

Promotor:

Cofinanciado por:



### **3.1 Conforto Térmico**

3.1.1 Índice de conforto térmico

3.1.2 Qualidade da envolvente

3.1.3 Eficácia dos sistemas técnicos

### **3.2 Climatização de Edifícios**

3.2.1 Aquecimento

3.2.2 Arrefecimento

3.2.3 Ventilação

### **3.3 Sistemas Técnicos**

3.3.1 Caldeiras

3.3.2 *Chiller*

3.3.3 Unidades de tratamento de Ar

### **3.4 Ações de Manutenção**

3.4.1 Aquecimento

3.4.2 Arrefecimento

3.4.3 Ventilação

### **3.5 Eficiência Energética na Climatização**

3.5.1 Envolvente

3.5.2 Sistemas técnicos

3.5.3 ECO. Dicas Climatização

## **3. Conforto Térmico**





## 3.1 Conforto Térmico

Grande parte do tempo é passado no interior dos edifícios, quer seja a trabalhar quer seja em casa, ou na escola, sendo por isso da maior importância que os edifícios garantam condições de conforto e de salubridade.

Sempre que sejam identificadas patologias nos edifícios, nomeadamente nos seus elementos estruturais, e sempre que seja programada uma intervenção para a sua correção, dever-se-á aproveitar para melhorar o desempenho energético desses elementos, o que pode designar por reabilitação energética.

As patologias de intervenção prioritária são habitualmente as que revelam uma inadequada estanquicidade do

edifício ou de elementos estruturais à água da chuva e às intempéries, podendo também ser identificada como prioritária a deficiente atenuação do efeito dos extremos de temperatura no interior dos edifícios.

O conforto térmico de um edifício depende fundamentalmente de três aspetos:

- Índice de conforto térmico (tipo de edifício, tipo de atividade e tipo de utilizadores);
- Qualidade da envolvente (soluções construtivas e tipo de materiais);
- Eficácia dos sistemas técnicos (de climatização e/ou de ventilação).

### 3.1.1 Índice de conforto térmico

As normas internacionais (ISO ou ASHRAE) que especificam condições de conforto, recorrem aos índices de conforto térmico para determinarem os parâmetros ambientais interiores como uma das formas de avaliação do desempenho energético de edifícios. A sensação de conforto térmico está associada a um estado de neutralidade térmica induzido pelo balanço térmico das trocas de calor entre o corpo humano e o meio que o rodeia.

Do ponto de vista da ergonomia, o equilíbrio da temperatura do corpo humano depende e é influenciado e condicionado por diversas variáveis:

- **Individuais:** parâmetros fisiológicos (metabolismo<sup>1</sup>, temperatura do corpo), vestuário e fatores psicológicos (expec-

tativa sobre as condições térmicas interiores do edifício e sobre a possibilidade de as influenciar: abrir e fechar os vãos envidraçados, controlar equipamentos de climatização e os mecanismos de sombreamento);

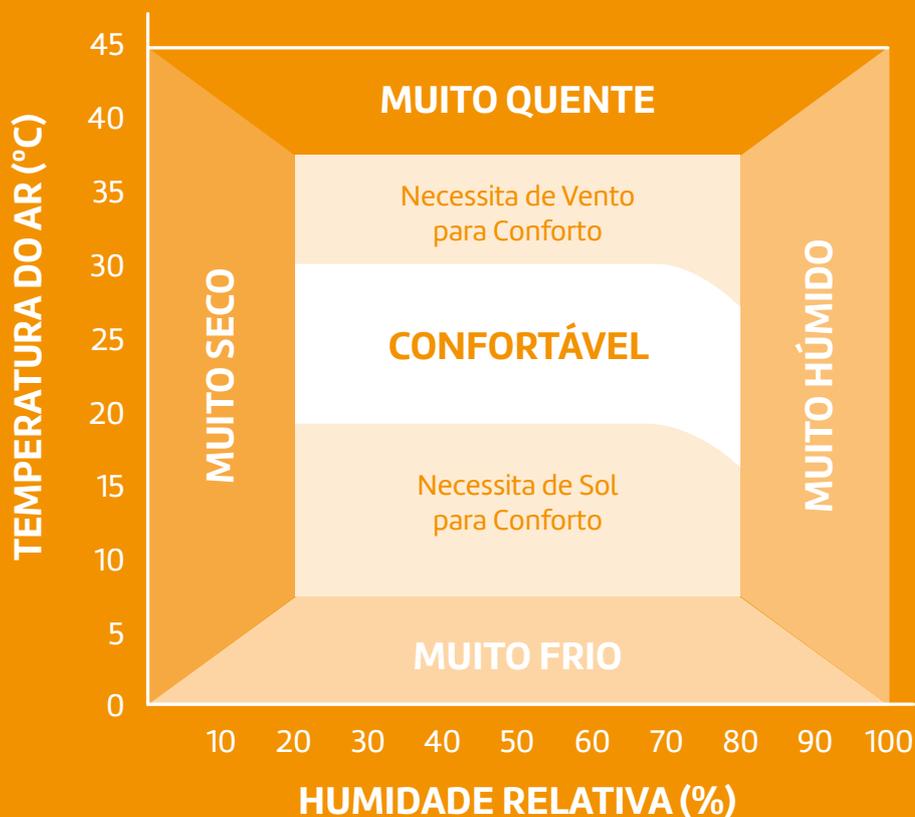
- **Ambientais:** temperatura e velocidade do ar interior, humidade relativa e temperatura média radiante (temperatura na superfície dos elementos na área circundante).

Em matéria de desempenho energético de edifícios, o conforto térmico dos utilizadores depende principalmente de dois fatores ambientais:

- Temperatura do ar;
- Humidade relativa.

**/Nota**  
O corpo humano, em locais de trabalho sedentários, emite cerca de 100 W de energia térmica.

**/Nota**  
A temperatura interior de conforto depende bastante do clima, nomeadamente da temperatura média exterior.



**/Nota**  
Imagem adaptada.

<sup>1</sup>A produção de calor metabólico gerado pelos utilizadores de um edifício é útil para determinação de uma das variáveis da equação do balanço térmico entre o corpo humano e o ambiente envolvente.

### 3.1.2 Qualidade da envolvente

Os fatores climáticos produzem um efeito de permuta do ambiente exterior com o edifício por via da “transferência de calor” que ocorre entre ambos, pelo que as características construtivas dos edifícios (envolvente) definem muitas vezes o índice de conforto térmico dos utilizadores.

