



HABITAÇÃO, CIDADE, TERRITÓRIO E DESENVOLVIMENTO

Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono
2º CIHEL - LNEC - LISBOA - PORTUGAL - 13 A 15 MARÇO 2013

REQUISITOS BÁSICOS APLICÁVEIS ÀS SOLUÇÕES DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA PARA EDIFÍCIOS

Basic requirements applicable to buildings industrialized construction solutions

José Miranda Dias ¹, Manuel Baião ² e Maria João Falcão Silva ³



Eng.º José Dias

Eng.º Manuel Baião

Eng.ª Maria Silva

LNEC

LNEC

LNEC

Lisboa - Portugal

Lisboa - Portugal

Lisboa - Portugal

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Investigador Auxiliar; Av. do Brasil 101, Lisboa; mirandadias@lnec.pt)

² Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Investigador Principal; Av. do Brasil 101, Lisboa; mbaiao@lnec.pt)

³ Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Bolsista FCT; Av. do Brasil 101, Lisboa; mjfalcao@lnec.pt)

Palavras-chave: Construção Industrializada, Prefabricação, Edifícios

Resumo

A construção industrializada de edifícios está em geral associada à utilização de soluções tecnológicas, incluídas em sistemas e produtos de construção com forte componente inovadora, através das quais se obtêm acréscimos de produtividade e de qualidade da obra, bem como uma significativa redução dos prazos e do custo total da construção.

Utilizando essas soluções inovadoras, salientam-se os sistemas de estrutura reticulada prefabricada de betão armado, em geral complementada por painéis de preenchimento, os quais também são em geral prefabricados. Trata-se de aplicações usualmente destinadas a edifícios industriais (armazéns, unidades fabris, pavilhões, etc.).

Merecem destaque, igualmente, as soluções realizadas com base em estrutura reticulada de madeira ou metálica preenchida com paredes ou painéis, ou em estruturas de paredes de betão de cofragem perdida não resistente baseadas em blocos vazados ou em placas de materiais isolantes. Estes tipos de soluções têm sido aplicados sobretudo na construção de edifícios de habitação, escolares ou administrativos.

Os edifícios com base em soluções de construção industrializada devem estar aptos para o uso a que se destinam, e devem fundamentalmente satisfazer, em condições normais de manutenção, os requisitos básicos das obras de construção durante um período de vida útil economicamente razoável.

Pretende-se aqui abordar o tema das soluções de construção industrializada para edifícios, focando com especial atenção os edifícios realizados com base em estrutura reticulada de betão armado, ou em estruturas de paredes de betão realizadas com sistemas de cofragem perdida não resistente, descrevendo-se, sumariamente, os aspetos construtivos que os caracterizam, em particular os respetivos elementos primários da envolvente exterior, e analisando sumariamente a forma como os requisitos básicos das obras podem ser satisfeitos. Essa

análise será realizada em função das características dos respetivos elementos construtivos constituintes e da utilização prevista, identificando os métodos de verificação a utilizar para a determinação de vários aspetos do desempenho dos edifícios relativamente aos mencionados requisitos básicos.

1. INTRODUÇÃO

A construção de edifícios recorreu através dos séculos às mais diversas técnicas de construção, explorando um variado conjunto de instrumentos, métodos e processos construtivos. A construção de edifícios começou por ser essencialmente baseada em artesãos, os quais representavam uma mão-de-obra especializada, cujo saber era transmitido entre gerações de forma que a qualidade da execução das construções era cuidadosamente mantida, enquanto se ia processando, a um ritmo lento, a evolução tecnológica da construção, em geral limitada ao aperfeiçoamento das técnicas de produção dos materiais e dos processos de aplicação destes em obra.

Com a revolução industrial, foi-se assistindo a uma evolução mais rápida dos materiais e técnicas da construção utilizados, a qual se estava associada à crescente industrialização do processo construtivo. Tal resultou, por um lado, do progresso tecnológico com reflexos ao nível da produção de materiais de construção e dos processos construtivos e, por outro lado, da pressão social que sobretudo se fez sentir após o final da 2ª Guerra Mundial, devido a elevada carência habitacional, a qual apenas se tornava possível superar através de uma maior rapidez e economia na construção de edifícios.

