



**Expert A<sup>+</sup>**  
by itecons



# Guia de Orientação PAREH

PARA A ELABORAÇÃO DE PLANOS  
DE AÇÃO PARA A RACIONALIZAÇÃO  
ENERGÉTICA E HÍDRICA



Este documento enquadra-se no âmbito do projeto “**Expert A<sup>+</sup>: Promoção da eficiência energética e hídrica em infraestruturas complexas**” (SIAC nº 026751), desenvolvido pelo Itecons, cujo objetivo principal é o de **aumentar a especialização das pequenas e médias empresas que intervêm na construção, gestão, manutenção e requalificação de infraestruturas complexas responsáveis por um consumo intensivo de energia e de água.**



# Preâmbulo

O atual contexto de transição energética veio estimular a necessidade de adotar soluções que beneficiem a sustentabilidade energética. Há um elevado potencial de sucesso caso se intervenha nos edifícios, particularmente nos que, pela sua dimensão ou função, estão associados a grandes consumos de energia e/ou água. **Justifica-se, por isso, a elaboração de documentos estratégicos direcionados para infraestruturas complexas**, no sentido de apoiar os principais intervenientes na redução dos consumos intensivos de energia e de água que se verificam em determinadas dessas infraestruturas. Note-se que estas têm um impacto significativo na atividade económica local e global, na valorização do crescimento económico e na qualidade de vida dos cidadãos. Destaque-se que as estratégias deverão, sempre que possível contemplar a integração de soluções com fonte de energia renovável e a conceção de sistemas inovadores.

Atualmente, existe associado às infraestruturas complexas (e.g. Escolas, Hospitais, Piscinas cobertas aquecidas, IPSS, Centros Comerciais, Hotéis) um potencial tremendo de poupança passível de ser concretizado através da implementação de:

- equipamentos e sistemas mais eficientes;
- sistemas eficazes de monitorização e controlo;
- gestão adequada;
- soluções construtivas adaptadas à região e zona climática.

Para se aceder a este potencial é necessário um bom conhecimento técnico sobre este tipo de infraestruturas, suas instalações, e equipamentos, por parte dos intervenientes nas infraestruturas, desde os projetistas, fabricantes e instaladores até aos gestores e os mais altos responsáveis. É neste contexto que surge este Guia de orientação para a elaboração de planos de ação para a racionalização energética e hídrica (PAREH).



# Índice

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Introdução                                                 | 5  |
| Considerações prévias                                      | 7  |
| Soluções Técnicas                                          | 11 |
| ENVOLVENTE DO EDIFÍCIO                                     | 11 |
| VENTILAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE AR                            | 11 |
| ILUMINAÇÃO                                                 | 13 |
| PRODUÇÃO DE ENERGIA                                        | 14 |
| SISTEMAS RADIANTES                                         | 17 |
| PRODUÇÃO DE ENERGIA COM RECURSO A FONTES RENOVÁVEIS        | 17 |
| PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA E ÁGUA QUENTE DE PISCINA | 18 |
| ARMAZENAMENTO DE ENERGIA                                   | 18 |
| GESTÃO, REGULAÇÃO E CONTROLO                               | 19 |
| BOMBAS E CIRCULADORES                                      | 19 |
| ACESSÓRIOS                                                 | 20 |
| ELEVADORES, ESCADAS MECÂNICAS E TAPETES ROLANTES           | 20 |
| Implementação de um Sistema de Gestão de Energia           | 21 |
| Avaliação da eficiência hídrica                            | 25 |
| Indicador de Aptidão para Tecnologias Inteligentes         | 27 |
| Considerações finais                                       | 29 |
| Referências                                                | 30 |





# Introdução

O presente documento enquadra-se no âmbito do desenvolvimento do projeto Expert A+: Promoção da eficiência energética e hídrica em infraestruturas complexas, o qual tem como principal objetivo aumentar a especialização das pequenas e médias empresas que intervêm na construção, gestão, manutenção e requalificação de infraestruturas responsáveis por grandes consumos de energia e água (infraestruturas complexas) e, conseqüentemente, promover coletivamente a eficiência energética e hídrica destas infraestruturas. O objetivo deste documento é a identificação de um conjunto de recomendações e orientações de referência úteis à preparação de um plano de ação com vista à racionalização energética e hídrica (PAREH). Este dirige-se principalmente às entidades exploradoras/gestoras e aos técnicos responsáveis, contudo inclui informação útil para projetistas, empresas, fabricantes, instaladores, e outros interessados. Pretende-se dar enfoque às opções tecnológicas mais eficientes a utilizar neste tipo de infraestruturas, contudo, incluem-se também indicações relativas à manutenção dos sistemas e equipamentos existentes, substituição dos equipamentos energeticamente menos eficientes por outros com maior eficiência e ao recurso a energias renováveis, sempre que possível.

A importância da articulação entre os responsáveis pela gestão dos edifícios e os principais intervenientes nas infraestruturas é fundamental para a consciencialização conjunta do benefício em se elaborar um plano estratégico de intervenção. Este deve assegurar uma atuação mais eficaz na identificação de oportunidades de melhoria, no estudo e análise do potencial de poupança de energia e água, na preconização de soluções técnicas eficientes e no apoio à identificação de recursos financeiros adequados [1]. O plano deve ajustar-se realidade de cada situação, em particular à eventual escassez de recursos humanos qualificados. A existência de um gestor autónomo de energia e água é também essencial para todas as fases de intervenção. Este deverá ter competências para estimular e incentivar o cumprimento das decisões políticas e económicas sobre as preocupações ambientais, colaborar na transparência da informação, comunicar de forma simples, direta e próxima da comunidade em geral, eventuais progressos com a implementação de medidas, bem como desenvolver instrumentos de recolha primária de dados e gerir o histórico de informação numa plataforma que inclua uma base de dados compatível com os objetivos pretendidos.

A implementação deste tipo de estrutura permitirá reunir condições suficientes para coordenar o desenvolvimento, a implementação e a monitorização do PAREH, a curto e médio prazo, de modo a que seja possível obterem-se benefícios e eventuais proveitos, contribuindo também para o crescimento económico sustentável da região.





## Considerações prévias

As infraestruturas complexas apresentam uma elevada complexidade técnica, os quais incidem, maioritariamente, nos sistemas de climatização, ventilação, iluminação, preparação de água quente para dispositivos sanitários e para tanques de piscina. O desempenho energético destes sistemas varia com as necessidades energéticas geradas ao longo do perfil de funcionamento das instalações, com a eficiência dos equipamentos de produção de energia, com as características dos sistemas de distribuição de energia e com a gestão técnica efetuada nos vários sistemas técnicos instalados, em muitos casos inexistente.

As intervenções necessárias ao longo da vida útil dos sistemas técnicos envolve diversas áreas de engenharia. Verifica-se que a ausência de conhecimento técnico especializado na conceção, construção, gestão e manutenção conduz a diversas debilidades, podendo comprometer o funcionamento das infraestruturas complexas.

No âmbito do projeto Expert A+ realizaram-se várias visitas técnicas a diferentes infraestruturas complexas, nomeadamente: Complexos Desportivos, Institutos Particulares de Solidariedade Social, Escolas, Centros Hospitalares e Centros Comerciais. Com base nestes trabalhos, é possível destacar as seguintes constatações:



- Ao nível da **envolvente exterior** destacam-se debilidades em coberturas e paredes, relacionadas com a ausência de isolamento térmico, deficiente impermeabilização, falta de manutenção dos sistemas de drenagem e degradação de revestimentos, insalubridade dos espaços e condensações superficiais. Verifica-se, ainda, patologias sobre os vãos envidraçados relacionadas com a existência de caixilharia sem corte térmico, elevada permeabilidade ao ar, utilização de vidros simples e ausência de dispositivos de proteção solar.
- Os **sistemas de climatização** e os sistemas de ventilação apresentam, na generalidade dos casos, ausência de manutenção efetiva.

Na realidade, é raro existirem planos de manutenção preventivos para avaliação periódica das condições de funcionamento dos equipamentos. Adicionalmente, verificam-se diversas debilidades relacionadas com o desadequado funcionamento dos sistemas técnicos, com problemas de conceção nas redes aerúlicas, redes hidráulicas e ausência de sistemas de verificação, gestão e controlo adequados.