Elementos como paredes, coberturas, pavimentos, portas e vãos envidraçados contribuem para o contraste térmico entre o interior do edifício e o ambiente exterior, para o consumo de energia associado à climatização, e para o conforto dos utilizadores: um bom isolamento térmico das estruturas ajuda a garantir estabilidade da temperatura interior.

O isolamento térmico é determinante para minimizar as trocas térmicas excessivas entre o interior e o exterior de um edifício através da envolvente (cobertura, paredes, pavimentos e vãos envidraçados), evitando perdas de calor na estação fria e o sobreaquecimento interior na estação quente.

**/Nota**  
Quanto mais baixo for U, melhor será a capacidade do edifício em proteger o ambiente interior das variações da temperatura exterior.

A capacidade de isolamento térmico de um edifício mede-se através do coeficiente de transmissão térmica, “U” que é expresso em  $[W/(m^2.K)]$ .

Os valores de transmissão térmica são função da condutibilidade térmica e das espessuras dos componentes, bem como dos coeficientes superficiais de trocas de calor entre o interior e o exterior<sup>2</sup>.

A Certificação Energética de Edifícios (SCE) estabelece valores de U mínimos regulamentares para os diversos elementos que constituem um edifício (coberturas, paredes, pavimentos e

vãos envidraçados) e os quais variam também em função da localização do edifício (classificação segundo zonas climáticas, para os períodos de inverno e de verão), da altitude do local, da distância à costa e também de algumas especificidades do edifício (tipo de edifício, tipo de utilização, confinamento com outros edifícios, etc.).

A Certificação Energética permite obter informação sobre o desempenho energético do edifício, incluindo um conjunto de recomendações de medidas de melhoria que permitam reduzir os consumos de energia durante a fase da sua utilização, nomeadamente nos sistemas de climatização, associado à melhoria das condições de conforto para os utilizadores.

Mais informação sobre a Certificação Energética no Guia 1.

A envolvente de um edifício deve permitir manter uma temperatura adequada a fim de promover o conforto térmico e a qualidade do ar interior, evitando humidade interna num equilíbrio entre ganhos e perdas de calor.

A ventilação adequada de um edifício, seja por métodos naturais e/ou mecânicos, tem um papel predominante na garantia do conforto térmico e economia de energia. Exerce ainda uma função imprescindível na regulação da temperatura e dos índices de humidade, promovendo o bem-estar dos ocupantes através da renovação e da melhoria da qualidade do ar interior.

**/Nota**  
Uma ventilação desadequada poderá gerar desconforto térmico e eventuais fontes de contaminações e doenças.

<sup>2</sup> Estes coeficientes variam consoante o fluxo de calor seja ascendente ou descendente, ou seja, consoante a temperatura no interior seja superior ou inferior à temperatura no exterior, respetivamente.



As condições do ar dentro de um edifício resultam da interação da sua localização, do clima, do sistema de ventilação, da construção, das fontes de poluição (mobiliário, fontes de humidade, processos de trabalho e atividades e poluentes do ar exterior), bem como do número de ocupantes do edifício.

O impacto dos ganhos térmicos internos (pessoas, equipamentos, etc.) no verão é bastante significativo, tal como a ausência de sistemas de sombreamento nos vãos envidraçados.

Em determinadas situações os sistemas de climatização são necessários para garantir as condições adequadas de funcionamento dos espaços e sistemas (e.g. arquivos, *data centers*), pelo que a eficiência energética, nestes casos, não está associada diretamente ao conforto térmico dos utilizadores dos edifícios, mas sim à manutenção de determinadas condições (de temperatura e/ou humidade).

### 3.1.3 Eficácia dos sistemas técnicos

O conforto térmico de edifícios, e o inerente controlo das condições ambientais interiores, depende na grande maioria dos casos da utilização de sistemas técnicos de climatização (aquecimento, arrefecimento e ventilação), sendo a sua eficácia influenciada nomeadamente pelos seguintes parâmetros:

- Qualidade construtiva do edifício e condições de conforto térmico dos utilizadores;
- Adequação e capacidade dos sistemas técnicos para fazer face às necessidades (dos espaços e/ou dos utilizadores);
- Rendimento dos equipamentos e sistemas (eficiência energética).

A utilização de equipamentos com elevado rendimento constitui uma importante medida de eficiência energética a considerar na criação de condições de conforto térmico nos edifícios.

As Diretivas da União Europeia (UE) relativas ao **Ecodesign** (Diretiva n.º 2009/125/CE, de 21 de outubro) e à **Etiquetagem Energética** (Diretiva n.º 2010/30/UE, de 19 de maio), constituem um binómio determinante para garantir que os fabricantes concebam e coloquem no mercado produtos mais eficientes energeticamente e que os consumidores sejam informados sobre o desempenho energético do produto que vão adquirir.

A etiqueta energética da UE é obrigatória para várias categorias de produtos, incluindo sistemas de iluminação, eletrodomésticos, bombas e motores, e também aparelhos de aquecimento e/ou arrefecimento, de ventilação, de aparelhos de produção e armazenamento

de águas quentes sanitárias (AQS).

A base gráfica das etiquetas energéticas é a mesma para todos os produtos, sendo o desempenho energético traduzido por uma letra numa classificação composta por sete classes, de G (menos eficiente) a A (mais eficiente), e reforçada por uma gradação de cores de vermelho (menos eficiente) para verde (mais eficiente). Algumas etiquetas têm classes superiores adicionais: **A+, A++ ou A+++**.

Em Portugal, existe ainda o sistema de etiquetagem energética CLASSE+, de natureza voluntária, aplicável a produtos não regulados a nível europeu e com influência no consumo energético nos edifícios, nomeadamente janelas e outros elementos construtivos em paredes e coberturas.

Janelas eficientes, pelas suas características, contribuem para o aumento do isolamento térmico e acústico dos edifícios, permitindo reduzir o consumo de energia associado à climatização dos espaços.

Estas janelas podem ter caixilhos em madeira, PVC ou em alumínio com corte térmico (rutura térmica), ou uma combinação dos mesmos. Para os envidraçados considera-se instalar, no mínimo, vidro duplo, sendo ainda possível optar, para o gás que separa as duas lâminas de vidro, ar ou um gás nobre como o argon.

**A etiqueta energética também pode ser implementada a sistemas**, a qual classifica soluções constituídas por mais do que um produto.

**/Nota**  
A substituição de uma janela vulgar, de vidro simples e sem corte térmico, por uma janela com classificação "A+" na etiqueta CLASSE+ significa menos cerca de 50% de perdas de energia.

