadas, o que permite a compressão do fluido frigorífero nas duas câmaras contidas entre as peças, sem contacto, resultando um reduzido desgaste mecânico e baixo nível de ruído.

A figura 3.2 ajuda a compreender o mecanismo dos compressores tipo *scroll*, nomeadamente como é que se consegue reduzir o volume das câmaras entre espiras, através da rotação de uma delas.

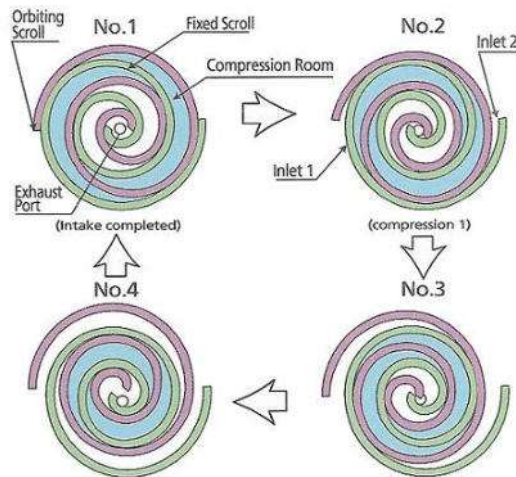


Figura 3.2 – Sistema de compressão tipo scroll

[Fonte: Enggcyclopedia, Scroll-compressors, 2012]

As gamas de potências estão compreendidas entre os 50 kW e os 800 kW, para *chillers* com arrefecimento a ar e até 1000 kW para arrefecidos a água, dependendo do fabricante. Como já referido, este tipo de compressores consegue-se obter valores de ruído até 50 dB, muito mais vantajosos contra os 90 dB dos compressores alternativos.

- **Compressores tipo parafuso (*screw compressor*)**

A compressão é obtida pela rotação de duas peças tipo “parafuso”, macho e fêmea com elevada rotação numa câmara, comprimindo o refrigerante de modo contínuo entre as duas espiras.

A figura 3.3 representa a uma tonalidade diferente o exemplo de uma camara de compressão de um compressor tipo parafuso. A rotação dos eixos faz com que a camara fique cada vez mais pequena, até chegar à zona de descarga, onde o fluido é libertado, a alta pressão.

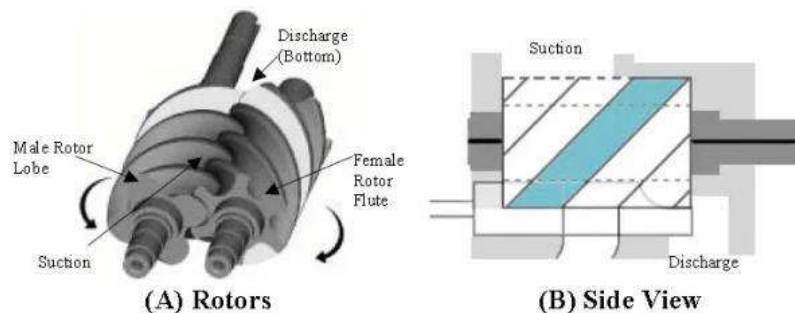


Figura 3.3 – Sistema de compressão tipo parafuso

[Fonte: AONG website, A comparison between screw compressor and other machines, 2019]

As gamas de potências estão compreendidas entre os 200 kW e os 1700 kW, para unidade de arrefecimento a ar e de 250 kW a 3200 kW, para arrefecimento a água, também dependendo do fabricante. São ideais para funcionamento a velocidade variável e têm elevada eficiência volumétrica na compressão do refrigerante.

- **Compressores tipo centrífugos**

Estes compressores têm por constituição base, uma roda impulsora rodando a alta velocidade de onde o fluido frigorigéneo sai com elevada energia cinética, que é posteriormente convertida em pressão num difusor envolvente da roda de configuração expansiva na secção, que permite a recuperação da pressão.

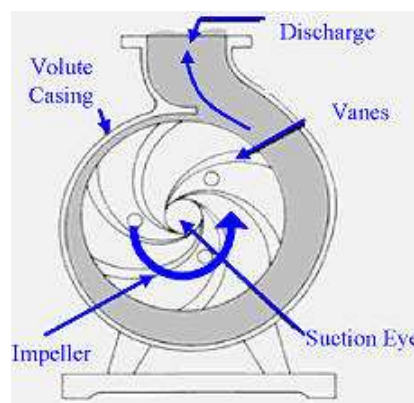


Figura 3.4 – Sistema de compressão tipo centrífugo

[Fonte: Blogspot, Mining engineering - Centrifugal Pumps: Basic Concepts of Operation, Maintenance, and Troubleshooting, 2011]

As gamas de potências estão compreendidas entre os 700 kW e os 15000 kW, ou até mais, para *chillers* especiais todos com arrefecimento a água. Apresentam uma elevada eficiência energética e são ideais para instalações de elevada potência de arrefecimento, com ou sem velocidade variável.

A eficiência energética de um equipamento produtor de energia térmica é a relação entre a potência elétrica absorvida e a capacidade de arrefecimento ou aquecimento produzido, EER em modo arrefecimento e COP em modo aquecimento, como já desenvolvido no capítulo 2, através das equações (1), (2), (4) e (5).

Como em cada estação do ano as condições exteriores são diferentes, influenciando assim o rendimento dos *chillers*, pode obter-se um indicador mais preciso de eficiência, definido pela Associação Industrial da Europa para Clima Interno (AVAC), Processos de Arrefecimento e Tecnologias de Cadeia Fria de Alimentos (Eurovent) e expresso pelo

Índice de Eficiência Energética Sazonal (ESEER), dada por uma expressão constituída pelo somatório de eficiências parciais.

A partir de 1 de janeiro de 2018, entrou em vigor o Regulamento UE 2016/2281 da Comissão Europeia, diretiva do *EcoDesign*, que obriga o funcionamento em carga parcial a valores mínimos de rácios.

O Regulamento relativo aos gases fluorados com efeito estufa, Regulamento (UE) 517/2014 que determina que até 2030 se venha a verificar uma redução de 79% dos atuais fluidos frigoríficos está a provocar uma pesquisa por novas soluções com vários tipos de fluidos designados por naturais e com diferentes tipos de compressores.

Especificamente sobre os grupos produtores de água aquecida, estes servem não só para climatização como para AQS.

Existem dois tipos principais de grupos produtores de água aquecida, tendo sido já referido o primeiro, dentro do contexto dos produtores de água arrefecida e aquecida, a bomba de calor. O outro é a caldeira, alimentadas a gás, que aquece água através da combustão deste.

As caldeiras podem funcionar tanto com gás natural como a gás de garrafa/botija, embora, não seja viável o uso da segunda opção. As botijas de gás não esvaziam até ao fim, logo, é complicado usarem-se estas soluções devido à relativamente rápida substituição de botijas.

Existem dois tipos de caldeiras, as convencionais e as de condensação. Como é possível verificar na figura 3.5, as caldeiras de condensação aproveitam a energia térmica ainda presente nos gases de combustão, antes de serem rejeitados para o exterior, para pré-aquecer a água da rede, através de um permutador secundário. Desta forma, as caldeiras de condensação conseguem atingir rendimentos muito superiores à das convencionais, cujo calor perdido ronda cerca dos 30%.

As caldeiras de condensação têm a particularidade de gerar condensados, devido à passagem dos gases de combustão por um permutador secundário, não previsto nas de tipo convencional e que servirá de pré-aquecimento da água fria.

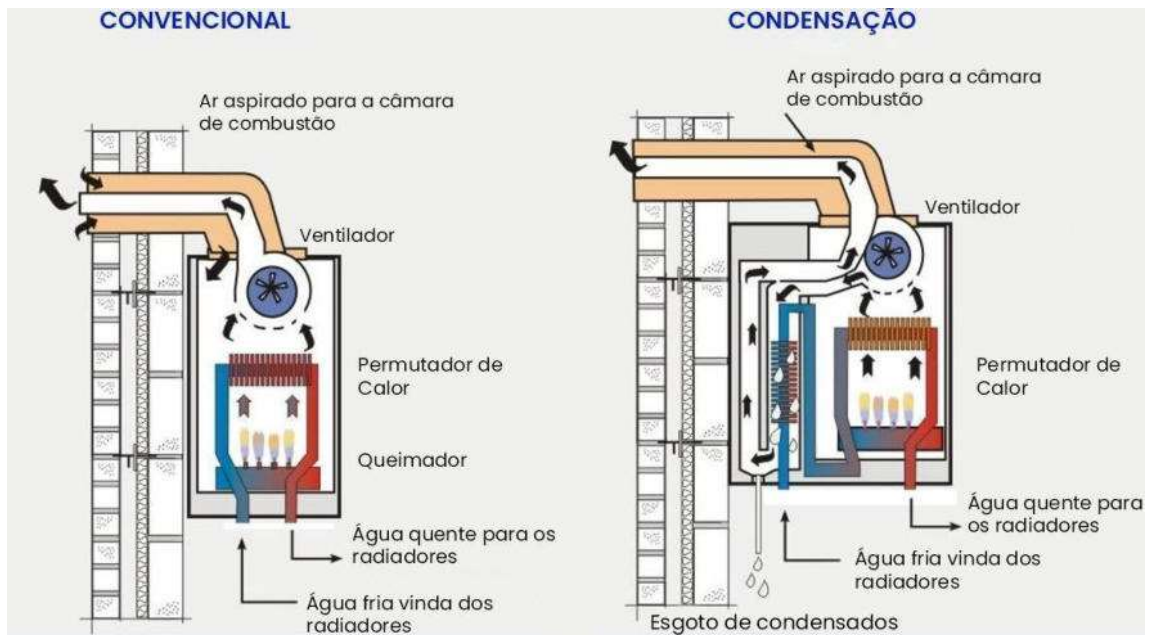


Figura 3.5 –Caldeiras tipo convencionais vs condensação

[Fonte: Obras360, Caldeiras de condensação, aproveitamento total da energia, 2021]

Uma caldeira a gás proporciona um aquecimento de água até à temperatura de aproximadamente 60 °C. Esta temperatura está estipulada não só para evitar a composição química de ácido sulfúrico nas condutas de exaustão da mesma, através da junção dos gases de escape com água, como também para impossibilitar a existência de *legionella* na água, sendo esta uma preocupação particularmente para os circuitos abertos, de AQS.

3.2. Sistemas energéticos de expansão direta

Os sistemas de expansão direta são constituídos apenas pelo ciclo frigorífico em que a unidade exterior inclui o compressor, condensador, válvula de expansão e demais acessórios e equipamentos de controlo. No interior encontra-se um ou mais evaporadores dependendo da quantidade de espaços que o sistema está a climatizar. É assim possível compreender que o fluido frigorigéneo, nestes sistemas, é transportado pelo edifício para chegar aos espaços a climatizar, através das unidades interiores. A rede de distribuição é usualmente em cobre e deve ser submetida a um ensaio rigoroso de pressão, uma vez que a sua estanqueidade é de extrema importância, não só porque trabalha com pressões elevadas como transporta ainda aos dias de hoje, muitas vezes, gases fluorados com efeito estufa. A estes gases fluorados está associada uma respetiva carga, que necessita ser declarada a instituições como o Centro Tecnológico para a Indústria Térmica, Energia e

Ambiente (CENTERM) e/ou Agência Portuguesa do Ambiente (APA), pelo respetivo técnico credenciado responsável pelo manuseamento dos mesmos, durante a instalação e arranque dos sistemas.

Existem diversos tipos de sistemas de expansão direta, sendo os mais usuais os mono-split, multi-split e VRF. Os do tipo mono-split são constituídos por uma Unidade Exterior (UE) e uma Unidade Interior (UI), cujos comprimentos de tubagem são curtos. Os multi-split são idênticos aos mono-split, embora com diversas unidades interiores, normalmente menos do que cinco, em que a rede de tubagem de cada unidade interior até à exterior é independente. Os VRF permitem ter uma quantidade superior de UI, distâncias superiores entre UE e UI, bem como a distribuição do fluido frigorigéneo é feita por uma única rede principal de tubagem, com ramificações para as unidades interiores. Podem ser do tipo só frio, só calor, ou frio e calor independente, sendo necessário neste último caso ter umas unidades intermédias, entre as UE e UI para gestão do fluido a fornecer a cada UI, gás em caso de aquecimento e líquido no caso de arrefecimento, bem como um terceiro tubo, de equalização, entre as UE e as unidades intermédias.

3.3. Depósitos de acumulação

Nas instalações de AVAC existem dois tipos de depósitos mais selecionados, os depósitos de inércia e os de consumo de AQS, ambos beneficiam os respetivos sistemas de produção de energia.

Uma instalação com um volume de acumulação bem dimensionado preserva os *chillers* ou caldeiras. Independentemente do consumo que se verifique, existe um determinado volume para armazenar energia térmica, o destes depósitos. Desta forma consegue-se aumentar a vida útil da produção, uma vez que diminui a quantidade de arranques e paragens dos grupos produtores de água arrefecida e aquecida, ao longo do tempo. O funcionamento dos sistemas de produção de energia será evitado para servir um pequeno consumo da instalação, a energia acumulada nos depósitos será suficiente para servir esse consumo durante um período significativo, após esgotada essa energia acumulada será solicitado arranque à produção, contudo este consumo já será em plena carga, onde os mesmos têm melhor desempenho e rendimento, uma vez que os depósitos se encontram com um grande volume por reabastecer.

Para os depósitos de inércia dos sistemas de AVAC não será necessário prever nenhum tratamento interior extraordinário, desde que garanta qualidade igual ou superior ao da rede de tubagem, uma vez que se trata de um circuito fechado. No entanto os de AQS devem prever um tratamento higiénico no interior em vitrificado, conforme DIN4753. Ambos deverão incorporar uma proteção catódica permanente “correx-up”. Poderão conter permutadores internos, no entanto as soluções de permutadores externos conseguem uma maior permuta, devido à convecção conseguida pela velocidade dos dois fluidos. As espessuras e coeficientes de condutividade térmica dos isolamentos térmicos devem ser de acordo com o *Regulamento de Desempenho Energético*, Tabela 1.24 da Portaria n.º 349-D/2013, nomeadamente 50 mm para áreas de superfície inferiores ou iguais a 2 m² e 80 mm para áreas superiores, considerando o valor referência de condutividade térmica de 0,040 W/(m.K).

3.4. Eletrobombas recirculadoras de água arrefecida e água aquecida

De acordo com o livro técnico *Sistemas de Climatização: com Volume de Ar Variável e Caudal de Água Variável*, de autor Cavaca Matos, R., as eletrobombas recirculadoras de água arrefecida e/ou aquecida representam cerca de 10% da potência elétrica instalada, para sistemas de AVAC. No entanto, ao nível de consumo estes equipamentos representam cerca de 18% da energia consumida pelos sistemas de AVAC. Desta forma, o dimensionamento destes equipamentos deve ser rigoroso, uma vez que o seu sobredimensionamento representará um custo acrescido durante toda a sua exploração.

As bombas mais utilizadas nos sistemas com água fria são as “in line”, com escoamentos de entrada e saída lineares, e as do tipo radial, com saída no sentido perpendicular à entrada. A opção por um outro tipo tem mais a ver com a organização de equipamentos e redes nas centrais técnicas do que com as características de caudal e altura manométrica de cada uma.

A potência absorvida por uma eletrobomba depende da potência do veio e do rendimento do motor elétrico, da seguinte forma:

$$P_{elétrica} = \frac{P_{veio}}{\eta_{motor}} \quad (6)$$

onde,

$P_{elétrica}$ – Potência elétrica ou absorvida [kW];

P_{veio} – Potência do veio [kW];

η_{motor} – Rendimento do motor elétrico [n.a.].

A potência do veio é função da potência hidráulica e do rendimento da bomba, nomeadamente:

$$P_{veio} = \frac{P_{hidráulica}}{\eta_{bomba}} \quad (7)$$

onde,

$P_{hidráulica}$ – Potência hidráulica [kW];

η_{bomba} – Rendimento da bomba [n.a.].

A potência hidráulica é a potência cedida pela bomba ao fluido e obtida da seguinte forma:

$$P_{hidráulica} = Q \Delta P_{total} = Q H \rho g \quad (8)$$

onde,

Q – Caudal [m³/s];

H – Altura de elevação [m];

ρ – Massa específica [kg/m³];

g – Constante de aceleração gravítica [9,81 m/s²].

Outra característica das eletrobombas é o NSPH, *Net Positive Suction Head*. Representa as condições de aspiração da bomba para evitar a cavitação e é utilizada para os sistemas abertos de aspiração, que não é o caso das eletrobombas de recirculação de AVAC, à exceção das associadas a torres de arrefecimento, mas por exemplo estações de bombagem de águas residuais.

A cavitação é a formação de bolhas de vapor, que ocorre com a diminuição da pressão para valores inferiores aos de vaporização do fluido, nomeadamente com a temperatura do fluido próximo da vaporização.

As eletrobombas de recirculação dedicadas a sistemas de AVAC estão associadas a circuitos fechados, uma vez que fornecem água arrefecida ou aquecida, aos diversos equipamentos terminais, através do circuito de ida. A recirculação é realizada através de uma rede de distribuição principal com diversas derivações, até chegar a todos os pontos da instalação. Esta é acompanhada por um circuito paralelo, de regresso da água, já sem energia, aos grupos de produção de energia, o circuito de retorno, passando novamente pelas eletrobombas e repetindo inúmeras vezes este ciclo, teoricamente mantendo o volume de água de toda a instalação. Este processo compara-se ao do funcionamento do corpo humano, sendo o fluido neste caso o sangue, que circula pelas veias, tanto no circuito de arterial, de ida/fornecimento de oxigénio aos diversos órgãos, e venoso, de retorno, já sem propriedades. Os pulmões desempenham a função dos grupos produtores de energia, uma vez que fazem a conversão do oxigénio, para posteriormente ser bombeado por toda a rede de distribuição, através do coração, sem o qual os órgãos não funcionavam.

Sendo a rede de distribuição de água de AVAC um circuito fechado, a altura manométrica necessária para manter a circulação é muito diferente dos sistemas abertos, uma vez que depende apenas da perda de carga da rede, que neste caso será calculada com base no circuito crítico da instalação, normalmente o mais comprido e com mais acessórios e equipamentos, uma vez que as velocidades de escoamento são aproximadas, nos diversos pontos terminais da instalação, sendo a perda de carga continua na tubagem calculada da seguinte forma:

$$H_L = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (10)$$

onde:

H_L – Perda de carga [m];

λ – Fator de atrito da tubagem [n.a.];

L – Comprimento da tubagem [m];

d – Diâmetro interior da tubagem [m];

v – Velocidade de escoamento [m/s^2].

Adicionalmente, há que ter em conta as perdas de carga localizadas, causadas pelos diversos equipamentos e acessórios, como baterias de ventiloconvetores, válvulas, filtros, curvas tês.

3.5. Redes de tubagem

A tubagem de água para AVAC serve para transporte de energia térmica, de arrefecimento ou aquecimento, para as diversas unidades de consumo de energia térmica, caracterizando-se desta forma como um circuito fechado, com uma determinada temperatura de ida e de retorno.

A tubagem deverá ser em aço sem costura, série média, PN10, construída de acordo com a Norma DIN2448, no entanto para diâmetros inferiores a DN150 (6”) poder-se-á verificar a possibilidade de instalar aço com costura, série média, PN10, construída de acordo com a Norma DIN2440. As válvulas e outros equipamentos/acessórios inseridos nas redes hidráulicas deverão ser previstos para a mesma pressão nominal da tubagem.

As ligações entre tubagens e acessórios é normalmente realizada por soldadura, podendo ser também roscada, para diâmetros iguais e inferiores a DN50 (2”), evitando desta forma possíveis obstruções nos diâmetros mais pequenos aquando do processo de soldadura.

Tem se vindo a verificar também para os diâmetros inferiores, até DN50 incluindo, a alternativa em tubagem multicamada, possibilitando uma flexibilidade na montagem, uma maior garantia de estanqueidade, durabilidade e, se necessário, intervenção futura. No entanto poderá ser necessário diâmetros superiores ao dimensionado para tubagem em aço carbono, uma vez que os acessórios para tubagem multicamada são interiores, macho, reduzindo a secção útil da tubagem, estrangulando o escoamento da água no seu interior.

Relativamente à ligação entre tubagem e válvulas/equipamentos deverá ser do tipo flangeada para diâmetros superiores a DN50 (2”) e roscada para diâmetros iguais ou inferiores.

As ligações das tubagens de água fria e quente aos equipamentos que produzem vibrações, nomeadamente no caso dos *chillers* e eletrobombas, deverão ser feitas através de uniões elásticas.

Por forma a facilitar a purga de ar, a tubagem deverá ser montada com inclinação de $\pm 1\%$ com sentido ascendente até aos purgadores de ar automáticos da instalação. Nos locais de mais baixa cota devem ser previstos pontos de drenagem, munidos de válvulas de corte.

