



## Ventilation and energy efficiency of buildings Ventilação e eficiência energética dos edifícios

Helena Maria Neto Dias Alves; a67812@alunos.uminho.pt

Universidade do Minho

Luís Fernando de Sousa Ferreira da Silva - lffsilva@dem.uminho.pt

Universidade do Minho

Pedro Alexandre Moreira Lobarinhas - pl@dem.uminho.pt

Universidade do Minho

### Abstract

This article is based on a synthesis of knowledge regarding ventilation and energy efficiency, in a social context of greater demand for comfort conditions inside them. In recent decades there has been a growing concern about the excessive consumption of energy in buildings, which has led to the development and implementation of legislation to control the problem. In addition, several types of buildings have been developed with high energy efficiency, taking advantage of the environment in which they integrate and with integrating principles of sustainable architecture. On the other hand, the quality of indoor air has been a constant concern of the project engineer because, today, a large part of the day is spent in enclosed spaces and with concentrations of pollutants above those recommended. These concentrations are due to the rising concern with the reduction of infiltrations without taking in consideration the adequate air renewal values. Currently, the legislation on the energy performance of buildings has shown an evolution in the regulatory requirements for glazed sills, showing the strong impact that these elements have on the interior comfort conditions and consequently on the energy consumptions of themselves. Glazed sills are an intermediate element in energy exchanges between the interior and exterior, also representing points of uncontrolled infiltration of air. It is advantageous to rehabilitate glazed sills in order to maximize indoor air quality and comfort conditions without increasing energy consumption.

### Resumo

O presente artigo sustenta-se numa síntese de conhecimentos sobre ventilação e eficiência energética, num contexto social de maior procura de condições de conforto no interior dos mesmos. Nas últimas décadas tem aumentado a preocupação com o consumo excessivo de energias nos edifícios, o que conduziu ao desenvolvimento e implementação legislação de modo a controlar o problema. A par disso, têm-se desenvolvido diversos tipos de edifícios com elevada eficiência energética, tirando partido do meio em que se inserem e integrando princípios da arquitetura sustentável. Por outro lado, a qualidade de ar interior tem sido uma preocupação constante dos projetistas pois, atualmente, grande parte do dia é passado em espaços fechados e com concentrações de poluentes acima dos recomendados. Estas concentrações devem-se ao aumento da preocupação com a diminuição das infiltrações sem acautelar os valores de renovação de ar adequados. Atualmente, a legislação relativa ao desempenho energético dos edifícios veio evidenciar uma evolução ao nível das exigências regulamentares relativas aos vãos envidraçados, mostrando o forte impacto que estes elementos têm nas condições de conforto interior e por consequência nos consumos energéticos dos mesmos. Os vãos envidraçados são um elemento intermediário nas trocas de energia entre o interior e o exterior, representando também pontos de infiltração não controlada de ar. Torna-se vantajoso a reabilitação dos vãos envidraçados de modo a maximizar a qualidade do ar interior e as condições de conforto, sem aumentar os consumos energéticos.

### Keywords

Indoor Environmental quality; Ventilation; Principles of sustainable architecture; Glazed sills

# Ventilação e eficiência energética dos edifícios

## Introdução

O consumo energético dos edifícios corresponde a uma importante parcela dos consumos de energia na Europa, contribuindo de forma significativa para as emissões de gases para a atmosfera. Em Portugal, os edifícios são responsáveis por cerca de 30% do consumo de energia [1]. Isto deve-se, em grande parte, ao facto de o parque edificado nacional, em particular o parque habitacional, ser marcadamente envelhecido. Segundo os Censos de 2011, realizados pelo Instituto Nacional de Estatística, a idade média dos edifícios registados era de 37,92 anos. Sabe-se, também que em Portugal, existem cerca de 3 milhões de fogos com janelas ineficientes, ou seja, janelas com vidro simples e com caixilharia sem corte térmico [2].

As pessoas passam grande parte do seu dia em locais fechados, quer no trabalho, em casa ou a realizar as suas atividades de lazer. Torna-se então necessário criar condições de conforto a vários níveis no interior dos edificados, quer a nível térmico, acústico, de iluminação ou de qualidade do ar interior. Este facto aliado ao paradigma de envelhecimento do parque edificado, abre perspectivas para o crescimento de vários segmentos de mercado associados à reabilitação do património edificado e às tecnologias energéticas.