A regulamentação da etiquetagem energética entrou em vigor em paralelo para os sistemas e para os produtos que os compõem:

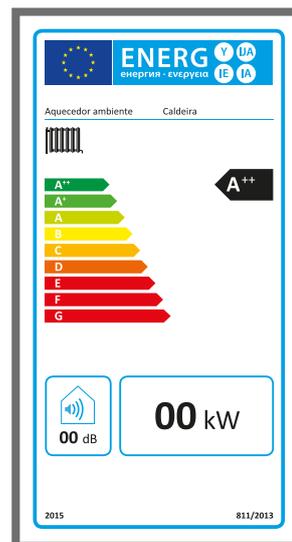
- A etiqueta de produto é emitida exclusivamente pelo fornecedor;



- A etiqueta de sistema passa a ser emitida por quem oferece a proposta comercial ao cliente final (o fornecedor, o distribuidor ou o instalador) e aplica-se a sistemas integralmente novos.

“  
As etiquetas de produtos e de sistemas classificam a eficiência energética de G, para menos eficiente, a A+++, para mais eficiente.  
”

“  
A classificação de A+++ só poderá ser alcançada por sistemas mistos, i.e., sistemas que integrem tecnologias de aproveitamento de energias renováveis.  
”

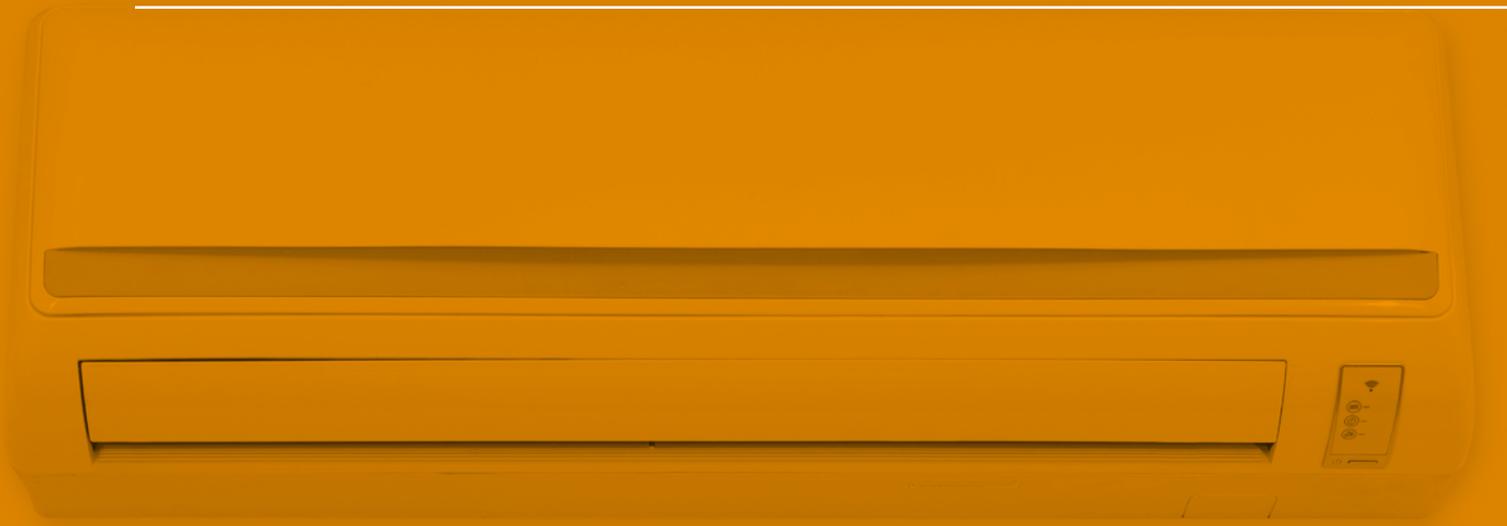


#### Eficiência Sazonal

A eficiência sazonal permite medir a eficiência energética dos equipamentos de climatização ao longo de todo o ano, medindo o consumo de energia anual e a eficiência na utilização diária normal tendo em conta diversos parâmetros, por exemplo, os períodos de *standby* dos equipamentos, o consumo de energia dos termostatos ou as

flutuações de temperatura, concedendo uma indicação mais fiável da eficiência energética típica ao longo de uma estação completa de aquecimento ou de arrefecimento:

- **SEER**: valor da relação de eficiência energética sazonal em arrefecimento;
- **SCOP**: valor do coeficiente de performance sazonal em aquecimento.



## 3.2 Climatização de Edifícios

Quando se pretendem obter determinadas condições de conforto térmico e de controlo das condições ambientais interiores em permanência ou, pelo menos, durante determinados períodos, torna-se inevitável o recurso a sistemas de climatização.

Se esse controlo for pretendido apenas na estação fria, bastará um sistema de aquecimento. Caso se pretenda controlar estas condições durante todo o ano, será também necessário adotar sistemas de arrefecimento.

Muito embora existam atualmente soluções construtivas passivas que permitem obter edifícios de elevada eficiência energética (*“Passive House”*), pode não ser possível garantir permanentemente as condições de conforto nos edifícios sem recurso a aquecimento auxiliar.

“  
**Assim, de um modo geral, pode afirmar-se que os sistemas de aquecimento são necessários em qualquer espaço onde exista permanência ou passagem de pessoas.**  
 ”

Já os sistemas de arrefecimento ambiente podem ser evitados em edifícios bem concebidos (edifícios com inércia térmica adequada, reduzidos ganhos solares e com possibilidades de promoção de ventilação natural), quando

as cargas internas não são demasiado elevadas e desde que haja tolerância de alguma flutuação dos valores da temperatura interior, incluindo alguns períodos com possível sobreaquecimento interior (desde que este não seja excessivo).

Os edifícios de serviços têm necessidades significativas de arrefecimento ambiente em espaços com ocupação (escritórios, salas de reuniões, auditórios, etc.), podendo ser evitados em alguns locais nas condições de tolerância já referidas.

A necessidade de recurso a sistemas de climatização passa, portanto, por um grau de exigência que deve ser definido à partida, cabendo à equipa projetista conceber o edifício de forma a reduzir ou evitar a sua necessidade (se a natureza dos espaços o permitir, nomeadamente em termos de ganhos internos), ou, no caso de a decisão ser a instalação de sistemas de climatização, optar pelos mais adequados para os espaços a climatizar.