De facto, sensivelmente até ao século XVIII, os edifícios apresentavam, em geral, soluções construtivas de taipa, ou baseadas em paredes de alvenaria resistente de pedra ordinária ou aparelhada, de adobe, ou de blocos cerâmicos (cozidos em forno). A solução construtiva de alvenaria resistente, baseada em blocos cerâmicos, foi especialmente incrementada, a partir do século XVIII, com a revolução industrial, a qual proporcionou as condições para a produção em maior escala dos blocos cerâmicos, ao ponto de a construção com base no referido tipo de alvenaria resistente se tornar muito vulgarizada no início do século XX.

Nas últimas décadas do século XX e início do século XXI, a evolução tecnológica no domínio da construção promove a significativa mudança operada no domínio dos materiais e dos equipamentos de apoio ao sector da construção, fruto em grande medida dos avanços da ciência e da técnica, que vieram a permitir a introdução de novas tecnologias construtivas e a abrir novos campos de aplicação para os sistemas construtivos, quer os inovadores, quer os considerados mais tradicionais, estes últimos aperfeiçoados e modernizados através do recurso a essas novas tecnologias.

Neste contexto, pretende-se aqui abordar o tema das soluções de construção industrializada para edifícios, com ênfase especial para os edifícios realizados com base em estrutura reticulada prefabricada de betão armado, ou em estruturas de paredes de betão realizadas com sistemas de cofragem perdida não resistente, julgando-se ser oportuna essa dupla escolha, nomeadamente por já ter sido anteriormente aplicada a nível nacional a primeira solução, sobretudo há algumas décadas atrás, e por se antever que a segunda solução possa no futuro vir ser aplicada de forma mais significativa a nível nacional.

Para estas soluções descrevem-se, sumariamente, os aspetos construtivos que as caracterizam, em particular os respetivos elementos primários inseridos na envolvente exterior dos edifícios, sobretudo nas fachadas, e analisa-se sumariamente a forma como os requisitos básicos das obras podem ser satisfeitos. Essa análise será realizada em função das características dos respetivos elementos construtivos constituintes e da utilização prevista, identificando os métodos de verificação a utilizar para a determinação de vários aspetos do desempenho dos edifícios relativamente aos mencionados requisitos básicos.

2. CONTEXTO GERAL DA EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE EDIFÍCIOS

A tipologia construtiva dos edifícios, nas primeiras duas décadas do século XX, estava sobretudo baseada em paredes resistentes, geralmente de alvenaria de pedra irregular ou de tijolo, enquanto se verificava uma utilização crescente do betão como material de construção, o qual apresentava características de excelência no

tocante à possibilidade de produção mecanizada e utilização em larga escala. Esta entrada do betão armado na execução das estruturas dos edifícios, traduziu-se, na fase posterior à atrás referida, numa expansão da construção de edifícios sem paralelo na história, com a construção em massa de edifícios de porte variável e predominantemente com estrutura reticulada de betão armado moldada *in situ*, acompanhada da construção, em menor percentagem embora significativa, de edifícios com a utilização de elementos prefabricados de betão armado na sua estrutura.

Em paralelo, o aço emergiu no início do século passado como um material construtivo igualmente capaz de se impor como solução para a construção de edifícios, sobretudo edifícios de grande altura, ou para instalações industriais de envergadura, quer utilizado na forma de elementos estruturais constituídos por perfis de aço com diversa geometria de secção, e variados níveis de resistência mecânica e rigidez, quer em associação com o betão. Assim, a construção com base em alvenaria resistente sofreu, ao longo do século passado, uma gradual perda de implantação, sobretudo devido ao avanço imparável da solução de betão armado e a do aço, sendo que a disputa com essas soluções resultou na sua clara regressão, a par da crescente utilização de alvenaria não estrutural no preenchimento das malhas de estrutura reticulada, na envolvente dos edifícios e na compartimentação interior de edifícios.

