

Instalação, Condução e Manutenção de Equipamentos Energéticos

UMA VISÃO PEDAGÓGICA

JOÃO GARCIA
FILIPE DIDELET



AUTORES

João García • Filipe Didelet

TÍTULO

INSTALAÇÃO, CONDUÇÃO E MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS ENERGÉTICOS - Uma Visão Pedagógica

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
Tel. 220 939 053 • Praça da Corujeira n° 30 • 4300-144 Porto
E-mail: geral@quanticaeditora.pt • www.quanticaeditora.pt

CHANCELA

Engenbook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – distribuidora e livraria técnica
Tel. 220 104 872 • E-mail: info@booki.pt • www.booki.pt

REVISÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

APOIO

Arneg Portuguesa, Lda • www.arneg.pt
Danfoss, S.A. • www.danfoss.com
Venko Solutions, Lda. • www.venko-solutions.com

IMAGEM DE CAPA

Adobe Stock

IMPRESSÃO

Abril, 2024

DEPÓSITO LEGAL

528045/24



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2024 | Todos os direitos reservados a Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor e do Autor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

DOI

<https://doi.org/10.61875/9789899177314>

CDU

62-7 Serviço, manutenção, proteção de máquinas.
62-9 Variáveis, condições e características dos processos, instalações e equipamentos de produção.
697 Aquecimento, ventilação e condicionamento de ar em edificações

ISBN

Papel: 9789899177314
E-book: 9789899177321

Catálogo da publicação

Família: Engenharia Mecânica

Subfamília: Manutenção/Tribologia

PREFÁCIO..... VII

A ciência da engenharia na organização sistêmica, por Gonçalves dos Santos

1. ENQUADRAMENTO E INTRODUÇÃO 9

1.1. Enquadramento	11
1.2. Introdução.....	12
1.3. Organização do Livro	13

2. PEDAGOGIA E MOTIVAÇÃO NA FORMAÇÃO AVAC&R 15

2.1. Nota Introdutória.....	17
2.2. Importância da Pedagogia na Formação e Lecionação em AVAC&R.....	17
2.3. Componentes da Formação	18
2.4. Bases da Formação.....	19
2.5. Objetivos da Formação.....	19
2.6. Níveis de Formação.....	20
2.7. Sistema Europeu de Transferência e Acumulação de Créditos (ECTS).....	21
2.8. Ferramentas Pedagógicas	22
2.9. Ambientes Formativos	23
2.10. Formação em Laboratório.....	25
2.11. Formação em Contexto de Ação Direta.....	26
2.12. Exemplo de Formação.....	28

3. INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS AVAC&R 33

3.1. O Pré-Obra	35
3.1.1. Caderno de encargos.....	35
3.1.2. Proposta.....	37
3.1.3. Adjudicação e contrato	39
3.2. Fase de Obra.....	41
3.2.1. Enquadramento do AVAC&R na obra principal.....	42
3.2.2. Funções do diretor de obra.....	42
3.2.3. Funções do gestor de projeto	43
3.2.4. Coordenação entre dono de obra, instalador e fiscalização.....	44

A ciência da engenharia na organização sistémica

A junção da teorização académica com a ciência para o bem da aplicação associada à tecnologia, podem traduzir tudo aquilo que é fundamental para a construção de um modelo organizado no planeamento, projeto, concurso, implantação, instalação, condução e manutenção, de sistemas e equipamentos de AVAC&R.

A associação e organização desta malha complexa técnico-científica de base aplicada, exige a estruturação de processos lógicos que tanto possam ser apreendidos em fase de aprendizagem como na engenharia de projeto e processo ou na engenharia de manutenção.

Este livro escrito por professores que são engenheiros especialistas procura relevar a necessidade de uma organização sistémica que permita a aprendizagem dos conceitos e a planificação das diferentes fases em que o engenheiro vai estar envolvido, facilitando os passos lógicos e sequenciais em que, isoladamente ou em ambiente complexo de grupo técnico que por vezes junta diferentes especialidades, possibilita um trabalho de equipa visando o objetivo comum e o estado da arte final.

É neste contexto que este livro assenta num dos pilares importantes dirigido aos novos engenheiros, a pedagogia e motivação na formação, pilar de base onde a formação do engenheiro se vai basear nas questões fundamentais da engenharia e em todas as envolventes e colaterais, sejam elas, ambientais, processuais, técnicas, tecnológicas, de produtividade, de segurança, de gestão ou de sustentabilidade.