Neste caso, devem ser tidas em conta, como requisitos de qualidade mínima (quer do ar interior, quer do próprio sistema de climatização), as disposições regulamentares em vigor, designadamente as preconizadas no SCE, devendo optar-se, sempre que possível, por soluções mais eficientes à luz dos princípios de otimização económica, na perspectiva de que qualquer investimento adicional inicial poderá ser recuperado com as economias energéticas (e de manutenção) que resultarão do seu funcionamento mais eficiente.

### 3.2.1 Aquecimento

O aquecimento ambiente pode ser providenciado por via de sistemas centralizados, independentemente da fonte energética que utilizam ou do tipo de distribuição da energia térmica (calor), sendo normalmente o tipo de solução de aquecimento mais eficiente do ponto de vista energético.

O aquecimento por efeito de Joule, como por exemplo, através do radiador a óleo, é habitualmente o tipo de aquecimento menos eficiente, e cuja sua utilização é mais dispendiosa.

#### **Caso seja possível instalar um sistema centralizado, recomenda-se:**

- A utilização de caldeiras (preferencialmente alimentadas a biomassa, podendo também ser a gás, natural ou propano, ou outro combustível);
- Considerar o espaço disponível para colocação dos equipamentos (caldeira, depósitos, sistemas de bombagem), as suas condições técnicas (acesso a água, disponibilidade e/ou armazenamento de combustível, condições de evacuação de gases), e também as condições de instalação dos sistemas de distribuição.

#### **Caso também se pretenda fazer o arrefecimento dos espaços, recomenda-se:**

- A utilização de sistemas de climatização centralizada com recurso a bombas de calor, um equipamento térmico alimentado a eletricidade que, sendo essencialmente um equipamento de aquecimento, que se destina a transferir calor de uma fonte fria para uma fonte quente, invertendo o seu ciclo de funcionamento poderá ser utilizado também para arrefecimento. Estes equipamentos apresentam um coeficiente de desempenho (COP<sup>3</sup>)

normalmente superior a 3, o que significa que por cada kWh de energia elétrica fornecida ao sistema, obtém-se 3 kWh de energia térmica.

#### **Caso já exista sistema centralizado, recomenda-se:**

- Optar por sistemas de acumulação térmica, com recurso a reservatórios de água quente, mantendo a temperatura de acumulação superior a 60°C;
- Manter os sistemas de acumulação e toda a tubagem de fluidos térmicos bem isolados;
- Equacionar a substituição por equipamentos mais eficientes (equipamentos com COP superior, como caldeiras de condensação com melhores rendimentos), ou a conversão por equipamentos que utilizem fontes de energias renováveis (biomassa e/ou solar térmico).

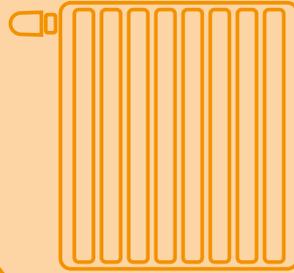
#### **Caso não seja tecnicamente viável a instalação de um sistema centralizado, recomenda-se:**

- Optar por radiadores (elétricos), com acumulação de calor que utilizam um material refratário que armazena energia térmica, libertando-a posteriormente.

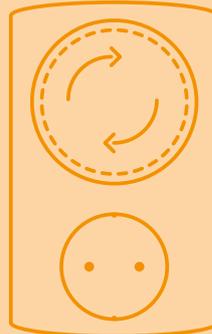
Estes equipamentos são especialmente concebidos para se tirar partido das tarifas multi-horárias (bi-horária, trihorária ou tetra-horária), tendo capacidade de efetuar o armazenamento de calor durante a noite (quando o custo da energia é mais reduzido), restituindo durante o dia, de uma forma gradual, o calor armazenado:

- Optar pela utilização de controladores (horários ou termostáticos) para maximizar as vantagens económicas associadas aos ciclos tarifários.

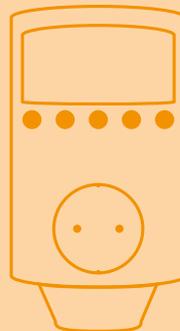
<sup>3</sup> COP – “Coeficiente de desempenho” é o valor da potência de aquecimento da unidade dividida pela potência elétrica que a unidade necessita para a produzir. Importante ter também em consideração o valor de SCOP – “Coeficiente de desempenho sazonal”.



**Aquecimento**



**Temporizador Analógico**



**Sistema de Controlo Individual**

## 3.2.2 Arrefecimento

No verão, na maioria das situações, é perfeitamente admissível um ajuste da temperatura interior entre os 23 e os 25°C, tendo associado um vestuário adequado para essa estação. Além da economia significativa de energia, diminui o efeito do choque térmico entre o interior e o exterior.

### Caso seja possível instalar um sistema centralizado, recomenda-se:

- A utilização de sistemas de climatização centralizada com recurso a bombas de calor, um equipamento térmico que poderá ser também utilizado para aquecimento. O seu rendimento, quando utilizado para a função de arrefecimento, é medido através do coeficiente de eficiência energética (EER<sup>4</sup>), sendo normalmente superior a 3, o que significa que por cada kWh de energia elétrica fornecida ao sistema, obtém-se 3 kWh de energia térmica.

### Caso já exista sistema centralizado, recomenda-se:

- Avaliar a viabilidade de se efetuar a recuperação do calor do ar de extração, por exemplo, para o pré-aquecimento de águas;
- Promover a acumulação térmica para apoio aos processos de arrefecimento<sup>5</sup>, mediante:
  - › **Acumulação com água gelada**, em depósitos ou tanques, que tira partido do facto de a água possuir o maior calor específico dos materiais comuns;
  - › **Bancos de gelo**, os quais baseiam-se no alto valor do calor latente de fusão da água permitindo uma redução de volume de acumulação até aos 25% do que seria necessário em acumulação com água gelada, para a mesma quantidade de energia acumulada. A produção de gelo

pode ser feita durante o período em que as tarifas de energia elétrica são mais baixas (no período noturno, em “vazio”) para utilizar a energia armazenada nos períodos de tarifas mais elevadas;

- › **Materiais de mudança de fase**, que permitem o armazenamento de energia durante a mudança de fase, utilizando o calor latente de fusão (sais eutéticos, fundem completamente num determinado ponto de fusão), ultrapassando algumas limitações da água gelada no armazenamento de energia térmica e permitindo uma redução do volume de acumulação, tipicamente, para 33% do volume necessário com acumulação com água gelada, para a mesma energia acumulada.