Mais recentemente, a tecnologia de produção de chapa perfilada enformada a frio, veio permitir a utilização desta na estrutura de edifícios de pequeno porte, posicionando-a, nesse tipo de aplicações, em situação concorrencial com a estrutura de betão armado. No mesmo segmento de edifícios de pequeno porte, a solução de estrutura reticulada de madeira ou com base em toros de madeira, vem ocupando um lugar de progressivo destaque em termos de implantação nacional.

A gradual alteração que foi sendo introduzida nos sistemas tradicionais tem a sua compreensível causa no progressivo aumento da qualidade dos materiais de construção e no incremento da eficácia da técnica construtiva, com inegáveis ganhos de produtividade e obtenção de um produto final de maior qualidade e durabilidade. Assim, no domínio da construção de fachadas em edifícios, a solução de paredes de alvenaria atravessou os vários séculos, mantendo-se como uma atrativa solução construtiva para a envolvente vertical de edifícios, designadamente com função de preenchimento, embora se tenham verificado alterações sensíveis que resultaram em benefício do seu desempenho.

Nos edifícios habitacionais de porte médio, as soluções construtivas mais utilizadas na sua estrutura têm, essencialmente, variado muito pouco nas duas últimas décadas, a passo que se verifica uma maior alteração e inovação ao nível dos materiais de revestimentos e acabamentos, bem como nos componentes do edifício.

3. CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE EDIFÍCIOS

A construção industrializada de edifícios está em geral associada à utilização de soluções tecnológicas incluídas em sistemas e produtos de construção com forte componente inovadora, através das quais se obtêm acréscimos de produtividade e de qualidade da obra, bem como uma significativa redução dos prazos e do custo total da construção. Os aspetos diferenciadores das soluções de construção industrializada de edifícios face às soluções de construção tradicional são nomeadamente os seguintes: fabrico em série dos elementos construtivos, que integram a solução, em estaleiro da obra de construção do edifício ou em fábrica distante do local da referida obra; parcelamento da estrutura e dos elementos primários em componentes de menor dimensão, que permitem particular facilidade de transporte; possibilidade de ligação eficiente entre os vários elementos, a qual garante idênticas ou superiores condições de segurança, designadamente estrutural, em relação às oferecidas pelas soluções tradicionais.

De entre essas soluções de construção industrializada são de salientar os sistemas de estrutura reticulada prefabricada de betão armado, em geral complementada por painéis de preenchimento, os quais também são usualmente prefabricados. Trata-se de aplicações usualmente destinadas a edifícios industriais (armazéns, unidades fabris, pavilhões, etc.). Merecem, igualmente, destaque as soluções realizadas com base em estrutura reticulada de madeira ou metálica preenchida com painéis leves, ou em estruturas de paredes de betão realizadas com sistemas de cofragem perdida não resistente baseados em blocos vazados ou em placas de

materiais isolantes, preenchidas *in situ* com betão. Estes tipos de soluções têm sido aplicados sobretudo na construção de edifícios de habitação, escolares ou administrativos.

4. DESCRIÇÃO GERAL DAS PRINCIPAIS SOLUÇÕES DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA PARA EDIFÍCIOS

4.1 Generalidades

São diversas as soluções de construção industrializada para a execução de elementos construtivos da envolvente vertical e horizontal de edifícios (fachadas e coberturas), bem como da respetiva separação entre espaços interiores (pavimentos e paredes interiores), sendo possível agrupá-las basicamente em quatro tipos significativos, diferenciados entre si pela tipologia de estrutura correspondente: solução de elementos lineares (pilares e vigas), que corresponde a edifícios baseados em estrutura reticulada; solução de estrutura parede; solução mista de estrutura constituída por elementos lineares e paredes; solução de construção prefabricada modular (células tridimensionais).