- A **produção de energia térmica** é, na maioria das situações, efetuada localmente através de unidades antigas, dotadas de uma tecnologia obsoleta. As principais debilidades derivam da ausência de manutenção efetiva que originam

problemas de funcionamento e inexistência de controlos adequados às necessidades energéticas, os quais conduzem a uma redução do desempenho energético da instalação.

- A **rede hidráulica** dispõe de variados componentes com funcionalidades distintas. Nestas redes podem ser encontrados erros de conceção, inexistência de isolamento térmico e ausência de manutenção preventiva. Por exemplo, em termos de reaproveitamento de água, registe-se que em piscinas, na maior parte das vezes, a água de lavagem dos filtros não é aproveitada para outros usos, nomeadamente, descargas de sanitas, lavagem de pavimentos, entre outros. A inexistência de avaliações periódicas conduz a falhas de estanqueidade, perdas de água, corrosão dos revestimentos, podendo, em determinadas condições, colocar em causa a segurança dos utentes. Adicionalmente, registe-se que nas piscinas visitadas não se encontraram quaisquer sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios ou de reutilização e reciclagem de águas cinzentas, nem se obteve informação relativa a produtos com certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos. Ainda no caso das piscinas, foram identificados sistemas de tratamento de água sem qualquer tipo de controlo eficaz, muitas vezes efetuado, de forma manual, diretamente nos tanques de água, devido à inoperabilidade dos componentes auxiliares existentes, resultante da falta de manutenção e indefinição de planos de avaliação periódica.
- Ao nível das **instalações elétricas** destacam-se os quadros elétricos subdimensionados que podem conduzir ao sobreaquecimento de circuitos elétricos independentes, ausência da verificação das ligações elétricas, o que compromete a segurança da instalação e, em casos particulares, colocar em risco o bom funcionamento dos equipamentos, bem como o equilíbrio na distribuição das cargas elétricas. Os sistemas de iluminação podem ser afetados pelo desequilíbrio existente na distribuição das cargas elétricas. Verifica-se que as principais debilidades surgem com a falta de manutenção, degradação por corrosão devido à exposição de ambientes mais agressivos, adoção de soluções de iluminação pouco eficientes, desadequadas ao tipo de atividade por falta de estudos prévios (luminotecnia) e ausência de sistemas de regulação e controlo da iluminação.
- A maioria das infraestruturas complexas não dispõem de recurso a **fontes de energia renovável**, o qual permitiria reduzir a dependência energética de origem fóssil. Como sistemas renováveis foram identificados sistemas solares térmicos e, com menor frequência, sistemas solares fotovoltaicos. As debilidades encontradas incidem, principalmente, no grau de corrosão verificado ao nível dos revestimentos devido à sua exposição direta com o ambiente exterior, sujeito às vagas de calor intenso e pluviosidade fortes, com total ausência de manutenção preventiva.

Com base na informação recolhida no local, reconhece-se que existe falta de informação para os utilizadores e, de um modo geral, insuficientes recursos técnicos especializados nestes tipos de instalações. A ausência de conhecimento especializado nas várias fases: conceção, construção, gestão e manutenção de infraestruturas complexas, compromete aspetos relacionados com a segurança dos utentes, saúde pública, consumos de energia e água elevados. Conduz também à degradação antecipada nos sistemas técnicos, reduzindo o período de vida útil.

Ao longo das secções seguintes são destacados **alguns aspetos técnicos fundamentais** acerca de **soluções** associadas a:



ENVOLVENTE DO EDIFÍCIO



PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA E ÁGUA QUENTE DE PISCINA



VENTILAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE AR



ARMAZENAMENTO DE ENERGIA



ILUMINAÇÃO



GESTÃO, REGULAÇÃO E CONTROLO



PRODUÇÃO DE ENERGIA E SISTEMAS RADIANTES



BOMBAS, CIRCULADORES E ACESSÓRIOS



PRODUÇÃO DE ENERGIA COM RECURSO A FONTES RENOVÁVEIS



ELEVADORES, ESCADAS MECÂNICAS E TAPETES ROLANTES

Depois, **são estabelecidas linhas de orientação** para a **criação e implementação de um sistema de gestão de energia com base na norma NP EN ISO 50001 [2]**, bem como algumas **bases para a implementação de um modelo de avaliação da eficiência hídrica em edifícios**.

Finalmente, o presente documento inclui ainda **informação acerca do Indicador de Aptidão para Tecnologias Inteligentes** que se encontra em desenvolvimento no âmbito da implementação da **nova Diretiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios [3]** e que revela a necessidade de prepararmos melhor os edifícios, de os tornar mais “inteligentes”.





# Soluções Técnicas



## ENVOLVENTE DO EDIFÍCIO

A localização onde se insere o edifício é uma condição que deve ser tido em conta na fase de projeto, para que se salvaguarde o impacto das condições climáticas no desempenho energético.

A delimitação da envolvente do edifício pode, em determinadas situações, representar um impacto importante no consumo de energia dos sistemas técnicos. O efeito do sombreamento provocado por dispositivos permanentes evita a radiação direta nos sistemas técnicos, previne o desgaste nos componentes e impede o sobreaquecimento nos períodos com maior radiação incidente.

Os sistemas técnicos instalados no interior deverão dispor de uma área disponível apropriada, de modo a permitir uma renovação de ar adequada, necessário ao bom funcionamento e disponibilizar acessos para efetuar a manutenção necessária. No caso particular dos sistemas técnicos com tecnologia do tipo “bomba de calor”, que se encontram instalados no exterior, deverá ser tido em conta o afastamento das obstruções de modo a evitar a recirculação de ar no local, promover as trocas de calor com o ambiente exterior e minimizar o impacto das intempéries nos sistemas técnicos. Estas medidas permitem melhorar o desempenho energético dos sistemas técnicos, prolongar o tempo de vida útil e reduzir os encargos com a fatura energética.

O efeito da ação do vento também deverá ser acautelado, já que vento intenso pode soltar componentes do edifício ou danificar diferentes partes do sistema técnico. Os danos causados podem comprometer a curto prazo o funcionamento dos sistemas técnicos, criar a emissão de ruídos que possam causar desconforto na vizinhança e dificultar a reparação parcial de componentes integrados na instalação.



## VENTILAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE AR

Os sistemas de ventilação são largamente utilizados nas infraestruturas complexas, de modo a promover a qualidade do ar interior, garantir as exigências regulamentares, assegurar as condições higrotérmicas e melhorar as condições de conforto exigido pelos ocupantes.

As consequências de uma má ventilação ou solução não acautelada, favorece o aparecimento de humidades e bolores, influencia o estado de saúde das pessoas mais vulneráveis e, em determinadas situações, a total ausência de ventilação pode provocar efeitos sérios como náuseas, doenças respiratórias, tosse, crises de asma, intoxicação por monóxido de carbono, entre outros [4].

É desejável evitar infiltrações que ocorrem através de processos não controlados os quais podem criar desconforto nos ocupantes e aumentar as necessidades de energia útil para aquecimento. Para reduzir este efeito recomenda-se a instalação de caixilharias com reduzida permeabilidade ao ar, tratar as caixas de estore (quando aplicável) e manter uma pressão ligeiramente positiva no interior.

Para a renovação de ar podem ser consideradas soluções de ventilação natural, ventilação forçada ou combinada.

## Ventilação Natural

A renovação de ar conseguida através da ventilação natural depende das condições exteriores e do tipo de controlo associado, sendo muito difícil assegurar os caudais de projeto durante todo o ano. Trata-se de uma solução de baixo custo, com uma reduzida manutenção e operação [4].

Pode ser promovida através de ações naturais (térmica e vento) que garantam de uma forma controlada e intencional, o escoamento do ar entre aberturas de admissão de ar exterior conjugado com aberturas de exaustão. Para este efeito podem ser consideradas grelhas fixas, grelhas ajustáveis, grelhas auto-reguláveis (higro-reguláveis), condutas de ventilação natural, janelas e portas exteriores.

A eficácia de ventilação é um parâmetro importante a considerar na estratégia de ventilação (disposição dos elementos no compartimento) de modo a melhorar a difusão do ar por mistura [5]. Podem ser adotadas diferentes estratégias de ventilação por estratificação (deslocamento) e ventilação por mistura.

A ventilação natural é principalmente utilizada em edifícios de pequena e média dimensão localizados em climas que satisfaçam as condições desejadas pelos ocupantes (moderado) [5].