As tubagens não embebidas deverão ser devidamente identificadas em conformidade com o estipulado na Norma Portuguesa NP 182. Toda a tubagem será ensaiada antes da colocação do isolamento a uma pressão mínima de 10kg/cm^2 durante 8 horas.

- **Isolamento Térmico**

Todas as tubagens e acessórios de água fria e quente deverão ser isoladas termicamente. O isolamento de tubagem deverá ser executado com esponja de borracha (espuma elastomérica), de células fechadas e camada exterior endurecida de modo a formar a barreira de vapor.

O isolamento da tubagem deverá seguir as espessuras mínimas de acordo com os requisitos do *Regulamento de Desempenho Energético*, conforme abaixo apresentado, na tabela 3.1, especificado na Tabela 1.22 da Portaria n.º 349-D/2013 e considerando o valor referência de condutividade térmica $0,040\text{ W/(m.K)}$.

Tabela 3.1 – Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm)

[Fonte: Tabela 1.22 da Portaria n.º 349-D/2013]

Diâmetro (mm)	Fluido interior quente				Fluido interior frio			
	Temperatura do fluido (°C)				Temperatura do fluido (°C)			
	40 a 65 (1)	66 a 100	101 a 150	151 a 200	-20 a -10	-9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
D ≤ 35	20	20	30	40	40	30	20	20
35 < D ≤ 60	20	30	40	40	50	40	30	20
60 < D ≤ 90	30	30	40	50	50	40	30	30
90 < D ≤ 140	30	40	50	50	60	50	40	30
D > 140	30	40	50	60	60	50	40	30

(1) Para efeitos de isolamento das redes de distribuição de água quente sanitária (redes de sistemas secundários sem recirculação), pode-se considerar um valor não inferior a 10mm.

Quando a montagem for no exterior, às espessuras indicadas é adicionado 20 mm para fluidos frios com diâmetros superiores a 60 mm, e 10 mm nos restantes casos de fluidos quentes e frios.

No caso de se utilizar um isolante térmico com uma condutibilidade térmica diferente de 0,040 W/(m.K) a 20° C, deverão ser corrigidas as espessuras do isolamento da tubagem na proporção direta da respetiva condutibilidade térmica em relação ao valor atrás indicado, assegurando o mesmo valor de resistência térmica.

No isolamento dos acessórios e equipamentos montados nas tubagens (válvulas, etc.) deve ser assegurado uma total aderência das peças a utilizar, de forma a serem evitadas bolsas de ar. As espessuras do material a aplicar deverão ser as definidas para as tubagens onde os acessórios e equipamentos estiverem intercalados.

Nos acessórios e peças de pequena secção, o isolamento térmico poderá ser executado com fita autoadesiva do mesmo material utilizado nas tubagens, com o número de voltas indispensável à manutenção da espessura preconizada para as mesmas.

A tubagem de esgoto de condensados dos equipamentos de tratamento de ar será executada em PVC e encaminhada para as prumadas de águas pluviais, para as instalações sanitárias ou para o exterior, conforme as situações mais favoráveis ao escoamento e drenagem.

3.6. Válvulas e acessórios diversos

A uma rede hidráulica de AVAC, projetada para uma determinada arquitetura e diversos equipamentos de produção, armazenamento e consumo de energia térmica, está inerente uma necessidade de diversas válvulas e equipamentos que contribuirão para a correta conservação, exploração, monitorização e manutenção do sistema.

- **Válvulas de seccionamento**

As válvulas de seccionamento, como o nome indica, permitem seccionar a rede hidráulica em pontos estratégicos da instalação e normalmente junto aos principais equipamentos que se encontrem inseridos na mesma, com a principal função de permitir a intervenção nestes sem interromper o funcionamento do sistema e minimizar o volume de água a vaziar e repor para efeitos de manutenção ou substituição de equipamentos.

Como referido no subcapítulo anterior, as válvulas em geral devem acompanhar a pressão nominal da respetiva tubagem, relativamente às ligações são normalmente roscadas para diâmetros iguais e inferiores a DN50 (2”), sendo as de seccionamento nestes casos do tipo macho-esférico, e flangeadas para diâmetros superiores, sendo tipicamente do tipo borboleta, ambas normalmente com corpo e obturador em aço vasado niquelado.

- **Válvulas de duas e três vias**

As válvulas de duas e três vias são normalmente instaladas junto aos equipamentos de consumo de energia térmica, como UTA e ventiloconvetores, podem ser do tipo modulante ou on-off e possuem um atuador elétrico que controla o caudal que entra na respetiva bateria do equipamento, consoante as necessidades de aquecimento ou arrefecimento.

A diferença da válvula de três vias para duas vias é que a de três vias permite fazer o bypass à bateria do equipamento, desviando a água diretamente para o retorno, garantindo assim a disponibilidade de temperatura.

São normalmente produzidas com corpo em bronze ou ferro fundido, preferencialmente de pistão rotativo, reduzindo o ruído característico do abrir e fechar. O corpo da válvula costuma apresentar o sentido de passagem do fluído.

- **Válvulas de regulação automática de caudal**

As válvulas de regulação automática de fluxo de água estabelecem um caudal máximo a circular num determinado troço de tubagem, independente da pressão. São também normalmente instaladas junto aos equipamentos de consumo de energia térmica para limitar os caudais de água à potência dos mesmos.

São constituídas por um punho de pré-regulação manual e tomadas de pressão para ajuste fino, em conformidade com os caudais pretendidos. No caso das válvulas de regulação do tipo dinâmico, serão constituídas por um invólucro e respetivos cartuchos, em conformidade com os caudais pretendidos.

- **Juntas anti-vibráticas**

A aplicação de uniões elásticas na entrada e saída de água dos equipamentos com maiores níveis de vibração, como *chillers* e eletrobombas, permitem interromper a mesma para a restante rede que, através da respetiva fixação, poderia ser transmitida para a estrutura do

edifício. Os diâmetros são os da tubagem que servem e, a sua construção, em borracha forte com flanges.

- **Filtros de água tipo "Y"**

Os filtros de água permitem interromper a passagem de partículas e são localizados junto aos componentes mais sensíveis, como por exemplo as eletrobombas e válvulas de duas ou três vias. São normalmente com corpo e tampa roscada em bronze e elemento filtrante (cesto) em malha de aço inox de 1 mm de espessura, retirável através de tampa roscada. O elemento filtrante apresenta uma malha quadrada de 0,6 a 1 mm, com 100 a 300 furos/cm².

- **Termómetros e Manómetros**

Os termómetros e manómetros são igualmente posicionados em pontos estratégicos da instalação, assim como nas entradas e saídas de água dos sistemas de produção e consumo de energia térmica e bombagem. Permitem a leitura fisicamente, ao contrário das sondas de temperatura e pressão, que convertem num sinal elétrico para leitura num posto de controlo ou de gestão técnica centralizada. Por esse motivo são leituras mais fiáveis, uma vez que são locais, beneficiando o controlo e deteção de possíveis fontes de avaria por parte dos técnicos de exploração e manutenção dos sistemas. Possuem escala de acordo com as gamas de temperatura e pressão dos fluidos, nos pontos onde se encontram localizados.

- **Conjunto de purgadores automático**

Um dos maiores problemas dos sistemas a água é a possibilidade de acumulação de ar nos pontos altos, se tal fenómeno ocorrer poderá impossibilitar a circulação de água e, desta forma, impossibilitar o transporte da energia térmica aos equipamentos de climatização terminal.

Um sistema a água para climatização deverá por este motivo seguir um único sentido, ascendente ou descendente, desde as prumadas até aos equipamentos terminais, uma vez que estes são normalmente fornecidos com purgadores manuais, caso não seja possível será necessário instalar purgadores de ar automáticos nos pontos alto.

Os purgadores de ar automáticos são instalados nos pontos altos da instalação, permitem de forma autónoma, como o nome indica, expulsar o ar que se acumula garantindo a presença unicamente de água. A maior quantidade de ar surge durante o enchimento de

água da instalação, por mais lento e ascendente que este seja. No entanto também se vai libertando da água a longo prazo, com a oscilação de temperaturas da mesma, possíveis turbulências que ocorram devido aos acessórios de tubagem ou até devido à sua paragem. Por este motivo deve ser um dos maiores cuidados a ter durante a concessão.

Estes equipamentos são constituídos por corpo em latão e boia em aço inoxidável, é normalmente instalada uma válvula de seccionamento de macho esférico DN15, entre o mesmo e a tubagem, permitindo a sua fácil substituição em caso de avaria.

3.7. Unidades de tratamento de ar

As Unidades de Tratamento de Ar (UTA) e/ou Unidades de Tratamento de Ar Novo (UTAN) são os equipamentos centrais responsáveis pelo tratamento e ventilação do ar tratado e a recuperar.

São equipamentos de dimensão considerável, encontrando-se normalmente instalados em áreas técnicas ou coberturas. Incluem ventilador(es), serpentinas de arrefecimento e/ou aquecimento, eventual módulo de humidificação, conjunto de filtros, módulo de mistura no caso das UTA e módulo de recuperação no caso das UTAN.

As serpentinas podem ser do tipo água ou expansão direta, dependendo do sistema de produção de energia térmica associado. No caso do aquecimento poderá também ser realizado através de resistências elétricas, sendo esta solução mais dispendiosa, durante a exploração, devido à relação desfavorável de 1:1 de energia elétrica para térmica, prejudicando o resultado da certificação energética.

A potência de arrefecimento e/ou aquecimento das serpentinas das UTA é calculada com base nas cargas térmicas dos espaços que serve, os caudais de água necessários para atingir essas potências dependem da variação de temperatura entre a ida e o retorno, da seguinte forma:

$$\dot{Q} = C_p \dot{m} \Delta t \quad (11)$$

onde,

\dot{Q} – Potência térmica, de arrefecimento ou aquecimento [kW];

C_p – Calor específico a pressão constante [kJ/(kg.°C)];

\dot{m} – Caudal mássico [kg/s];

Δt – Variação de temperatura, diferença entre os valores de ida e de retorno [°C].

Desta forma é possível compreender que, para uma determinada potência de arrefecimento ou aquecimento, quanto maior for o diferencial de temperatura, menores serão os caudais de água necessários e, por consequência, menores serão os diâmetros das tubagem e dimensão das eletrobombas associadas.

A velocidade de passagem de ar na serpentina não deverá ser demasiado elevada, para não provocar arrastamento de condensados para a rede de condutas e difusores, nem demasiado baixa, para garantir que o regime de escoamento na mesma é turbulento, regime onde a eficiência de permuta de calor é superior.

Uma prevenção ao arrastamento dos condensados das serpentinas de arrefecimento é também o correto dimensionamento do sifão. O sifão serve não só para bloquear a passagem de odores, da rede de águas residuais, para os espaços onde o ar será insuflado, como também a passagem de ar, seja pela pressão negativa ou positiva presente no exterior da serpentina. Uma vez que as UTA são equipamentos estanques, caso ocorra esta passagem de ar pela rede de condensados beneficiará da indesejada projeção de partículas de água de condensação para a rede de condutas de insuflação.

Tendo em conta a pressão estática máxima do ventilador da UTA, o dimensionamento do sifão, conforme configuração apresentada na figura 3.6, deverá ser da seguinte forma:

$$\frac{P}{9,81} = H_2 = H_3 = \frac{H_1}{2} \quad (12)$$

onde,

P – Pressão estática máxima do ventilador [Pa];

H_2 – Altura da coluna de água presente no sifão [mm.c.a.];

H_1 – Altura total do sifão [mm].

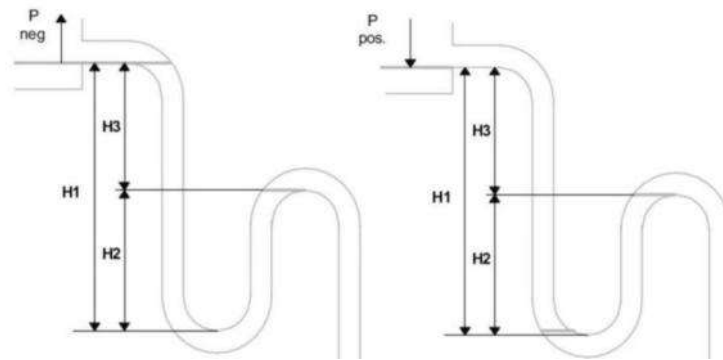


Figura 3.6 – Esquema de sifão para condensados

[Fonte: AENA - Proyecto Constructivo. Nuevos climatizadores en planta de salidas, março 2018]

Outro componente que influencia significativamente a certificação energética é o recuperador de calor. Embora o ar extraído dos diversos espaços necessitará de ser rejeitado para o exterior, pelos principais motivos de se encontrar com valores elevados contaminação de CO₂ e outros, o mesmo encontra-se no entanto com uma considerável energia térmica que será também rejeitada, caso não ocorra recuperação.

Os módulos de recuperação de calor têm como função transferir a energia que se encontra ainda no ar extraído, equivalente às condições interiores dos espaços que serve, para o ar novo a insuflar nesses mesmos espaços. Realizando desta forma um pré-tratamento do ar a insuflar que beneficiará os consumos e capacidades térmicas para tratamento final, nas serpentinas. Poderão ser do tipo roda térmica, fluxos cruzados, contra corrente e “*run around coils*”, dependendo da gama de caudais, limitações de espaço e condições de higiene exigidas.

Por último, mas não menos importante, é nestas unidades que é feita a primeira filtração do ar, podendo ser de uma ou mais classes, consoante o nível de filtração requerido. Responsável não só pela proteção dos equipamentos constituintes da UTA, através da filtração mais grossa, como para manter a UTA e a restante instalação em condições aceitáveis de higiene, através de um nível de filtração intermédio ou fino. A manutenção do bom estado de desgaste e limpeza dos filtros é fundamental, não só para salvaguardar a propagação de impurezas pelas redes de condutas associadas, como para não acrescer os consumos energéticos em ventilação, uma vez que à colmatção destes componentes está associado uma crescente perda de carga adicional.

3.8. Ventilconvetores

Os ventilconvetores, à semelhança das UTA, são constituídos por ventiladores, serpentinas de arrefecimento e/ou aquecimento e filtros, insuflando desta forma, igualmente, ar tratado.

No entanto, enquanto as UTA realizam um pré-tratamento do ar, normalmente para um conjunto de espaços, com uma gama superior de caudais de ar e conseqüente dimensão, os ventilconvetores são equipamentos terminais, que realizam a correção final de temperaturas, espaço a espaço, através da leitura de temperaturas no local e conseqüente compensação.

Por serem equipamentos de dimensão inferior são normalmente instalados no local que servem, podendo ser oculto em teto falso ou armário, do tipo chão com carroçaria, cassete, mural, de teto.

3.9. Ventiladores

Existe uma vasta gama de ventiladores selecionados para diferentes funções, desde ventiladores helicoidais para extração individual de instalações sanitárias até ventiladores axiais para desenfumagem com diâmetros da ordem dos 2 m.

O dimensionamento dos ventiladores está principalmente associado ao caudal e à pressão estática. Contudo poderão apresentar tipologias distintas, in-line e em caixa para utilizações normais com caudais baixos e médios, modulares para caudais superiores, com motor fora do fluxo quando extraem espaços com regular acumulação de gorduras.

Para situações de desenfumagem são selecionados outros tipos de ventiladores, devido aos requisitos de resistência ao fogo, pelo interior e/ou exterior, podendo ser também do tipo caixa, tipo axial, de impulso.

Estes equipamentos têm uma contribuição significativa para os consumos de energia elétrica do edifício, por essa razão tem-se vindo a procurar aumentar as eficiências dos motores.

Os tipos de motores que apresentam maior eficiência energética são os Eletronicamente Comutáveis (EC). Os motores *brushless* EC são motores de Corrente Contínua (CC), sem escova, controlados por uma placa de circuito eletrônico externa. Os motores CC contam

com escovas de carvão e um anel de comutação para mudar a direção da corrente e a polaridade do campo magnético em uma armadura rotativa. Uma vez que os motores EC não possuem escovas têm uma vida útil superior, desperdiçam menos energia devido ao controle eletrônico do estator, conseguem um melhor desempenho e capacidade de controle do que os motores de indução ou assíncronos, com escovas.

Relativamente à distribuição de energia, aos motores EC está associada uma distribuição mais limpa, uma vez que apresentam menores consumos elétricos. Os motores CC sem escova dependem de uma fonte de alimentação CC separada e a fonte de alimentação de um motor de Corrente Alternada (CA) geralmente implica um custo e complexidade acrescidos. No entanto, a aplicação dos tipos de motor *brushless* EC é apenas possível para potências de saída reduzidas, normalmente associadas a valores de causais e pressões estáticas mais baixas.

Tal como é feita uma cuidada seleção dos ventiladores, tendo em conta os diversos parâmetros a ter em conta, deverá também ser feita para as UTA e ventiloconvetores. Sendo estes, os equipamentos que fazem circular elevados caudais de ar e a sua opção como motor EC beneficiará de igual forma a classificação energética e consequentes poupanças nos consumos.

3.10. Redes de condutas

As redes de condutas são responsáveis pelo encaminhamento do ar, seja para insuflação, extração ou desenfumagem. Poderão ser de secção retangular, circular ou oval e dimensionadas em função do caudal, velocidade do ar, que rondará os 5 a 6 m/s, e perda de carga máxima, normalmente 1 Pa/m, pretendida para os diversos troços.

A perda de carga neste tipo de redes é calculada de forma similar à nas redes de tubagem, conforme equação (9), sendo os valores de fatores de atrito a considerar recalculados para as condições de escoamento interno de ar por condutas. Também no calculo de perdas em condutas será necessário ter em conta os valores de perdas de carga localizadas, provocadas por equipamentos e acessórios presentes na instalação.

As condutas de ar são normalmente fabricadas em chapa de aço galvanizado, com espessura e construção, de acordo com as Normas *Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association, INC.* (SMACNA). Contudo, também poderão ser do

tipo têxtil, em utilizações específicas de insuflação ou em painéis de silicato, quando se pretende que tenham características de resistência ao fogo.

As juntas de ligação deverão ser estanques, por forma a que não se verifiquem fugas de ar, e os suportes com resistência e espaçamentos que garantiram a indeformabilidade do conjunto.

A ligação flexível de condutas aos equipamentos é usualmente executada através de materiais imputrescíveis à base de fibra de vidro, revestida a neoprene, de modo a evitar a propagação de vibrações. É muito importante garantir que todas as condutas tenham fácil acesso para inspeção e manutenção.

O isolamento, quando aplicável, é normalmente em lá de rocha com 30 mm de espessura, exteriormente à conduta, sobre a qual se costuma instalar folha de alumínio com a função de barreira de vapor. A espessura de 30 mm é válida para um isolamento com a condutibilidade térmica de 0,040 W/(m.K) a 20 °C, de acordo com o *Regulamento de Desempenho Energético*, Portaria n.º 349-D/2013, nomeadamente 20 mm de espessura para condutas de ventilação de ar quente e 30 mm de espessura para ar frio.

3.11. Difusão

O tema da difusão é dos mais sensíveis dentro da área da climatização, uma vez sendo o que define a trajetória do ar insuflado no interior do espaço a tratar.

Da análise da carta psicrométrica de um determinado espaço a climatizar pode-se concluir que a temperatura de insuflação nunca é igual à pretendida para um espaço, mais conhecida como a temperatura “Set-point”, sendo esta última aproximada à de retorno.

Tanto em arrefecimento, como em aquecimento a temperatura de insuflação tem de se ajustar por forma a resultar na temperatura de “set-point” após vencer a carga térmica do espaço.

Como é possível verificar na figura 3.7, para um sistema exemplificativo de arrefecimento de um espaço, a temperatura de insuflação, ponto S, terá de ser inferior à do espaço, ponto R. A linha de S a R representa a evolução do ar no interior do espaço, função do caudal insuflado e carga térmica do mesmo, quanto menor for o caudal maior terá de ser a variação de temperatura entre R e S.