Importa referir que, para as três primeiras soluções apresentadas, as situações mais comuns de vedação da envolvente vertical, com vista à proteção do edifício face às diferentes ações a que este fica sujeito, referem-se a elementos de fachada com base em: panos de alvenaria (parede dupla ou simples); painéis pesados prefabricados de betão ou sistemas de revestimento de fachadas (painéis de fachada leves, sendo exemplo os painéis tipo “sandwich”); a combinação de painéis prefabricados e panos simples ou duplos de alvenaria. Esses elementos de fachada em grande parte dos casos não fazem parte integrante da estrutura do edifício, tendo apenas a função de suporte do seu peso próprio e de resistência às ações climáticas, estando ligadas à estrutura através de ligações flexíveis que permitem melhor acomodar os movimentos globais da estrutura do edifício face às diversas ações (vento, sismos, sobrecargas, etc.), bem como os movimentos específicos da fachada.

Na quarta solução apresentada, os elementos de fachada desempenham em geral um papel estrutural e de resistência às ações mecânicas a que os edifícios ficam sujeitos.

Assim, pretende-se sintetizar de seguida os aspetos mais salientes destes tipos de soluções de construção industrializada para edifícios. Por conveniência de análise, sempre que for possível, para em cada um destes tipos de soluções, enquadrar nas diversas variantes construtivas cobertas pelos Guias ETAG da EOTA, tal será referenciado na descrição respetiva.

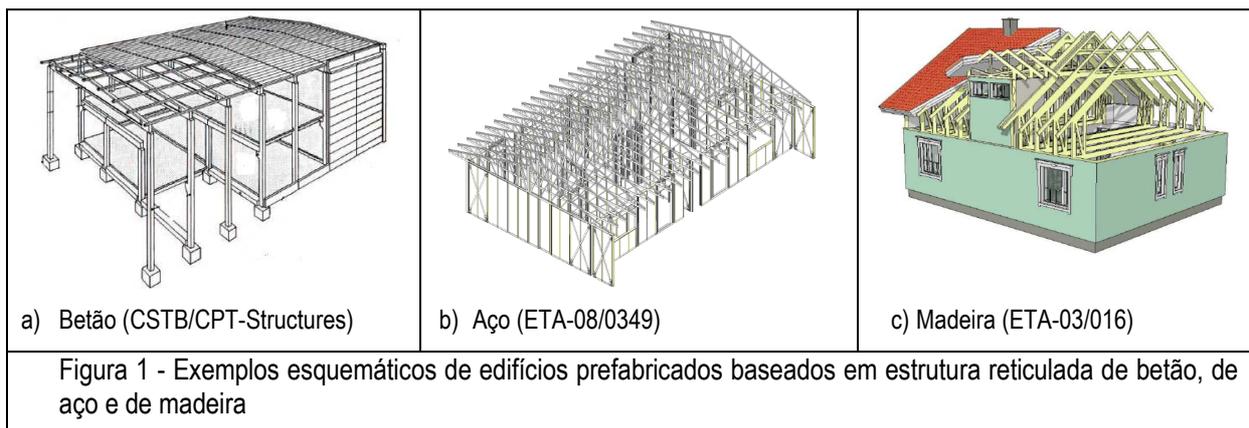
4.2 Edifícios baseados em estrutura reticulada

Neste tipo de edifícios de construção industrializada, são de destacar as soluções de estrutura reticulada de betão, de aço, ou de madeira, sendo seguidamente descritos os seus aspetos característicos principais (figura 1).