Os vãos envidraçados constituem um elemento de elevada importância para o balanço térmico global dos edifícios, estimando-se que 40% do consumo energético de um edifício pode perder-se através das janelas. Isto porque os vãos envidraçados são elementos que permitem infiltrações de ar não controladas que, além de provocar desconforto nos ocupantes, conduz a um aumento nos gastos de energia para a sua climatização e obtenção de condições de conforto. Os consumos energéticos médios dedicados ao conforto ambiental não são muito significativos em Portugal, mas têm aumentado a um ritmo elevado e tendem a generalizar-se.

A construção de edifícios atual deve, ao máximo, limitar as infiltrações de ar não controladas, tornando a envolvente do edifício cada vez mais estanque. Contudo, este facto conduz a um aumento de procura de soluções que promovam a renovação do ar interior dos edifícios que garantam um mínimo de qualidade interior com o menor possível consumo de energia.

A renovação do ar interior é uma medida necessária à manutenção das condições de salubridade interior dos edifícios pelo que deve ser sempre assegurado um mínimo recomendável, estipulado no Portaria 353-A/2013, através de um sistema de ventilação, natural, mecânico ou híbrido, adequado. Nos edifícios de habitação, o valor de taxa de renovação horária de ar calculado, de acordo com a portaria 349B-2013 de 29 de novembro, deve ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora.

## Edifícios de baixo consumo energético

Nas últimas duas décadas, a União Europeia apercebeu-se do excesso de consumo de energia dos edifícios e, em 2002, implementou legislação de modo a controlar esses consumos. Nos países do Norte e Centro da Europa esta preocupação conduziu à definição de vários tipos de edifício de elevado desempenho energético, designadamente:

- Edifício de baixo consumo energético (*low energy building*);
- Edifício passivos (*passive building*);
- Edifício de consumo quase zero (*nearly zero energy building*);
- Edifício com produção extra de energia (*e-plus building*).

Esta distinção é feita com base nos valores de consumo de energia por metro quadrado (kWh/m<sup>2</sup>), contudo os valores de referência variam consoante o clima em que a edificação está inserido. Isto é, a média desejada para uma edificação passiva em Portugal é de 13 a 15 kWh/m<sup>2</sup> por ano, enquanto que na Alemanha o máximo permitido é de 70kWh/m<sup>2</sup> por ano [3]. Esta discrepância deve-se, essencialmente, à disparidade climática em que os dois países se inserem.

As habitações de baixo consumo energético, ou *low energy building* (LEB), estão vulgarizadas no Centro e no Norte da Europa onde podem ser construídas sem custos acrescidos e sem recorrer a tecnologias da construção de exceção. As características que conferem a estas habitações um desempenho energético acima da média são o reforço do isolamento, o controlo das pontes térmicas e a utilização inteligente ganhos solares.

As habitações passivas são um aprofundamento do conceito de habitações de baixo consumo energético, que implica custos de construção mais significativos, sobretudo nos países mais frios. As habitações passivas possuem as mesmas características que as LEB, mas exigem-se desempenhos mais elevados: o nível de isolamento é superior, há uma preocupação maior com a inércia térmica garantida sobretudo pelos pavimentos e a utilização de ganhos solares é maior, sendo obrigatória a orientação a Sul. Neste conceito de edifício, há uma maior preocupação com a mitigação da necessidade de energia, mais do que a preocupação de implementação de dispositivos de consumo de energia mais eficientes.

Em Portugal, um edifício passivo com soluções para aquecimento e arrefecimento pode atingir as necessidades nominais quase nulas. Assim, quando complementadas com a instalação extensiva de painéis fotovoltaicos, os edifícios passivos podem ser também edifícios de baixo consumo (*nearly zero energy building*) ou até chegar mesmo a ter uma produção extra de energia (*e-plus building*). Estes edifícios devem estar ligados a uma rede para onde devem descarregar o excedente de energia produzido. No entanto, a prioridade deste tipo de casas passa pelo objetivo de se classificarem como neutras em termos de emissões de gases poluentes e não tanto por alcançar um baixo consumo energético. Contudo, torna-se vantajoso a utilização desse excedente energético.

A revisão da Diretiva Europeia '*Energy Performance in Building Directive*' - EPBD (2002/91/CE), define um edifício de consumo de energia quase zero como um edifício com um desempenho energético muito elevado em que as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas por energias renováveis.