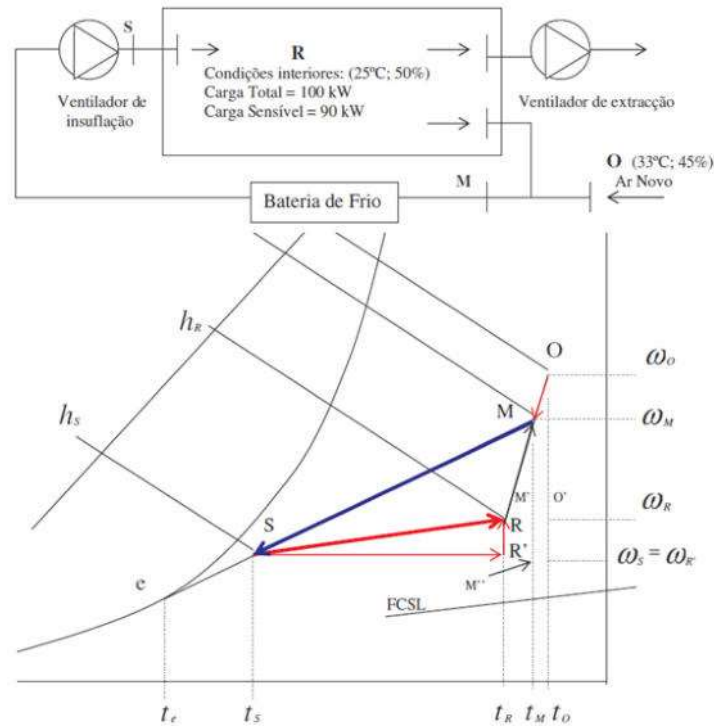


Figura 3.7 – Carta psicrométrica de um sistema exemplificativo de arrefecimento de um espaço

[Fonte: ISEL - Sebenta de Climatização Geral, revisão de 2006]

E como é possível calcular através da seguinte expressão de cálculo da carga térmica sensível:

$$\dot{Q}_S = 1,23 \dot{V}_S (t_R - t_S) \quad (13)$$

onde,

\dot{Q}_S – Carga térmica sensível [W];

\dot{V}_S – Caudal volúmico [l/s];

t – Temperatura [°C].

A título de complemento à explicação anterior, relativamente à evolução da temperatura do ar insuflado num espaço em função da carga térmica sensível do mesmo, será ainda necessário calcular a carga térmica latente para obter a carga térmica total, através das seguintes expressões:

$$\dot{Q}_L = 3 \dot{V}_S (\omega_R - \omega_S) \quad (14)$$

$$\dot{Q}_T = \dot{Q}_S + \dot{Q}_L \quad (15)$$

onde,

\dot{Q}_T – Carga térmica total [W];

\dot{Q}_L – Carga térmica latente [W];

ω – Humidade absoluta [g/kg].

Como é possível compreender, através das expressões anteriores, é necessário haver uma variação de temperatura entre o ar insuflado e o ar no interior desse espaço, retorno, para que se consiga vencer a carga térmica do mesmo.

Desta forma, caso não sejam corretamente selecionados e implantados os difusores, poderão causar um desconforto por excesso de baixa temperatura em arrefecimento, alta temperatura em aquecimento e sensação de corrente de ar.

No ramo da climatização é usual ouvir-se dizer que a difusão é a área dos “três não”: não sentir, não ouvir e não ver, sendo esta última mais ligada ao projeto de arquitetura e dificilmente conseguida. Contudo, o não sentir e não ouvir é regra da boa execução, pretende-se que um espaço tenha uma temperatura nas diversas zonas do mesmo, sendo necessário para tal que o ar insuflado faça um varrimento completo do volume do espaço, até chegar à extração e/ou retorno. Dever-se-á salvaguardar ainda que a velocidade de passagem do ar pelo difusor não seja demasiado elevada, não só para não causar um ruído como uma perda de carga acrescida, contudo não deverá ser igualmente demasiado baixa, garantindo o alcance pretendido e varrimento total do espaço a climatizar. A velocidade de passagem do ar sobre os ocupantes de um determinado espaço, normalmente acima dos dois metros de altura, não deverá ser superior a 1 m/s, caso contrário começará a causar desconforto para os mesmos, podendo até chegar ao ponto de ser intolerável.

A difusão é igualmente uma área com uma vasta gama de equipamentos, encontrando-se específicos para insuflação, extração e transferência de ar. Desde injetores, para longo alcance, difusores lineares, rotacionais, quadrados, circulares, grelhas de insuflação, extração, transferência de ar do tipo parede ou porta, exteriores, bocas de extração, usualmente para aplicação em instalações sanitárias, entre muito outros.

É corrente obter-se um grande apoio técnico de seleção de equipamentos de difusão, por parte dos fabricantes, com recomendação do tipo de equipamento a selecionar para uma utilização e espaço específicos bem como dimensão, em função do caudal que serve, alcance, perda de carga e ruído máximo pretendidos.

3.12. Equipamentos de segurança contra incêndios

Como referido no capítulo anterior o AVAC tem uma elevada contribuição para segurança contra incêndio nos edifícios, não só pelos sistemas responsáveis pela desenfumagem e pressurização de espaços, bloqueando a migração do fumo para compartimentos adjacentes e caminhos de circulação aquando da abertura de portas, permitindo a segura evacuação dos edifícios, como pelos diversos equipamentos que impossibilitam a propagação do próprio fogo.

Devido às dimensões significativas das secções das redes de condutas, que atravessam diversos compartimentos, lajes, coretes, para transporte de ar, são consideradas como um possível meio de propagação de fogo entre compartimentos uma vez que, por norma, as mesmas não apresentam características resistentes ao fogo. Por essa razão será necessário prever nos projetos de AVAC a instalação de Registos Corta-Fogo (RCF), grelhas com baterias intumescentes, ou revestimento corta-fogo em condutas, sempre que se verifique o atravessamento de fronteiras de compartimentação de elementos estanques ou resistentes ao fogo, através da consulta do respetivo projeto de SCIE.

Os mais correntes são os RCF, poderão ser térmicos, com ação através de fusível e mola, ou motorizados, por defeito abertos com tensão e fechados por mola sem tensão, prevenindo assim o fecho caso o respetivo cabo seja abrangido pelo incêndio.

Tanto os RCF térmicos como motorizados deverão incluir fins de curso para fácil consulta do estado em que se encontram, através de sinais luminosos no respetivo quadro elétrico ou da gestão técnica centralizada, beneficiando o processo de ensaios e posterior deteção de avarias durante a exploração.

Existe outro tipo de registos com características similares aos RCF embora com funções inversas. Os registos de desenfumagem encontram-se normalmente fechados e abrem em situação de incêndio. Poderão ser aplicados por exemplo para dar acesso a um ventilador

de desenfumagem, aproveitando uma rede de condutas de retorno de uma UTA e alternando para o ventilador, conforme exemplo da figura 3.8.

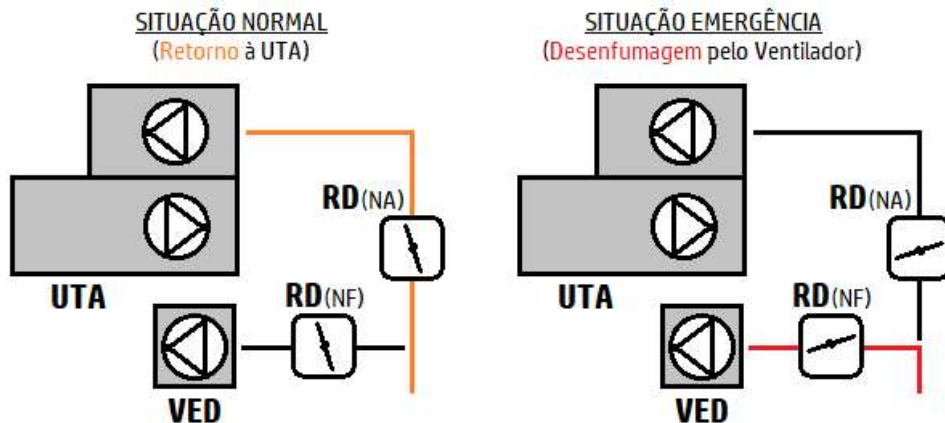


Figura 3.8 – Esquema de alteração de rede de retorno para desenfumagem através de registro de desenfumagem

Também poderão ser adotados para evitar a algum equipamento com perda de carga acrescida, em caso de incêndio, como por exemplo um módulo de filtragem electrostática de uma hotte profissional, conforme exemplificado na figura 3.9.

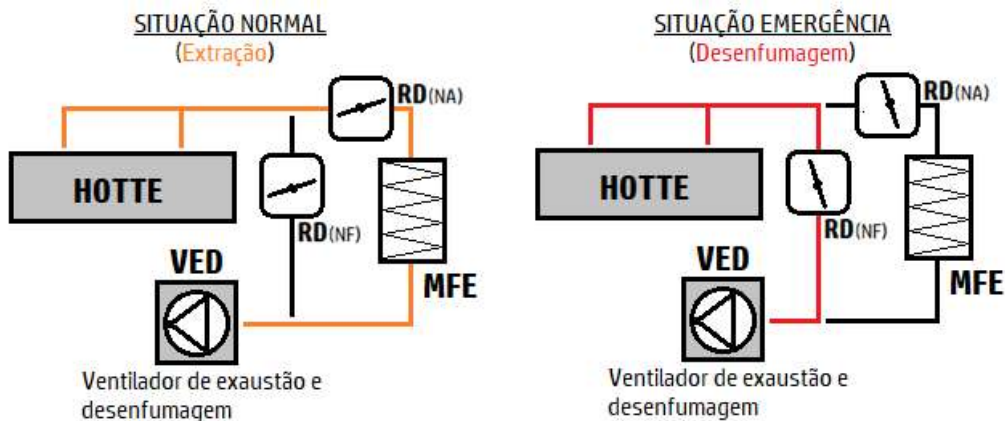


Figura 3.9 – Esquema de by-pass a módulo de filtragem electrostático através de registro de desenfumagem

As baterias intumescentes são materiais que permitem a passagem do ar, em situações normais, têm características resistentes ao fogo e expandem com o aumento da temperatura ambiente, por estas razões são normalmente utilizadas em conjunto com grelhas, quando estas encontram-se implantadas em fronteiras de compartimentação estanque ao fogo, seja para admissão ou exaustão de ar, normalmente áreas técnicas, estacionamentos, antecâmaras de circulações, entre muitas outras utilizações.

Em alguns casos poderá ser mais simples optar por condutas com características resistentes ao fogo, ou com revestimento resistente ao fogo, do que a aplicação de RCF. Tendo como exemplo uma situação que uma conduta atravessa um espaço com uma classificação de risco ao incêndio diferentes de todos os restantes espaços adjacentes, a aplicação de um revestimento resistente ao fogo no troço que se encontra no interior desse compartimento é uma alternativa tecnicamente equivalente à aplicação de dois RCF, uma à entrada e uma à saída. À redução da quantidade de RCF está não só inerente a redução do custo de fornecimento e instalação do mesmo como todas as necessidades de ensaio, manutenção, instalação elétrica associada e risco de avaria inesperada dos mesmos.

3.13. Equipamentos e circuitos elétricos

Para as instalações onde se verifique que o conjunto dos equipamentos elétricos associados ao AVAC tem uma potência significativa é usual prever-se uma instalação elétrica específica para o AVAC, denominada de instalação elétrica associada ao AVAC que será alimentada pela instalação elétrica geral do edifício. Esta instalação tem princípio num ou mais quadros elétricos, que alimenta somente equipamentos de AVAC, seja normal ou de emergência.

Os quadros elétricos normais de AVAC são os que alimentam equipamentos que não desempenham funções de SCIE, como *chillers*, UTA, venticonectores, VRF, eletrobombas, entre muito outros que em caso de falha de energia o seu funcionamento é prescindível.

Os quadros elétricos de emergência de AVAC, também conhecidos como de desenfumagem, servem equipamentos que contribuem para a segurança contra incêndio do edifício, como os ventiladores de pressurização e desenfumagem, registos corta-fogo, registos de desenfumagem, claraboias de desenfumagem, sendo como tal alimentado por energia socorrida, normalmente com recurso a um gerador. Desta forma, toda a instalação elétrica, como os cabos, caminhos de cabos, caixas de derivação entre outros acessórios, a montante e jusante destes quadros de emergência deverá ser do tipo resistente ao fogo, garantindo o funcionamento mesmo que se verifique um incêndio algures no percurso da mesma instalação, durante um certo período, normalmente 60, 90 ou 120 minutos. Os restantes materiais de cablagem poderão não ter características resistentes ao fogo.

Capítulo 4 - Meios de inspeção e ensaio de sistemas de AVAC

O presente capítulo dedica-se à descrição dos principais meios de inspeção e ensaio dos sistemas de AVAC.

Os meios de inspeção e ensaio são, em muitos casos, a simples visão da(s) pessoa(s) responsável(eis) pela respetiva verificação. No entanto, a grande parte das inspeções e ensaios são realizadas por meio de EMM, que necessitarão de se encontrar calibrados, com certificado válido, ou nalguns casos aferidos, por outros equipamentos calibrados, dentro do período em que se fará a respetiva medição ou ensaio, caso contrário os resultados serão inconclusivos.

Existe uma vasta gama de EMM, específicos para ensaio de redes de condutas, tubagem de água, tubagem de fluidos frigoríficos, redes elétricas, equipamentos, espaços a climatizar e/ou ventilar.

4.1. Verificações visuais

As inspeções visuais, por se tratar de verificações simples e que podem ser feitas por qualquer profissional e até de forma involuntária, são muitas vezes desvalorizadas e desta forma podem indevidamente ser feitas sem o devido rigor e registo. No entanto, têm um grande peso num PIE uma vez que filtram, de imediato, algumas situações de inconformidade que no futuro poderão implicar o incorreto funcionamento e por sua vez, custos acrescidos e atrasos na entrega da instalação.

A receção de materiais e equipamentos em obra é um dos exemplos onde as inspeções visuais são muito importantes. Por melhor que seja o fornecedor, este pode cometer falhas. O dever do instalador é verificar se a entrega é feita de acordo com o que encomendou, nomeadamente os modelos/referências dos produtos e quantidades.

Outro ponto muito importante é a verificação de que os produtos se encontram em perfeito estado de conservação. Muitos dos equipamentos de maior volume são importados

diretamente do fabricante para a obra, não chegando a serem rececionados no respetivo fornecedor/distribuidor nacional. Por vezes verifica-se que os equipamentos não se encontram devidamente protegidos e que podem sofrer danos durante o transporte. No caso desses danos não serem identificados e comunicados ao fornecedor, poderá resultar na não aceitação dos mesmos por parte da fiscalização de obra, durante a vistoria de receção provisória, ou o próprio fornecedor invalidar a garantia por concluir que os danos foram causados no decorrer da obra, por falta de cuidado por parte do empreiteiro.

Alguns equipamentos, como *chillers*, VRF, Roof-top, são entregues com carga ou pré-carga de gás refrigerante no interior. Um dano numa serpentina, seja por transporte ou por falta de proteção ou manobras em obra, pode resultar numa fuga e desta forma falha total no funcionamento.

As razões acima mencionadas são alguns exemplos da importância em fazer uma rigorosa verificação visual dos materiais e equipamentos entregues em obra, com devido registo.

As inspeções visuais têm também um papel importante na execução, podendo ser feitas a qualquer momento uma vez que não necessitam de qualquer EMM, nomeadamente os apoios, juntas, pontos possíveis de oxidação, isolamentos em falta, identificação de redes e circuitos, implantação de traçados, tendo como base de comparação o respetivo projeto de execução.

4.2. Redes de Tubagem

As redes de tubagem são constituídas por um conjunto de materiais (tubagem e acessórios) ligados em obra, independentemente do tipo de ligação, para transporte do respetivo fluido entre equipamentos.

A boa execução deste tipo de redes é muito importante, não só para não prejudicar o bom funcionamento dos equipamentos, como pelo facto de, a estes materiais, estar associado um período de garantia mínimo de 5 anos. Adicionalmente, poderá causar danos ambientais ou materiais, dependendo do tipo de fluido que escoar no interior da tubagem. Assim, as inspeções e ensaios devem ser realizadas ao nível dos seguintes pontos principais:

- Implantação dos traçados de acordo com o projeto de execução ou preparação de obra;

- Identificação da tubagem;
- Juntas de dilatação;
- Isolamento e proteção de tubagens;
- Estanqueidade.

Das inspeções e ensaios acima mencionados, para redes de tubagem, a única que requer a utilização de um EMM é a de estanqueidade.

O ensaio de estanqueidade serve para aferir se uma rede de tubagem é estanque, ou seja, se não apresenta uma fuga. Este ensaio é dos mais importantes, em redes deste tipo, uma vez que a existência de uma fuga não detetada durante a execução poderá causar danos futuros. O ensaio em causa considera-se também muito importante para salvaguardar possíveis danos, na instalação em causa, após conclusão da mesma, muitas vezes provocados por trabalhos na periferia de outras especialidades ou construção civil, não intencionais. A apresentação do registo do referido ensaio comprovará que a rede se encontrava estanque após conclusão.

A realização de ensaios na presença da fiscalização permitirá à mesma verificar a conformidade da execução, participando igualmente no registo das respetivas fichas de ensaio. Fichas essas que poderão ser consultadas futuramente, para confirmar se eventual avaria ou dano poderá estar relacionada com a má execução por parte do instalador. Nesse caso, a apresentação de fichas de registo de ensaios datadas e assinadas poderão beneficiar da defesa do instalador a eventuais despesas adicionais em reparação ao abrigo do período da garantia, caso o dano não seja relacionado com má execução.

Existem vários tipos de redes de tubagem, presentes numa instalação de AVAC, com particularidades diferentes, sendo maioritariamente previstas para água arrefecida e aquecida, para fluidos frigorigéneos e para drenagem de condensados.

4.2.1. Estanqueidade em tubagem de água

A tubagem de AVAC, tanto para água quente como água gelada, deve ser submetida a um ensaio de estanqueidade. De acordo com o guia de projeto de serviços em instalações, relativo a testes de pressão em tubagens de AVAC, da Universidade de Washington, recomenda-se os ensaios de estanqueidade em tubagens de água quente e água gelada

sejam realizados à pressão de 1,5 vezes a pressão nominal de serviço, com uma duração mínima de 24 horas entre a verificação inicial e final. Caso o ensaio seja realizado por um período superior ao indicado haverá uma maior fiabilidade no resultado, dado que será mais fácil detetar uma queda de pressão causada por uma pequena fuga. No entanto, recomenda-se a realização de ensaios por períodos de 24 h, entre verificações, uma vez que a temperatura ambiente influenciará a temperatura do fluido no interior da tubagem, que por sua vez provocará uma alteração na pressão do mesmo, como se pode compreender através da equação dos gases perfeitos.

$$P V = n R T \quad (16)$$

onde:

P – Pressão [$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2 = \text{J}/\text{m}^3$];

V – Volume [m^3];

n – Número de moles [mol];

R – Constante universal dos gases perfeitos [8,3145 J/(mol.K)];

T – Temperatura [K].

De uma forma simplificada verifica-se que o equilíbrio termodinâmico de um fluido é dado por:

$$P V = T \quad (17)$$

Uma vez que o volume da rede de tubagem, a ensaiar, é constante compreende-se que qualquer oscilação de temperatura no fluido provoca diretamente uma oscilação na pressão do mesmo. Por exemplo, se a temperatura ambiente aquando da verificação final for consideravelmente superior, comparativamente com a verificação inicial, é expectável que a pressão apresentada pelo EMM seja também superior. Por este motivo é recomendado que as verificações finais, dos ensaios de estanqueidade em geral, sejam realizadas aproximadamente à mesma hora das verificações iniciais, uma vez que as condições de temperatura ambiente são igualmente aproximadas.

Tratando-se de um ensaio de pressão, os EMM a utilizar para estes ensaios são os manómetros, ver figura 4.1, com uma escala normalmente entre 0 bar e 20 bar, uma vez que a tubagem é submetida a uma pressão compreendida entre 6 bar e 14 bar.



Figura 4.1 – Exemplo de manómetro analógico de escala 0 bar a 10 bar

[Fonte: WIKA Corporate, Pressure gauges, 2021]

Os manómetros analógicos são equipamentos sensíveis, qualquer queda ou impacto poderá provocar a sua descalibração, perdendo totalmente a fiabilidade dos resultados apresentados.

Normalmente possuem um líquido de preenchimento, constituído por uma mistura de glicerina e água ou óleo de silicone, que tem como função amortecer picos de pressão, choques e vibrações, a proteção dos componentes mecânicos do manómetro e a sua correta leitura em condições de temperatura mais severas.

Em situações de cargas de vibração maiores, não seria possível fazer uma leitura rigorosa de pressão, sem o líquido de preenchimento, uma vez que este amortece e limita o movimento do ponteiro, eliminando oscilações frequentes. As vibrações, por sua vez, também podem causar uma maior fadiga e conseqüente fratura dos componentes mecânicos do equipamento, o amortecimento destes impactos resulta numa maior vida útil dos manómetros. Por fim, a exposição a baixas temperaturas pode causar a congelação dos componentes mecânicos do manómetro, refletindo um valor de pressão diferente do real, o líquido de preenchimento também tem a função de impossibilitar a congelação dos componentes, dependendo do nível de exposição será selecionado um tipo de líquido, com propriedades apropriadas para tal.

O líquido de preenchimento ocupa normalmente 80% a 90% do volume do mesmo, permitindo a sua expansão quando exposto a valores extremos de temperatura e humidade.

De acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013 os ensaios de estanqueidade em tubagem de AVAC devem ser realizados à totalidade da rede.