As soluções construtivas com base em estrutura reticulada de betão para edifícios consistem na utilização de pilares, vigas e lajes prefabricadas de betão unidos entre si, em grande parte dos casos, por ligações de continuidade betonadas em obra (figura 1a). Trata-se de soluções construtivas utilizadas na construção de edifícios, de forma significativa, nas décadas de 60 e 70 do século passado, especialmente em edifícios industriais, tendo-se assistido doravante a uma redução progressiva da sua utilização. Para este tipo de solução tem-se, como referência de especificação técnica aplicável, o guia ETAG 024 “Concrete Frame Building Kits” (Guia ETAG – Guia para Aprovação Técnica Europeia) da EOTA [33]. Este guia abrange os kits relativos a soluções industrializadas de construção de edifícios com estrutura reticulada de betão armado, e constituídos por componentes pré-concebidos e prefabricados. Para além dos elementos estruturais, podem também fazer parte dos kits os elementos da envolvente vertical, como sejam os painéis de fachada, as divisórias interiores, e outros elementos não estruturais. Esta solução será adiante abordada relativamente aos requisitos básicos a que deve satisfazer.

No caso da aplicação em edifícios de soluções construtivas com base em estrutura reticulada metálica, a característica marcante refere-se à utilização duma estrutura resistente modulada de perfis metálicos ligeiros, obtidos, em geral, de chapa de aço galvanizada e enformada a frio (figura 1b). Neste tipo de edifícios, a estrutura resistente de elementos estruturais metálicos formam um engradado (“framing”). Os edifícios prefabricados com estrutura reticulada metálica são em geral de pequeno porte, e destinam-se usualmente para fins de habitação ou de serviços, tendo-se verificado na década passada um surto de aplicação nacional, tendo esta, contudo, vindo ultimamente a decrescer. Para este tipo de solução tem-se, como referência de especificação técnica aplicável, o guia ETAG 025 “kits para edifícios com estrutura reticulada metálica”, preparado pela EOTA [35], que abrange os kits para construção de edifícios com estrutura metálica baseada em componentes estruturais pré-concebidos e prefabricados.

Por último, as soluções construtivas com base em estrutura reticulada de madeira para edifícios consistem na utilização de montantes e vigas prefabricadas de madeira unidas entre si (figura 1c), sendo a nível nacional crescente a sua utilização, sobretudo em edifícios de pequeno porte destinados a habitação unifamiliar. Os edifícios prefabricados com estrutura reticulada de madeira têm como referência de especificação técnica aplicável o Guia ETAG 007 (Timber Frame Building Kits) da EOTA [29]. Este guia abrange os kits constituídos, respetivamente, por componentes prefabricados de madeira, os quais são montados em obra. Os kits incluem todos os elementos estruturais necessários para a estabilidade da construção incluindo paredes e todos os componentes das paredes interiores.



4.3 Edifícios baseados em estrutura de parede ou mista

Existem diversos tipos de soluções de estrutura de parede ou de estrutura mista (estrutura constituída por elementos lineares e paredes) para edifícios, descrevendo-se seguidamente dois dos mais relevantes: solução de construção com base em estrutura de toros de madeira (figura 2a); soluções de construção com base em estruturas de paredes de betão realizadas com sistemas de cofragem perdida não resistente (figura 2b).

A solução de construção de edifícios com base em estrutura de toros de madeira baseia-se na utilização de toros de madeira sobrepostos horizontalmente de forma a se constituírem as paredes da envolvente dos edifícios. Os toros são, em geral, maciços ou formados por lamelas de madeira coladas, dispostas ao alto, e são fresados longitudinalmente com um perfil do tipo macho-fêmea, de forma a encaixarem uns nos outros. As estruturas dos pavimentos e cobertura são, em geral, constituídas por elementos de madeira maciça e/ou lamelada colada. As paredes interiores são, geralmente, constituídas por toros de madeira, empilhados horizontalmente. O toro formado por lamelas é, usualmente, obtido pela colagem face a face na vertical de três ou quatro pranchas de madeira.