### Caso não seja tecnicamente possível a instalação de um sistema centralizado, recomenda-se:

- Ligar os equipamentos apenas durante períodos estritamente necessários, medida que, associada a uma adequada regulação da temperatura nos espaços a climatizar, ou ao nível dos caudais dos fluidos térmicos em função das cargas reais que existam, permite que a potência de arrefecimento utilizada seja apenas a necessária;
- Evitar, quando possível, o aquecimento e o arrefecimento simultâneo, devendo o zonamento do edifício ser tal que em cada zona se reduza ao mínimo a necessidade de aquecimento e arrefecimento simultâneos.

<sup>4</sup>EER – “Rácio de Eficiência Energética” é o valor da potência de arrefecimento da unidade dividida pela potência elétrica que a unidade necessita para a gerar (P). Importante ter também em consideração o valor de SEER – “Rácio de Eficiência Energética Sazonal”.

<sup>5</sup>Permite diminuir a potência elétrica solicitada à rede, quer pela redução da simultaneidade dos grupos de frio em relação aos restantes consumidores de eletricidade, quer pela redução efetiva da potência térmica dos grupos de frio, e possibilita funcionamentos mais eficientes dos equipamentos, deslocação dos consumos das horas cheias e de ponta para as horas de vazio, com ganhos significativos nos custos de operação.

### 3.2.3 Ventilação

De forma a manter os caudais de ar novo previstos nas regulamentações térmicas de edifícios e por forma a garantir a renovação do ar interior dos edifícios, pode ser utilizada ventilação natural e/ou forçada, necessitando, neste último caso, de equipamentos consumidores de energia.

Os caudais de ventilação devem ser regulados para as necessidades do edifício:

- Caudais de ventilação superiores aos recomendados podem causar perdas de energia;

- Caudais de ventilação inferiores aos recomendados podem afetar a qualidade do ar interior.

Ao manter os caudais adequados aos espaços ocupados, os consumos de energia são mitigados, quer do ponto de vista do equipamento de ventilação, quer do ponto de vista do aquecimento ou arrefecimento desses espaços.





## 3.3 Sistemas Técnicos

A climatização de um edifício pode ser feita com recurso a apenas uma tecnologia ou a um conjunto combinado de sistemas e tecnologias, podendo estas serem apenas e especificamente utilizadas para climatização (aquecimento e/ou arrefecimento) ou também utilizadas para outros fins térmicos do edifício (e.g., AQS, ventilação).

A solução técnica ideal de climatização para um edifício depende de inúmeros fatores, nomeadamente:

- Tipo de climatização (temperatura e caudal);
- Necessidades de climatização e/ou ventilação (volume e períodos de utilização);
- Características do edifício (tipo de construção, desempenho térmico dos elementos construtivos, tipo de ocupação, sazonalidade...);
- Características da instalação (tipo de rede/tubagens, distâncias, dimensões);
- Fontes energéticas disponíveis e/ou espaço para armazenamento de combustível (e.g. gás, gasóleo, biomassa);
- Articulação com outras necessidades térmicas (e.g. AQS).

Os principais sistemas técnicos utilizados na climatização e ventilação dos edifícios públicos são os seguintes:

- **Aquecimento:** caldeiras de combustão;
- **Arrefecimento:** *chiller*, *splits*, *multisplits* e VRV (volume de refrigerante variável);

- **Ventilação:** Unidades de Tratamento de Ar (UTA) ou Unidade de Tratamento de Ar Novo (UTAN).

Uma solução de produção de energia térmica ainda não muito utilizada em Portugal mas que apresenta vantagens a nível energético, económico e até técnico, são as redes de distribuição de calor e/ou frio.

As redes de distribuição de calor e frio (*district energy*) são aquelas que disponibilizam energia térmica a um conjunto de edifícios e/ou infraestruturas a partir de uma unidade central. Quando o sistema distribui energia na forma de calor designa-se por "*district heating*" e é normalmente utilizado para aquecimento ambiente e/ou produção de águas quentes sanitárias. Quando é fornecido na forma de frio designa-se por "*district cooling*" e é normalmente utilizado para arrefecimento ambiente.

As redes de distribuição de calor e/ou frio permitem o aumento da eficiência energética e possibilitam a incorporação de sistemas individuais ou associados de energias renováveis (solar, biomassa, geotermia), permitindo a diminuição da fatura da energia. A quantidade de energia térmica fornecida é medida por intermédio de contadores entálpicos e faturada como um fornecimento de energia térmica.

### 3.3.1 Caldeiras

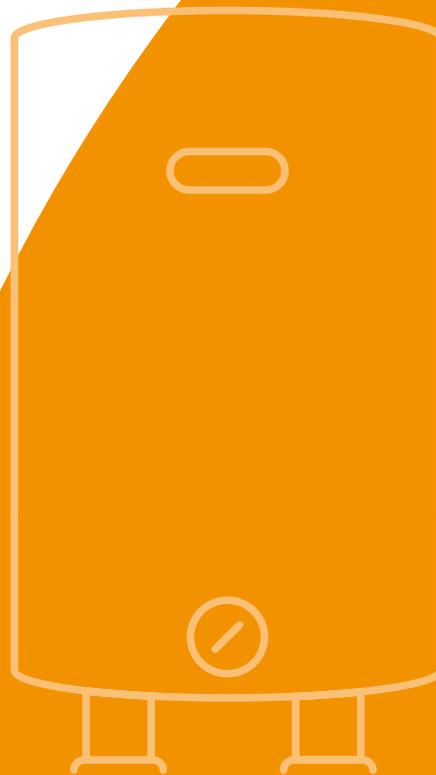
As caldeiras de combustão são equipamentos vulgarmente usados em Portugal, quer ao nível industrial quer ao nível do sector terciário, sendo uma das principais tecnologias na conversão da energia química dos combustíveis (sólidos, líquidos e/ou gasosos) em energia térmica (calor), nomeadamente para produção de calor para aquecimento ambiente e/ou para satisfação de outras necessidades (e.g. AQS, piscinas).

A caldeira é constituída por um queimador cuja função é aquecer o ar presente na câmara de combustão e que é alimentado por um combustível (gás natural, propano, butano, gasóleo, biomassa, etc.). Este ar, ao ser aquecido, é direccionado para um permutador de calor, situado no topo da câmara de combustão.

O permutador é o elemento responsável pela transferência do calor presente no ar aquecido para a água fria proveniente do sistema de distribuição de água. Após a passagem pelo permutador, a água aquece e fica em condições para ir para os sistemas de aquecimento ambiente e/ou AQS, de forma direta, ou para depósitos de acumulação ou de inércia.