4.2.2. Medição dos caudais de água

Ao nível das redes de tubagem de água para AVAC, é também necessário confirmar os caudais de água, em cada equipamento principal do sistema, nomeadamente os produtores e unidades de tratamento de ar, pelo que deve ser garantida a presença de acessórios que permitam a sua medição precisa, as tomadas de pressão. A forma mais simples de se fazer a medição de caudais em tubagem de água é através de tomadas de pressão presentes em válvulas de regulação automática de caudal dinâmico.

O cálculo do caudal real que passa pela válvula é obtido pela relação com a perda de carga da mesma, através da seguinte expressão:

$$Kv = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P}} \quad (18)$$

$$Q = Kv \sqrt{\Delta P} \quad (19)$$

onde:

Q – Caudal instantâneo [m^3/h];

ΔP – Medida de pressão diferencial [bar];

Kv – Coeficiente de passagem da válvula (informação do fabricante) [n.a.].

Desta forma, é através de um medidor de pressão diferencial que se consegue verificar o caudal de água, em cada ponto da instalação, desde que seja garantida a presença de válvulas reguladoras de pressão com tomadas de pressão, através do medidor de pressão exemplificativo conforme figura 4.2.



Figura 4.2 – Exemplo de medidor de pressão diferencial

[Fonte: CONTIMETRA, Medidor de Pressão Diferencial, 2021]

4.2.3. Estanqueidade em tubagem de fluido frigorífero

Os ensaios de estanqueidade das tubagens de fluídos frigoríferos, normalmente associadas a sistemas de expansão direta, são semelhantes aos referidos no subcapítulo anterior, para tubagens de água de AVAC, contudo não é realizado com água e as pressões a que são submetidas dependem do tipo de fluido que circulará no mesmo.

Os fluidos frigoríferos possuem características específicas, para as quais estão projetados todos os equipamentos do sistema, em particular o compressor, por onde passará o mesmo e cujo funcionamento poderá ser prejudicado caso o fluido não seja puro, ou seja, contenha uma mistura com outros fluidos. Desta forma, é muito importante garantir que todo o circuito, incluindo a rede de tubagem de expansão direta, se encontre limpa, sem presença de outros fluidos como água ou vapor de água/humidade presente no ar. Por este motivo, as tubagens associadas a qualquer sistema de expansão direta devem ser colocadas à pressão positiva de azoto, após concluída a sua execução e antes da colocação do respetivo sistema em funcionamento. Assim, é normalmente utilizado azoto para o próprio ensaio de estanqueidade das redes de tubagem de sistemas de expansão direta.

Existe uma vasta gama de fluidos frigoríficos adotados para sistemas de AVAC, no entanto aos dias de hoje alguns já se encontram em desuso devido ao seu impacto ambiental e aos rendimentos dos sistemas associados.

Na tabela 4.3 é possível verificar as pressões de ensaio de estanqueidade dos principais fluidos frigoríficos utilizados na atualidade.

Tabela 4.2 – Pressões de serviço e ensaio para os principais fluidos frigoríficos

[Fonte: Pressurising installed systems with nitrogen to find leaks, 2007]

Fluido Frigorífico	Pressão máxima de serviço [bar]	Pressão de ensaio recomendada (bar)
R134a	13,7	26
R407C	23,6	33
R404A	24,8	33
R410A	33,0	40

Os valores apresentados na tabela 4.3 são valores de referência, contudo deverão ser sempre confirmados através da documentação técnica dos equipamentos de expansão direta associados, nomeadamente o manual de instalação.

O ensaio de estanqueidade das tubagens para fluido frigoríficos poderão ser realizados com manómetros similares aos utilizados para tubagem de água, desde que a escala seja adequada para as pressões a ensaiar. No entanto, os técnicos de instalações de expansão direta utilizam por norma um conjunto de manómetros, também conhecidos como “manifold gauges”, como se pode verificar um exemplo na figura 4.3.



Figura 4.3 – Exemplo de conjunto manómetros de baixa e alta pressão

[Fonte: VALUE Tool, Manifold gauge, 2021]

Embora a pressão de ensaio de cada uma das duas ou três linhas de uma rede de expansão direta, linha de líquido, linha de gás e linha de equalização, seja a mesma, a utilização do conjunto manómetros permite fazer o ensaio de estanqueidade mais controlado, individualmente linha a linha, bem como auxilia todo o processo, posterior, de vácuo à instalação e, por fim, enchimento de carga adicional de gás ao sistema, se necessário, durante o arranque do mesmo.

Da análise da figura 4.4 é possível compreender o funcionamento de um conjunto de manómetros. Através do jogo de válvulas consegue-se controlar, de forma independente, a baixa e alta pressão.

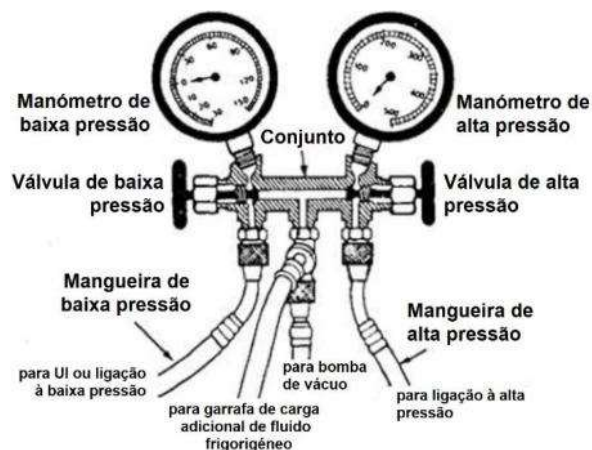


Figura 4.4 – Legenda dos componentes de conjunto manómetros “Manifold Gauge”

[Fonte: Traduzido de What-When-How, heater and air conditioner service automobile, 2021]

Durante o processo de vácuo, a abertura dessas duas válvulas permite realizá-lo em simultâneo e de forma equilibrada. Após concluído o vácuo à rede de tubagem é feito o fecho das válvulas, iniciado o processo de arranque, ligada a linha de enchimento do fluido frigorífero e aberta a válvula da baixa pressão, permitindo a aspiração do mesmo para o interior do sistema.

4.2.4. Tubagem de condensados

As redes de tubagem para condensados não estão expostas a pressões significativas, ao contrário das tubagens para água quente e gelada de AVAC e tubagens para sistemas de expansão direta, uma vez que servem para drenar a água que surge da condensação nas baterias de arrefecimento, até um ponto de esgoto.

Como tal, não são sujeitas a um ensaio de estanqueidade, com necessidade de manómetros, mas sim a ensaios visuais. Deve ser verificada a existência de pendentes corretas, em todos os troços, uma vez que o escoamento é gravítico, ou a existência de bomba de condensados, caso não seja possível garantir pendentes descendentes. Deve ser verificada a existência de um sifão entre esta rede e a rede de esgoto onde será interligada, por forma a evitar a passagem de possíveis odores entre a rede de águas residuais e o equipamento de AVAC, que por sua vez insuflará o ar para um determinado espaço. Por fim, deve ser feito um ensaio funcional que passa por verificar que, ao colocar a água na bandeja de condensados do equipamento, esta será drenada corretamente, sem que surja água nos diversos pontos de ligação da rede.

4.3. Redes de Condutas

Uma vez que as redes de condutas são as principais responsáveis pelo transporte do ar, até aos diversos espaços de um edifício, devem ser submetidas a diversos ensaios, garantindo que os caudais definidos em projeto chegam aos diversos espaços e equipamentos. O presente subcapítulo apresentará os diversos ensaios e EMM associados às redes de condutas.

4.3.1. Estanqueidade

À semelhança da tubagem de AVAC, é necessário igualmente submeter as condutas de ar a ensaios de estanqueidade, uma vez que o ar que circula no seu interior apresenta uma

determinada pressão estática. Contudo os equipamentos a utilizar e critérios de validação são diferentes.

As condutas são submetidas a uma pressão de ar, num determinado troço, e o valor correspondente à fuga é verificado através de um transdutor de pressão diferencial, conforme exemplo de EMM na figura 4.5.



Figura 4.5 – Exemplo de um transdutor de pressão diferencial

[Fonte: LINDAB, Lindab Leakage Tester LT 510, 2021]

Conforme previsto no Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013, *Ensaio e Receção Provisória das Instalações*, para o presente ensaio, o valor das perdas deve ser inferior a 1,5 l/s.m² da área de conduta, quando sujeitas a uma pressão de 400 Pa.

Mais prevê que os ensaios de estanqueidade em condutas devem ser realizados para um mínimo de 10% das redes, de forma aleatória. No caso do resultado não ser satisfatório, o segundo ensaio deve abranger 20% da rede escolhida aleatoriamente, adicionalmente às 10% iniciais. Caso o segundo ensaio não seja igualmente satisfatório, o ensaio deve ser feito a 100% da rede.

4.3.2. Medição dos caudais e temperatura de ar

A medição dos caudais de ar nos equipamentos terminais é muito importante para garantir o correto funcionamento de toda a instalação de AVAC. Dando como exemplo as necessidades de renovação de ar (QAI), os sistemas de desenfumagem e as potências necessárias para vencer as cargas térmicas de cada espaço.

Existem diversos EMM que têm como finalidade verificar os caudais de ar, os mais típicos são os anemómetros e os balômetros.

Em rigor a grandeza que os anemómetros medem é a velocidade do ar, através de uma média de valores dessa velocidade e da secção da conduta é possível obter o valor de caudal de ar.

$$Q = 3600 v A \quad (20)$$

onde:

Q – Caudal de ar [m^3/h];

v – Velocidade do ar [m/s];

A – Área da secção da conduta [m^2].

Estes anemómetros, conforme figura 4.6, são do tipo fio quente, cuja vareta é posicionada no interior de uma conduta, através de um ou mais pequenos furos executados na mesma.



Figura 4.6 – Exemplo de um termo-anemómetro do tipo fio quente

[Fonte: SAUERMANN GROUP, Kimo VT 110, 2021]

Os anemómetros de fio quente são constituídos por uma resistência no interior de um tubo metálico. Através do valor de diferencial de temperatura, provocado pela dissipação de calor da resistência elétrica, será possível obter o valor de velocidade do ar, conseguindo desta forma obter resultados de grande precisão. Pelo facto de necessitarem de fazer a leitura da temperatura ambiente, para conseguirem calcular o diferencial de temperatura, estes instrumentos apresentam também esse valor de medição.

São também muito comuns, ao nível dos ensaios de instalações de AVAC, os anemómetros do tipo hélice.



Figura 4.7 – Exemplo de um termo-anemómetro do tipo hélice

[Fonte: SAUERMANN GROUP, Kimo LV 110, 2021]

Comparativamente com os anemómetros do tipo fio quente os do tipo hélice têm a desvantagem de não se aplicarem à medição da velocidade de ar, e respetivo caudal, no interior de uma conduta. Contudo são mais práticos para medição da velocidade do ar à saída de uma grelha/difusor ou equipamento de climatização terminal sem condutas associadas como um do tipo mural, consola, cassete, para verificação dos vários níveis de ventilação do mesmo.

A obtenção do valor de velocidade do ar é resultado da rotação que o mesmo provoca na hélice do anemómetro. À semelhança dos anemómetros do tipo fio quente os de hélice também apresentam o valor de temperatura do ar, embora não seja essa a sua principal finalidade, tornam os ensaios aos equipamentos terminais de AVAC mais completos.

Para além dos anemómetros mencionados existem outros tipos, como os de copo e ultrassónicos, contudo não são tão correntes em ensaios a instalações de AVAC.

Os balômetro são os instrumentos mais apropriados para medição de caudal de ar à saída dos equipamentos terminais.

Como é possível verificar, através da figura 4.8, os balômetros são constituídos por uma secção onde passará a totalidade do volume de ar associada a um equipamento terminal, obrigando assim a passar também por uma secção onde se encontra o instrumento de leitura, que pode ser um anemómetro do tipo fio quente ou sonda de pressão.



Figura 4.8 – Exemplo de um balômetro

[Fonte: TSI, Airflow PH731, 2021]

Em função do resultado obtido e da secção do presente EMM, onde se encontra o fio quente, consegue calcular e apresentar ao operador o valor de caudal de ar, tornando o ensaio relativamente breve.

A temperatura aproximada de insuflação através de uma grelha ou difusor também pode ser medida de uma forma relativamente rápida, com recurso a um pirómetro.

Os pirómetros, também conhecidos como termómetros laser ou infravermelhos, figura 4.9, permitem medir temperaturas de superfícies de uma forma muito prática uma vez que possibilitam que se faça a uma distância considerável, variável consoante os modelos, podendo conseguir medições a distâncias de até 80 metros da respetiva superfície.



Figura 4.9 – Exemplo de um pirómetro

[Fonte: FLUKE, Fluke 568, 2021]

São, por essa razão, classificados como EMM de “não-contacto”, uma vez que a sua utilização não requer contacto direto com o material ou fluido a medir.

Através da emissão de um laser, o pirómetro faz a leitura da irradiação térmica da respetiva superfície, opaca, para onde se encontra direcionado. Conseguem assim medir a temperatura em alhetas de grelhas e difusores que, pela convecção entre o ar insuflado através destes equipamentos de difusão e os mesmos, permitem que se conheça a temperatura aproximada desse ar.

Desta forma não conseguem medir com tanta exatidão a temperatura do ar, comparativamente com o termómetro de um anemómetro tipo fio-quente ou hélice, uma vez que não medem diretamente a temperatura do ar, mas sim uma superfície que está sujeita à transferência de calor por convecção.

4.3.3. Verificação dos registos de limpeza de redes condutas

Também conhecidos como portas de visita, os registos de limpeza são aberturas acessíveis ao interior das redes de condutas, figura 4.10, para operações diversas de manutenção, sendo a mais usual a limpeza.



Figura 4.10 – Exemplo de porta de visita

[Fonte: Termak hvac systems, Portas de visita circular, 2021]

Uma das verificações a realizar às redes de condutas é a confirmação de presença de portas de visita de acordo com as localizações ou recomendações previstas em projeto de execução, que normalmente remete para a respetiva norma.

A norma que se aplica para o efeito é a EN 12097:2006 e recomenda a presença de portas de visita sempre que se verifique:

- Uma alteração de secção de conduta;
- Uma mudança de direção superior a 45°;
- Um troço de conduta, sem mudança de secção e direção, superior a 7,5 metros de comprimento;

Adicionalmente, recomenda-se a aplicação de portas de visita no topo e fundo de prumadas, troços de tubo flexível superiores a 6 metros e sempre que se verifique a presença de equipamentos e acessórios que provoquem obstrução no processo de limpeza de condutas, como registos de regulação de caudal, registos corta-fogo, atenuadores acústicos, filtros, entre outros (nesta ultimo ponto deverão ser previstas portas de visita antes e depois do equipamento).

Particularmente, para as condutas de exaustão de ar de cozinhas profissionais aplica-se ainda a, mais restrita, NP EN 1037:4, que recomenda a necessidade de presença de portas de visita em aço inox nas mudanças de direção superiores a 30°, em troços superiores a 3 m, bem como junto a equipamentos e acessórios.

A implantação deverá ser previamente proposta pelo empreiteiro à fiscalização, dado muitas vezes não ser possível executar as redes de conduta exatamente como previsto em projeto, devido à inevitável necessidade de preparação e compatibilização entre especialidades e arquitetura, com a real disponibilidade de espaço para instalação. Em

paralelo deverá ser solicitada a presença de alçapões de acesso a estes equipamentos, nos casos em que exista teto falso e que o mesmo não seja amovível, pois sem estes as portas de visita perderão toda a sua função.

As presentes verificações são realizadas com recurso à inspeção visual e é recomendada a presença da fiscalização, para validação conjunta e posterior receção provisória

4.4. Circuitos elétricos

Aos principais equipamentos de AVAC está associada uma instalação elétrica, com carácter muito específico e que, caso seja mal dimensionada ou executada poderá resultar na incorreta funcionalidade dos sistemas ou danos nos equipamentos, anterior ou posteriormente à receção provisória, resultando em custos acrescidos e inesperados para o instalador. Desta forma é muito importante confirmar o correto funcionamento de toda a instalação elétrica associada ao AVAC. O principal EMM que acompanhará todo o processo de medição e ensaio da instalação elétrica é o multímetro pinça amperimétrica, figura 4.11.



Figura 4.11 – Exemplo de multímetro pinça amperimétrica

[Fonte: Testo, Pinça amperimétrica testo 770-3, 2021]

O multímetro é um equipamento que permite a leitura de diversas grandezas elétricas, incluindo assim as funcionalidades de um amperímetro, voltímetro, ohmímetro, capacitímetro e frequencímetro, facilitando desta forma centralizada o processo de medição e ensaios de uma instalação elétrica.

Existem diversos tipos de multímetros, o que se apresenta na Figura 4.11, com pinça amperimétrica, é um dos mais utilizados, uma vez que permite realizar medições sem contacto fáceis e seguras em condutores que se encontram muito próximos entre si. O mesmo poderá ser utilizado também utilizado como mecanismo de fixação, permitindo uma fácil leitura enquanto estão a ser utilizadas as pinças.

Através da chave seletora é possível seleccionar a grandeza e respetiva escala que se pretende medir, dando a utilização de amperímetro, voltímetro, ohmímetro.

4.5. Níveis de ruído

Aos equipamentos mecânicos de AVAC está normalmente associado um nível de ruído, detetável ao ouvido humano, devido à presença de componentes dinâmicos como motores elétricos, hélices ou pás de ventiladores, compressores, veios, correias, entre outros.

O ruído emitido por equipamentos é uma das características que carece de uma rigorosa análise, especialmente tendo em conta o tipo de utilização do edifício ou espaço onde estes serão instalados, como por exemplo quartos de hotel, de hospital, de residências.

Como tal, os fabricantes dos equipamentos mecânicos apresentam, em ficha técnica, os níveis de ruído associados aos mesmos, nas condições de instalação recomendadas, para que possam ser analisados, comparados e até, se necessário, estudadas soluções adicionais de redução de ruído.

No entanto, será importante confirmar, em fase de ensaios funcionais de sistemas e equipamentos, se os equipamentos fornecidos não ultrapassam efetivamente os níveis de ruído máximos apresentados pelo fabricante, nas condições nominais de funcionamento. Para tal será necessário recorrer a um sonómetro, como se poderá verificar na figura 4.12 um exemplo do EMM em causa.



Figura 4.12 – Exemplo de sonômetro

[Fonte: Instruments-Mesure, Sonômetro IHM 8852SI, 2021]

O ruído pode ser medido por pressão sonora ou potência sonora.

A pressão sonora é a medida de energia de som emitida a partir da fonte de ruído, expressa em dB(A) e o seu valor depende da distância do ponto de medição à fonte, sendo crescente com a proximidade ao equipamento emissor de ruído.

A potência sonora é medida em condições predefinidas, sendo desta forma independente da localização do equipamento, das condições ambientais e da distância ao ponto de medição. Não se tratando assim de uma grandeza medida em ensaios funcionais em obra.

Capítulo 5 – Metodologias do PIE de sistemas de AVAC

Como introduzido no segundo capítulo, um PIE é constituído por um conjunto de fichas de inspeção e ensaios, que varia consoante os equipamentos e sistemas previstos instalar. Estas acompanham todo o processo de medição e ensaio, servem para registo dos diversos resultados obtidos, respetivas conclusões e assinatura das partes presentes. É nestas fichas que se faz o registo dos resultados dos ensaios e medições, servido assim de suporte às conclusões sobre a execução.

5.1 Verificações visuais

Durante a receção de equipamentos e materiais em obra devem ser confirmadas as marcas e modelos, com recurso à respetiva identificação, à guia de remessa e à encomenda realizada que, por sua vez, deverá estar de acordo com a aprovação da fiscalização. Deverá ser confirmado igualmente o estado de conservação. Caso contrário poderá ser exigido a devolução e/ou desmontagem dos mesmos.

Relativamente à instalação de materiais e equipamentos, a melhor forma de realizar inspeções visuais é através de *checklists*, que devem ser incluídas em fichas de PIE específicas.

Com auxílio da *checklist* presente na Tabela 5.3 torna-se bastante simples o processo de verificação e registo da conformidade, ou não conformidade, de uma determinada instalação, rede ou equipamento, para uma determinada zona, sem correr o risco de esquecer de confirmar nenhuma das alíneas.

Tabela 5.3 – Checklist de verificações visuais de instalações de AVAC

[Fonte: Baseado em folha de registo de ensaios de empresa Sotécnica – Sociedade Electrotécnica, S.A.]

	Características	C	NC	NA	Elementos	Correcção Imediata	N.º NC
1	Receção em obra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2	Distância entre suportes ou fixações	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
3	Apoios antivibráteis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
4	Implantação dos traçados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
5	Identificação da tubagem e equipamentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
6	Juntas de dilatação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
7	Juntas antivibráteis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
8	Isolamento e protecção de tubagens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
9	Ausência de pontos de possível oxidação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
10	Instalação nivelada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
11	Pendentes necessárias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
12	Sifões	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

5.2 Redes de tubagem

Existem diversos tipos de tubagem, que por sua vez apresentam necessidades e metodologias de ensaios distintas.