Em paralelo com o desenho urbano dos conjuntos de edifícios, o desenho e construção dos mesmos determinam o seu desempenho energético. É o efeito global de todas as trocas de calor, ganhos por radiação e perdas por dissipação, que influenciam o conforto térmico em edifícios determinando grande parte dos consumos de energia. Isto porque o consumo energético está fortemente associado às condições de conforto dos ocupantes. Assim, quanto mais o edifício estiver adaptado ao clima em que está inserido, menor será o consumo de energia necessário para atingir essas condições. Contudo, também deve tomar-se especial atenção as cargas térmicas dos edifícios, geradas pelos equipamentos, iluminação e pelos ocupantes, que também influenciam as condições de conforto.

O dimensionamento ou desenvolvimento de qualquer sistema de ventilação ou climatização de edifícios deve, então, necessariamente tomar em linha de conta o conforto a nível térmico dos ocupantes do espaço, independentemente do uso a que se destinam (habitação, escritórios, comércio, entre outros). O conforto é dos parâmetros que tem mais impacto na conceção de um edifício sustentável, pois abrange, simultaneamente, os aspetos físicos e psicológicos do uso do espaço.

O conceito de conforto humano é um pouco complexo pois depende de parâmetros complexos de definir e controlar pois resulta de uma perceção omni-sensorial onde a experiência do espaço resulta da vivência do espaço de modo visual, tátil, sonoro, olfativo e térmico. Esta sensação depende também de fatores resultantes do estado momentâneo do indivíduo e da sua interação com o meio ambiente [3]. Os parâmetros que influenciam o conforto dos ocupantes dividem-se em três categorias: parâmetros físicos, fisiológicos e externos. Os primeiros incluem a temperatura, humidade relativa e a velocidade do ar, os odores, a intensidade da luminosidade e o nível de ruído. Os outros incluem idade e características intrínsecas do indivíduo, assim como a atividade desenvolvida, vestuário e condições sociais. A legislação atual, estipula como temperaturas de referência de conforto 20°C e 25°C na estação de aquecimento e arrefecimento, respetivamente. Esta gama pode ser alargada para edifícios híbridos ou passivos, conforme a portaria 349D-2013

### **Tendências da arquitetura sustentável**

Associado ao conceito de desenvolvimento sustentável e à constante necessidade de minimizar os impactos ambientais das construções, surge o conceito de edifício verde. Estas edificações devem ser pensadas e projetadas como organismos vivos, sendo adaptadas ao local em que irão ser contruídas e capazes de suprimir as suas necessidades de água e energia a partir de elementos naturais.

A integração de princípios de sustentabilidade ambiental na arquitetura reflete-se, geralmente, numa especial atenção à interação com o clima e uso de energias e materiais

endógenos, com vista a atingir elevados níveis de conforto dos utilizadores com um menor impacto ambiental.

A implementação da edificação no terreno é uma das estratégias bioclimáticas mais importantes do edifício sustentável, aliada à forma da edificação e aberturas de ventilação, procurando a utilização preferencial da ventilação natural. O melhor posicionamento do edifício sustentável com relação aos ventos deve ser compatibilizado com a melhor localização recomendada pelas trajetórias solares. [4]

Esta vertente da construção define as características da envolvente dos edifícios, construindo um filtro positivo entre o exterior e o interior. Este filtro garante uma adequada permeabilidade ao vapor, a impermeabilidade à água (não deixando entrar água da chuva), a transmissão das temperaturas médias exteriores para o interior (massa térmica nas paredes que acumulam as temperaturas médias), a transparência aos raios solares no inverno (áreas envidraçadas com dimensões adequadas tendo em consideração a orientação solar para permitir o aquecimento passivo), a sua exclusão durante o verão (sombreamentos adequados) e a renovação do ar necessária, cumprindo a legislação vigente que estipula requisitos mínimos consoante o clima em que o edifício se insere [1].

Na arquitetura sustentável podem ser adaptadas diferentes abordagens e estratégias, designadamente estratégias de arquitetura ecológica, que abrange a globalidade dos recursos naturais e humanos; estratégias da arquitetura bioclimática, que trata essencialmente a energia e o conforto; e estratégias de arquitetura solar passiva, que privilegia a energia solar como fonte para garantir o conforto, a economia e o baixo impacto ambiental [3].