E finalmente é com sinceridade que concluo esta nota simples para transmitir aos autores desta publicação o quão orgulhosos se devem sentir pela sua produção intelectual, sublinhando os benefícios que todos os jovens engenheiros da área do AVAC&R podem obter na sua vida profissional.

Gonçalves dos Santos,
Membro da OE 14325, ex-Prof. Adjunto do ISEL

2. PEDAGOGIA E MOTIVAÇÃO NA FORMAÇÃO AVAC&R

2.1. Nota Introdutória

O presente capítulo pretende fazer uma abordagem sobre como devem ser desenvolvidas as ações de formação e lecionação pedagógica, para os profissionais que irão instalar, operar ou executar a manutenção de instalações de aquecimento, ventilação, ar condicionado e refrigeração (AVAC&R), debruçando-se nomeadamente na estrutura, nos conteúdos, nas ferramentas pedagógicas (materiais de apoio), na exposição em ambiente formativo teórico-prático e no acompanhamento de formação em laboratório e em contexto de ação direta.

O objetivo do presente capítulo é contribuir para que os profissionais do sector, na sua formação, adquiram competências a nível da operacionalidade funcional, da interação entre diferentes funções, sob o ponto de vista das diferentes perspetivas (empreiteiro, dono de obra, fiscalização, etc.). Pretende-se ainda, neste capítulo, potenciar a transmissão de conhecimentos (teóricos e práticos) em diferentes tipos de formação, e nos diversos níveis, desde os cursos técnico-profissionais até às licenciaturas e mestrados, em tecnologias ou engenharias. Finalmente, debruça-se também este capítulo, sobre o tipo de abordagem, os conteúdos e os equipamentos a utilizar de modo que os objetivos sejam atingidos.

2.2. Importância da Pedagogia na Formação e Lecionação em AVAC&R

A pedagogia desempenha um papel fundamental em engenharia e por isso também especificamente nas áreas de energia, climatização e refrigeração. É por meio dela que se estabelecem as bases para o entendimento, a aplicação, o funcionamento eficiente e em segurança dos sistemas e equipamentos. Uma formação adequada permite aos profissionais compreenderem e implantarem instalações eficientes, racionais, seguras e ambientalmente adequadas.

Uma pedagogia adequada permite aos profissionais adquirirem a capacidade de entender os princípios científicos que estão na base da climatização e refrigeração, nomeadamente a transferência de calor, a mecânica dos fluidos, a termodinâmica, a psicrometria, o ciclo frigorífico, as propriedades dos fluidos frigoríficos, mas também sobre os equipamentos e componentes dos sistemas, como compressores, condensadores, evaporadores e dispositivos de controlo. A pedagogia deverá também abordar a importância da eficiência energética e da sustentabilidade dos sis-

temas. Com uma pedagogia adequada, os profissionais são sensibilizados para projetar, instalar e manter sistemas que minimizem o consumo de energia, reduzindo assim o impacto ambiental e os custos operacionais, aprendendo a otimizar o dimensionamento dos sistemas.

É importante consciencializar os profissionais sobre a necessidade de considerar o impacto ambiental, segurança e sustentabilidade dos sistemas de climatização e refrigeração. A formação pedagógica incentiva a busca por soluções mais sustentáveis, como o uso de fluidos frigorigêneos de baixo impacto ambiental, sistemas de recuperação de calor e estratégias de projeto que reduzam o consumo de energia.

Além disso, a pedagogia na área de climatização e refrigeração contribui para disseminar boas práticas de manutenção e operação dos sistemas, garantindo o seu desempenho adequado e prolongando a sua vida útil. Os profissionais aprendem a realizar inspeções regulares, limpeza e afinações nos equipamentos, bem como a identificar e corrigir problemas operacionais. Isso não só melhora a eficiência dos sistemas, mas também reduz o risco de falhas e a necessidade de substituição prematura de equipamentos.

2.3. Componentes da Formação

Qualquer formação em AVAC&R deverá assentar a sua estrutura em três componentes formativas:

- i. formação sociocultural;
- ii. formação científica;
- iii. formação técnica.

Tabela 2.1. Importância das componentes da formação.