Ao nível do AVAC, as tubagens mais usuais, são as de água de arrefecimento ou aquecimento, de fluidos frigorigéneos (expansão direta) e de drenagem de condensados.

5.2.1 Tubagem de água arrefecida e aquecida

Após conclusão de uma determinada rede ou zona de tubagem de água para AVAC é importante garantir que a mesma se encontra estanque.

Para tal será necessário fazer um ensaio de carga com recurso a um manómetro.

Independentemente de se tratar de um sistema a 2 tubos (só arrefecimento ou só aquecimento) ou a 4 tubos (arrefecimento e aquecimento em simultâneo), como introduzido no Capítulo 3, para os ensaios de estanqueidade de tubagem de AVAC é usual realizar-se um by-pass entre os vários tubos, por zona submetida a ensaio, e realizar um único ensaio à totalidade das redes, uma vez que estas se apresentam normalmente em paralelo.

Com este método será possível realizar, de uma só vez, o ensaio à totalidade das tubagens de AVAC, nomeadamente as idas e os retornos, e assim aumentar a fiabilidade e

produtividade do mesmo, devido ao aumento considerável de volume total de água associado.

À exceção da extremidade da tubagem, onde é realizada uma interligação entre os dois ou quatro tubos a ensaiar, todas as restantes válvulas de seccionamento das extremidades da rede necessitarão de estar fechadas, bem como todas as válvulas de seccionamento que se encontrem entre troços que estão a ser ensaiados, como por exemplo à entrada/saída de prumadas, devem encontrar-se abertas.

A tubagem deverá ser colocada à carga, normalmente por água de abastecimento da rede, através da extremidade mais próxima e até alcançar a pressão pretendida (1,5 vezes a pressão de serviço).

Normalmente é feito um ensaio interno de 24 horas, antes de solicitar a Fiscalização, para verificar previamente a conformidade da rede a ensaiar, e posteriormente solicitar a presença desta. Esta metodologia deverá ser transversal a todos os ensaios a realizar na presença da fiscalização, uma vez que só assim se garante que o resultado será favorável, num segundo ensaio, que anulará o risco da fiscalização presenciar situações de inconformidade e que se evita perdas de tempo para a fiscalização na realização de um segundo ensaio.

A Tabela 5.5 é um exemplo de uma ficha de registo de ensaio de estanqueidade à tubagem de água de AVAC. São identificados o piso, a área e a zona que se está a ensaiar, contudo, para melhor confirmação, o ensaio e respetivo registo é normalmente acompanhado por uma planta da peça desenhada de projeto ou preparação de obra, da zona em causa, com a mesma identificação.

Tabela 5.4 – Ficha de ensaio estanqueidade de tubagem de água (ficha completa em anexo)

[Fonte: Baseado em folha de registo de ensaios de empresa Sotécnica – Sociedade Electrotécnica, S.A.]

Piso	Área	Ensaio CE		Ensaio Inicial			Ensaio Final		
	Zona	Fluido	Pressão (bar)	Fluido	Data e hora	Pressão (bar)	Fluido	Data e hora	Pressão (bar)

Uma pequena descida de pressão (inferior a 10% da pressão de ensaio), num primeiro ensaio realizado imediatamente após enchimento da rede, poderá não significar que existem fugas no sistema. Existem algumas razões que poderão justificar uma descida desse tipo, como por exemplo, a variação da temperatura da água no interior da tubagem, a presença de ar na tubagem, a absorção de água através do linho normalmente usado para vedar ligações roscadas a válvulas de seccionamento, entre outros. Por essa razão torna-se, ainda mais, importante realizar um ensaio interno de 24 horas antes do formal, na presença da Fiscalização, uma vez que é necessário dar algum tempo ao sistema para estabilizar a pressão.

Por forma a evitar possível conflito de decisão entre as partes, durante a verificação final do ensaio, é importante, de forma geral em todos os ensaios, definir o respetivo critério de aceitação, ou seja, a tolerância de diferença de valores entre o ensaio final e o ensaio inicial. Por essa razão é também importante elaborar um PIE, para definir todos os critérios de aceitação dos ensaios aplicáveis à instalação, para análise e validação por parte da Fiscalização. Desta forma consegue-se compreender a importância em deixar definidos os critérios de aceitação antes de se iniciar os ensaios, durante a fase de preparação e arranque da obra, através da elaboração e validação do PIE, para que todo o processo de ensaios seja mais autónomo.

As verificações de estanqueidade de tubagens são exemplos de ensaios onde os critérios de aceitação são discutíveis e devem ser previamente definidos, junto da Fiscalização, sendo normalmente admissíveis valores aproximados a mais ou menos 10% do valor de ensaio e nunca superior a 0,5 bar.

Com a rede de tubagem já concluída, incluindo todos os ensaios de estanqueidade e ligações aos diversos equipamentos associados, como eletrobombas, *chillers*, caldeiras, depósitos, UTA, ventiloconvetores, válvulas, acessórios, é importante calibrar a mesma e confirmar, através da medição de caudais.

Dependendo do Projeto de Execução em causa, o processo de calibração poderá ser mais ou menos iterativo.

Como descrito no Capítulo 3, as válvulas de regulação dinâmica são fornecidas para permitir a passagem máxima de um determinado caudal de água, o que do ponto de vista da calibração da respetiva instalação é uma grande mais valia, uma vez que será de esperar

a regulação automática de caudais de água nos diversos troços de tubagem. Contudo, é fundamental confirmar que, como esperado, a instalação encontra-se totalmente calibrada ao nível dos caudais de água, uma vez que poderá haver enganos ao nível do fornecimento ou instalação dessas válvulas. Para tal, será necessário medir os caudais de água junto de todos os equipamentos produtores de energia térmica, todas as UTA e aleatoriamente a partes dos equipamentos terminais, como por exemplo os ventiloconvetores. A Tabela 5.6 é um exemplo de uma ficha de registo de ensaio de caudais de água em tubagens de AVAC. É igualmente importante identificar o local ou referência do equipamento que está a ser ensaiado e se está a ser ensaiada a tubagem de arrefecimento ou aquecimento.

Tabela 5.5 – Ficha de ensaio de caudais de água em tubagens (ficha completa em anexo)

[Fonte: Baseado em folha de registo de ensaios de empresa Sotécnica – Sociedade Electrotécnica, S.A.]

Piso	Área	Água Fria	Água Quente	"Kv" da Válvula	Pontos de medida
	Zona				(ver circuito unifilar)
Ensaio 1					
Ensaio 2					

Previsto		Medido		Desvios	
Caudal (m ³ /h)	Pressão dif. (bar)	Pressão dif. (bar)	Caudal (m ³ /h)	Caudal (%)	Velocidade (%)
$\Delta P = (Q / K_v)^2$		$Q = K_v * \sqrt{\Delta P}$		Medido / Previsto	
Ensaio 1	(continuação)				
Ensaio 2	(continuação)				

A medição é feita com recurso às tomadas de pressão, tanto previstas nas válvulas de regulação dinâmica como nas de regulação manual. Contudo será necessário converter o valor de diferencial de pressão obtido no respetivo caudal, de acordo com a fórmula que se apresenta no registo da Tabela 5.5, conforme equações (18) e (19), para melhor auxílio do técnico que fará o ensaio.

5.2.2 Tubagem de fluidos frigorigéneos

O ensaio de estanqueidade à tubagem de fluidos frigorigéneos é idêntico ao da tubagem de água, inclusivamente partilham a mesma ficha de registo, de acordo com a Tabela 5.5. Contudo, dada a vulnerabilidade deste tipo de sistemas, existem algumas particularidades que devem ser seguidas com cuidado.

Uma vez que o fluido que circula neste tipo de rede é o mesmo que é comprimido e expandido no sistema de produção de energia térmica, passando nos diversos órgãos da unidade exterior, deve essa rede ser o mais limpa possível, isenta de impurezas e humidade. Por esse motivo concilia-se o procedimento de ensaio de estanqueidade da tubagem com o da sua limpeza, através do enchimento da mesma com azoto, a uma determinada pressão.

Através da unidade exterior e com o recurso a um manómetro de baixa e alta pressão (manifold gauge), conforme figuras 4.3 e 4.4, pode ser feito o enchimento de toda a tubagem e do respetivo sistema com azoto.

Após se conseguir alcançar a pressão de ensaio de carga, definida pelo fabricante, deverá ser interrompida a ligação entre a unidade exterior e a garrafa de azoto, por forma a avaliar, o que acontece nas 24 horas seguintes, se a pressão deixada se mantém ou diminui.

Tal como nos ensaios de estanqueidade da tubagem de água, uma pequena redução da pressão de azoto na tubagem de fluido frigorigéneo poderá não significar uma fuga na rede, uma vez que a variação da temperatura ambiente influencia a pressão do azoto, da mesma forma, conforme explicado anteriormente. Por esse motivo são os ensaios de estanqueidade estabelecidos para 24 horas, uma vez que as condições de temperatura ambiente são aproximadas, entre a verificação inicial e a final.

No caso de se verificar uma redução de pressão, após as 24 horas, é importante verificar todas as ligações mecânicas entre os troços de tubagem completa e os equipamentos.

Uma vez que o azoto não é visível, um dos métodos mais comuns para deteção de fugas é a aplicação de solução de sabão nesses pontos. A formação de bolhas indicará que o azoto está a sair do interior da tubagem, através de uma fuga. Este e outros métodos, menos simples, de deteção de fugas em redes de fluidos frigorigéneos encontram-se

detalhados em vários guias técnicos, como por exemplo o Guide to good leak testing do The Institute of Refrigeration accepts no responsibility for errors or omissions.

As fugas de maior expressão estão normalmente associadas a ligações do tipo soldadura, entre troços de tubagem, acessórios e derivações (também conhecidas como forquilhas), que poderão também ser verificadas através da solução de sabão.

Ainda que verificadas todas as ligações mecânicas da rede, e embora muito raro, é possível que se continue a verificar uma fuga no sistema, presente num troço de tubagem sem ligações. Uma fuga desse tipo pode ser provocada, por exemplo, pela execução de outros trabalhos na proximidade dessas redes, um corte ou um furo provocado numa tubagem embebida. Nestes casos, a forma mais eficaz de encontrar a fuga é ensaiar a rede de tubagem em troços cada vez mais pequenos onde se verifica que existe queda de pressão de azoto, encurralando assim esse ponto que necessitará de ser corrigido. Após corrigida e reposta a tubagem, sem os seccionamentos que serviram para encontrar a fuga, será necessário voltar a fazer o novo ensaio de 24 horas, para confirmar que já se encontra devidamente estanque, e posteriormente fazer o ensaio formal junto da Fiscalização.

Relativamente à calibração de caudais de fluido, entre as unidades interiores e exteriores, a mesma não se aplica a sistemas de expansão direta.

Ao contrário dos sistemas a água, cujos ventiloconvetores funcionam de forma independente dos restantes equipamentos do respetivo sistema, nos sistemas de expansão direta as diversas unidades interiores comunicam com as exteriores, através de uma rede elétrica de comando. Sendo esta executada de acordo com o diagrama de tubagem e comunicação do respetivo sistema, elaborado em fase de projeto com recurso a programas de dimensionamento facultados pelo fabricante. Desta forma, a distribuição de caudal de fluido e abertura de válvulas realiza-se de forma automática, de acordo com as necessidades de cada unidade interior e a constante comunicação com as unidades exteriores.

5.2.3 Tubagem de condensados

Como referido no Capítulo 4, as redes de tubagem para condensados não necessitam de nenhum EMM específico para verificar a da sua correta instalação, além das inspeções visuais e de ensaio funcional de drenagem de água.

Desta forma, os ensaios ao nível deste tipo de rede são acompanhados pela ficha de registo conforme tabela 5.3, com uma linha adicional para ensaio funcional de drenagem de água entre a bandeja de condensados e o ponto de ligação à rede de águas residuais, embora com prévia passagem por sifão.

5.3 Redes de condutas

Conforme introduzido no capítulo 4, existem diversas necessidades de ensaios ao nível das redes de condutas, bem como diversos EMM para as realizar. O presente subcapítulo tem como objetivo detalhar as metodologias de ensaio de estanqueidade e medição caudais de ar e temperatura em redes de condutas.

5.3.1 Estanqueidade

Como referido no Capítulo 4, a medição de estanqueidade de um determinado troço de condutas é realizada com recurso a um transdutor de pressão diferencial e o critério de aceitação do ensaio é igual ou inferior a $1,5 \text{ l}/(\text{s.m}^2)$ da área total de condutas, quando sujeitas a uma pressão de ensaio de 400 Pa.

O Lindab Leakage Tester LT 510 é um exemplo de EMM certificado para o efeito e que emite um impresso do resultado do teste, que deverá ser anexo à respetiva ficha de ensaio juntamente com a planta de identificação da zona ou condutas que estão a ser ensaiadas. A Tabela 5.7 é um exemplo de uma ficha de registo de ensaio de estanqueidade de conduta. São identificados o piso, a área e a zona que se está a ensaiar, o tipo de rede de conduta em causa, a secção da mesma (circular, oval ou retangular), respetivo comprimento e respetiva área da conduta, resultado do perímetro da secção com o comprimento.

Tabela 5.6 – Ficha de ensaio de estanqueidade de condutas (ficha completa em anexo)

[Fonte: Baseado em folha de registo de ensaios de empresa Sotécnica – Sociedade Electrotécnica, S.A.]

Piso	Área	Insuflação	Extração	Pressurização	Desenfumagem	Compensação	Secção da conduta		Comp. da conduta
	Zona						Circular	Retang.	
							Diâm. (D) (mm)	L x A (mm x mm)	C (m)
Ensaio 1									
Ensaio 2									

Área da conduta (A)		Data	Pressão de ensaio	Medido	
Circular (m ²)	Rectang. (m ²)	Hora		Caudal de fuga (Q)	Rácio caudal (Q / A)
$\text{Pi} \cdot \text{D} / 1000 \cdot \text{L}$	$2 \cdot (\text{L} + \text{A}) / 1000 \cdot \text{C}$		(Pa)	(L / s)	$\text{L} / (\text{s} \cdot \text{m}^2)$
Ensaio 1	(continuação)				
Ensaio 2	(continuação)				

Essa é a área de conduta que vai ficar sujeita à pressão de ensaio, quanto maior for a área a ensaiar maiores são os valores de fuga de ar a esperar, pelas uniões, acessórios, aros e fecho longitudinal ou espiralado da própria conduta. Por essa razão o critério de aceitação do ensaio em causa é um valor máximo admissível por m² de conduta submetida ao teste.

Relativamente ao método de ensaio de redes de condutas à estanqueidade, será necessário escolher um troço de conduta já instalada, de forma aleatória e com comprimento considerável, preferencialmente superior a 3,5 m. Será necessário tamponar todas as extremidades e derivações e abrir dois pontos de ligação ao respetivo EMM, o transdutor de pressão. Como é possível verificar no esquema da Figura 5.1, o referido EMM é constituído por dois ventiladores que insuflam ar, através de uma mangueira, para o interior do troço de conduta a ensaiar. Desta forma, a pressão de ar no interior da conduta vai subir, até atingir a pressão de ensaio (400 Pa) e, posteriormente, estabiliza mantendo valores aproximados. A pressão será medida através do outro ponto de ligação e uma segunda mangueira, a mangueira semirrígida de pressão.

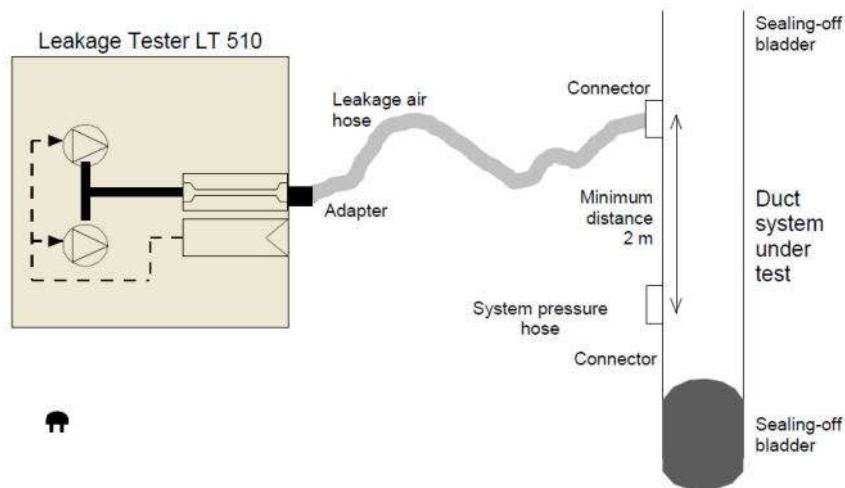


Figura 5.1 – Esquema de funcionamento de um transdutor de pressão (exemplo: Leakage Tester LT 510)

[Fonte: Lindab, Manual leakage tester, 2021]

Desta forma, o equipamento faz a comparação entre a pressão introduzida com a medida, cuja diferença será convertida num valor de caudal de fuga. Introduzindo o valor da área total de conduta submetida a ensaio o transdutor de pressão emite o resultado, para anexar à respetiva ficha.

5.3.2 Caudais e temperatura de ar

Como introduzido no Capítulo 4, é através dos anemómetros e balômetros que se mede caudais de ar em instalações de AVAC.

Para medição dos caudais de ar no interior de condutas será necessário recorrer a um termo-anemómetro do tipo fio quente, uma vez que é o único apropriado para este tipo de utilização, os de tipo hélice e balômetros servem para utilizar no exterior de redes de condutas, junto aos equipamentos terminais de difusão.

É muito importante realizar ensaios/medições de caudais ar em todas as redes principais de condutas, não só para regulação dos pontos de funcionamento dos respetivos equipamentos (UTA, ventiladores, *roof-top*, entre outros), como para confirmar que esses equipamentos conseguem atingir os caudais de ar de Projeto de Execução.

A verificação de que os ventiladores conseguem atingir os caudais de projeto reflete-se na confirmação de que a perda de carga real da instalação, já concluída, é inferior à pressão estática do respetivo ventilador, conforme dimensionado e seleccionado pela Entidade Projetista.

A falta de capacidade de um ventilador para atingir o caudal de ar de Projeto poderá implicar uma intervenção ao nível da instalação, do equipamento ou até mesmo a substituição deste, por um ventilador de capacidade superior. Desta forma é muito importante confirmar todos os caudais nos troços principais, ainda em fase de obra, uma vez que a falta de caudal poderá colocar em risco a segurança no edifício, tendo como exemplo uma situação de incêndio e especificamente para um ventilador de desenfumagem.

Pelo exemplo anterior, entre outros possíveis, é muito importante realizar este tipo de ensaios às redes de AVAC bem como procurar e aplicar soluções até obter valores satisfatórios, dentro dos critérios de aceitação acordados entre as partes, caso necessário. A Tabela 5.8 exemplifica uma ficha de registo de ensaio de caudais de ar em condutas, com algumas particularidades no preenchimento, que se clarificarão de seguida.

Tabela 5.7 – Ficha de ensaio de caudais de ar em condutas (ficha completa em anexo)

[Fonte: Baseado em folha de registo de ensaios de empresa Sotécnica – Sociedade Electrotécnica, S.A.]

Piso	Área	Insuflação	Retorno	Pressurização	Desenfumagem	Compensação	Secção da conduta		Pontos de medida (ver circuito unifilar)	
	Zona						Circular	Retang.		
							Díâm. (D) (mm)	L x A (mm x mm)		
Ensaio 1										
Ensaio 2										

Previsto		Medido		Desvios	
Caudal (m ³ /h)	Velocidade (m/s)	Velocidade (m/s)	Caudal (m ³ /h)	Caudal (%)	Velocidade (%)
$v = Q / A / 3600$		$Q = v * A * 3600$		$(\text{Medido} / \text{Previsto}) - 1$	
Ensaio 1	(continuação)				
Ensaio 2	(continuação)				

Uma vez que os anemómetros medem velocidade do ar e que a mesma não é constante dentro da conduta, devido ao efeito viscoso provocado pelas paredes da conduta, será necessário medir a velocidade em vários pontos do plano de secção da conduta, principalmente nos casos em que essas apresentam perfis consideráveis.

Embora a viscosidade do ar seja reduzida, comparativamente à água, este é transportado a velocidades consideráveis. A Norma SMACNA prevê velocidades de ar no interior de condutas e respetivos equipamentos, como baterias de arrefecimento e aquecimento e filtros, com valores compreendidos entre os 5 m/s e os 15 m/s. Por essa razão o efeito viscoso não é desprezável.

Em primeiro lugar deve ser escolhido o plano, ou ponto ao nível da peça desenhada, em que vão ser realizados os levantamentos de velocidade do ar, ou seja, identificar a localização em planta. Como já referido, esse ponto deve pertencer à linha principal da rede de conduta por forma a verificar o caudal máximo do ventilador, mas também deve ser escolhido um ponto onde o escoamento do ar é o menos turbulento possível.