Englobando as diferentes abordagens, podem apontar-se algumas práticas de projeto relacionadas com o controlo ambiental, sem descuidar do conforto dos ocupantes, tirando partido do meio ambiente em que o edifício se irá inserir, tais como:

#### **- Forma do edifício**

A forma do edifício deve usufruir da exposição solar e dos ganhos de calor. Isto traduz-se em edifícios longos, com a fachada mais longa voltada a Sul. Assim, torna-se possível que a maior parte da radiação solar embata diretamente no edifício, melhorando significativamente as condições de iluminação natural no interior e promovendo o aquecimento interior por ação solar durante o inverno. [1] O fator de forma dos edifícios ( $A_{\text{exterior}}/\text{volume}$ ) também se recomenda ser baixo

#### **- Orientação e proporção das áreas envidraçadas**

No hemisfério Norte, as aberturas envidraçadas a sul devem ser privilegiadas devido à variação do ângulo de incidência do Sol ao longo do ano. As superfícies numa fachada Sul recebem mais radiação solar durante o inverno e menos no verão, para além de ser fácil evitar a radiação direta no verão com recurso a elementos de sombreamento e palas ou com avanço da cobertura. Será nesta zona que deverão aparecer as zonas da casa mais usadas como as salas e quartos, que desta forma irão maximizar os ganhos energéticos durante o inverno.

As superfícies a nascente e poente, pelo contrário, recebem mais radiação no verão e menos no inverno. Essa radiação é mais difícil de sombrear por ter um baixo ângulo de incidência, podendo causar problemas de sobreaquecimento durante o verão. Estas zonas, por serem frias no inverno e sem iluminação natural (por ser desaconselhado a implementação de envidraçados), poderão ser ocupadas por divisões secundárias da casa (corredores, escadas, arrecadações, roupeiros). Estas zonas irão servir de ‘tampão’ entre as divisões principais viradas a Sul e a fachada Norte. Contudo, estas divisões também necessitam de janelas e assim torna-se extremamente positivo a presença de vegetação de folha caduca que, com a folhagem, possibilitam a criação de um sombreamento natural das superfícies e reduzem os ganhos solares na estação de arrefecimento. Esta estratégia permite que durante o inverno seja facultada a entrada dos raios solares, após a queda da folha da vegetação.

Sugere-se a inclusão de dispositivos de sombreamento/proteção pelo exterior e uso de cores claras nas superfícies exteriores.

#### **- Inércia térmica**

A utilização de massa térmica útil no edifício constitui uma escolha inicial que caracterizará a solução construtiva utilizada. A inércia térmica é especialmente relevante em climas sujeitos a grandes amplitudes térmicas em curtos espaços de tempo. Um edifício pode definir-se de acordo com a sua inércia térmica como leve ou pesado. A utilização de elevada massa térmica permite uma melhor gestão dos ganhos solares, amortizando as diferenças de temperatura.

#### **- Isolamento**

A envolvente do edifício deverá ser devidamente isolada de modo a minimizar as perdas para o exterior durante o inverno e os ganhos durante o verão. O isolamento pode ser aplicado pelo interior das paredes da envolvente, por exemplo na caixa-de-ar entre paredes duplas, como ainda ser assente pelo exterior do edifício.

Atualmente, tem-se assistido a um aumento da aplicação deste isolamento pelo exterior, uma vez que este elimina as potenciais pontes térmicas porque é aplicado de forma contínua pelo exterior, para além disto faz com que a inércia térmica funcione a favor do clima interior, contribuindo para que as temperaturas no edifício se mantenham estáveis. [1]

#### **- Ventilação natural**

Se a inércia térmica garante a estabilidade térmica interior ao longo do ano, a ventilação natural permite a redução imediata de extremos de temperatura. Em países com clima temperado, e com amplitudes térmicas significativas, o recurso à ventilação natural é particularmente importante e muito eficiente durante o período noturno, em consequência do decréscimo da temperatura do ar exterior. Esta é uma boa estratégia no contexto climático português, que mesmo no pico da estação de arrefecimento, a temperatura média é, habitualmente, inferior à temperatura de conforto. O recurso à ventilação natural, neste caso, tem como objetivo o arrefecimento passivo e deste modo, normalmente as renovações horarias envolvidas são superiores às necessárias para manter a qualidade do ar interior aceitável.