Em fase de conceção deverá ser considerado as condições e os critérios previstos nas normas nacionais e internacionais, que muitas vezes são difíceis de aplicar devido à elevada complexidade dos fenómenos associados.

## Ventilação Forçada

As infraestruturas complexas dispõem de sistemas de ventilação mecânica que podem ser instalados num esquema de funcionamento centralizado, individual ou combinado. Esta solução permite otimizar o controlo das taxas de ventilação quando comparado com uma estratégia de ventilação natural.

Os sistemas de ventilação forçada promovem o escoamento de ar através de ventiladores, de diferentes tipos, acionados por energia elétrica, os quais provocam diferenças de pressão que podem ser balanceados de forma a obter o efeito desejado [4].

Estes sistemas podem ser combinados com outros componentes associados ao módulo de ventilação, os quais se referem ao tratamento do ar (aquecimento, arrefecimento, humidificação e desumidificação), condições acústicas, filtragem de ar e sistema de controlo.

Neste âmbito, foram identificados como principais sistemas técnicos utilizados nas infraestruturas complexas as unidades individuais de ventilação, as unidades de tratamento de ar (novo), unidades de desumidificação, unidades de recuperação de calor e unidades compactas de baixo perfil.

Com uma aplicação mais específica podem ser encontradas unidades de tratamento de ar com regeneração de calor e unidades de tratamento de ar higiénicas.

## Unidades Individuais de Ventilação

Os sistemas individuais de ventilação têm um vasto leque de aplicações nas infraestruturas complexas. Podem ser utilizados para insuflar e/ou extrair ar dos espaços através de uma rede de condutas. Estes sistemas permitem a utilização de pré-aquecimento e filtragem do ar de insuflação, não dispendo de recuperação de calor. Podem ser instalados no interior ou no exterior, com possibilidade de adotar um variador de velocidade que permite variar o escoamento de ar em função de um determinado parâmetro (perfil horário, humidade, CO<sub>2</sub>, outros).

## Unidades de tratamento de ar (novo).

As unidades de tratamento de ar são parte integrante do sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC). As infraestruturas complexas podem dispor de uma ou várias unidades de tratamento de ar (novo), dotadas de uma solução construtiva própria para instalação no exterior ou no interior. Estas unidades podem incluir um ou mais ventiladores e outros equipamentos necessários para realizar uma ou mais das seguintes funções: circulação, filtragem, aquecimento, arrefecimento, recuperação de calor, humidificação, desumidificação e mistura do ar.

As unidades que utilizam a totalidade do ar novo do exterior, sem aproveitamento do ar recirculado, são conhecidas por unidades de tratamento de ar novo (UTAN).

O ar tratado por estas unidades é distribuído até aos locais com necessidades de conforto e qualidade do ar interior (QAI), que através de dispositivos terminais (grelhas e difusores) permite a difusão adequada na zona ocupada e, deste modo, eliminar o efeito da carga térmica local [6]. Estas unidades podem ainda ser agrupadas com sistemas de volume de ar constante (VAC), e sistemas de volume de ar variável (VAV).

Nas infraestruturas que possuem tanques de água interiores e aquecidos, nomeadamente piscinas, salas de tratamento, entre outros, podem encontrar-se unidades de desumidificação cujo principal objetivo é reduzir o teor de vapor de água no ar. Para obter este efeito é utilizado, na maioria das situações, um sistema de arrefecimento por compressão, sendo possível, em determinadas condições, efetuar o pré-aquecimento da água do tanque através do condensador. Em determinadas condições, como alternativa a este método, pode ser utilizado a modelação do ar novo obtido através de um módulo de mistura equipado com registos motorizados, que recolhe uma determinada quantidade de ar novo quando as condições exteriores forem favoráveis.

## Unidades de Recuperação de Calor.

A recuperação de calor permite utilizar o calor proveniente de um sistema de aquecimento que de outra forma seria desperdiçado. As unidades de recuperação de calor podem ser de fluxos cruzados, roda térmica ou "round coil".

As unidades de recuperação de calor que utilizam os fluxos cruzados consistem numa placa metálica ou de polímero, com pequenos caminhos entrelaçados que permitem trocar calor entre os fluxos.

## Unidades compactas de baixo perfil

As unidades compactas de baixo perfil são adequadas para instalação no interior, em tetos falsos, em virtude da sua reduzida altura. Tipicamente, são unidades de fluxo simples, unidirecionais, podendo ser transformadas em unidades de fluxo duplo, bidirecionais [7].



## ILUMINAÇÃO

A iluminação representa uma parcela importante no consumo energético das infraestruturas complexas, o qual se encontra relacionado com a existência de soluções tradicionais e padrões de consumo muito dependentes da atividade desenvolvida, horários prolongados, número de ocupantes e a afluência do público em geral [8].

Verifica-se que continuam a ser utilizadas, na maioria das situações, luminárias com recurso a balastros ferromagnéticos, nomeadamente, lâmpadas fluorescentes tubulares, iodetos metálicos e vapor de sódio, sendo que estas podem dispor de elementos químicos adicionais.

Com menor frequência são utilizadas luminárias com lâmpadas de halogéneo, fluorescente compacta, incandescente e led.

A iluminação natural é um dos métodos que mais pode contribuir para a eficiência energética, tendo em consideração uma captação adequada e uma distribuição uniforme nos espaços interiores do edifício [9].

O sistema de iluminação deve proporcionar uma visibilidade adequada, minimizar o brilho, otimizar a reprodução de cores (quando necessário) e uniformizar o fluxo de iluminação [10]. De modo a obter um nível de iluminação desejado deve ser tido em conta os níveis de iluminância requeridos para o tipo de atividade em causa, necessidades visuais dos ocupantes, utilizar luminárias e lâmpadas dotadas com tecnologia mais eficiente, minimizar os requisitos de iluminação artificial, potenciar a utilização da iluminação natural, utilizar sistemas de controlo de iluminação apropriados, otimizar o controlo por zonas de iluminação e assegurar a manutenção e limpeza.



## PRODUÇÃO DE ENERGIA

De uma forma geral, os sistemas de produção de energia podem ser divididos em três grupos principais: sistemas individuais, sistemas centralizados e sistemas combinados.

São várias as soluções técnicas existentes no mercado que permitem, através de diferentes tecnologias, fornecer energia térmica e/ou elétrica para assegurar os serviços necessários ao desenvolvimento das atividades previstas nas infraestruturas complexas.

A produção local de energia térmica sob forma de água quente é, na maioria das infraestruturas complexas, realizada por sistemas centralizados compostos por caldeiras que utilizam gás natural ou gás propano como fonte de energia. Com menor frequência são utilizados sistemas do tipo “bomba de calor” que utilizam eletricidade como fonte de energia.

Deverá ser tido em consideração o preço do combustível. Atualmente tem aumentado a atratividade da biomassa, enquanto o uso do gásóleo se tem revelado cada vez mais desvantajoso.

### Caldeira

As caldeiras são equipamentos geradores de calor que permitem elevar a temperatura de um determinado fluido, com a libertação de energia térmica e de alguns produtos de combustão, através da queima de combustível na presença do oxigénio presente no ar. As caldeiras podem ser classificadas de acordo com a sua utilização, fabrico, tipo de fluido utilizado e fonte de energia [11].

Na maioria dos casos verifica-se a utilização de caldeira que se destinam a transferir calor resultante da queima do combustível para um fluido que é transportado até aos locais onde se pretende efetuar o aquecimento ambiente [11].

A tendência atual é utilizar caldeiras a gás por apresentarem menores custos de investimento na aquisição do queimador, inexistência de equipamentos auxiliares, reduzidas restrições regulamentares e menores custos de manutenção [11].

As caldeiras de condensação conseguem aproveitar o calor latente de evaporação, formando condensados, melhorando ligeiramente o desempenho energético, que poderá representar uma poupança significativa no caso das infraestruturas complexas com elevados consumos de energia [12].

As caldeiras murais apresentam-se como uma alternativa fiável e económica, podendo ser instaladas em paralelo, com capacidade para suprir elevadas necessidades de aquecimento.

## Resistência Elétrica.

O uso da resistência elétrica nas infraestruturas complexas é na maioria dos casos aplicado no sistema de preparação de água quente sanitária, tendo como principal função garantir a prevenção e o controlo da legionella, por meio da elevação da temperatura da água quente.