	O que é?	Importância
Formação sociocultural	Engloba uma educação ampla em áreas como humanidades, ciências sociais e comunicação. Envolve o desenvolvimento de habilidades de comunicação, ética, cidadania e compreensão das questões sociais, culturais e éticas.	Fundamental para os técnicos, pois ajuda a que se tornem profissionais completos, capazes de comunicar eficazmente com colegas, clientes e o público em geral. Proporciona ainda uma base ética que é essencial em todas as decisões, garantindo que as soluções sejam socialmente responsáveis e culturalmente sensíveis.
Formação científica	Compõe os princípios e teorias científicas que sustentam o conhecimento. Inclui matemática, física, química e outras disciplinas da área das ciências. Crucial para entender os princípios subjacentes aos sistemas, processos e equipamentos.	É a base para o trabalho na área de AVAC&R. Os técnicos precisam de aplicar esses princípios para projetar, analisar e resolver problemas complexos. Permite ainda a inovação e adaptação às mudanças tecnológicas.
Formação técnica	Centra-se nas habilidades e conhecimentos específicos, incluindo projeto, análise, resolução de problemas, uso de ferramentas e técnicas de engenharia, e domínio de <i>software</i> e <i>hardware</i> relevantes.	Fundamental para aplicar conhecimentos científicos e socioculturais na prática. Capacita para projetar, construir, manter e melhorar sistemas e infraestruturas complexas. Permite o acompanhamento do avanço tecnológico e adaptação a novas soluções e novas metodologias.

Cada uma destas componentes formativas desempenha um papel crítico no desenvolvimento dos técnicos, de modo a serem capazes de abordar problemas complexos de maneira ética, fundamentada em princípios científicos sólidos e com as competências técnicas necessárias para transformar conceitos teóricos em soluções práticas. Essa abordagem equilibrada é essencial para o sucesso e a relevância de qualquer formação. A tabela 2.1. resume estes aspetos.

2.4. Bases da Formação

De acordo com o nível da formação, qualquer formação deverá assentar as suas bases no sistema de classificação educacional referidos na Taxonomia de Bloom, que categoriza diferentes níveis de habilidades cognitivas e objetivos educacionais. A Taxonomia de Bloom é uma ferramenta valiosa, uma vez que fornece uma estrutura clara para o desenvolvimento de objetivos de aprendizagem, elaboração de atividades de ensino e criação de avaliações que abrangem todos os níveis de habilidades cognitivas.

A Taxonomia de Bloom é geralmente representada como uma hierarquia de seis níveis, organizados do mais simples ao mais complexo:

- **conhecimento (lembrar)** – neste nível, os alunos são solicitados a lembrar fatos, termos, conceitos e informações. Envolve a recuperação de informações sem necessariamente as compreender;
- **compreensão (entender)** – neste nível, os alunos demonstram compreensão do material ao explicar, resumir, interpretar e traduzir informações utilizando as suas próprias palavras;
- **aplicação (aplicar)** – os alunos são desafiados a usar o conhecimento e as habilidades adquiridas para resolver problemas, aplicar conceitos em situações práticas e executar tarefas específicas;
- **análise (analisar)** – os alunos desmontam informações em partes menores, identificam padrões, relacionamentos e ligações, e fazem julgamentos com base em evidências;
- **síntese (avaliar)** – neste nível, os alunos são incentivados a criar algo, combinar informações de diferentes fontes, gerar hipóteses, elaborar planos e projetar soluções;
- **avaliação (criar)** – o nível mais alto da Taxonomia de Bloom, envolve a capacidade dos alunos de avaliar, julgar, justificar e criar argumentos baseados em critérios estabelecidos. Isso inclui a capacidade de criar algo inteiramente novo com base no conhecimento adquirido.

2.5. Objetivos da Formação

Os objetivos de aprendizagem, em todas as fases da formação, deverão ser categorizados com verbos de ação, que definam as competências que o estudante deve ser capaz de saber, e capaz de saber fazer, num determinado tipo e nível de formação. Os objetivos de aprendizagem devem ser:

- claros e específicos;
- mensuráveis;
- alcançáveis no período definido;
- realísticos.