### **Estratégias de ventilação**

Na Europa são utilizados diversos sistemas e estratégias de ventilação. Em alguns países a ventilação predominante consiste em infiltrações impossíveis de ser controladas que ocorrem através de frinchas existentes na envolvente, enquanto que noutros locais, os sistemas de ventilação com dispositivos passivos são mais frequentes. Em países com climas mais frios, na Noruega por exemplo, os sistemas de ventilação mecânica e com recurso a permutadores de calor são os mais comuns. Contudo, à exceção dos países nórdicos com climas mais extremos, os sistemas mais frequentes na Europa são os de ventilação natural. [5]

Os sistemas de ventilação natural começaram por um estado de total descontrolo dos caudais de ventilação, feitos através de frinchas e aberturas de janelas e desenvolveram-se até à situação presente. Atualmente, estes sistemas já são aplicados no arrefecimento dos edifícios, aproveitando ao máximo os gradientes de temperatura e a ação do vento, permitindo variar os caudais em função das necessidades do momento, através de grelhas reguláveis, por exemplo.

A estratégia de ventilação natural é adequada a edifícios de pequenas dimensões, normalmente habitações unifamiliares e muito utilizados em climas moderados, nos quais os edifícios têm aberturas francas para o exterior. Neste tipo de edifícios, as taxas de remoção do ar tendem a ser elevadas e a temperatura interior a aproximar-se ou a igualar a temperatura exterior. Esta deve ser acompanhada de sombreamento, de modo a evitar elevados ganhos devido à radiação solar, sendo apenas eficaz em locais onde a temperatura exterior seja próxima da temperatura de conforto.

Os sistemas de ventilação mecânica partiram de uma situação com caudais constantes e permanentes, tendo evoluído até sistemas com recuperadores de calor integrados e caudais variáveis em função dos requisitos específicos dos espaços.

Ambos os sistemas de ventilação, natural e mecânica, evoluíram, a nível de conhecimento e desenvolvimento científico, no sentido de minimizar os consumos energéticos, garantindo um ambiente interior saudável e confortável. Acredita ter-se atingido um ponto em que as possibilidades de evolução de ambas as estratégias são reduzidas, o passo seguinte para a ventilação dos edifícios conduzirá a uma combinação das melhores características de cada um dos sistemas, mecânico e natural, criando um novo tipo de ventilação, a ventilação híbrida. [6]

A ventilação híbrida pode ser definida como a estratégia que conjuga a estratégia de ventilação natural e mecânica, usando diferentes recursos desses sistemas em diferentes momentos do dia ou estação do ano, com o objetivo de minimizar o consumo energético, mantendo a qualidade de ar interior e o conforto térmico dos ocupantes.

A principal diferença entre um sistema de ventilação convencional e um sistema híbrido é o facto de o último possuir um sistema de controlo inteligente, que pode alternar

automaticamente entre modos naturais e mecânicos, de modo a minimizar o consumo de energia, criando novas oportunidades para maior otimização e melhoria da qualidade geral da ventilação.

A tecnologia de ventilação híbrida cumpre os altos requisitos de desempenho ambiental interno e a crescente necessidade de economia de energia e desenvolvimento sustentável ao otimizar o equilíbrio entre a qualidade do ar interno, o conforto térmico, o uso de energia e o impacto ambiental.

### **Qualidade do ar interior**

A qualidade do ar no interior dos edifícios é uma das preocupações dos projetistas e tomou particular importância aquando da sua inclusão nas regulamentações europeias. As auditorias à qualidade do ar interior nos edifícios passaram a ser obrigatórias, fruto da legislação de 2006, que foi posteriormente revogada pelo Decreto-Lei 118/2013.

Para a diminuição da qualidade do ar interior e consequente aumento dos problemas de saúde associados, contribuiu fortemente a implementação de caixilharias de reduzida permeabilidade ao ar sem acautelar a correta renovação de ar interior, resultando numa inadequada entrada e distribuição de ar do exterior para o interior. É importante realçar o facto de, em média, 90% do tempo dia ser passado em espaços interiores e suas concentrações de alguns poluentes serem cerca de 2 a 5 vezes superiores a ambientes exteriores [7].

O ambiente interior dos edifícios pode ser contaminado por diversas substâncias que resultam da utilização corrente dos espaços e dos materiais utilizados aquando da sua construção, como vernizes e tintas, por exemplo. No entanto, os contaminantes podem ter origem externa ao edifício, em edifícios localizados em centros urbanos, por exemplo, e trespassar através das entradas de ar exterior ou por qualquer fenda existente.