Em algumas situações, os sistemas de aquecimento e os equipamentos destinados a reaquecimento terminal podem utilizar resistências elétricas dentro de determinadas condições específicas, com restrições no uso da potência elétrica instalada [13].

O recurso a esta solução tem vindo a diminuir com o desenvolvimento de novas tecnologias que apresentam melhores desempenhos energéticos. É fortemente recomendável que isso aconteça.

## Bomba de Calor.

Os sistemas dotados com tecnologia do tipo “bomba de calor” são soluções cada vez mais adotadas. A sua principal vantagem reside na economia de custos ao longo da sua vida útil, uma vez que uma parte da energia provém do meio ambiente exterior. Trata-se de uma solução extremamente versátil, dispondo de várias configurações e uma vasta disponibilidade de potência, com níveis elevados de desempenho energético, o qual permite reduzir os encargos na fatura de energia quando comparado com as soluções convencionais.

Esta solução permite aquecer e arrefecer os compartimentos, através do uso de fluídos frigorígenos (HCFCs), podendo acumular funções como desumidificação, renovação e filtragem do ar [14].

As bombas de calor podem ser classificadas quanto ao meio com o qual são efetuadas as trocas térmicas, entre a fonte de calor e o meio de distribuição: “ar-ar”, sendo o calor extraído do ar exterior e fornecido ao ar interior, bastante utilizado nas instalações de climatização; “ar-água”, com o calor extraído ao ar e enviado para a água, ou vice-versa (água-ar), com aplicação no uso do aquecimento e o arrefecimento da água ou do ar; “água-água”, onde o calor é obtido por um reservatório de água e, posteriormente, fornecido ao circuito de água, muito requerido nos sistemas centralizados e no sector da indústria. Com uma aplicação mais reduzida também existe a possibilidade de obter calor do solo com uma permuta do tipo “solo-ar” ou “solo-água”.

Os sistemas de ar-condicionado mais comuns são do tipo *split* ou *multi-split*, com vantagens na facilidade de deslocação, não requer pré-instalação e possibilita, de forma rápida, regular a temperatura em qualquer hora do dia, independentemente da estação do ano. No entanto, estes sistemas não permitem ciclos de aquecimento e arrefecimento simultâneos.

Esta solução possui um processo de instalação relativamente fácil. Podem substituir caldeiras tradicionais sem remover toda a pré-instalação. É possível ser considerado nas instalações com uma configuração centralizada, sendo compatível com diferentes tipos de unidades interiores, de acordo com o desejado.

Trata-se de uma solução que dispõe de eficiências elevadas, quando comparado com as restantes soluções (convencionais). Apresentam uma amortização do investimento atrativo e um custo de manutenção relativamente reduzido.

## Cogeração

Os sistemas de cogeração permitem produzir simultaneamente energia térmica e elétrica usando apenas um tipo de combustível como fonte de energia, sendo na maioria dos casos das infraestruturas complexas utilizado o gás natural. A principal vantagem desta tecnologia é permitir um maior rendimento global da instalação, por conseguir aproveitar tanto o calor como a eletricidade a partir de um único processo de geração combinada, sendo desta forma possível reduzir a dependência energética de terceiros [15]. Permite colocar na rede elétrica pública nacional o eventual excedente de produção de energia elétrica, obtendo proveitos da sua atividade. Outra vantagem importante reside no facto da produção de eletricidade estar próxima do ponto de consumo, pelo que não é necessário a transformação da corrente elétrica, aumentando ou diminuindo um determinado valor de tensão, e evita o transporte a longas distâncias, o qual representa uma perda considerável de energia por Efeito de Joule [16].

Esta tecnologia torna-se muito interessante no caso particular das piscinas interiores e aquecidas por necessitarem de consumos elevados de água quente e energia elétrica em simultâneo, para garantir o bom funcionamento da instalação. Também se verifica o uso desta tecnologia em redes de distribuição urbana de calor e frio [17].

A atual regulamentação do Sistema de Certificação Energética prevê a instalação de sistemas de cogeração a biomassa em edifícios com necessidades de aquecimento e de AQS significativas, caso seja demonstrada a sua viabilidade económica [18].

Os fabricantes disponibilizaram no mercado sistemas de cogeração com pequena dimensão, que podem ser aplicados em edifícios com baixas necessidades energéticas, quando comparado com os consumos das infraestruturas complexas.

O custo de investimento é atualmente pouco atrativo, com períodos de retorno elevados e economicamente pouco rentável na ausência de apoios de financiamento [16].

Algumas tecnologias apresentam problemas de ruído, níveis elevados de emissões de gases poluentes no meio ambiente local e custos de manutenção elevados, enquanto outras tecnologias ainda se encontram em fase de maturação [17].

## Trigeração

Os sistemas de trigeração permitem a produção simultânea de energia elétrica, calor e frio usando apenas um tipo de combustível como fonte de energia [15].

Trata-se de uma solução adequada para uma vasta gama de infraestruturas complexas com elevadas necessidades energéticas, com particular interesse na criação, integração e otimização de sistemas com distribuição urbana de calor e frio.

Esta solução apresenta uma menor dependência de energia primária de origem fóssil, contribui para a mitigação de gases com efeito de estufa, proporciona um alívio do esforço na rede elétrica pública durante os períodos mais quentes de verão e permite reforçar o aprovisionamento energético no local [15].

Atualmente, a maior parte das tecnologias apresentam um custo de investimento muito elevado em relação ao desempenho energético máximo possível de atingir, com períodos de retorno pouco atrativos no caso de não existir programas de apoio para financiamento. Adicionalmente, é necessário considerar sistemas redundantes para suprir possíveis necessidades energéticas no caso de paragem súbita [19].

Esta solução não é recomendada para infraestruturas complexas com reduzidas necessidades energéticas ou tenha apenas necessidades de frio, o qual é economicamente inviável, com benefícios energéticos muito baixos e pode, em determinadas situações, apresentar resultados negativos [20].



## SISTEMAS RADIANTES

O recurso aos sistemas radiantes para aquecimento e arrefecimento ambiente permite reunir um conjunto de condições que promovem o conforto térmico necessário aos ocupantes, com uma temperatura ambiente equilibrada e agradável, otimizando a energia utilizada que conduz à diminuição dos encargos com a fatura de energia, sendo uma solução muito vantajosa para Complexos Desportivos, Escolas, Centros Hospitalares e Centros Comerciais [21].

Para além de ser uma solução bastante versátil é compatível com qualquer tipo de revestimento, pode ser integrada em diferentes tipos de superfície (pavimento, cobertura e parede) [21], sem comprometer a utilização do espaço e não limita as opções do arquiteto na liberdade decorativa [22].

Os sistemas radiantes utilizam temperaturas de impulsão moderadas, o que permite uma distribuição mais uniforme do calor e do frio no espaço a climatizar, preserva a qualidade do ar interior, evita as correntes de ar e movimentação de pó, o qual contribui para um sistema mais limpo do que os sistemas de ar-condicionado convencionais [23].

Dependendo da atividade predominante no espaço pode ser vantajoso a instalação de sistemas radiantes em superfícies específicas de modo a promover o seu efeito, sendo uma solução muito atrativa nos espaços com elevado pé-direito.

Destaca-se nesta solução a inexistência de ruído durante o seu funcionamento, o que torna o sistema muito silencioso e adequado para espaços com necessidades de máximo conforto acústico [24].

A conjugação entre o sistema de piso e parede radiante aumenta a superfície de radiação que permite reduzir a temperatura de impulsão, o qual possibilita a integração de sistemas com recurso a fontes renováveis, nomeadamente: geotermia, solar térmico e bombas de calor, contribuindo para a redução no impacto ambiental e emissão de CO<sub>2</sub> [23].

Os cuidados de manutenção são relativamente baixos e por norma têm pouca influência no desempenho energético desta solução [22].

Um dos principais motivos por não ser considerado esta solução na instalação é o seu elevado custo de investimento inicial, dado que necessita de um maior tempo de instalação e uma altura mínima do pavimento para incluir todos os elementos adequados para o seu funcionamento [24].

Os sistemas radiantes que funcionam a água são mais atrativos do que os sistemas que utilizam resistências elétricas, por contribuir para a diminuição dos encargos com a fatura energética.