3 INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS AVAC&R

3.1. O Pré-Obra

3.1.1. Caderno de encargos

3.1.2. Proposta

3.1.3. Adjudicação e contrato

3.2. Fase de Obra

3.2.1. Enquadramento do AVAC&R na obra principal

3.2.2. Funções do diretor de obra

3.2.3. Funções do gestor de projeto

3.2.4. Coordenação entre dono de obra, instalador e fiscalização

3.2.5. Condições de execução

3.2.6. Regras de segurança

3.2.7. Identificação de elementos de segurança

3.2.8. Gestão de materiais

3.2.9. Condições para a receção das instalações

3.2.10. Testes e ensaios

incluir nomeadamente o preço, a experiência e qualificações, o cumprimento dos requisitos e especificação técnicas, a conformidade com legislação e regulamentação em vigor e o prazo de entrega entre outros. Para que a decisão sobre qual a proposta a adjudicar seja consistente, clara e adequada, é indispensável desenvolver nesta fase uma correta análise e avaliação das diferentes propostas recebidas das empresas concorrentes que responderam ao caderno de encargos ou à consulta.

De acordo com o objetivo a que a instalação de propõe atingir, deverão ser definidos pela entidade que vai analisar as propostas, critérios claros e objetivos e métricas de avaliação. Dentro destes critérios poderão ser considerados os seguintes fatores:

- qualidade da proposta;
- custo de execução (obra);
- custo de exploração;
- eficiência energética;
- sustentabilidade da solução;
- prazo de execução;
- experiência e qualificações da empresa;
- conformidade com normas e regulamentações;
- garantias e serviços pós-instalação;
- qualidade dos materiais e equipamentos;
- cumprimento de padrões de segurança.

Tendo em conta estes e/ou outros critérios, deverá ser realizada uma análise multicritério das propostas. Esta análise consiste em classificar as propostas atribuindo pesos de acordo com os critérios definidos e atribuindo níveis de classificações a cada um dos critérios. Os níveis de classificação poderão ser de 1 a 5 e os pesos a atribuir poderão ir de 0 (mínimo) a 1 (máximo).

Nessa situação a avaliação atribuir a cada proposta seria dada por:

$$Aval_x = \sum_i \text{Peso}_i \times \text{Class}_j \quad (3.1)$$

Sendo:

- **X** – proposta em análise;
- **i** – número de critérios a considerar;
- **Peso_i** – peso a atribuir a cada item (0 a 1);
- **Class_j** – classificação a atribuir a cada item (1 a 5).

Nesta situação a empreitada seria adjudicada à empresa que obtivesse a avaliação mais elevada.

Como exemplo apresenta-se de seguida um caso fictício de análise de propostas de três empresas (A,B e C) para a execução de uma empreitada de AVAC&R.

Caso 1. Adjudicação de empreitada de AVAC&R

Tabela 3.1. Exemplo de avaliação de empreitada.

Critérios	Peso	Empresa A		Empresa B		Empresa C	
		Class.	Class. Ponderada	Class.	Class. Ponderada	Class.	Class. Ponderada
Qualidade da proposta	0,2	2	0,4	3	0,6	1	0,2
Custo de execução (da obra)	0,5	3	1,5	3	1,5	5	2,5
Custo de exploração	0,3	2	0,6	4	1,2	2	0,6
Eficiência energética	0,7	4	2,8	5	3,5	3	2,1
Sustentabilidade da solução	0,6	5	3,0	6	3,6	3	1,8
Prazo de execução	0,2	3	0,6	2	0,4	4	0,8
Experiência e qualificações da empresa	0,2	4	0,8	3	0,6	2	0,4
Conformidade com normas/ regulamentações	0,2	2	0,4	4	0,8	3	0,6
Garantias e serviços pós-instalação	0,1	4	0,4	2	0,2	2	0,2
Qualidade dos materiais e equipamentos	0,4	4	1,6	3	1,2	3	1,2
Cumprimento de padrões de segurança	0,3	3	0,9	4	1,2	1	0,3
	Avaliação		13,0		14,8		10,7

Neste exemplo, após a análise e avaliação das propostas das três empresas (A, B e C), a empreitada deveria ser adjudicada à empresa B, de acordo com a avaliação refletida na tabela 3.1.

Após a avaliação de todas as propostas recebidas e a consideração de todos esses fatores, a organização responsável pelo projeto, seleciona o proponente vencedor. Em seguida, um contrato é formalizado entre as partes, detalhando todos os termos e condições do projeto, incluindo custos, prazos e responsabilidades. Desta forma, a adjudicação é um processo crucial para garantir que a execução e implementação de uma instalação, é realizada com sucesso, atendendo a todos os requisitos técnicos e regulatórios, ao mesmo tempo em que é economicamente viável.