A prevenção dos problemas de qualidade do ar interior deve ser conseguida através da utilização de regras de boas práticas relativas à ventilação e à higienização dos espaços, bem como a correta implementação dos planos de manutenção dos edifícios, como por exemplo: alterações nos hábitos dos ocupantes, substituição de alguns materiais utilizados na decoração ou de produtos utilizados na limpeza, ou um ajustamento das taxas de ventilação dos espaços interiores.

### **Quadro-legal no âmbito da qualidade do ar interior**

A definição de regras para a qualidade do ar interior tem por objetivo promover um melhor ambiente interno, de modo a proteger a saúde humana e, em simultâneo, evitar a emissão de poluentes nocivos. A existência de metodologias e valores limite legais proporcionam a melhor saúde dos edifícios e dos ocupantes.

Na década de 1990, o Conselho da União Europeia aprovou a diretiva 93/76/CEE de 13 de setembro, que tendo por base diretrizes do programa *Save* (Decisão 91/565/CEE), estabeleceu uma primeira abordagem a certificação energética tendo em conta alguns parâmetros relacionados com a qualidade do ar. Contudo, na perspetiva da saúde humana, a preocupação, na altura, incidia mais na qualidade do ar exterior do que na do ar interior.

Esta diretiva apenas visava a certificação energética direcionada para a limitação das emissões de dióxido de carbono, potencializando a mitigação do problema das alterações climáticas. Muitos dos equipamentos residenciais de combustão, encontram-se no exterior do edifício, emitindo CO<sub>2</sub> diretamente para a atmosfera, ou encontram-se no interior, mas com canalização dos efluentes gasosos para o exterior.

No novo milénio surgiu a Diretiva 2002/91/CE de 16 de dezembro, do Parlamento e do Conselho Europeu - "*Energy Performance in Buildings Directive*" - EPBD (2002/91/CE) - relativa ao desempenho energético dos edifícios. Este trouxe, no geral, as mesmas ideias gerais de eficiência energética que a diretiva anterior, fazendo apelo à integração e uso de energias renováveis e introduziu a preocupação com a saúde dos ocupantes dos edifícios. Este documento requer a atenção dos Estados-Membros para os materiais de construção e de renovação dos edifícios, de modo a que a eficiência energética seja potencializada.

A diretiva Europeia "*Energy Performance in Buildings Directive*" - EPBD (2002/91/CE) dita a cada estado membro a criação de legislação própria para avaliar e certificar energeticamente os edifícios. Portugal foi dos países que além da componente energética, impunha a garantia de boa qualidade do ar interior nos edifícios de serviços. Isto porque a qualidade do ar

interior é influenciada pela ventilação do ar, que, por consequente, afeta o desempenho energético das edificações. Esta legislação foi transposta das diretivas europeias através do Decreto-lei nº 78/2006, Decreto-lei nº 79/2006 e Decreto-Lei nº 80/2006, sendo o primeiro que legislava a qualidade do ar interior.

A diretiva europeia EPBD impõe que os Estados Membros assegurem o cumprimento dos requisitos, antes da emissão da licença de utilização para os edifícios novos. Contudo, Portugal foi mais longe ao exigir a verificação dos requisitos numa fase previa à construção, permitindo uma correção mais simples de eventuais erros no projeto.

Em 2010, a Diretiva 2010/31/EU de 19 de maio, do Parlamento Europeu e do Conselho, consolidou a legislação a nível do desempenho energético dos edifícios, trazendo metas e requisitos mais ambiciosos a atingir a médio e longo prazo. Deixou de dar importância à inércia dos edifícios de serviço e passou a exigir a quantificação da eficiência energética dos equipamentos, obrigando a uma gradual eliminação do mercado de aparelhos com baixa eficiência. Os Estados-Membros passam a ter menos liberdade no estabelecimento dos requisitos e metas. A nova diretiva exige que os mesmos integrem a nova informação nas legislações nacionais até 2012.

Mais tarde, a Diretiva nº 2010/31/UE foi transposta para o ordenamento jurídico nacional pelo Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, aprovando o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Este Decreto-Lei foi regulamentado por diferentes Portarias, sendo a Portaria nº 353-A/2013, de 4 de dezembro, a que determina os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, assim como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios novos de comércio e serviços e aos edifícios existentes sujeitos a grande intervenção e a respetiva metodologia de avaliação.