## PRODUÇÃO DE ENERGIA COM RECURSO A FONTES RENOVÁVEIS

Os sistemas técnicos com fonte de energia renovável podem contribuir, de forma significativa, para a redução da dependência energética de origem fóssil e minimizar as emissões de gases com efeito de estufa. A utilização desta solução é essencial na estratégia de mudança para a sustentabilidade energética.

O aproveitamento da energia renovável nas infraestruturas complexas é, na maioria dos casos, efetuado por sistemas fotovoltaicos, sistemas solares térmicos, caldeiras a biomassa e, com menor frequência, podem ser encontrados sistemas de geotermia.



O custo de investimento depende da tecnologia utilizada, o qual tende a aumentar com a sua complexidade. Por norma, as soluções convencionais disponíveis no mercado apresentam viabilidade económica, com períodos de retorno simples inferiores a 8 anos.

A energia eléctrica obtida através do sistema fotovoltaico é, nalgumas instalações, utilizada apenas em regime de autoconsumo, que permite suprir parte das necessidades energéticas. Outras instalações colocam a totalidade da energia produzida na rede eléctrica de serviço público. No caso de existir componentes bidireccionais torna-se possível colocar, em determinados períodos do dia, apenas o excedente da produção na rede eléctrica de serviço público, enquanto no restante período encontra-se em regime de autoconsumo.

Os sistemas solares térmicos mais utilizados são de circulação forçada, em que os coletores e o depósito de acumulação encontram-se separados, dispendo de uma bomba de circulação acionada pelo sistema de controlo [25]. Estes sistemas encontram-se, na maioria dos casos, interligados com outros sistemas técnicos convencionais para apoio nos períodos em que a contribuição solar seja insuficiente. O principal uso dos sistemas solares térmicos destina-se na preparação de água quente sanitária e, adicionalmente, no pré-aquecimento da água dos tanques existentes nas piscinas interiores e aquecidas.

As soluções técnicas que utilizam biomassa, nas variadas formas (*pellets*, estilha, lenha, briquetes, resíduos florestais, outro) como fonte de energia, possuem um custo médio unitário de aquisição de energia bastante reduzido, incluindo o transporte no local, quando comparado com as alternativas convencionais. Por outro lado, requer cuidados adicionais referente à manutenção e limpeza periódica, condições apropriadas para o armazenamento da biomassa e tratamento dos efluentes gasosos emitidos na atmosfera.

Algumas infraestruturas complexas dispõem de sistemas de bombas de calor com aproveitamento de energia geotérmica, cuja captação de energia é efetuada por tubos enterrados onde circula água com um aditivo anticongelante. Apesar do seu potencial energético renovável, estes sistemas apresentam um elevado custo de investimento inicial e necessitam de elevados consumos eléctricos para as bombas de circulação durante o seu funcionamento.



## PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA E ÁGUA QUENTE DE PISCINA

A preparação de água quente para fins sanitários e de piscina é, na maioria das infraestruturas complexas, obtida pelo sistema centralizado de aquecimento. Podem ser considerados um ou vários depósitos de acumulação para água quente sanitária, o qual permite interligar soluções técnicas com fonte de energia renovável, com uma temperatura de set-point compreendida entre 50 °C a 60 °C. O pré-aquecimento da água do tanque da piscina é efetuado, na maioria das instalações, através de um permutador de calor do tipo placas, a uma temperatura compreendida entre 25 °C a 31 °C, que depende do tipo de utilização do tanque (aprendizagem, competição, hidroginástica, entre outros).



## ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

O armazenamento de energia é cada vez mais reconhecido como uma solução interessante nos períodos de transição ou que exista interrupção, permitindo manter um equilíbrio entre as necessidades energéticas e a geração de energia. Os sistemas de armazenamento contribuem para uma gestão adequada do perfil de funcionamento, permitindo armazenar energia ao longo

do dia, sendo posteriormente utilizada nos períodos com maiores necessidades energéticas (horas de pico ou cheias) [26], [27].

São muitas as tecnologias para armazenar energia, umas mais simples de implementar que outras, com diferentes capacidades de armazenamento, múltiplas densidades de energia e custos de investimento distintos [28].

No que se refere às infraestruturas complexas, o armazenamento de energia mais comum é efetuado por um ou mais depósitos de inércia, devidamente dimensionados, com elevada capacidade para reter energia térmica, sendo utilizada posteriormente nos períodos com maiores necessidades de energia, o qual permite diminuir o esforço do sistema de produção de energia.



## GESTÃO, REGULAÇÃO E CONTROLO

Os sistemas de gestão, controlo e regulação tomam cada vez mais relevância na otimização dos recursos energéticos, sendo obrigatório para determinadas potências térmicas instaladas ou previstas a instalar, incluindo a verificação da sua conformidade ao nível de projeto, segundo o atual Sistema de Certificação Energética (SCE) [29], [13]. Atualmente, os sistemas de gestão

permitem integrar e informatizar todos os elementos que constituem os principais serviços, nomeadamente: envolvente, iluminação, ventilação, climatização, produção de AQS e AQP, e monitorizar consumos de energia e água [30].

Os sistemas de gestão técnica centralizada conseguem responder às necessidades dos projetistas, consultores, proprietários e gestores das infraestruturas complexas, utilizadores finais, gestores de energia e tecnologias de informação [30]. Também permitem regular e controlar, de forma autónoma, os principais sistemas técnicos, assegurando o funcionamento em função do ajuste e parametrização dos perfis de utilização, e na aquisição de variáveis específicas, tais como, temperatura ambiente, temperatura de AQS, concentração de determinados gases, intensidade e direção do vento, luminosidade, entre outros [31]. Possibilita, também, detetar antecipadamente operações mais complexas e eventuais falhas, que afetem o consumo de energia e água [32].

Esta solução torna o processo de supervisão mais autónomo, reduz os custos com recursos humanos e conduz a uma operação e manutenção mais eficiente, uma vez que a informação se encontra centralizada. Pode ser integrado uma plataforma para monitorização de consumos e parâmetros ao longo do tempo, que recolhe e organiza esta informação, com o tratamento e análise dos dados, seja possível obter uma visão rápida, abrangente e objetiva, e por outro lado, disponibilizar e difundir os resultados no formato que seja útil e intuitivo, no sentido de sensibilizar os utilizadores na preocupação dos consumos elevados de energia e água, bem como apresentar recomendações e hábitos de poupança [30].



## BOMBAS E CIRCULADORES

Os sistemas de climatização, sistemas de preparação de água quente sanitária e água quente de piscina, sistemas de tratamento e pressurização, dispõem de bombas e circuladores de diferentes tipos, que permitem encaminhar, através de uma rede de tubagem, água quente e água fria até aos consumidores pretendidos [33].

Na maioria dos casos as bombas e os circuladores são do tipo centrífugo que asseguram a disponibilidade de água quente ou fria o mais próximo possível dos pontos de consumo.

Com o intuito de reduzir o consumo de energia nas infraestruturas complexas é importante considerar a utilização de bombas e circuladores com regulação de caudal, que poderá ser efetuado por diferentes tipos de controlo [33].

O uso de água como fluido de transporte e distribuição de energia térmica reduz a presença de fluídos frigorígenos (HCFCs) o qual tem um elevado impacto ambiental na destruição da camada do ozono e no problema do aquecimento global [34].

Deverão ser tidos em consideração vários aspetos importantes para assegurar o bom funcionamento das bombas centrífugas durante o tempo de vida útil. A base plana em betão deverá ter dimensões superiores às dimensões da bomba e possuir componentes para absorver as vibrações e tensões normais. As tubagens de ligação não devem estar pressionadas pelo corpo da bomba e devem ter um tamanho em função da pressão à entrada da bomba. Devem existir válvulas de corte no lado da aspiração e da descarga da bomba, de modo a evitar o vazamento de água em caso de limpeza ou reparação da máquina. Devem ser utilizados amortecedores antivibráticos e juntas de expansão para reduzir o efeito do ruído e das vibrações [35].

É importante existir um dimensionamento correto das bombas e dos circuladores para que os terminais e geradores de energia existentes na instalação possam receber um caudal adequado de projeto. No caso de estarem fora das condições desejáveis haverá perda de eficiência, maior risco de ocorrer cavitação, aumento do ruído, deterioração a curto prazo de elementos rotativos por deslocação, bem como aumento da temperatura nos principais acessórios existentes nas instalações hidráulica [36].