3.2. Fase de Obra

Na fase de obra, e antes de iniciar a instalação, é indispensável o empreiteiro fazer um estudo prévio do local onde será implementada a instalação, para determinar a melhor opção de equipamentos, de acordo com as necessidades e especificidades do local. Só desta forma é possível avaliar os fatores locais que poderão influenciar a boa execução, fatores como: as características do terreno; da envolvência; fatores climáticos locais; infraestruturas; acessibilidade; entre outros aspetos. Uma vez definidas todas as características para os equipamentos a implementar, dá-se início aos procedimentos para a fase de obra.

Instalação, Condução e Manutenção de Equipamentos Energéticos

UMA VISÃO PEDAGÓGICA

JOÃO GARCIA
FILIPE DIDELET

Sobre a obra

Este livro foi concebido para tornar acessível a área dos Equipamentos Energéticos e a sua utilização, que tem tido uma grande carência em termos de documentação técnica e científica, bem como para que essa informação seja transmitida de uma forma didática e pedagógica facilmente assimilável por qualquer tipo de leitor. Assim, pretende chegar a públicos distintos, ou seja, por um lado aos estudantes dos diferentes graus do Ensino Superior, em cursos de Engenharia, Gestão ou Tecnologias, e, por outro, a todos os profissionais que, nos mais diversos setores, mas principalmente nas empresas instaladoras e de manutenção, são chamados a resolver os problemas relacionados com a utilização de equipamentos energéticos.

Por isso, numa abordagem inovadora, começa por tratar dos aspetos pedagógicos relacionados com a temática sobre a qual se debruça para posteriormente tratar dos aspetos teóricos e práticos relacionados com a instalação, condução e manutenção dos equipamentos de energia. No caso concreto da Manutenção trata sequencialmente os aspetos organizativos e, depois, para cada tipo de equipamento tratado, as ações preventivas e corretivas.

Sobre os autores

JOÃO GARCIA

Doutorado em Energia Mecânica pelo Instituto Superior Técnico (IST/UL) da Universidade de Lisboa, possui mestrado e licenciatura em Engenharia Mecânica também pelo IST/UL. É atualmente Professor Coordenador do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa do Instituto Politécnico de Lisboa.

Profissionalmente, foi Assistente da Direção Técnica na ARNEG (1990-1993) e Diretor Fabril na ATECNIC (1994-1996). Possui experiência de mais de 20 anos em projetos internacionais e nacionais de I&D, nas áreas de AVAC, Refrigeração, Eficiência Energética, Energia Geotérmica, Processamento de Alimentos e Qualidade do Ar. Foi consultor da ADENE (2007-2010) para o Sistema de Certificação Energética. Detém o título de Especialista em Refrigeração, atribuído pelo Instituto Politécnico de Lisboa e pela Ordem dos Engenheiros. É atualmente Presidente do Subcomité Técnico de Normalização CT56 de Instalações e Equipamentos de Refrigeração, CEN/TC 89. É membro de várias associações nacionais e internacionais como ASHRAE, IIR, EFRIARC, SECYTEF e Ordem dos Engenheiros, sendo também autor e coautor de inúmeros trabalhos publicados em livros, revistas técnicas e científicas e atas de conferências, nas áreas de refrigeração, climatização, tecnologia alimentar, eficiência energética, qualidade do ar, dispersão de poluentes, sustentabilidade e pedagogia.

FILIPE DIDELET

Licenciado e Mestre em Engenharia Mecânica pelo Instituto Superior Técnico e Doutor, também em Engenharia Mecânica, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

É atualmente Professor Coordenador da Escola Superior de Tecnologia de Setúbal do Instituto Politécnico de Setúbal. Tem dezenas de artigos técnicos e científicos publicados em Portugal e no estrangeiro nas áreas da manutenção e da fiabilidade, através de revistas ou através da participação em congressos. Tem também orientado várias dissertações académicas nestas áreas, ao nível de mestrado e de doutoramento em diversas instituições. É Membro Conselheiro Especialista em Manutenção pela Ordem dos Engenheiros. Integra a Comissão Científica da International Conference on Maintenance Engineering (IncoME), promovida pela Universidade de Manchester, desde 2017.

Apoio



Também disponível em formato e-book



ISBN: 978-989-917-731-4



9 789899 177314

www.quanticaeditora.pt