Existem três tipos principais de caldeiras:

- **Instantâneas:** aquecem apenas a água a consumir instantaneamente (e.g. caldeiras murais);
- **Convencionais:** a transferência de calor é efetuada apenas com recurso a um permutador;
- **Condensação:** apresentam um rendimento superior ao das caldeiras convencionais pelo facto de aproveitarem o calor residual dos gases de exaustão para pré-aquecer a água que retorna do circuito de aquecimento, antes de esta entrar no permutador principal, funcionando como um economizador dentro da própria caldeira.



**/Nota**  
Uma caldeira de condensação precisa de menos quantidade de energia (combustível) para atingir a temperatura préseleccionada, o que permite uma economia de energia que pode atingir os 30%, comparativamente a uma caldeira convencional.

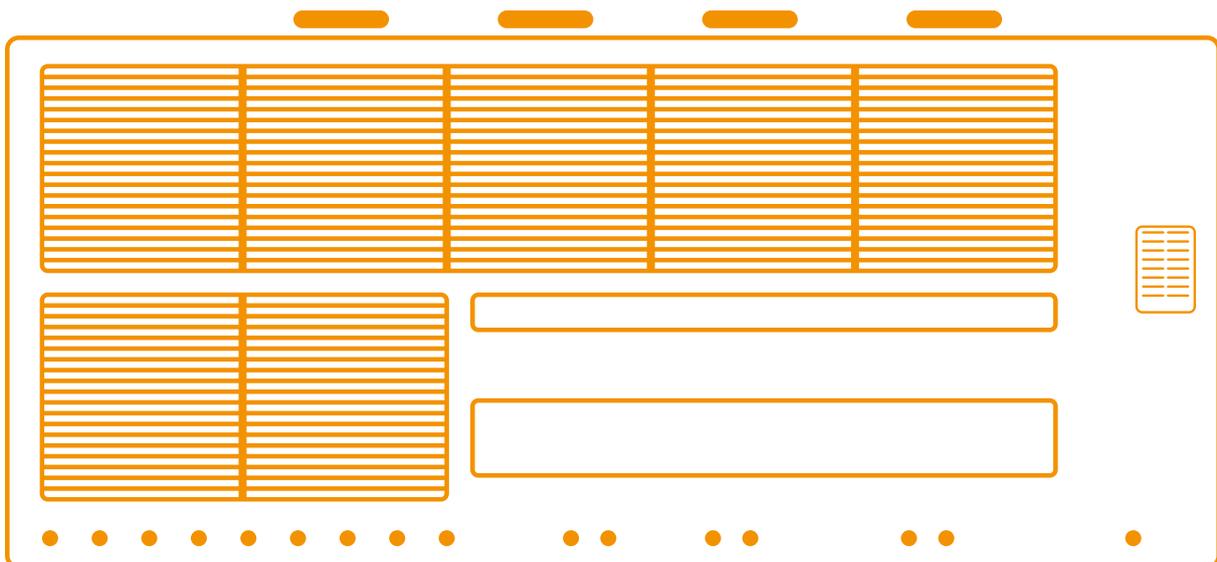
### 3.3.2 Chiller

O arrefecimento por via de sistemas centralizados (seja através de *Chiller*, de sistemas VRV (volume de refrigerante variável), ou do tipo *multi-split*) é normalmente o tipo de arrefecimento mais eficiente do ponto de vista energético.

O *Chiller* é uma máquina térmica que usa o princípio da máquina frigorífica para o arrefecimento, produzindo água

fria que é distribuída por um sistema de bombagem até às serpentinas presentes nas UTAS/UTAN ou até unidades interiores.

Alguns equipamentos permitem a inversão do ciclo termodinâmico, permitindo ser utilizadas para o aquecimento. Estas máquinas são conhecidas como *Chiller* bomba de calor.



### 3.3.3 Unidades de tratamento de Ar

Uma UTA é uma Unidade de Tratamento de Ar, que pode simplesmente ter a função de melhorar a qualidade do ar através de uma unidade de filtragem, ou condicionar o mesmo através de baterias de aquecimento ou arrefecimento permutando a energia térmica dos equipamentos produtores (e.g., água quente da caldeira ou fria do *chiller*) para o ar.

No caso de a unidade tratar exclusivamente ar novo (i.e., ar do exterior) a designação utilizada é UTAN (Unidade de Tratamento do Ar Novo).

Ao instalar-se um sistema de ventilação e tendo em consideração as dimensões do edifício e das suas cargas térmicas, deverá ponderar-se a instalação de um sistema de distribuição de ar quente do tipo “volume variável”, sistema que proporciona diferentes fluxos de ar de distribuição de acordo com as necessidades dos espaços.

Deve ser sempre equacionada a possibilidade de inclusão de sistemas com recuperação de calor (aproveitam a energia térmica do ar a retirar do edifício) para aumentar a eficiência do sistema.

## 3.4 Ações de Manutenção

Uma questão crucial nestes sistemas e equipamentos é a otimização da sua operação e manutenção de modo a proporcionar o máximo de conforto com o menor gasto possível.

Esta situação está dependente essencialmente das operações de manutenção preventiva dos equipamentos e sistemas sendo por isso fundamental a existência de um Plano de Manutenção Preventiva (PMP), elaborado e acompanhado sob a responsabilidade de um técnico qualificado,

que estabeleça claramente as tarefas previstas, tendo em consideração as instruções dos fabricantes e instaladores, a boa prática e a regulamentação existente para cada tipo de equipamento constituinte da instalação.

Seguidamente são apresentadas as ações de manutenção essenciais em sistemas de aquecimento, de arrefecimento e de ventilação, recomendando-se que sejam seguidas as especificações dos fabricantes.

## 3.4.1 Aquecimento

Num PMP adequado a um sistema centralizado que utilize uma caldeira de combustão (sendo este o elemento mais importante a considerar), os aspetos fundamentais a ter em consideração são os seguintes:

- Condições de combustão;
- Gases de combustão;
- Água de alimentação;
- Permutadores.

### Condições de combustão

O controlo da eficiência da combustão, através da monitorização constante de O<sub>2</sub> (oxigénio), ou do CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), ou CO (monóxido de carbono), contidos nos gases de exaustão, permite controlar o valor do excesso de ar da combustão proporcionando elevadas economias de energia:

**/Nota**  
Para caldeiras que queimam combustíveis gasosos recomendam-se valores de excesso de ar entre os 5 e 15%, o que corresponde a uma percentagem de O<sub>2</sub> nos gases de combustão entre 1,5 e 2,5%. Análises periódicas aos gases de combustão da caldeira, de forma a verificar o seu teor de O<sub>2</sub>, permitem assegurar um rendimento elevado.