## ACESSÓRIOS

Para conseguir um bom equilíbrio no funcionamento entre as várias soluções técnicas adotadas nas infraestruturas complexas são utilizados diferentes tipos de acessórios, nomeadamente: válvulas de seccionamento, válvulas de equilíbrio, válvulas de segurança, vasos de expansão, permutadores de calor, purgadores de ar, filtros, separador de ar, entre outros.

Os acessórios assumem um papel muito importante nas instalações com elevados consumos de energia e água. Podem ser controlados pelo sistema de gestão técnica centralizada permitindo melhorar o desempenho energético da instalação e otimizar a regulação dos consumos [37].

Uma correta manutenção, que é relativamente simples, permite preservar o bom estado dos sistemas técnicos durante o seu período de funcionamento [34].



## ELEVADORES, ESCADAS MECÂNICAS E TAPETES ROLANTES

Estes sistemas são muito utilizados nas infraestruturas complexas para transporte de pessoas e de pequenas cargas. Facilitam a mobilidade entre os vários pisos, com segurança e autonomia. Os modelos mais recentes dispõem de sistemas de gestão dos consumos, com possibilidade para recuperação de energia, para além da reduzida manutenção periódica. Os modelos compactos podem ser instalados em locais com dimensão reduzida.



# Implementação de um Sistema de Gestão de Energia

Os elevados consumos de energia verificados nas infraestruturas complexas representam um encargo anual significativo, contribuindo para o impacto no meio ambiente e no agravamento das alterações climáticas.

Devido às flutuações do preço da energia e da instabilidade política e económica é necessário adotar soluções de gestão para otimizar o uso da energia, reduzir os consumos energéticos sem comprometer o funcionamento das instalações e contribuir para a mitigação do efeito das emissões de gases com efeito de estufa no aquecimento global. Neste sentido, poderá ser implementado um sistema de gestão de energia assente na norma NP EN ISO 50001 [2], ou utilizar métodos simplificados com recurso a ferramentas de apoio [38].

A norma NP EN ISO 50001 tem por base um modelo de gestão de energia que é entendido globalmente e pode ser implementado nas infraestruturas complexas [39]. O uso deste modelo de gestão apoia e estimula os esforços no sentido de melhorar as soluções tecnológicas existentes, tendo em consideração os seguintes aspetos:

- Ajudar as organizações a fazer um uso mais correto dos seus recursos energéticos;
- Criar transparência e facilitar a comunicação sobre a gestão dos recursos energéticos;
- Promover as melhores práticas de gestão de energia e reforçar os bons comportamentos de gestão;
- Apoiar as infraestruturas complexas em avaliar e priorizar a implementação de novas tecnologias de eficiência energética;
- Fornecer uma estrutura para promover a eficiência energética de toda a cadeia;
- Permitir a integração com outros sistemas de gestão, tais como o ambiente, a saúde e a segurança.

A Figura apresenta o modelo de gestão de energia nas práticas diárias das organizações, previsto na norma NP EN ISO 50001, conhecida como “Plan-Do-Check-Act” (PDCA).

A implementação integral desta norma implica o cumprimento de várias exigências, bem como a sua verificação periódica.

O principal objetivo da metodologia simplificada é tornar mais fácil a implementação do sistema de gestão de energia, tendo como pressupostos as seguintes estratégias:

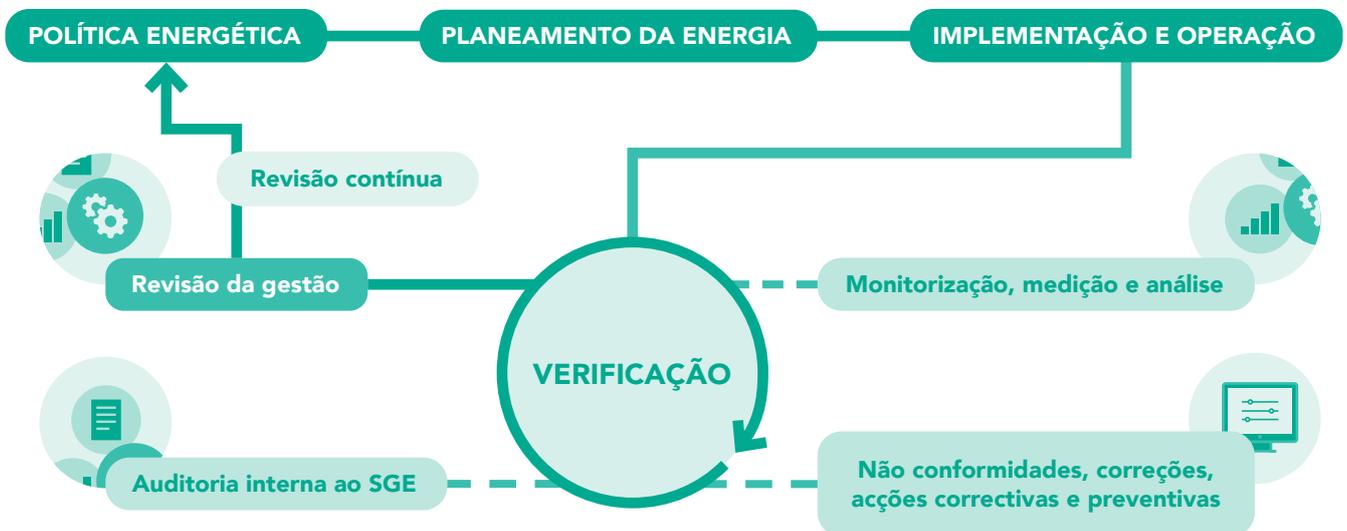


FIGURA | MODELO DO SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA [38]

## Definição da Política Energética

A entidade deverá estabelecer e assumir um compromisso de melhoria do desempenho adequado à sua natureza e uso da energia na organização:

- decidir acerca do cumprimento das exigências legais aplicáveis, obrigando à constante atualização dos requisitos legais;
- criação de um plano de comunicação a todos os meios da organização acerca da política energética seguida pela instituição;
- criação de metas e garantir que se assegura o adequado planeamento, a sua execução e respetiva verificação.

## Planeamento Energético

O objetivo do planeamento é identificar e avaliar as atividades que afetam o desempenho energético do edifício. Neste sentido são valorizadas as seguintes opções:

- realização de auditoria energética;
- estabelecer o consumo energético de referência:
  - por fonte de energia (eletricidade, gás natural, gás propano, gás butano, gasóleo e renovável);
  - com base num intervalo de tempo de referência e representativo (ano, mês, semana, dia).
- estabelecer o indicador de desempenho energético, considerando as exigências legais em vigor, obrigando à revisão da metodologia de base;
- estabelecer metas energéticas e plano de ação (definir período de atualização das metas assim como do respetivo plano de ação).

## Implementação e Operação.

- Estabelecimento de um quadro de competências da equipa de gestão de energia para implementar o plano de ação, conforme exemplificado na Tabela.

|                          | NOME                                          | FUNÇÃO                                                   | HABILITAÇÃO | FORMAÇÃO/<br>EXPERIÊNCIA |
|--------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------|--------------------------|
| EQUIPA GESTÃO DE ENERGIA | Gestor de topo                                | Definição da política energética ...                     | ...         | ...                      |
|                          | Técnico responsável pela simulação energética | Desenvolvimento e atualização do modelo de simulação ... | ...         | ...                      |
|                          | ...                                           | ...                                                      | ...         | ...                      |
| UTILIZADORES REGULARES   | Funcionário                                   | Cumprir plano de ações                                   | ...         | ...                      |
|                          | Utente                                        | Cumprir plano de ações                                   | ...         | ...                      |
|                          | ...                                           | Cumprir plano de ações                                   | ...         | ...                      |

**TABELA | EXEMPLO DE QUADRO DE COMPETÊNCIAS A IMPLEMENTAR**

- estabelecimento de um plano de comunicação ajustado aos objetivos a alcançar;
- estabelecimento de um sistema de controlo documental ajustados às necessidades da organização e definição de:
  - modelo de relatório de auditoria interna;
  - modelo de mapa de controlo energético;
  - ...

## Verificação

- monitorização em contínuo por períodos definidos, medição e análise;
- avaliação do cumprimento de metas: comparação com o consumo energético de referência e com os indicadores de desempenho energético adotados.