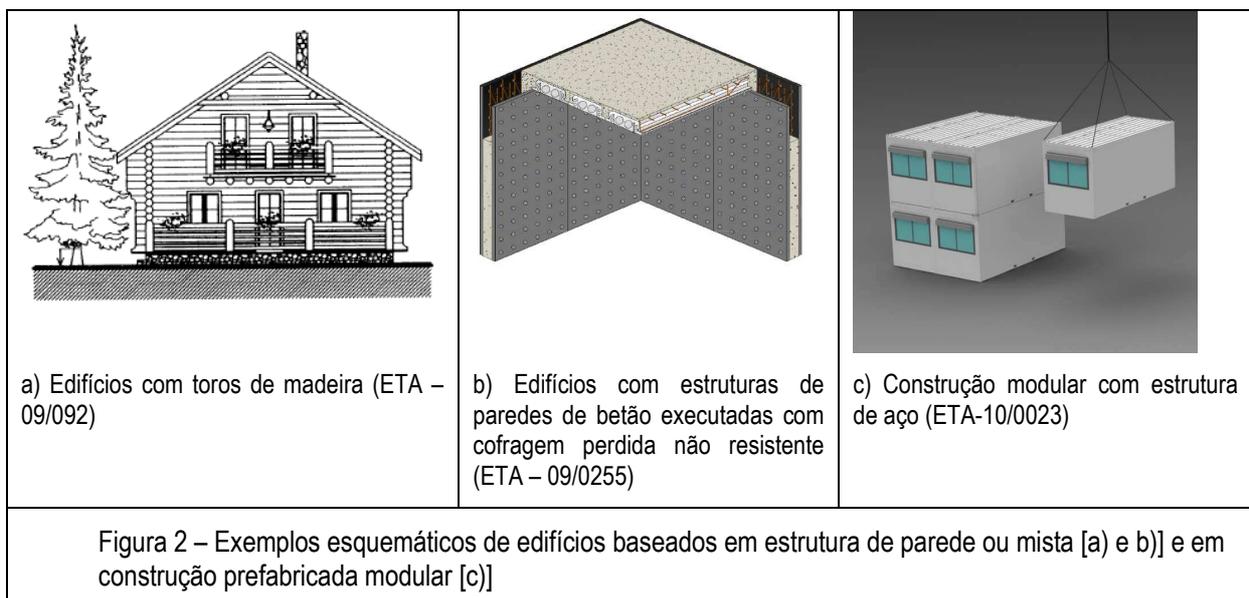
Este tipo de solução tem vindo a ganhar expressão em termos de aplicação nacional, nomeadamente em edifícios de pequeno porte unifamiliares, em geral integradas em ambiente rústico. Neste tipo de solução tem-se, como referência de especificação técnica aplicável, o Guia ETAG 012, “Kits para edifícios com toros de madeira”, preparado pela EOTA.

As soluções de construção com base em estruturas de paredes de betão executadas com cofragem perdida não resistente destinam-se essencialmente à construção de paredes exteriores e divisórias interiores de edifícios. A cofragem perdida é constituída por blocos de material isolante térmico, os quais, preenchidos com betão fresco, formam o núcleo resistente de betão que pode conter armaduras ou não, e eventualmente pode integrar outros materiais tais como o aço, a madeira e a cortiça. Noutra variante, o referido núcleo de betão pode ser executado através de painéis de cofragem perdida colocados de cada lado da zona a betonar. Trata-se de uma solução que se encontra em fase de implantação em termos de aplicação nacional. Neste tipo de solução tem-se, como referência de especificação técnica aplicável, o Guia ETAG 09, “Kits/Sistemas de cofragem perdida não resistente com base em blocos vazados ou placas de materiais isolantes e eventualmente betão”, da EOTA, tendo já sido concedidas diversas ETAs cobertas por este guia.

Alguns sistemas construtivos similares ao anterior são basicamente constituídos por paredes e lajes executadas “in situ” através da projeção de betão sobre painéis compostos leves. Esses painéis são constituídos por placas de poliestireno expandido que dispõem de armadura constituída por malha electrossoldada apoiada em cada uma das duas faces, a qual é realizada com base em varões de aço de alta resistência, sendo as duas malhas ligadas entre si por meio de varões de aço transversais que atravessam as placas de poliestireno. Estes painéis podem destinar-se à realização de paredes da envolvente, paredes divisórias e lajes e podem constituir-se como elementos estruturais integrados na envolvente vertical e horizontal de um edifício com adequada capacidade resistente. Os diversos elementos que integram o sistema ficam interligados através de camada contínua de betão projetado, não existindo qualquer tipo de juntas horizontais ou verticais depois de o betão ser projetado.