- O excesso de ar de combustão deve ser mantido no ponto ótimo recomendado pelo fabricante, de forma a permitir uma combustão completa evitando o desperdício de combustível no aquecimento de um volume de ar;
- Não se deve operar com excessos de ar muito baixos, uma vez que uma combustão incompleta origina elementos não queimados nos gases de combustão que, não tendo libertado toda a sua energia, originam uma diminuição de rendimento.

### Gases de combustão

A capacidade de extração pelas chaminés deverá ser suficiente para criar a depressão necessária à saída dos gases de combustão e evacuar os fumos à velocidade pretendida, vencendo as perdas de carga dinâmicas provocadas pela circulação dos mesmos:

- A extração excessiva, resultante de um sobredimensionamento da chaminé, provoca um aumento da velocidade de

extração dos gases que se traduz num aumento de temperatura dos mesmos, provocando simultaneamente uma maior admissão de ar para a combustão, aumentando assim o excesso de ar, e consequentemente, uma redução do rendimento da combustão;

- Se a extração é insuficiente, existe a possibilidade de originar uma pressurização da câmara de combustão provocando um escape de gases para o exterior. Nestas condições, a combustão será realizada com insuficiência de ar, impossibilitando o bom ajuste do queimador, dando, portanto, origem a combustões incompletas que diminuem o rendimento da caldeira e contribuem para o aumento da emissão de poluentes.

### Água de alimentação

A qualidade da água de alimentação deverá ser analisada periodicamente, pois a natureza química dos sais nas águas de alimentação às caldeiras poderá corroer as tubagens, válvulas, bombas e outros componentes do sistema, como radiadores e convetores, para além de incrustações salinas nas paredes, diminuindo a eficiência da transferência de calor.

### Permutadores

A limpeza periódica dos permutadores permite trocas de calor mais eficientes e garante que a caldeira trabalhe com elevada eficiência. Esta operação deve ser acompanhada de uma vistoria geral do equipamento garantindo que todas as sondas e sistemas de controlo se encontram a funcionar corretamente.

Um PMP de uma caldeira de combustão integra três níveis distintos de operação:



### Rotina Diária

- Verificar os instrumentos de medição e controlo quanto aos valores de temperatura, pressão e níveis de água atingidos;
- Inspeccionar eventuais fugas de água, tanto no equipamento de queima como no sistema de distribuição.

### Rotina Mensal

- Controlar a eficiência da combustão, através da monitorização constante de  $O_2$ , do  $CO_2$  ou  $CO$ , contidos nos gases de exaustão, que permite ajustar o excesso de ar para um valor mínimo indispensável para que a combustão se realize sempre a um rendimento elevado, proporcionando elevadas economias de energia:
  - › Excessos de ar muito baixos têm normalmente repercussões em termos de combustão incompleta, aparecendo nos gases de combustão elementos não queimados que originam uma diminuição de rendimento;
  - › Para caldeiras que queimam combustíveis gasosos recomendam-se valores de excesso de ar entre os 5 e os 15%, o que corresponde a uma percentagem de  $O_2$  nos gases de combustão entre 1,5 e 2,5%.

- Verificar a qualidade da água de alimentação: os cuidados no tratamento da água de alimentação desempenham um papel fundamental para uma boa manutenção dos sistemas de aquecimento;
- Verificar a capacidade de extração das chaminés, de modo a ser suficiente para criar a depressão necessária à saída dos gases de combustão e evacuar os fumos à velocidade pretendida, vencendo as perdas de carga dinâmicas provocadas pela circulação dos mesmos.

### Rotina Semestral

- Limpar o sistema de queima, removendo impurezas, de modo a permitir a transferência máxima do calor de combustão para a massa da água no interior das serpentinas da caldeira;
- Manter convenientemente isoladas as condutas de distribuição que transportam a água ou o ar quente para os pontos de consumo de modo a manter a instalação com o mínimo de perdas possível.



### 3.4.2 Arrefecimento

As ações de manutenção preventiva dos sistemas de produção de frio deverão ter especial incidência nos compressores, dependendo estes trabalhos do tipo de compressor utilizado.

De forma genérica recomenda-se que semanalmente sejam:

- **Verificados e avaliados os níveis (óleo de lubrificação e/ou refrigerante), tanto dos compressores, como das bombas de circulação e dos motores elétricos;**
- **Realizadas purgas;**
- **Verificado o normal funcionamento dos diversos sistemas.**

Devem ainda realizar-se operações de limpeza das superfícies de permuta de calor.

### 3.4.3 Ventilação

O plano de manutenção dos sistemas de ventilação deverá incidir principalmente nos motores elétricos, filtros, ventiladores, condutas, “dampers” e aparelhagem de comando e controlo, particularmente nos termostatos e aparelhagem de comando das válvulas.

Os sistemas de filtragem devem estar equipados com pressostatos diferenciais para alertar a necessidade de substituição. Recomenda-se que os mesmos sejam vistoriados semestralmente pois a sua durabilidade depende de múltiplos fatores como da poluição exterior, das horas de operação, etc.

No caso dos motores elétricos dos ventiladores, o intervalo de manutenção depende principalmente dos seguintes fatores:

- Horas de operação;
- Frequência dos arranques;
- Regime de carga permanente a atuar sobre o equipamento;
- Ambiente físico onde o motor funciona (temperatura, humidade, poeiras).

Os motores de trabalho contínuo em condições normais de funcionamento devem, em média, ser sujeitos a uma revisão geral anual. Os que operam em condições de carga acima do seu valor nominal, embora temporário, deverão ser revistos mais frequentemente. Os trabalhos de lubrificação deverão ser efetuados de acordo com as instruções do fabricante dos equipamentos.



**As condutas deverão ser inspecionadas regularmente e, em caso de sujidade ou condensações deverão ser limpas e desinfetadas por empresas especializadas, por forma a garantir uma boa qualidade do ar interior.**



Os trabalhos de manutenção dos ventiladores e acessórios de comando e controlo resumem-se a limpezas, lubrificações e verificação de eventuais ruídos atípicos no motor e/ou chumaceiras de apoio e acoplamentos.

## 3.5 Eficiência Energética na Climatização

A regulação das condições interiores de temperatura constitui um aspeto fundamental para o uso eficiente de um sistema de climatização.

### 3.5.1 Envolvente

- Melhoria da qualidade térmica da envolvente (isolamentos térmicos, sombreamentos e permeabilidade das caixilharias);
- Redução das cargas internas, especialmente com a iluminação;
- Adequação das condições interiores de temperatura e humidade relativa;
- Adequação dos níveis de renovação de ar às necessidades de cada espaço.