O decreto-lei nº 118/2013, de 20 de agosto, revisto posteriormente pelo decreto-lei 28/2016, de 23 de junho, conjuntamente com a portaria nº 353-A/2013, de 4 de dezembro, que estipula novas exigências em matéria de qualidade do ar interior, delega à Direção Geral da Saúde e à Agência Portuguesa do Ambiente acompanhar a sua aplicação, no âmbito das respetivas competências, em matéria de qualidade do ar interior.

A portaria nº17-A/2016 atribui, ainda, competências em matéria de fiscalização do cumprimento dos limiares de proteção à Inspeção Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (IGAMAOT), estando previsto na portaria nº 353-A/2013, de 4 de dezembro, que essa fiscalização seja feita de acordo com uma metodologia estabelecida pelas entidades competentes nos domínios do ambiente e da saúde.

Salienta-se ainda que, face às condições climáticas do nosso país, a ventilação natural deve ser privilegiada face aos equipamentos de ventilação forçada, numa ótica de otimização de recursos, de eficiência energética e de redução de custos.

### **Vãos envidraçados**

O vão envidraçado constitui um elemento intermediário nas trocas de energia entre os ambientes exterior e interior dos edifícios. A reabilitação térmica nos vãos envidraçados visa por um lado reforçar o isolamento térmico do edifício, a redução das infiltrações de ar não-controladas e a melhoria da ventilação natural, e por outro, o aumento da captação de ganhos solares no inverno e o reforço da proteção da radiação solar durante o verão. Todas estas medidas contribuirão não só para a redução das necessidades de consumo de energia como também para a melhoria das condições de conforto e de qualidade do ar no interior dos edifícios.

O comportamento térmico da janela é o resultado da associação de um vidro a uma caixilharia, que consoante a relação superfície envidraçada/ superfície de perfis, as características inerentes ao sistema de funcionamento da caixilharia e as soluções de vedação pode determinar diferentes coeficientes de transmissão térmica. Se juntarmos à janela um dispositivo de oclusão noturna, este introduzirá uma resistência térmica adicional que alterará o comportamento térmico do conjunto. O mecanismo de transferência de calor que se verifica através dos vãos envidraçado acontece de três formas distintas: condução, convecção e radiação. Esta ocorre quando o ar do espaço interior e o espaço exterior que se encontram a diferentes temperaturas e dá-se no sentido do de maior para o de menor temperatura.

Em climas frios, janelas mal isoladas poderão fazer com que as superfícies na fachada fiquem relativamente frias, o que exigirá um aquecimento ativo perto das mesmas para compensar correntes de ar e sensação de frio. Janelas altamente isoladas, por outro lado, vão dar um contributo ativo para aumentar o nível de conforto. Os vãos envidraçados de alta qualidade são desenvolvidos especificamente para atender aos requisitos de casas passivas. Num edifício passivo da Europa Central, os envidraçados possuem coeficientes de transmissão térmica baixos (entre 0,85 e 0,70 W/(m<sup>2</sup>.°C)). [8]

Para uma melhor seleção térmica do vidro, deve ponderar-se algumas características importantes, tais como a transmitância luminosa, fator solar (importante para a iluminação natural), o índice de seletividade espectral, entre outros.

### **Quadro-legal no âmbito dos vãos envidraçados**

O Decreto-lei nº 118/2013, em vigor desde 1 de dezembro de 2013, relativo ao desempenho energético dos edifícios, veio evidenciar uma evolução ao nível das exigências regulamentares no que diz respeito aos vãos envidraçados, de modo a acompanhar as preocupações relacionadas com um maior conforto térmico, com as inerentes mais-valias que daí advêm, resultando numa redução das necessidades de energia.

Os novos edifícios e as intervenções nos edifícios existentes devem assim cumprir um conjunto de requisitos mínimos com especial incidência na sua envolvente, nomeadamente nas paredes, coberturas, pavimentos e envidraçados, bem como ao nível do desempenho dos sistemas técnicos aí instalados.

Os valores de requisitos mínimos definidos em 2013, tal como previsto na legislação desde a publicação do Decreto-lei nº118/2013, foram revistos em 1 de janeiro de 2016. Esta última revisão introduziu um patamar de requisitos que se traduzem, do ponto de vista do ciclo de vida do edifício, como aqueles que conduzem à melhor relação custo-benefício. Quer isto dizer que foram atualizadas as exigências mínimas para as paredes, coberturas, pavimentos e janelas, de forma a garantir uma qualidade energética mínima da envolvente das habitações, e uma melhor eficiência para os novos sistemas a instalar.