Embora os defletores de ar, presentes em curvas e derivações, beneficiem o trajeto do ar no interior das condutas, em comparação com os troços retos não conseguem garantir um escoamento tão laminar. Desta forma, o melhor plano para medição da velocidade média do ar no interior de uma conduta, deve ser num troço reto e o mais a jusante possível de uma curva, derivação ou transformação, possibilitando que o escoamento do ar estabilize e os resultados da medição sejam mais credíveis.

A Figura 5.2 representa um esquema exemplificativo de como pode ser utilizado um anemómetro do tipo fio quente numa conduta retangular de dimensão considerável, neste caso com secção 1000 mm de largura e 400 mm de altura.

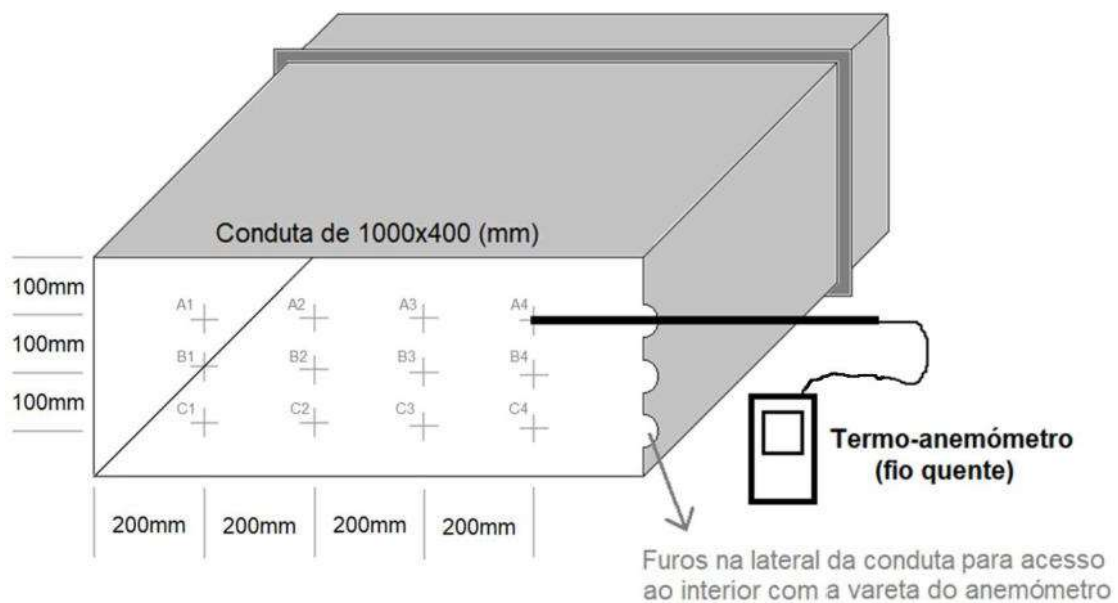


Figura 5.2 – Esquema de funcionamento de termo-anemómetro do tipo fio quente

Recomenda-se que o levantamento de velocidades do ar deve ser feito nos pontos com um “+” (A1 a C4) da figura 5.2, nomeadamente de 100 mm em 100 mm na vertical, uma vez que a altura não é significativa, e de 200 mm e 200 mm na horizontal, uma vez que a largura já é considerável, evitando fazer-se demasiados levantamentos que resultariam em valor aproximados. Para tal, deve ser introduzida a vareta do anemómetro num dos furos, executados na conduta para medição, com a seta presente na extremidade direcionada no sentido de escoamento do ar e, através da régua presente no seu comprimento, posicionar nos respetivos pontos de ensaio e feito o respetivo registo na ficha. Após concluídos todos os registos poder-se-á passar para o furo seguinte e repetir o procedimento, até passar por todos os pontos.

A Tabela 5.9 apresenta um exemplo de preenchimento de uma ficha de ensaio de caudais de ar em condutas, neste caso para o caudal de um ventilador de desenfumagem de 12000 m³/h.

Tabela 5.8 – Exemplo de preenchimento de ficha de ensaio de caudais de ar em condutas

[Fonte: Baseado em folha de registo de ensaios de empresa Sotécnica – Sociedade Electrotécnica, S.A.]

Piso	Área Zona	Insuflação	Extração	Pressurização	Desenfumagem	Compensação	Secção da conduta		Pontos de medida (ver circuito unifilar)
							Circular	Retang.	
							Diâm. (D) (mm)	L x A (mm x mm)	
7	VED 6				X		NA	1000 x 400	Média velocidades
	Zona Técnica								VED 6 A1 A2

Pontos de medida (ver circuito unifilar)	Previsto		Medido		Desvios	
	Caudal (m ³ /h)	Velocidade (m/s)	Velocidade (m/s)	Caudal (m ³ /h)	Caudal (%)	Velocidade (%)
	$v = Q / A / 3600$		$Q = v * A * 3600$		(Medido / Previsto) - 1	
Média velocidades	12000	8,33	7,93	11424	-4,8%	-4,8%
Ver planta em anexo (medição junto ao VED 6)	A1		7,3			
	A2		8,3			
			
	C2		8,4			
	C3		8,4			
	C4		7,3			

A primeira linha serve para os valores médios e respetivo desvio, onde se apresenta o valor considerado para a velocidade do ar medida, velocidade essa que é a média das velocidades abaixo, dos pontos A1 a C4, medidas nos diversos pontos.

Com este exemplo é possível concluir que o desvio entre o caudal medido e o previsto em Projeto seria de -4,8%, significando que o caudal real é 4,8% inferior ao de projeto, para essa rede de condutas.

Dependendo do critério de aceitação acordado e previsto no respetivo PIE o presente ensaio poderia ser considerado como conforme ou não conforme, sendo neste último caso necessário intervir no sistema por forma a garantir a conformidade do mesmo. A intervenção pode ser ao nível do aumento do consumo máximo do ventilador, caso se verifique essa possibilidade, através do variador de velocidade e sem correr o risco de avaria por sobreaquecimento do mesmo. Também pode ser ao nível da rede de condutas, pois poderá verificar-se uma perda de carga associada a um determinado acessório de conduta, nesse caso poderá ser verificada a possibilidade de anular esse acessório e completar a respetiva rede com curvas, transformações ou derivações mais favoráveis do ponto de vista de escoamento do ar. Findas as possibilidades de permitir que o ventilador consiga atingir o causal de projeto, poderá verificar-se necessidade de substituir o mesmo, após análise conjunta junto da Fiscalização e/ou Entidade Projetista.

As medições de caudal ou velocidade de ar exteriores a condutas podem ser realizadas com recurso a termo-anemómetros de hélice ou balômetros, contudo a escolha depende da finalidade do ensaio.

No caso dos ensaios de caudais de ar em equipamentos terminais de difusão, para comparação com os caudais de Projeto, o equipamento mais apropriado é o balômetro uma vez que indica o valor exato, ou muito aproximado, do caudal associado a cada difusor.

A Tabela 5.10 é um exemplo de uma ficha de ensaio de caudais de ar terminais, muito associados a equipamentos de difusão, mas também apropriados para ventiloconvetores e unidades interiores, embora para estes existam fichas específicas onde são realizadas medições de outros parâmetros. A presente ficha é preenchida com recurso a balômetros e pirómetros, embora este último só seja aplicável no caso de insuflação e de ar tratado.

Tabela 5.9 – Ficha de ensaio de caudais de ar em equipamentos de difusão (ficha completa em anexo)

[Fonte: Baseado em folha de registo de ensaios de empresa Sotécnica – Sociedade Electrotécnica, S.A.]

Piso	Área	Insuflação	Extração	Retorno	Pressur.	Equipamento de Difusão		Pontos de medida	
	Zona					Ref. ^a	Dimensão	(ver circuito unifilar)	
Ensaio 1									
Ensaio 2									

Previsto	Medido			Desvios
Caudal	Temperatura insuflação	Temperatura ambiente	Caudal	Caudal
(m ³ /h)	(.°C)	(.°C)	(m ³ /h)	(%)
Ensaio 1	(continuação)			
Ensaio 2	(continuação)			

O balômetro necessitará de um acessório com uma área de captação igual ou superior à do equipamento que se está a ensaiar. Contudo, para certos difusores ou grelhas, a área de captação do balômetro poderá ser inferior à necessária. Nesses casos poderá haver recurso à ficha de ensaio da Tabela 5.8, através de anemómetro do tipo fio-quente num troço de conduta principal, relativamente a esse equipamento de difusão, e posteriormente a um anemómetro do tipo hélice em vários pontos, da grelha ou difusor, para confirmar que o caudal de ar é aproximadamente constante ao longo do equipamento.

Nos casos de insuflação de ar tratado poderá ser pertinente verificar a que temperatura o ar é insuflado e a que temperatura se encontra o espaço. Com recurso a um pirómetro direccionado para o equipamento de difusão é possível obter a temperatura de insuflação de ar, direccionado para um objeto ou parede, a aproximadamente 1 m de altura e livre de insuflação de ar direto, ou para um equipamento de extração do mesmo espaço é possível ter um valor aproximado de temperatura ambiente.

Para confirmação se um equipamento terminal dá resposta aos vários níveis de velocidade de ventilação, do respetivo comando, o ensaio poderá ser feito com recurso a um balômetro, a um anemómetro de hélice ou anemómetro do tipo fio-quente. Para o caso específico dos ventiloinveter apresenta-se, na Tabela 5.10, um exemplo de ficha de ensaio, onde se inclui a temperatura, de insuflação ou retorno dependendo do que se está a ensaiar, a comparação dos caudais de ar medidos com os de projeto e ou velocidades de ar, nos diversos níveis de ventilação do equipamento, bem como a corrente eléctrica consumida e tensão.

Tabela 5.10 – Ficha de ensaio de ventiloconvetores (ficha completa em anexo)

[Fonte: Baseado em folha de registo de ensaios de empresa Sotécnica – Sociedade Electrotécnica, S.A.]

Piso	Área	Insuflação	Retorno	Secção da conduta		Pontos de medida	Medido
	Zona			Circular	Retang.		(ver circuito unifilar)
				Diâm. (D) (mm)	L x A (mm x mm)	(.°C)	
Ensaio 1							
Ensaio 2							

Previsto		Medido		Desvios		Medido	
Caudal (m ³ /h)	Velocidade (m/s)	Velocidade (m/s)	Caudal (m ³ /h)	Caudal (%)	Velocidade (%)	Corrente (A)	Tensão (V)
$v = Q / A / 3600$		$Q = v * A * 3600$		(Medido / Previsto) - 1			
Ensaio 1	(continuação)						
Ensaio 2	(continuação)						

5.3.3 Ensaios de fumos

É através de ensaios com recurso a EMM que se verifica se os equipamentos e sistemas instalados correspondem aos caudais de ar projetados. No entanto, é através de verificações visuais que se consegue compreender qual é o comportamento do fumo, num determinado espaço, quando se aciona a desenfumagem.

É com recurso a uma máquina de fumos que se verifica, visualmente, como é o desempenho de um sistema de desenfumagem de um espaço, embora os fumos produzidos por este sejam frios, ao contrário dos resultantes de um incêndio.

O ensaio consiste em verificar se o sistema de desenfumagem, ativa (com recurso a meios mecânicos) ou passiva (natural), tem capacidade para extrair os fumos, proporcionando um ambiente respirável, a visibilidade pelos caminhos de evacuação, a retardação do aumento da temperatura, bem como a facilidade de intervenção por parte dos meios de socorro.

A figura 5.3 é um exemplo de uma libertação de fumos com recurso a uma máquina de fumos, onde é possível verificar a intensidade de fumo e baixa visibilidade conseguida por este equipamento para, posteriormente, se poder testar e verificar visualmente o desempenho dos equipamentos de desenfumagem.



Figura 5.3 – Ensaio de fumos num parque de estacionamento

[Fonte: LNEC, Seminário: Ventilação de impulso em parques de estacionamento cobertos, 2009]

Este tipo de ensaios tem o objetivo, não só, de verificar o desempenho mecânico dos sistemas de desenfumagem instalados, como de verificar o comportamento real do escoamento do ar num determinado espaço, do ponto de vista da análise do Projeto de Execução concebido, dos caudais de ar, da implantação dos equipamentos de difusão, da pressão relativa entre espaços.

5.4 Circuitos elétricos

A maioria dos ensaios elétricos ao nível das instalações de AVAC podem ser feitos com recurso a multímetros. No presente capítulo serão explicadas as funcionalidades de um multímetro, de uma forma genérica, para que possa ser corretamente utilizada em qualquer equipamento mecânico.

5.4.1 Tensão elétrica

A tensão elétrica, cuja unidade do Sistema Internacional (SI) é o volt (V), é a grandeza que mede a diferença de potencial elétrico entre dois pontos.

Ao nível das instalações de AVAC em edifícios, de forma geral é utilizada a baixa tensão, nomeadamente 400 V para corrente trifásica e 230 V para a corrente monofásica, podendo

verificar-se algumas oscilações embora aproximadas a estes valores. Desta forma e em primeiro lugar deve ser selecionada a escala de tensão elétrica que abrange estes valores, através da chave seletora do multímetro, em corrente alternada.

Por ser o diferencial de potencial elétrico entre dois pontos, o valor de tensão deve ser medido entre esses dois pontos, nomeadamente a fase e o neutro, para monofásica, e entre fases, para a trifásica.

Também é comum nas instalações de AVAC em edifícios haver equipamentos com alimentação elétrica a 24 V e 10 V, nestes casos o procedimento, contudo deverá ser ajustada a escala de leitura.

5.4.2 Resistência elétrica

A resistência elétrica, cuja unidade SI é o ohm (Ω), é a grandeza que mede, como o nome indica, o valor de resistência à passagem de corrente elétrica, resultando em libertação de calor.

Não é muito comum medir este tipo de grandeza em instalações de AVAC, contudo poderá ser necessário, não só para confirmar se uma resistência elétrica para aquecimento de águas de um depósito ou bateria de aquecimento de ar apresenta os valores pretendidos, como ao nível da eletrónica associada a um sistema VRF, por exemplo.

A resistência elétrica de um equipamento é medida entre as duas extremidades do mesmo, ou seja, entre o ponto de entrada da corrente elétrica e o ponto de saída, com a escala selecionada de 20 k Ω . Caso se verifique, que a resistência não apresenta qualquer valor poderá querer dizer que a mesma se encontra avariada, podendo ter sobreaquecido e derretido parcialmente, perdendo desta forma a sua continuidade.

5.4.3 Continuidade elétrica

Ao nível dos ensaios funcionais de equipamentos é muito usual recorrer-se a verificações de continuidade elétrica para confirmar possíveis avarias ou danos na instalação, por exemplo cabos cortados, fusíveis por substituir, resistências sobreaquecidas e até ligações elétricas mal executadas.

Estas verificações são realizadas em instalações sem corrente elétrica, devendo ser sempre confirmada previamente que a alimentação elétrica da mesma se encontra

interrompida, caso contrário o multímetro fechará o circuito elétrico podendo desta forma provocar um acidente grave para o operador, bem como danos materiais.

A verificação de continuidade está relacionada com a de resistência elétrica, pelo que deverá ser, de igual forma, escolhido a unidade de resistência elétrica, Ω , juntamente com o símbolo de díodo e sonoro, via seletor. Caso a resistência seja demasiado alta significará que o circuito se encontra aberto, ou seja, sem continuidade, No caso de se verificar continuidade, entre duas extremidades, o multímetro apresentará o valor de “0 Ω ” e emitirá o aviso sonoro, caso tenha e seja ativada essa função.

5.4.4 Corrente elétrica

Existem duas formas de verificar corrente elétrica com multímetros, com recurso ao alicate ou com recurso às pinças. Com recurso ao alicate é a forma mais rápida e segura de fazer a medição de corrente elétrica, uma vez que para tal é apenas necessário abrir o alicate e fechar com o fio da fase a passar no interior. A corrente medida vai indicar a energia consumida, desta forma é possível compreender que para o ensaio em causa é necessário o equipamento encontrar-se em funcionamento, ou seja, com alimentação elétrica e em plena carga.

No caso de equipamentos trifásicos é necessário medir cada uma das três fases, sempre de forma individual. É esperado que os valores sejam aproximados pelo que, para efeitos de registo, poderá ser considerado o valor de média desses três valores.

Também é possível medir diretamente o valor de potência consumida, no entanto para tal será necessário recorrer a um wattímetro. O wattímetro baseia-se na medição simultânea de tensão e corrente elétrica, através de quatro pinças, ficando duas em paralelo entre fases ou fase e neutro, para medição de tensão trifásica ou monofásica, respetivamente, e duas pinças em série para medição da corrente elétrica.

As Tabelas 5.12 e 5.13 apresentam, respetivamente, exemplos de fichas de ensaio de eletrobombas e *chillers*, dois dos principais equipamentos com maior consumo energético nas instalações de AVAC em edifícios.

Tabela 5.11 – Ficha de ensaio de eletrobombas (ficha completa em anexo)

[Fonte: Baseado em folha de registo de ensaios de empresa Sotécnica – Sociedade Electrotécnica, S.A.]

Piso	Área	Potência	Consumo	Consumo
		Instalada	Nominal	Verificado
	Zona	(kW)	(A)	(A)
Ensaio 1				
Ensaio 2				

Caudal	Pressão a	Pressão a	Sinalização de funcionamento Pressostato	Tensão
Medido	Montante	Jusante		Elétrica
(m3/h)	(bar)	(bar)		(V)
Ensaio 1	(continuação)			
Ensaio 2	(continuação)			

Tabela 5.12 – Ficha de ensaio de chiller (ficha completa em anexo)

[Fonte: Baseado em folha de registo de ensaios de empresa Sotécnica – Sociedade Electrotécnica, S.A.]

Piso	Área	Caudal Medido	Temperatura		Compressor 1		
	Zona		Água Fria / Quente		Potência	Consumo	Consumo
			Ida	Retorno	Instalada	Nominal	Verificado
		(m3/h)	(°C)	(°C)	(kW)	(A)	(A)
Ensaio 1							
Ensaio 2							

Compressor 2			Chiller		Tensão Elétrica
Potência Instalada	Consumo Nominal	Consumo Verificado	Consumo Nominal	Consumo Verificado	
(kW)	(A)	(A)	(A)	(A)	(V)
Ensaio 1	(continuação)				
Ensaio 2	(continuação)				

A medição da corrente elétrica destes dois equipamentos é realizada junto à ligação elétrica dos mesmos, através do alicate de multímetro, enquanto estes se encontram a funcionar com necessidades reais.

Uma vez que a medição de corrente elétrica com recurso às pinças implicaria desligar eletricamente as ligações nos equipamentos, obrigando a corrente a passar pelo multímetro, esta não é tão usual.

5.5 Níveis de ruído

Como referido no Capítulo 4, os níveis de pressão sonora medida dependem da distância à fonte de ruído, pelo que, antes de se iniciar uma medição de ruído, o sonómetro deve ser posicionado à distância apresentada pelo fabricante, juntamente com o valor de dBA associado. Aos equipamentos de elevada emissão de ruído também é comum apresentarem a evolução da potência sonora por banda de oitava, para se poder analisar as diferentes frequências.

Relativamente à utilização de um sonómetro, apresenta-se na figura 5.4 a legenda de um exemplo típico do referido EMM.



Figura 5.4 – Legenda de utilização de um sonómetro

[Fonte: FLUKE, Manual do utilizador Fluke 945, 2021]

Este EMM pode ser utilizado manualmente ou apoiando por um tripé, devendo para qualquer das formas encontrar-se com o microfone direcionado para a fonte de ruído. Na presença de vento, igual ou superior a 10 m/s, deverá ser utilizado o para-brisas no microfone.

Para medições gerais ou de altas frequências deverá ser utilizada a ponderação de frequência “A”, para baixas frequências a ponderação tipo “C”. Caso o nível destas

últimas se verifique muito superior ao de ponderação “A” concluísse que existe uma grande quantidade de ruído de baixa frequência, ruído que embora seja mais difícil de se detetar ao ouvido humano é, indiretamente, bastante incomodativo.

Tem também a opção de medir picos de ruído, através da opção “fast”, ou o ruído de flutuação, através da opção “slow”.

Após realizada a medição de nível de ruído, numa área técnica próxima de vizinhança por exemplo, e confirmada que a pressão sonora é superior à admissível poderá ser necessário atuar através de soluções de redução ou isolamento sonoro, como painéis acústicos ou atenuadores de som.

5.6 Processo técnico de final de obra

Concluídos todos os ensaios dos diversos sistemas e equipamentos das instalações de AVAC, bem como realizados todos os arranques dos principais equipamentos, pelos respetivos fornecedores ou fabricantes, é importante compilar todo o histórico documental da empreitada num processo, designado de processo técnico de final de obra.