4.4 Edifícios baseados em construção prefabricada modular

Os edifícios com base em construção prefabricada modular são basicamente constituídos por módulos de construção concebidos como uma “estrutura tipo caixa”, prefabricados com montagem em fábrica e transportáveis para o local da obra (figura 2c). Os módulos integram geralmente uma estrutura metálica ou mista de elementos metálicos associados a elementos de madeira ou de betão, e podem ser monolíticos ou constituídos por painéis solidarizados entre si e com a função de paredes da envolvente exterior do edifício. Neste tipo de solução tem-se, como referência de especificação técnica aplicável, o Guia ETAG 023 “Construções prefabricadas modulares”, preparado pela EOTA [32]. A utilização nacional mais comum desta solução construtiva é em edifícios administrativos, em instalações empresariais e em edifícios de apoio a estaleiros de obra. A situação mais vulgarizada é a de estrutura geralmente modulada com base em montantes de aço associados, na zona das fachadas, a painéis prefabricados verticais (painéis verticais de tipo “sandwich” com chapa de aço e núcleo de espuma de poliuretano injetada).



5. REQUISITOS BÁSICOS DA CONSTRUÇÃO BASEADA EM ESTRUTURA RETICULADA DE BETÃO ARMADO, OU EM ESTRUTURAS DE PAREDES DE BETÃO EXECUTADAS COM COFRAGEM PERDIDA NÃO RESISTENTE

5.1 Aspectos gerais

De acordo com o Regulamento dos Produtos da Construção (RPC) [1], as obras de construção devem, no seu todo e nas partes separadas de que se compõem, estar aptas para o uso a que se destinam, tendo em conta, nomeadamente, a saúde e a segurança das pessoas nelas envolvidas durante todo o ciclo de vida da obra. As obras de construção devem satisfazer, em condições normais de manutenção, os sete requisitos básicos das obras de construção durante um período de vida útil economicamente razoável. Os sete requisitos básicos da construção são os seguintes: Resistência mecânica e estabilidade; Segurança contra incêndio; Higiene, saúde e ambiente; Segurança e acessibilidade na utilização; Proteção contra o ruído; Economia de energia e isolamento térmico; Utilização sustentável dos recursos naturais.

Pretende-se analisar sumariamente a forma como deve ser efetuada a verificação desses requisitos básicos das obras, relativamente aos casos específicos das soluções de construção industrializada para edifícios realizados com base em estrutura reticulada de betão armado (adiante designados com o acrónimo “ERBA”), ou com base em estruturas de paredes de betão realizadas com sistemas de cofragem perdida não resistente (adiante designados com o acrónimo “EPBC”), apresentando as questões que são comuns às duas soluções e as que são específicas de cada uma das soluções. Procura-se, ainda, analisar os aspetos condicionantes dessa verificação, em particular relativamente aos respetivos elementos primários da envolvente exterior. Convém salientar que aos elementos de fachada e de cobertura deste tipo de edifícios são atribuídas diversas funções, entre as quais a de barreira defensiva contra as ações climáticas, designadamente o vento a chuva e as variações de temperatura e de humidade, e de garantia de adequadas condições de conforto e segurança aos espaços interiores dos edifícios.

Na avaliação das características de desempenho dos produtos de construção de um edifício, designadamente ao nível do projeto, interessa ter em conta os requisitos básicos das obras de construção, os quais são expressos em geral através das exigências regulamentares e normativas nacionais ([2 a 8]) e europeias ([9 a 14]) aplicáveis. Considera-se, ainda, fundamental analisar a adequação do campo de aplicação e das condições de execução dos edifícios, baseados em soluções construtivas industrializadas, ao local concreto de implantação da obra, nomeadamente no que se refere às exigências regulamentares nacionais.