O estudo e a avaliação dos consumos energéticos inclui várias componentes que permitem identificar os principais setores e serviços existentes, caracterizar a distribuição e utilização dos vários tipos de energia pelos principais sectores, determinar os consumos de energia mais relevantes nos sistemas técnicos, obter informação sobre a compra de energia (faturas), verificar o estado de conservação das instalações com a identificação das principais carências ao nível da manutenção e segurança, bem como na análise e avaliação técnico-económica de medidas de melhoria que possibilitem a redução dos consumos energéticos e introdução de fontes renováveis nas infraestruturas complexas [38].





# Avaliação da eficiência hídrica

O princípio base considerado em geral para a melhoria da ciência hídrica dos edifícios é o princípio dos 5R do uso eficiente da água, que pode ser resumido da seguinte forma. Este princípio de expansão do conceito 3R (aplicado aos resíduos), foi inicialmente proposto em 2009 [39]:

- Reduzir consumos
- Reduzir perdas e desperdícios
- Reutilizar a água
- Reciclar a água
- Recorrer a origens alternativas

O primeiro, relativo a “Reduzir os consumos”, passa pela adoção de produtos ou dispositivos eficientes, assim como de outras medidas de carácter não técnico (económicas e/ou sociológicas). O segundo, “Reduzir as perdas e os desperdícios”, pode envolver intervenções como, por exemplo, o controlo das perdas em autoclismos ou a instalação de circuitos de circulação de água quente sanitária. Relativamente à reutilização e reciclagem da água, a diferença entre ambas reside no facto de se considerar uma utilização “em série” ou a reintrodução da água no início do circuito. Finalmente, o recurso a origens alternativas pode envolver o aproveitamento de águas pluviais, freáticas ou mesmo salgadas [40].

Com vista à redução dos consumos, a rotulagem da eficiência hídrica de produtos tem sido implementada em diversos países de forma voluntária. Em Portugal, a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) desenvolveu um rótulo que estabelece uma classificação variável com a eficiência do produto [41]. Este refere-se a produtos do tipo: autoclismos, chuveiros e sistemas de duche, de torneiras e fluxómetros de mictórios.

No que se refere às perdas, geralmente estas estão associadas a autoclismos e aos sistemas de irrigação enterrados. Uma técnica simples que se pode usar para a deteção de fugas consiste em: 1) fechar a torneira do contador, à entrada; 2) abrir a torneira mais distante no edifício; 3) esperar até a água parar de correr e 4) colocar um copo cheio de água na boca da torneira. Se houver sucção da água do copo pela torneira, significa que existe fuga na rede interior do edifício. A observação das leituras de contador nas horas sem consumo também permite detetar a existência de perdas [40].

Foi já proposto, em Portugal, um modelo para a avaliação de eficiência hídrica de edifícios em [40]. Na sua vertente mais simplificada, o modelo tem por base o cálculo de consumos e a certificação e rotulagem de produtos. No caso da certificação de edifícios existentes com dispositivos que não estejam rotulados, podem ser medidos localmente os consumos ou volumes. A autora propõe uma classificação, que pode ir de E a A++, de acordo com os padrões de consumo (litros/(pessoa.dia)). Em qualquer das categorias, considera-se o recurso a origens alternativas, reciclagem ou reutilização, em particular no que se refere às categorias A+ e A++. Adicionalmente pode considerar-se uma categoria A+++ para sistemas “regenerativos”, com produção excedentária de água potável a partir de, por exemplo, a água da chuva.

No que se refere à realização de auditorias de eficiência hídricas, uma vez que não existe atualmente um modelo exclusivo para a avaliação da eficiência hídrica de edifícios, remetemos para Programa AUDITAGUA, desenvolvido pela ANQIP, que propõe, de uma forma geral, a adoção da seguinte estratégia [42]:

- Diagnóstico do edifício e quantificação de consumos
- Inspeção das instalações e deteção de fugas
- Proposta de dispositivos e soluções eficientes e plano de gestão
- Ações de sensibilização e de formação
- Plano de manutenção
- Apoio à elaboração de um plano de segurança da água
- Redução de consumos energéticos e de CO<sub>2</sub>
- Redução de consumos na envolvente do edifício, incluindo zonas verdes

Primeiramente, deve ser feito o diagnóstico da infraestrutura com base numa visita para levantamento detalhado e caracterização dos dispositivos e equipamentos e das instalações, incluindo, se aplicável, instalações e equipamentos especiais. A quantificação dos consumos pode fazer-se ao nível da globalidade do edifício, dos diversos dispositivos de utilização ou, se justificar, para partes específicas do edifício, possibilitando desta a forma a identificação de possíveis medidas de racionalização dos consumos de água. No âmbito deste plano, sugere-se a implementação de uma gestão eficiente da água no edifício, estas medidas são selecionadas com base numa análise técnico-económica sobre o potencial de redução de consumos, tendo em conta aspetos de conforto nas utilizações, de saúde pública e do bom funcionamento das redes prediais. De salientar ainda a preocupação com a possibilidade de contabilização das reduções nos consumos energéticos e nas emissões de CO<sub>2</sub>, decorrentes da implementação das medidas de eficiência hídrica, o que faz com que este modelo possa integrar e valorizar outras avaliações mais abrangentes da sustentabilidade ambiental.



# Indicador de Aptidão para Tecnologias Inteligentes

No sentido de alcançarem os objetivos previstos na Diretiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios [3] é essencial considerar os atuais progressos da tecnologia digital para integrar e conectar as soluções de modo a obter um impacto efetivo na melhoria do desempenho energético e na proteção do meio ambiente.

A Comissão Europeia propõe que sejam reunidos esforços para desenvolver um novo modelo de avaliação do desempenho energético dos edifícios, que se deverá basear na capacidade do edifício em adaptar o seu funcionamento sobre as necessidades dos ocupantes e da rede elétrica, para conseguir uma operação mais eficiente [43].

Esta estrutura permite aproveitar melhor o potencial de aptidão às tecnologias inteligentes, com recolha de dados e comunicação de informação relevante que possa interagir com os ocupantes. Deste modo, o indicador de aptidão para tecnologias inteligentes consiste numa ferramenta que incide no uso de uma *checklist* que identifica os serviços, nomeadamente: aquecimento, arrefecimento, dispositivos de proteção solar, preparação de água quente sanitária, iluminação, ventilação, humidificação, desumidificação, entre outros, e o seu nível de funcionalidade para um determinado edifício [44]. Prevê-se que quanto maior for o uso de inteligência na “arquitetura” dos sistemas, maior será o potencial de poupança energética, com um melhor nível de conforto e um contributo maior das fontes renováveis [43].

Este método incentiva a integração de tecnologias inovadoras no âmbito dos edifícios, consciencializando para a importância dos sistemas de gestão e controlo autónomos como alternativa às inspeções técnicas, de modo a reforçar o nível de automação com aptidão em ajustar-se às necessidades dos ocupantes, possuir competências na manutenção e otimização do desempenho energético durante a fase de exploração e permitir atuar em função das condições da rede elétrica pública (tarifas reguladas, períodos horários, operador logístico, entre outros) [43].

Atendendo às especificidades do setor social e económico, este conceito analisa a viabilidade de tornar os edifícios com necessidades quase nulas de energia, com uma preocupação centrada na redução das necessidades energéticas, obter um equilíbrio otimizado entre o custo *versus* benefício, dispondo de um abastecimento energético com recurso a energia de origem renovável [43].





## Considerações finais

Neste guia foram apresentadas várias recomendações úteis e orientações de referência com uma abordagem generalista sobre várias soluções técnicas a considerar no plano de ação para a racionalização de energia e água (PAREH) no âmbito de infraestruturas complexas, nomeadamente: Complexos Desportivos, Institutos Particulares de Solidariedade Social, Escolas, Centros Hospitalares e Centros Comerciais.

Pretende-se com estas medidas fornecer o apoio necessário aos técnicos e entidades locais na elaboração conjunta de planos estratégicos para ultrapassar as dificuldades existentes na atual crise de recursos, encontrar oportunidades de melhoria, reforçar a articulação entre a atividade global e local, para valorizar o crescimento económico sustentável e potenciar a integração de soluções com aproveitamento de fontes renováveis.