O processo técnico é constituído por um conjunto de pastas, designado de compilação técnica, das quais fazem parte a documentação técnica, certificados e declarações de todos os materiais e equipamentos fornecidos e instalados. Também fazem parte as telas finais das diversas peças desenhadas, também conhecidas por “*as built*” uma vez que refletirá a real implantação das redes e equipamentos. Deverão ser incluídos ainda todos os registos de ensaios realizados, devidamente identificados e assinados pelas partes envolvidas, os relatórios de arranque das marcas e o plano de manutenção da instalação.

Este processo servirá para consulta futura, pelo cliente e/ou pelos responsáveis pela exploração e conservação do edifício. Desta forma, as equipas de manutenção terão uma maior autonomia no desempenho das suas funções, uma vez que poderão facilmente consultar documentação técnica, contactos de fabricantes, plano de manutenção preventiva da instalação, desenhos, registos dos ensaios e arranques de equipamentos realizados no decorrer da empreitada.

É de salientar que o plano de manutenção preventiva, elaborado pelo instalador com recurso às informações disponibilizadas pelos fabricantes dos equipamentos instalados, uma vez que estes têm também uma obrigação de assistência pós-venda ao abrigo do

período da garantia, deverá ser seguido pela equipa de manutenção das instalações, bem como realizados os respetivos registos periódicos. Caso contrário, na eventualidade de não estar a ser aplicado um plano de manutenção, durante a fase de exploração dos sistemas, a garantia dos respetivos equipamentos poderá ser recusada pelo instalador e ou fornecedor/fabricante, dependendo do tipo de equipamento em causa.

Capítulo 6 – Conclusões

A elevada importância que as inspeções e ensaios têm numa instalação de AVAC é inegável, tendo em conta todos os prejuízos humanos, materiais e financeiros que a sua falta poderá causar no futuro.

Com recurso ao CCP, código de referência para os contratos públicos e muitas vezes remetido para contratos particulares, entende-se as diversas fases de uma obra, as diferentes partes e respetivas obrigações, onde se enfatiza a do empreiteiro relativamente à garantia de correta execução, funcionalidade e durabilidade dos sistemas e equipamentos fornecidos e instalados. Caso estas não sejam devidamente asseguradas poderão resultar em custos imprevistos durante os períodos de garantia sendo que, uma vez desconhecidas as avarias e danos que poderão surgir, as mesmas poderão levar a grandes prejuízos para o empreiteiro. Somente por este motivo compreende-se a elevada importância em implementar um PIE adequado, para controlo de qualidade de toda a instalação à medida que se vai desenvolvendo, independentemente da empreitada em causa.

Do ponto de vista da especialidade de AVAC, em particular, e com o detalhe das diversas necessidades em edifícios às quais a mesma dá resposta, recorrendo às respetivas legislações aplicáveis, confirma-se ser ainda mais imprescindível garantir a correta implementação de um PIE numa instalação de AVAC, até dar como concluída a respetiva empreitada.

A inclusão de matérias como a QAI, o controlo de fumos, o conforto térmico e a manipulação das condições do ar interior fazem com que os sistemas de AVAC tenham particulares e importantes responsabilidades no desempenho de um edifício.

Será necessário confirmar, através da implementação do PIE, que os sistemas de ventilação cumprem as especificações e características técnicas de projeto, como por exemplo a manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, dos limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior e os diferenciais de pressão de ar entre espaços adjacentes, decrescente do mais limpo para o mais sujo, de forma a

salvaguardar os mesmos níveis de proteção de saúde e de bem-estar dos ocupantes dos edifícios.

O mesmo se aplicará para situações de incêndio, com a particularidade que nestes casos poderá estar em causa a segurança dos ocupantes, o que torna a responsabilidade ainda maior em garantir o correto funcionamento dos sistemas de ventilação. Embora sejam sistemas que não se prevê que funcionem no dia-a-dia do edifício a sua função terá de estar assegurada caso surja necessidade. Terão obrigatoriamente de cumprir os caudais de desenfumagem, compensação e/ou pressurização nos respetivos espaços, com recurso a materiais resistentes ao fogo, através de equipamentos terminais de difusão selecionados para o efeito e conforme implantação prevista. As restantes redes de condutas, que não respondam a situações de incêndio, devem acompanhar as fronteiras corta-fogo do edifício, com recurso a equipamentos como RCF, grelhas intumescentes, projeção corta-fogo, retardando desta forma a propagação do incêndio pelo interior das mesmas.

Garantir o correto tratamento do ar interior tem também uma elevada importância no desempenho dos edifícios, embora diferente da ventilação, pelo que a sua falta pode levar a reclamações futuras e consequentes custos imprevistos para o empreiteiro, ao abrigo da garantia. Não só devido ao conforto térmico, num edifício menos rigoroso nesse campo, como os do setor habitacional ou comercial, mas especialmente nos do setor da saúde e farmacêutica, onde a falta de precisão nas condições interiores de temperatura e humidade podem resultar em grandes prejuízos para a exploração do respetivo edifício.

Sendo a especialidade do AVAC constituída por uma vasta gama de materiais e equipamentos que, de uma forma global, dão resposta às necessidades de ventilação e condições interiores de temperatura e humidade, detalha-se os principais no que diz respeito às funções que desempenham, como funcionam e fundamentos e critérios de dimensionamento. Introdução esta de grande relevância para melhor compreender as metodologias de inspeção e ensaios dos mesmos, como as tubagens, condutas, válvulas, ventiladores, ventiloconvetores, eletrobombas, *chillers*.

Contudo e previamente à explicação das metodologias de inspeção e ensaio verifica-se fundamental apresentar os principais equipamentos, na presente temática das inspeções e ensaios em instalações de AVAC. Como tal, no presente trabalho é possível consultar os principais EMM necessários a este tipo de instalações, necessários para fazer cumprir um

PIE, divididos por três grupos principais, redes de tubagens, redes de condutas e circuitos elétricos, e onde se inclui também as inspeções visuais, bem como as respetivas metodologias de utilização, análise dos resultados e implementação de soluções corretivas, se necessário.

Desta forma, numa primeira parte, compreende-se a elevada importância que a correta implementação de um PIE tem para as instalações de AVAC, sendo este um dos planos inerentes ao PQ de uma obra e MQ da respetiva empresa de instalações técnicas. Não só para salvaguardar necessidades de intervenção ao abrigo da garantia dos respetivos equipamentos e sistemas, tendo em consideração a obrigação de garantir 2 anos para equipamentos e 5 anos para redes, como para responder de forma satisfatória às necessidades dos respetivos edifícios, ao nível da ventilação, controlo de fumos e tratamento do ar. Como tal, zelando pela satisfação do cliente bem como pela saúde, bem-estar e segurança dos ocupantes.

Numa segunda parte, pretende apresentar um guia de controlo de qualidade, ou seja, de implementação de um PIE de empreitada de AVAC, através da explicação dos principais materiais e equipamentos da especialidade, dos meios e metodologias de inspeção e ensaio, por parte de uma equipa de direção de obra, alcançando assim os melhores resultados financeiros desse projeto, bem como da, igualmente importante, satisfação do cliente.

Desta forma, será essencial para o desempenho de funções de execução de instalações técnica de uma determinada empresa, representada por uma equipa de direção de obra, elaborar um PQ devidamente enquadrado com as necessidades da respetiva obra, onde se incluem todos os planos necessários para executar a mesma dentro das condições de saúde, segurança, ambientais e de qualidade. No âmbito do presente trabalho é o PIE responsável por garantir o controlo de qualidade dos materiais e equipamentos fornecidos, das instalações executadas e da funcionalidade global de todos os sistemas de AVAC, na ótica da execução da empreitada, cumprindo os deveres contratuais e minimizando os custos ao abrigo da garantia, na ótica do controlo de qualidade, alcançando a satisfação do cliente e conseguindo o reconhecimento para futuros projetos, e na ótica do AVAC enquanto especialidade, zelando pela saúde, bem-estar, segurança e demais necessidades dos ocupantes.

Referências Bibliográficas

Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de janeiro. *Diário da República, 1.ª série — N.º 20*.
Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa.

Decreto-Lei n.º-B/2017 de 31 de agosto. *Diário da República n.º 168/2017, 2º
Suplemento, Série I*. Ministério do Planeamento e das Infraestruturas. Lisboa

NP EN ISO 9001 (2015). *Norma Portuguesa para Sistemas de Gestão da Qualidade:
Requisitos*. Instituto Português da Qualidade, Ministério da Economia. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 291/90 de 20 de setembro. *Diário da República, 1.ª série — N.º 218*.
Ministério do Indústria e Energia. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. *Diário da República, 1.ª série — N.º 159*.
Ministério da Economia e do Emprego. Lisboa.

Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro. *Diário da República, 1.ª série — N.º 235*.
Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da
Solidariedade, Emprego e Segurança Social.

Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro. *Diário da República, 1.ª série — N.º
220*. Ministério da Administração Interna. Lisboa

Decisão da Comissão das Comunidades Europeias n.º 2000/147/CE de 8 de fevereiro
de 2000. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 50*.

Decisão da Comissão das Comunidades Europeias n.º 2003/632/CE de 26 de agosto
de 2003. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 220*

Decisão da Comissão das Comunidades Europeias n.º 2000/367/CE de 3 de maio de
2000. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L133*.

Decisão da Comissão das Comunidades Europeias n.º 2003/629/CE de 27 de agosto
de 2003. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 218*.

Portaria n.º 1532/2008 de 29 de dezembro. *Diário da República, 1.ª série — N.º 250*.
Ministério da Administração Interna. Lisboa

A. Bhatia, B.E. (2012) HVAC for Hospitals & Healthcare Facilities. *PDHonline* Course M338. (6 PDH)

Cavaca Matos, R. (2019). *Sistemas de Climatização: com Volume de Ar Variável e Caudal de Água Variável*, Porto: Quântica Editora. ISBN 9789898927477.

NP 405-1 (1994). *Norma Portuguesa para referências bibliográficas: Documentos impressos*. Instituto Português da Qualidade, Ministério da Indústria e Energia. Lisboa.

Yuan, Y., Lin, W., Mao, X., Li, W., Yang, L., Wei, J., Xiao, B. (2019). Performance Analysis of Heat Pump Dryer with Unit-Room in Cold Climate Regions. *Energies*. 12, 3125: 1-18.

Committee on Standards and Practice Parameters (CSPP) (2020). Standards for Basic Anesthetic Monitoring. *American Society of Anesthesiologists*.

Regulamento (UE) n.º 2016/2281 de 30 de novembro. *Jornal Oficial da União Europeia, L 346*. Parlamento Europeu e do Conselho.

Regulamento (UE) n.º 517/2014 de 16 de abril. *Jornal Oficial da União Europeia, L 150*. Parlamento Europeu e do Conselho.

DIN 4753-3 (2017). *Water Heaters, Water Heating Installations And Storage Water Heaters For Drinking Water - Part 3: Corrosion Protection On The Water Side By Enamelling And Cathodic Protection - Requirements And Testing*.

Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013 ao Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. *Diário da República, 1.ª série — N.º 159*. Ministério da Economia e do Emprego. Lisboa. *Ensaio e receção provisória das instalações*.

Service Engineers' Section of the Institute of Refrigeration, Kelvin House, 76 Mill Lane, Carshalton SM5 2JR. *Pressurising installed systems with nitrogen to find leaks*
Facilities Services Design Guide of University of Washington, REV:03 – SEPT2017. *Mechanical Heating Ventilations and Air Conditioning HVAC and HVAC Piping Pressure Testing*.

Ramos Prata, H. (2012). *Manual de Manutenção de Edifícios Guia Prático*, Lulu. ISBN 9781300851547.

Manual de Procedimentos para a Realização de Vistorias de Segurança contra Incêndio em Edifícios (março 2010). Cadernos Técnicos PROCIV 12. *Autoridade Nacional de Proteção Civil*.

Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' Nacional Association, INC. (1995). *Second Edition – HVAC Duct Construction Standards Metal and Flexible*

The Institute of Refrigeration accepts no responsibility for errors or omissions (2009). *Guide to good leak testing*.

Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) (2009). *Seminário: Ventilação de impulso em parques de estacionamento cobertos*.

Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) (2012). *Ação de formação do Curso de Estudos Judiciários (CEJ) de Responsabilidade contratual do empreiteiro por defeitos, erros e omissões e trabalhos a mais*.

BS EN 12097:2006. *Ventilation for buildings. Requirements for ductwork components to facilitate maintenance of ductwork systems*.

NP 1037-4:2001. *Instalação e Ventilação das Cozinhas Profissionais*

- **WEBGRAFIA:**

WIKA Corporate, Pressure gauges. Disponível na Internet via:

https://www.wika.com/en-en/213_53.WIKA. Consultado a julho 2021.

VALUE Tool, Manifold gauge, 2021. Disponível na Internet via:

<https://valuetool.pl/en/offer/value-products/pressure-gauges/manifolds-gauge/vmg-2-r32-02>. Consultado a julho 2021.

Depth Tutorials and Information - What-when-how. Disponível na Internet via:

<http://what-when-how.com/automobile/heater-and-air-conditioner-service-automobile/>.

Consultado a julho 2021.

LINDAB, Lindab Leakage Tester LT 510. Disponível na Internet via:

<https://itsolution.lindab.com/lindabwebproductsdoc/pdf/documentation/ads/lindab/mounting/manual-leakage-tester-en.pdf>. Consultado a junho 2021.

SAUERMANN GROUP, Kimo VT 110. Disponível na Internet via: <https://sauermanngroup.com/en-GB/measuring-instruments/portable-instruments/anemometers/vt-110-vt-115>. Consultado a julho 2021.

SAUERMANN GROUP, Kimo LV 110. Disponível na Internet via: <https://sauermanngroup.com/en-GB/measuring-instruments/portable-instruments/anemometers/lv-110-111-117>. Consultado a julho 2021.

TSI, Airflow PH731. Disponível na Internet via: <https://tsi.com/products/ventilation-test-instruments/airflow-instruments/airflow-instruments-capture-hoods/airflow-instruments-prohood-capture-hood-ph731/>. Consultado a julho 2021.

FLUKE, Fluke 568. Disponível na Internet via: <https://www.fluke.com/pt-pt/produto/medicao-de-temperatura/termometros-de-infravermelhos/fluke-568>. Consultado a julho 2021.

Termak hvac systems. Disponível na Internet via: <https://www.termak.pt/pt/produtos/difusao/acessorios/portas-de-visita-circular>. Consultado a julho 2021.

Testo, Pinça amperimétrica testo 770-3. Disponível na Internet via: <https://www.testo.com/pt-PT/testo-770-3/p/0590-7703>. Consultado a julho 2021.

Instruments-Mesure, Sonômetro IHM 8852SI. Disponível na Internet via: <https://www.instruments-mesure.com/sonometres/318-sonometre-enregistreur-autonome.html>. Consultado a dezembro 2021.

FLUKE, Manual do utilizador do Fluke 945. Disponível na Internet via: https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/945_umpor0100_0.pdf?YTHhtYrlVqtq9eqT8DRDxNFrKxHFD_L3. Consultado a dezembro de 2021.

Anexos

Anexo A – Fases de uma obra

Fases de uma obra

Para melhor compreender a importância das inspeções e ensaios, não só nas instalações de AVAC, mas de forma geral, torna-se essencial compreender as principais partes, conceitos e obrigações intrínsecas a uma empreitada de obras públicas.

O desenvolvimento do presente subcapítulo encontra-se sustentado pela legislação em vigor e seguida nas diversas empreitadas, nomeadamente o Código dos Contratos Públicos (CCP), Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de janeiro, TÍTULO II - Contratos administrativos em especial, CAPÍTULO I - Empreitadas de obras públicas.

Previamente à celebração do contrato de empreitada já existe uma relação entre o Dono da Obra (DO), que solicita uma proposta, num concurso público, concurso limitado com publicação no jornal oficial da União Europeia ou em Diário da República ou em consulta prévia num ajuste direto, a diversos concorrentes de acordo com um caderno de encargos que disponibiliza, e o empreiteiro, que analisa o projeto de execução e apresenta pedidos de esclarecimento necessários para conseguir apresentar a sua melhor proposta para execução. Nas mais recentes alterações ao CCP, pelo Decreto-Lei n.º-B/2017, de 31 de agosto, encontram-se definidos alguns prazos relativos à fase de formação do contrato.

Os interessados devem solicitar esclarecimento sobre as peças do procedimento e apresentar lista de erros e omissões detetáveis até 1/3 do prazo definido para apresentação de propostas. A entidade adjudicante deve prestar os esclarecimentos solicitados e pronunciar-se sobre os erros e omissões detetados até 2/3 do mesmo prazo.

Caso se verifique que a proposta comercial do empreiteiro apresenta melhores condições comparativamente com os restantes concorrentes, que tem capacidade técnica e financeira para executar o projeto em causa e que a proposta técnica corresponde às especificações do caderno de encargos, ou equivalentes, esta estará em condições de ser aceite.

Considera-se obra pública o resultado de quaisquer trabalhos de construção, reconstrução, ampliação, alteração ou adaptação, conservação, restauro, reparação, reabilitação, beneficiação e demolição de bens imóveis executados por conta de um contraente público. São partes no contrato de empreitada de obras públicas o DO e o empreiteiro, contudo durante a execução do contrato, o DO é representado pelo diretor de fiscalização da obra,

embora não tenha poderes de representação em matéria de modificação, resolução ou revogação do contrato, e o empreiteiro por um diretor de obra, salvo nas matérias em que, em virtude da lei ou de estipulação contratual, se estabeleça diferente mecanismo de representação.

De forma geral, nas empreitadas não só de obras públicas como privadas, é desde o início importante clarificar alguns pontos, tais como o mecanismo de representação das partes, os poderes do diretor de fiscalização da obra, identificação dos casos em que se admite consignação parcial, entre outros.

Deve também ser racionalizado o regime dos trabalhos a mais, que passam a depender de pressupostos mais apertados e deixam de incluir os trabalhos necessários ao suprimento de erros e omissões, assente na regra de que o empreiteiro assume tal responsabilidade quando tenha a obrigação contratual ou pré-contratual de elaborar o programa ou o projeto de execução. Exceto quando aqueles erros ou omissões sejam induzidos pelos elementos elaborados ou disponibilizados pelo DO.

São os representantes das partes, nomeadamente o diretor de fiscalização de obra e diretor de obra, os responsáveis pela redação a escrito e assinatura dos diversos autos, sendo um duplicado dos mesmos entregue ao empreiteiro. O empreiteiro deve manter a boa ordem no local dos trabalhos, devendo para tal retirar, por sua iniciativa ou imediatamente após ordem do DO, o pessoal que haja tido comportamento perturbador dos trabalhos.

Salvo estipulação contratual, o empreiteiro tem obrigação de realizar todos os trabalhos que, por natureza, por exigência legal ou segundo o uso corrente, sejam considerados como preparatórios ou acessórios à execução da obra, tais como os trabalhos de montagem, construção, manutenção, desmontagem e demolição do estaleiro. Também é responsável pelos trabalhos necessários para garantir a segurança de todas as pessoas que trabalhem na obra ou que circulem no respetivo local, incluindo o pessoal dos subempreiteiros e terceiros em geral, para evitar danos na envolvente e para satisfazer os regulamentos de segurança, higiene e saúde no trabalho.

Incumbe ao DO promover os procedimentos administrativos para a realização de quaisquer expropriações que se revelem necessárias à execução da obra, bem como para a constituição das servidões e para a ocupação de prédios necessários à execução dos trabalhos. Sendo que as servidões necessárias à execução de trabalhos preparatórios ou

acessórios e ao início da execução da obra devem ser constituídas antes da celebração do contrato. É também da responsabilidade do DO, o pagamento das indemnizações devidas por expropriação, constituição de servidões e ocupação de prédios.

Caso o DO pratique ou der causa a facto donde resulte maior dificuldade na execução da obra, com agravamentos dos encargos respetivos, o empreiteiro tem o direito à reposição do equilíbrio financeiro. O direito à reposição do equilíbrio financeiro caduca no prazo de 30 dias a contar do evento que o constitua ou do momento em que o empreiteiro dele tome conhecimento, sem que este apresente reclamação dos danos, ainda que desconheça a extensão integral dos mesmos. A reclamação é apresentada por meio de requerimento no qual o empreiteiro deve expor os fundamentos de facto e de direito e oferecer os documentos ou outros meios de prova que considere convenientes.