As medidas de melhoria energética dos vãos envidraçados e a sua contribuição para a melhoria da eficiência energética dos edifícios portugueses foram reforçadas com a introdução de novos requisitos de referência nos novos regulamentos (Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação - REH- e Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços - RECS- e da criação do Sistema de Etiquetagem Energética de Janelas. Em 2015, aquando da publicação da Portaria nº 379-A/2015, de 22 de outubro, foram estipulados novos e menores valores máximos de coeficientes de transmissão térmica de referência para os elementos opacos e de vãos envidraçados, introduzindo, assim um novo patamar na qualidade térmica dos vãos envidraçados.

### **Considerações finais**

Com o estudo que aqui se apresenta, tornou-se evidente a possibilidade de encontrar soluções para o desenvolvimento de edifícios sem que seja necessário aumentar as ameaças ambientais e sem descorar o conforto dos ocupantes a nível do ambiente interior. Conclui-se, também, que a sustentabilidade dos edifícios não é algo que se consiga alcançar com atos isolados. Conceitos como ventilação, qualidade do ar interior e vãos envidraçados estão intrinsecamente relacionados com a arquitetura e projeto de edifícios sustentáveis.

O facto de se conseguir construir edifícios com baixo consumo energético, não apresenta apenas benefícios a nível ambiental. Quando bem projetadas, a implementação de medidas de arquitetura sustentável reflete-se em ganhos indiretos a nível económico.

O conforto dos ocupantes é um dos parâmetros mais importantes aquando da escolha e dimensionamento do sistema de ventilação e climatização de um espaço. Estes terão de manter os níveis de qualidade de ar interior, tendo capacidade de eliminar possíveis poluentes e fazer a renovação do ar, evitando as correntes de ar frio sem descorar as condições de conforto.

Os vãos envidraçados têm sido objeto de muitos estudos nos últimos anos, derivando do aumento das exigências na redução dos consumos energéticos, devido ao facto de este ser o elemento construtivo que oferece menor resistência térmica nas fachadas. Estes são responsáveis por grande parte dos ganhos e perdas de energia dos edifícios, refletindo-se num

grande impacto no consumo dos sistemas de climatização. Assim, e consoante a região e o respetivo clima em que o edifício se insere, torna-se necessário adotar diferentes medidas no que diz respeito à sua envolvente, com especial atenção nos vãos envidraçados. Com a evolução da construção e o aumento da estanquidade dos edifícios, surgiu uma nova problemática: inexistência ou insuficiência de ventilação e aumento da humidade e de poluentes, que diminui a vida dos edifícios e que põe em causa a saúde dos ocupantes dos seus espaços. Embora o aumento da humidade não se seja um problema imediato nos elementos dos edifícios, a sua condensação ajuda no desenvolvimento de fungos e mofo que conduzem ao seu apodrecimento.

## Referências

- [1] N. Antunes, “Edifícios Verdes: Práticas projectuais orientadas para a sustentabilidade,” Universidade do Porto, Porto, 2010.
- [2] ANFAJE, “Eficiência Energética,” 2014. [Online]. Available: <http://www.anfaje.pt/pt/eficiencia-energetica>. [Accessed: 29-Jun-2017].
- [3] LNEC, *Sustentabilidade ambiental da habitação*. Lisboa, 2010.
- [4] A. Alves, “Edifícios sustentáveis : estratégia bioclimática de ventilação natural e movimento de evacuação em situação de incêndio,” *NUTAU*, vol. 10, pp. 1-16, 2014.
- [5] A. M. F. F. de Oliveira, “Avaliação da qualidade térmica de edifícios,” Universidade do Porto, 2007.
- [6] P. Ferreira, “Sistemas de Ventilação Híbridos em Edifícios - Análise Energética Resultante da Implementação de Sistemas de Ventilação Inovativos,” Universidade do Porto, Porto, 2006.
- [7] C. D. Ramos, C. M. Dias, M. Cano, and M. Proença, “Qualidade do Ar Interior em Edifícios de Escritórios e Serviços,” *Estud. Em Destaque*, pp. 1-6, 2004.
- [8] Fernercom, *Guía del estándar Passivhaus - Edifícios de Consumo Energético casi nulo*. Madrid, 2011.