## 3.5.2 Sistemas técnicos

### Adequação do tipo de sistema:

- Centralizar os sistemas, exceto para muito pequenas potências instaladas ou casos particulares de especificidade de um espaço;
- Selecionar as fontes energéticas mais adequadas para produção de calor (ou de frio);
- Definir a localização correta face à utilização prevista e à natureza das cargas térmicas de cada espaço (orientação, área de envidraçados, ganhos internos, atividades desenvolvidas, equipamentos instalados, etc.);
- Considerar as possibilidades de armazenamento (de calor e de frio, este último de forma sensível ou latente) economicamente viáveis;
- Considerar a instalação de mecanismos para arrefecimento gratuito (*free-cooling*) e recuperação de energia, nomeadamente no ar de renovação, sempre que economicamente viáveis, e as suas implicações nos padrões de extração e de insuflação de ar no edifício;
- Adotar por sistemas de distribuição adequados ao nível de inércia térmica do edifício e ao padrão de utilização (contínuo ou intermitente);
- Assegurar uma distribuição eficiente de ar nos espaços, evitando assim “bypass” de ar do difusor de insuflação para a grelha de retorno sem passar primeiro pelo espaço ocupado.

### Dimensionamento correto do sistema:

- Recorrer a um método de cálculo adequado (dinâmico, pelo menos para as necessidades de arrefecimento);
- Utilizar os valores das propriedades térmicas das soluções construtivas da envolvente, correspondentes às soluções reais utilizadas (coincidentes com o projeto de arquitetura);
- Dimensionar corretamente as redes de distribuição de fluidos, de forma a reduzir a potência das bombas e venti-

ladores, potencialmente responsáveis por consumos elétricos significativos.

### Seleção de equipamentos e redes de distribuição eficientes:

- Adequar a dimensão de cada um dos equipamentos às potências de dimensionamento calculados (isto é, evitar sobredimensionamentos);
- Optar por equipamentos eficientes (por exemplo, caldeiras de condensação ou bombas de calor de COP mais elevado), fundamentando-as com base na análise económica das economias durante o funcionamento da instalação;
- Repartir as potências instaladas (e.g. por andares) para maximização da eficiência instantânea de funcionamento dos equipamentos quando funcionam a carga parcial;
- Isolar adequadamente as redes de distribuição de fluidos (tubos e condutas) usando critérios técnicos e económicos para selecionar as espessuras dos isolamentos.

### Definição do esquema de controlo adequado:

- Prever sistemas locais de controlo em cada espaço;
- Prever sistemas centralizados de gestão de energia com o grau de complexidade adequado para sistemas com dimensão que o justifiquem;
- Prever mecanismos fáceis de manutenção;
- Prever mecanismos de fácil diagnóstico das condições de funcionamento, nomeadamente de todos os equipamentos principais da instalação;
- Prever sistemas de tratamento permanente de fluidos para minimizar deposições e corrosão.

**/Nota**  
No website do Programa ECO.AP (<http://ecoap.pnaee.pt/>) está disponível uma calculadora que permite efetuar um estudo de viabilidade relativo à melhoria da eficiência energética dos sistemas climatização de um edifício.



# ECO. Dicas

### 3.5.3 ECO. Dicas Climatização

#### Ventilação

- A melhoria da ventilação natural através da abertura das janelas (por exemplo, durante o verão, à noite ou nas primeiras horas do dia) é uma medida simples e gratuita que, além de aumentar a qualidade do ar interior, poderá também aumentar as condições de conforto térmico dos ocupantes, arrefecendo o espaço;
- Quando existe ventilação forçada no edifício, os circuitos de distribuição de ar deverão ser equipados com filtros de boa qualidade e os quais deverão ser limpos regularmente de modo a reduzir a resistência à passagem de ar e garantir uma boa qualidade do ar interior. A utilização de manómetros para medição da pressão diferencial a montante e a jusante dos filtros permite detetar quando é que estes devem ser limpos ou substituídos.

**/Nota**  
“free-cooling” – arrefecimento gratuito dos espaços por via da ventilação natural, sempre que a temperatura do ar exterior for inferior à temperatura no interior e se pretenda arrefecer o espaço.

**/Nota**  
A ausência de filtros, seja para simplificar o trabalho de limpeza, para redução de custos com novos elementos ou para redução de perdas de pressão nas condutas, é desaconselhável por razões de saúde, higiene e bem-estar dos ocupantes.

#### Motores

- De modo a reduzir o consumo de energia dos motores dos ventiladores deverá ser reduzida a resistência à passagem do ar, diminuindo o número de reguladores de fluxo de ar (“dam-pers”), assim como o número de “coto-velos” nas ligações das condutas;
- Deverão ser instalados variadores eletrónicos de velocidade (VEV) nos motores de acionamento dos ventiladores de forma a adequar o caudal de ar às necessidades reais do espaço, já que, quando a velocidade do ventilador é reduzida, a potência elétrica tomada é também diminuída;
- No caso de os motores serem antigos,

e consequentemente de classe de rendimento inferior, deverão ser substituídos por motores de alto rendimento (classe de rendimento igual ou superior a IE3<sup>6</sup>);

- Sempre que a carga pedida seja inferior a 40% da sua capacidade máxima, estes motores deverão ser redimensionados, devendo utilizar-se motores com potências ajustadas às necessidades.

#### Comportamentos

- Sendo possível regular a temperatura dos espaços, deve-se evitar temperaturas superiores a 20°C no inverno e inferiores a 25°C no verão. Por cada grau de diferença, o consumo de energia aumenta em cerca de 7%;
- Por forma a reduzir os encargos com a energia, recomenda-se deligar os equipamentos de climatização pelo menos uma hora antes do espaço ficar desocupado. Em alternativa, a instalação de temporizadores permite definir o período de funcionamento e evitar desperdícios;
- Os sistemas de sombreamento dos envidraçados devem ser fechados quando se pretende manter o espaço arrefecido e abertos quando se pretende o espaço aquecido;
- Recomenda-se manter as portas e janelas (interiores e exteriores) fechadas por forma a manter o espaço aquecido ou arrefecido pelos sistemas de climatização e, assim, reduzir a necessidade de energia ao aumentar ou reduzir a temperatura dos sistemas.

<sup>6</sup>De acordo com a norma IEC 60034-30-2008. Os motores de 0,75 a 3,75 kW colocados no mercado a partir de 2017 têm de apresentar uma classe mínima IE3, ou IE2 equipados com variadores eletrónicos de velocidade.