O sentido e a intensidade desta mudança na gestão de transição energética deverão contribuir para o cumprimento das metas previstas na política energética nacional e europeia, adotando tecnologias que possibilitem uma redução significativa dos consumos de energia e água, e atingir os objetivos estabelecidos na redução da emissão de gases com efeito de estufa.



# Referências

- [1.] Agência Regional de Energia e Ambiente do Norte Alentejo e Tejo (areanatejo). "Guia de Ações Conjuntas para a Eficiência Energética" – Projeto ENERJ, (2018).
- [2.] NP EN ISO 50001:2019: Sistemas de gestão de energia; Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização; (ISO 50001:2018).
- [3.] Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética. Jornal Oficial da União Europeia, PT, 19.6.2018: L 156/75 - L156/91.
- [4.] Amaral, M. (2008). "Sistemas de Ventilação Natural e Mistos em Edifícios de Habitação". Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [5.] Ferreira, P. (2006). "Sistemas de Ventilação Híbrida em Edifícios. Análise Energética Resultante da Implementação de Sistemas de Ventilação Inovativos". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [6.] Ventura, F. (2011). "Emissões de Carbono - Estudo Comparativo entre Sistemas AVAC em Ambiente Hospitalar – Vigas Arrefecidas e Ventiladores". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa.
- [7.] Catálogo Comercial de Diversas Soluções do Fabricante EVAC (2017).
- [8.] Pereira, A. (2013). "Estudo de Iluminação de 4 Complexos Desportivos de Piscinas e Pavilhão Multidesportos". Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- [9.] Santos, P. (2013). "Melhoria da Eficiência Energética das Piscinas Municipais da Sertã". Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- [10.] Neves, N. (2013). "Projeto de Iluminação de Edifícios Escolares Existentes". Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- [11.] Oliveira, M. (2014). "Sistema de Aquecimento Solar das Piscinas da C.M. de Penacova e Respetivas I.S.". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- [12.] Costa, R. (2018). "Climatização de um Edifício de Serviços – Estágio na Empresa Climacer, Lda". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- [13.] Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de fevereiro. Diário da República, 1.ª Série - N.º 24.
- [14.] Rodrigues, F. (2015). "HFCs e Soluções Alternativas Viáveis". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- [15.] Silva, A. e Costa, P. (2012). "Cogeração e Trigeração – Um caso prático". Revista Técnico- Científica, Neutro à Terra. (n.º 9 de junho, 47 - 53). Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- [16.] Silva, C. e Mendonça, J. (2003). "Produção e Distribuição Centralizada de Energia Térmica e Cogeração". Trabalho realizado no âmbito da disciplina de Gestão de Energia. Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- [17.] Santos, T. (2010). "Serviços de Energia Aplicados à Cogeração". Tese de Mestrado em Engenharia Eletrónica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [18.] Portaria n.º 42/2019 de 30 de janeiro. Diário da República, 1.ª Série - N.º 21.
- [19.] Guerra, I. (2013). "Avaliação da Eficiência Energética e Optimização de uma Unidade de Trigeração". Tese de Mestrado em Engenharia Química. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- [20.] Alcântara, A. (2012). "Avaliação Económica e Energética do Dimensionamento de Centrais de Cogeração e Trigeração". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa.
- [21.] Dias, M. (2014). "Sistemas de aquecimento a água com superfícies radiantes: simulação e verificação de parâmetros de projeto". Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

- [22.] Giacomini (2016). "Teto Radiante: A solução de climatização ideal para hospitais e unidades de saúde". Comunicação existente na página web da Giacomini, através do seguinte endereço eletrónico: <https://pt.giacomini.com/news/2016/12/13/teto-radiante-solu%C3%A7%C3%A3o-de-climatiza%C3%A7%C3%A3o-ideal-para-hospitais-e-unidades-de-sa%C3%BAde>.
- [23.] REHAU (2018). "Sistema de Climatização por Superfícies Radiantes". Comunicação existente na página web da REHAU, através do seguinte endereço eletrónico: <https://www.rehau.com/pt-pt/construcao/sistema-de-climatizacao-por-superficies-radiantes>.
- [24.] Pimenta, F. (2015). "Modelação de Sistemas Radiantes em EnergyPlus". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- [25.] Cerveira, M. (2012). "Sistemas Térmicos de Energia Solar". Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- [26.] Ponte, C. (2012). "Modelação de Sistema de Armazenamento por Bombagem de Água em São Miguel". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.
- [27.] Costa, S. (2014). "Armazenamento de Energia Térmica Através de Materiais de Mudança de Fase". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [28.] Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. Diário da República, 1.ª Série – N.º 159.
- [29.] Pereira, R. (2017). "Uma visão geral sobre o armazenamento da energia elétrica". Revista Renováveis Magazine. (n.º 26, 27 – 31). Área Departamental de Engenharia Eletrotécnica de Energia e Automação do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- [30.] GEOTERME (2019). "A Nova Plataforma para Sistemas de Gestão Técnica Centralizada e Monitorização Energética". Catálogo comercial para a solução "enteliWEB" fornecido pela parceira Delta Controls (pp. 8).
- [31.] Gonçalves, D. (2014). "Impacto da influência de um Sistema de Gestão Técnica Centralizada na redução dos custos de exploração de um edifício". Tese de Mestrado em Energias Sustentáveis. Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- [32.] Sousa, O. (2015). "Gestão Técnica do Edifício do Departamento de Engenharia Civil". Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- [33.] Lourenço, F. (2016). "Hidráulica nos sistemas de AVAC - Uma forma racional de distribuir e fornecer energia". Apresentação utilizada no âmbito das 16.ªs Jornadas de Engenharia de Climatização, promovido pela Comissão de Especialização em Engenharia de Climatização, na Sede da Ordem dos Engenheiros da Região Sul (pp. 83).
- [34.] Marques, J. (2005). "Manutenção de uma instalação de AVAC das áreas limpas de uma indústria farmacêutica". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [35.] Almeida, B. (2011). "Climatização e Energias Renováveis". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- [36.] ITT Engineered for Life (2008). "Bombas e tubagens na teoria e na prática". Guia de recomendações sobre a distribuição de calor e os sistemas de circulação (pp. 20).
- [37.] Ferraz, A. (2009). "Influência da Manutenção nos Consumos Energéticos de Sistemas de AVAC". Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [38.] Simões, N. e Pedro, F. (2014). "Manual de Boas Práticas e Sensibilização, um instrumento integrante de um sistema de gestão de energia". Itecons, Coimbra. Relatório de Apoio à Certificação, ref.ª RAC003/14, (pp. 18).
- [39.] Silva-Afonso, A. "Building rainwater harvesting systems. Doubts and certainties," em 35<sup>th</sup> CIB W062, Dusseldorf - Germany, 2009.
- [40.] Pimentel-Rodrigues, C., Tese de doutoramento – "Um Modelo para a Avaliação da Eficiência Hídrica em Edifícios", 2015.
- [41.] Pimentel-Rodrigues, C., Tese de Mestrado - "Um Modelo para a Avaliação da Eficiência Hídrica de Produtos", Universidade de Aveiro, 2008.
- [42.] [https://www.anqip.pt/images/stories/Folheto\\_ANQIP\\_AUDITAQUA\\_3.pdf](https://www.anqip.pt/images/stories/Folheto_ANQIP_AUDITAQUA_3.pdf)
- [43.] Ramezani, B. (2019). "Application of Smart Readiness Indicator for Mediterranean buildings in retrofitting actions". Tese de Mestrado em Engenharia da Energia para a Sustentabilidade. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- [44.] Verbeke, S., Aerts, D., Rynders, G., Ma, Y., Waide, P. (2019). "INTERIM REPORT JULY 2019 of the 2<sup>nd</sup> Technical Support Study on the Smart Readiness Indicator for Buildings". VITO and Waide. Study accomplished under the authority of the European Commission DG Energy ENER/C3/2018-447/06.



[expert.uc.pt](https://expert.uc.pt)

**Visite a plataforma** e conheça todos os recursos disponíveis

Este documento é complementado pelos **elementos gráficos**, preparados no âmbito do projeto, que se encontram **disponíveis na Plataforma Expert A+**. Estes incluem **vídeos promocionais** e **soluções de sinalética** que contêm exemplos concretos dos comportamentos corretos a adotar e **poderão ser utilizados nas iniciativas listadas neste documento**.