No que diz respeito ao normal decurso de uma empreitada, uma obra divide-se em diversas fases, mesmo após se encontrar executada e em exploração por parte do cliente. Todas as fases são suportadas por documentos oficiais em que se narram determinadas ocorrências ou se regista um ato para fins legais, assinados pelas partes, nomeadamente os autos. Uma empreitada abrange os seguintes tipos de autos:

- Auto de Consignação
- Autos de Medição
- Auto de Suspensão, caso aplicável
- Auto de Receção Provisória
- Auto de Receção Definitiva

Consignação da obra

A consignação de obra é celebrada quando o DO faculta ao empreiteiro o acesso à propriedade, ou parte da mesma, onde os trabalhos devem ser executados e fornecer-lhe os elementos que, nos termos contratuais, sejam necessários para o início dos trabalhos. Contudo, no lugar de uma única consignação podem ser realizadas várias consignações parciais para a mesma obra, mas apenas em situações particulares, como por exemplo no caso do DO não se encontrar com a posse administrativa da totalidade do local afeto à execução da obra, antes da celebração do contrato.

O contrato pode prever a elaboração, por parte do DO, de um plano final de consignação que densifique e concretiza o plano inicialmente apresentado para efeitos de elaboração da proposta. Na falta de estipulação contratual, a consignação deve estar concluída em prazo não superior a 30 dias após a data da celebração do contrato.

Conforme acima referido a consignação é formalizada em auto e, em caso de consignações parciais, a cada uma deve corresponder um auto autónomo.

A data da consignação da obra é importante por determinar, juntamente com outros fatores, o arranque dos trabalhos cujos prazos parciais e total da empreitada começam a contar. Mas, segundo as alterações ao CCP pelo Decreto-Lei n.º-B/2017, de 31 de agosto, também é importante pelo facto de o empreiteiro ter 60 dias, após a consignação da obra, para reclamar sobre a existência de erros e omissões do caderno de encargos detetáveis nesse momento, sob pena de ser responsável por suportar metade do valor dos trabalhos complementares do suprimento desses erros e omissões.

Execução dos trabalhos

A execução dos trabalhos é a fase principal de uma obra, onde as diversas equipas operárias instalam os materiais e equipamentos correspondentes à respetiva empreitada, de acordo com o projeto de execução, instruções/esclarecimentos técnicos realizados pela direção de obra, desenhos de preparação e as encomendas realizadas.

Por norma, são realizadas reuniões semanais de obra entre o empreiteiro, fiscalização e DO, com o objetivo de discutir assuntos pendentes, de ambiente, segurança, pontos de situação dos trabalhos executados e por executar, preparação de obra, entre outros.

Conforme previsto no CCP, Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de janeiro, os principais temas relativos à fase de execução dos trabalhos serão apresentados de seguida:

- **Plano de trabalhos**

O plano de trabalhos destina-se, com respeito pelo prazo de execução da obra, à fixação da sequência e dos prazos parciais de execução de cada uma das espécies de trabalhos previstas e à especificação dos meios com que o empreiteiro se propõe executá-los, bem como à definição do correspondente plano de pagamentos.

O plano de trabalhos constante do contrato pode ser ajustado pelo empreiteiro ao plano final de consignação apresentado pelo DO. No entanto, os ajustes não podem implicar a alteração do preço contratual, do prazo de execução da obra, nem ainda dos prazos parciais definidos no plano de trabalhos constante do contrato

O plano de trabalhos ajustado carece de aprovação pelo DO, no prazo de cinco dias após a notificação do mesmo pelo empreiteiro, equivalendo o silêncio a aceitação. O procedimento de ajustamento do plano de trabalhos deve ser concluído antes da data da conclusão da consignação total ou da primeira consignação parcial.

Após aprovado o plano em causa este servirá de principal elemento de consulta, não só para acompanhar a compatibilização e evolução dos trabalhos a executar, como também para planear, desde o principio da empreitada, todos os recursos humanos que serão necessários, através de um histograma de mão-de-obra, o plano de faturação e custo mensal dos trabalhos executados, as prioridades no que diz respeito a encomendas a realizar, compatibilizada com os respetivos prazos de entrega, os desenhos de preparação a elaborar, entre outros.

O prazo de execução da obra começa a contar da data da conclusão da consignação total ou da primeira consignação parcial ou ainda da data em que o DO comunique ao empreiteiro a aprovação do plano de segurança e saúde, nos termos previstos na lei, caso esta última data seja posterior.

- **Suspensão dos trabalhos**

O DO pode ordenar a suspensão da execução dos trabalhos nos casos em que verifique falta de condições de segurança, necessidade de estudar alterações a introduzir ao projeto ou determinação vinculativa ou recomendação tida como relevante de quaisquer autoridades administrativas competentes.

O empreiteiro pode suspender, no todo ou em parte, a execução dos trabalhos caso verifique igualmente falta de condições de segurança ou falta de pagamento de qualquer quantia devida nos termos do contrato, desde que tenha decorrido um mês sobre a data do respetivo vencimento.

Conforme acima referido a suspensão é sempre formalizada em auto, cujo conteúdo deve compreender, no mínimo, os pressupostos que a determinaram e os termos gerais do

procedimento a seguir subsequentemente, se for possível determiná-los, assim como quaisquer reclamações apresentadas ou reservas apresentadas por qualquer das partes, desde que diretamente relacionadas com a suspensão.

- **Trabalhos a mais**

Também fazem parte das empreitadas os trabalhos a mais, sendo característicos de espécie ou quantidade não prevista no contrato, que se tenham tornado necessários à execução da mesma obra, na sequência de uma circunstância imprevista e que não possam ser técnica ou economicamente separáveis do objeto do contrato sem inconvenientes graves para o DO ou, embora separáveis, sejam estritamente necessários à conclusão da obra.

Tratando-se de trabalhos da mesma espécie de outros previstos no contrato e a executar em condições semelhantes, são aplicáveis o preço contratual e os prazos parciais de execução previstos no plano de trabalhos para essa espécie de trabalhos. No caso de trabalhos de espécie diferente ou da mesma espécie de outros previstos no contrato, mas a executar em condições diferentes, deve o empreiteiro apresentar uma proposta de preço e de prazo de execução, no prazo de 10 dias a contar da data de ordem de execução dos mesmos.

O DO dispõe de 10 dias para se pronunciar sobre a proposta do empreiteiro, podendo, em caso de não aceitação da mesma, apresentar uma contraproposta. Se o DO não efetuar nenhuma comunicação ao empreiteiro dentro do prazo previsto no número anterior, considera-se que a proposta deste foi aceite.

Segundo as alterações ao CCP pelo Decreto-Lei n.º-B/2017, de 31 de agosto, o preço atribuído aos trabalhos a mais, somado ao preço de anteriores trabalhos a mais e deduzido do preço de quaisquer trabalhos a menos, não pode exceder 10% do preço contratual, salvo nos casos em que se verifiquem condicionalismos naturais com especiais características de imprevisibilidade, onde o valor é elevado para 40%. Mas, o somatório do preço atribuído aos trabalhos a mais com o preço de anteriores trabalhos a mais e de relativos a suprimento de erros e omissões não poderá exceder 50% do preço contratual.

Quando haja lugar à execução de trabalhos a mais, o prazo de execução da obra é proporcionalmente prorrogado, salvo quando estejam em causa trabalhos a mais cuja execução não prejudique o normal desenvolvimento do plano de trabalhos.

O mesmo se aplica na execução de trabalhos de suprimento de erros e omissões que tenham sido oportunamente detetados na fase de execução do contrato.

Relativamente a trabalhos a menos, quando, por virtude da ordem de suspensão de trabalhos ou de outros atos ou factos imputáveis ao DO, os trabalhos executados pelo empreiteiro tenham um valor inferior em mais de 20% ao preço contratual, este tem direito a uma indemnização correspondente a 10% do valor da diferença verificada.

- **Subempreitadas**

Numa obra o empreiteiro pode recorrer a subempreitadas, contudo, segundo o art.º 383.º do CCP, o empreiteiro não poderá subcontratar prestações objeto do contrato de valor total superior a 75% do preço contratual, sendo igualmente aplicável aos contratos de subempreitada celebrados entre o subempreiteiro e um terceiro.

A subcontratação no decurso da execução do contrato não carece de autorização do DO, salvo quando as particularidades da obra justifiquem uma especial qualificação técnica do empreiteiro e a mesma tenha sido exigida na fase de formação do contrato. O contrato pode subordinar expressamente a subcontratação na fase de execução a autorização do DO, dependente da verificação da capacidade técnica do potencial subcontratado em moldes semelhantes aos que hajam sido exigidos em relação ao empreiteiro.

- **Medição**

O DO deve proceder à medição de todos os trabalhos executados, incluindo os trabalhos não previstos no projeto ou não devidamente ordenados pelo DO. Na falta de estipulação contratual, a medição é efetuada mensalmente, devendo estar concluída até ao 8.º dia do mês imediatamente seguinte àquele a que respeita.

As medições são feitas no local da obra com a colaboração do empreiteiro e são formalizadas em auto. Os métodos e os critérios a adotar para realização das medições devem ser definidos no contrato.

Feita a medição, elabora-se a respetiva conta corrente no prazo de 10 dias, com especificação das quantidades de trabalhos apuradas, dos respetivos preços unitários, do total creditado, dos descontos a efetuar, dos adiantamentos concedidos ao empreiteiro e do saldo a faturar.

Receção da obra

Existem duas receções em cada obra. A que se dá imediatamente após término da execução da mesma, denominada de provisória, e a que se dá quando o empreiteiro deixa de ter obrigações de corrigir possíveis defeitos da obra e dos equipamentos nela integrados, denominada de definitiva.

- **Receção provisória**

A receção provisória da obra depende da realização de vistoria, que deve ser efetuada logo que a obra esteja concluída no todo ou em parte, mediante solicitação do empreiteiro ou por iniciativa do DO, tendo em conta o termo final do prazo total ou dos prazos parciais de execução da obra.

A vistoria é feita pelo DO, com a colaboração do empreiteiro, e tem como finalidade, em relação à obra a receber, verificar se todas as obrigações contratuais e legais do empreiteiro estão cumpridas de forma integral e perfeita. O DO convoca, por escrito, o empreiteiro para a vistoria com a antecedência mínima de 5 dias e, no caso de este não comparecer nem justificar a falta, a vistoria tem lugar com a intervenção de duas testemunhas, que também assinam o respetivo auto.

Quando a vistoria for solicitada pelo empreiteiro, o DO deve realizá-la no prazo de 30 dias contados da data em que for notificado.

O respetivo auto deve declarar se a obra está, no todo ou em parte, em condições de ser recebida. Deve conter informação sobre o modo como se encontram cumpridas as obrigações contratuais e legais do empreiteiro, identificando, nomeadamente, os defeitos da obra, o modo como foi executado, o plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição, nos termos da legislação aplicável e quaisquer condições que o DO julgue necessário impor, bem como o prazo para o seu cumprimento.

A assinatura do auto de receção provisória autoriza, no todo ou em parte, a abertura da obra ao uso público ou a sua entrada em funcionamento e implica, sendo caso disso, a sua transferência para o domínio público, sem prejuízo das obrigações de garantia que impendem sobre o empreiteiro.

No caso de serem identificados defeitos da obra que impeçam, no todo ou em parte, a receção provisória da mesma, a especificação de tais defeitos no auto é acrescida da declaração de não receção da obra ou da parte da mesma.

A obra considera-se tacitamente recebida sempre que a mesma seja afeta pelo DO aos fins a que se destina, sem prejuízo da obrigação de garantia.

O auto que declare a não receção da obra, no todo ou em parte, em virtude de defeitos da obra detetados na vistoria é notificado ao empreiteiro, sendo-lhe concedido um prazo razoável para os corrigir.

- **Garantia**

O prazo de garantia inicia-se após assinatura do auto de receção provisória, durante o qual o empreiteiro está obrigado a corrigir todos os defeitos da obra.

Como previsto no art.º 397.º do CCP e também referido no Código Civil (CC) e Código da Defesa do Consumidor, dependendo da origem do defeito, o prazo de garantia varia, dividindo-se nos seguintes três períodos de duração:

- 10 anos para elementos construtivos estruturais;
- 5 anos para elementos construtivos não estruturais ou instalações técnicas;
- 2 anos para equipamentos afetos à obra, mas dela autonomizáveis.

Como apresentado na *Ação de formação do Curso de Estudos Judiciários (CEJ) de Responsabilidade contratual do empreiteiro por defeitos, erros e omissões e trabalhos a mais*, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), publicada pela Ordem dos Engenheiros (OE) a dezembro de 2021, entende-se como equipamentos afetos a obras mas dela autonomizáveis todos os equipamentos que funcionam independentemente da obra em causa, podendo incluir máquinas, aparelhos com funções específicas ou mobiliário e respetivos acessórios.

No ponto 4 do presente art.º 397.º do CCP, mais se prevê que quando o empreiteiro beneficia de um prazo de garantia superior ao previsto, oferecido pelos respetivos fornecedores, é esse o prazo que deve ser considerado.

O empreiteiro tem a obrigação de corrigir todos os defeitos da obra e dos equipamentos fornecidos, que sejam identificados até ao termo do prazo de garantia, a expensas suas. Tais como, quaisquer desconformidades entre a obra executada e os equipamentos

fornecidos ou integrados e o previsto no contrato. Caso não seja possível corrigir os defeitos identificados pode ser exigido pelo DO que o empreiteiro repita a execução da obra com defeito ou que substitua os equipamentos defeituosos, sem custos adicionais, salvo caso se verifique que tal é impossível ou que constitua abuso de direito.

Caso não sejam devidamente corrigidos os defeitos, ainda que verificados na fase final da empreitada, o DO pode exigir a redução do preço, tendo direito de ser indenizado.

- **Receção definitiva**

Por último e também previsto no CCP e no CC, após concluído o período de garantia, em relação à total ou a cada uma das partes da obra, realiza-se nova vistoria, para formalização de receção definitiva da empreitada, cujo procedimento deve ser previsto em contrato.

Conforme referido na introdução do presente subcapítulo, *1.3. Fases de uma obra*, a receção definitiva é também formalizada em auto. Depende da verificação cumulativa da funcionalidade regular, no termo do período de garantia, em condições normais de exploração, operação ou utilização, da obra e respetivos equipamentos, de forma que cumpram todas as exigências contratualmente previstas e do cumprimento, pelo empreiteiro, de todas as obrigações decorrentes do período de garantia relativamente à totalidade ou à parte da obra a receber. Se, em consequência da vistoria, se verificar que existem defeitos da obra da responsabilidade do empreiteiro, apenas podem ser recebidas as obras que reúnam as condições enunciadas e que sejam suscetíveis de receção parcial.

São aplicáveis à vistoria e ao auto de receção definitiva, bem como à falta de agendamento ou realização da vistoria pelo DO, os preceitos que regulam a receção provisória quanto às mesmas matérias.

O empreiteiro fica exonerado da responsabilidade pelos defeitos da obra que sejam verificados após a receção definitiva, salvo quando o DO prove que os defeitos lhe são culposamente imputáveis. Neste último caso o DO poderá recorrer à caução, seguro de caução, garantia bancária ou retenção para garantia, previstas no decurso da empreitada.

Anexo B - Fichas de Inspeção e Ensaaios

FICHA DE INSPEÇÃO E ENSAIO 01 - VERIFICAÇÕES VISUAIS

N.º

Instalação:	Data:
Zona:	Hora:

Características	C	NC	NA	Elementos	Correcção Imediata	N.º NC	
1	Receção em obra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2	Distância entre suportes ou fixações	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
3	Apoios antivibráteis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
4	Implantação dos traçados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
5	Identificação da tubagem e equipamentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
6	Juntas de dilatação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
7	Juntas antivibráteis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
8	Isolamento e protecção de tubagens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
9	Ausência de pontos de possível oxidação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
10	Instalação nivelada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
11	Pendentes necessárias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
12	Sifões	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Observações 	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Não Conforme <input type="checkbox"/> Não Aplicável	EMM's utilizados :
----------------------------	--	---------------------------

Realizado por:	Verificado por:
-----------------------	------------------------

Assinaturas		
Instalador	Entidade Executante	Fiscalização / Dono Obra

FICHA DE INSPEÇÃO E ENSAIO 03 - ENSAIO DE CAUDAIS DE ÁGUA EM TUBAGENS	N.º
--	-----

Instalação:	Data:
Zona:	Hora:

Piso	Área Zona	Água Fria	Água Quente	"Kv" da Válvula	Pontos de medida (ver circuito unifilar)	Previsto		Medido		Desvios	
						Caudal (m³/h)	Pressão dif. (bar)	Pressão dif. (bar)	Caudal (m³/h)	Caudal (%)	Velocidade (%)
						$\Delta P = (Q / Kv)^2$		$Q = Kv \cdot \sqrt{\Delta P}$		Medido / Previsto	

OBSERVAÇÕES: _____

Realizado por:	Verificado por:
-----------------------	------------------------

Assinaturas		
Instalador	Entidade Executante	Fiscalização / Dono de Obra

FICHA DE INSPEÇÃO E ENSAIO 04 - ENSAIO DE ESTANQUEIDADE DE CONDUTAS

N.º

Instalação:

Data:

Zona:

Hora:

Piso	Área Zona	Insuflação	Extração	Pressurização	Desenfumagem	Compensação	Secção da conduta		Comp. da conduta	Área da conduta (A)		Data Hora	Pressão de ensaio (Pa)	Medido	
							Circular	Retang.		Circular (m ²)	Rectang. (m ²)			Caudal de fuga (Q)	Rácio caudal (Q / A)
							Diâm. (D) (mm)	L x A (mm x mm)		C (m)	$\text{Pi} \cdot \text{D} / 1000 \cdot \text{L}$			$2 \cdot (\text{L} + \text{A}) / 1000 \cdot \text{C}$	(L / s)

OBSERVAÇÕES: _____

Realizado por:

Verificado por:

Assinaturas		
Instalador	Entidade Executante	Fiscalização / Dono de Obra

FICHA DE INSPEÇÃO E ENSAIO 05 - ENSAIO DE CAUDAIS DE AR EM CONDUTAS	N.º
--	------------

Instalação:	Data:
Zona:	Hora:

Piso	Área Zona	Insuflação	Retorno	Pressurização	Desentumagem	Compensação	Secção da conduta		Pontos de medida (ver circuito unifilar)	Previsto		Medido		Desvios	
							Circular	Retang.		Caudal (m³/h)	Velocidade (m/s)	Velocidade (m/s)	Caudal (m³/h)	Caudal (%)	Velocidade (%)
							Diâm. (D) (mm)	L x A (mm x mm)		$v = Q / A / 3600$		$Q = v * A * 3600$		(Medido / Previsto) - 1	

OBSERVAÇÕES: _____

Realizado por:	Verificado por:
-----------------------	------------------------

Assinaturas		
Instalador	Entidade Executante	Fiscalização / Dono de Obra

FICHA DE INSPEÇÃO E ENSAIO 06 - ENSAIO DE CAUDAIS DE AR TERMINAIS	N.º
--	-----

Instalação:	Data:
Zona:	Hora:

Piso	Área Zona	Insuflação	Extração	Retorno	Pressur.	Equipamento de Difusão		Pontos de medida (ver circuito unifilar)	Previsto Caudal (m ³ /h)	Medido			Desvios Caudal (%)
						Ref.º	Dimensão			Temperatura insuflação (.ºC)	Temperatura ambiente (.ºC)	Caudal (m ³ /h)	

OBSERVAÇÕES: _____

Realizado por:	Verificado por:
-----------------------	------------------------

Assinaturas		
Instalador	Entidade Executante	Fiscalização / Dono de Obra

FICHA DE INSPEÇÃO E ENSAIO 07 - ENSAIO DE VENTILADORES	N.º
---	-----

Instalação:	Data:
Zona:	Hora:

Piso	Área Zona	Insuflação	Retorno	Secção da conduta		Pontos de medida (ver circuito unifilar)	Medido	Previsto		Medido		Desvios		Medido	
				Temperatura (.°C)	Caudal (m³/h)		Velocidade (m/s)	Velocidade (m/s)	Caudal (m³/h)	Caudal (%)	Velocidade (%)	Corrente (A)	Tensão (V)		
				Circular Diâm. (D) (mm)	Retang. L x A (mm x mm)			$v = Q / A / 3600$		$Q = v * A * 3600$			(Medido / Previsto) - 1		

OBSERVAÇÕES: _____

Realizado por:	Verificado por:
-----------------------	------------------------

Assinaturas		
Instalador	Entidade Executante	Fiscalização / Dono de Obra

FICHA DE INSPEÇÃO E ENSAIO 09 - ENSAIO DE CHILLERS

N.º

Instalação:

Data:

Zona:

Hora:

Piso	Área Zona	Caudal Medido (m³/h)	Temperatura Água Fria / Quente		Compressor 1			Compressor 2			Chiller		Tensão Elétrica (V)
			Ida (°C)	Retorno (°C)	Potência	Consumo	Consumo	Potência	Consumo	Consumo	Consumo	Consumo	
					Instalada (kW)	Nominal (A)	Verificado (A)	Instalada (kW)	Nominal (A)	Verificado (A)	Nominal (A)	Verificado (A)	

OBSERVAÇÕES: _____

Realizado por:

Verificado por:

Assinaturas

Instalador

Entidade Executante

Fiscalização / Dono de Obra