Analisa-se de seguida, sumariamente, a forma como os requisitos básicos das obras podem ser satisfeitos. Essa análise será realizada em função das características dos respetivos elementos construtivos constituintes e da utilização prevista, identificando os métodos de verificação a utilizar para a determinação de vários aspetos do desempenho dos edifícios relativamente aos mencionados requisitos básicos.

5.2 Resistência mecânica e estabilidade

5.2.1 - Aspectos gerais

Em termos de requisitos essenciais de resistência mecânica e estabilidade, as soluções contempladas devem ser capazes de suportar as cargas especificadas contra o colapso estrutural do todo ou de parte do edifício, em relação a deformações máximas e, quando aplicável, face a danos desproporcionados relativamente ao facto que lhes deu origem. As ações relevantes a considerar incluem o peso próprio, as sobrecargas, as ações do vento e da neve.

Em ambas as soluções abordadas no presente trabalho é de referir a importância da ação sísmica, tendo em conta o comportamento e a resistência mecânica pretendidos, muito particularmente ao nível das zonas de ligação entre elementos estruturais, bem como de ligação entre estes últimos e os elementos não-estruturais, designadamente os revestimentos de fachada.

Ultimamente, as estruturas prefabricadas têm vindo a ser objeto de preocupações explícitas relacionadas com o seu dimensionamento, muito particularmente face à ação sísmica. O conhecimento tem-se vindo a refletir, um pouco por todo o mundo, em documentação e, mais recentemente, em normas para o dimensionamento sísmo-resistente. Até 2004, as estruturas prefabricadas eram apenas tratadas de uma forma muito superficial no anexo informativo da norma NP EN 1998-1:2010 (EC8). No entanto, na última versão do EC8, todo o capítulo 11 da seção 5 é dedicado a estruturas de betão armado prefabricadas. A informação sobre a capacidade resistente às ações sísmicas, com base nos valores indicados nos Anexos Nacionais (AN) ou em quaisquer outras normas nacionais, pode ser aceite como uma base para o dimensionamento estrutural específico de cada solução individual.

5.2.2 - Aspetos específicos

a) Edifícios realizados com base em estrutura reticulada de betão armado (“ERBA”)

A verificação dos requisitos de resistência mecânica e estabilidade para edifícios realizados com base em estrutura reticulada de betão armado pode ser efectuada por cálculo, ou por cálculo assistido por ensaios.

Os elementos estruturais e as suas ligações devem ser verificados em conformidade com os critérios de dimensionamento em relação aos estados limite expressos na norma europeia NP EN 1990:2010, e com as ações relevantes para estruturas definidas na NP EN 1991:2010.

No que refere à verificação por cálculo, esta deve ser efetuada de acordo com as partes relevantes da NP EN 1992:2010 com o objetivo de verificar se os componentes estruturais prefabricados de betão e a estrutura betonada *in situ* não excedem o estado último mais relevante. Os cálculos adicionais, que são relevantes para a resistência deste tipo de estruturas às ações sísmicas, devem ser efetuados de acordo com o disposto na NP EN 1998-1:2010, para diversos materiais e elementos. Tendo em conta o tipo de solução em causa e a resistência das ligações entre os elementos da estrutura reticulada, será importante proceder a uma avaliação mais específica da integridade dos painéis e/ou elementos de fachada face à ação sísmica.

A mais recente versão da norma europeia que contempla o dimensionamento sísmo resistente, reconhece que as estruturas prefabricadas podem e devem ser projetadas com capacidade de dissipação de energia comparável à das estruturas betonadas *in situ*.

Relativamente às ligações, o EC8 incorpora o cálculo pela capacidade real (*capacity design*). No entanto, sem se saber o comportamento real das ligações no sistema específico e sem se terem ferramentas adequadas de análise e dimensionamento, é problemática a aplicação adequada do EC8.

Com vista ao adequado desempenho estrutural do edifício, considera-se fundamental que a conceção, o dimensionamento, a instalação e a manutenção dos dispositivos de ligação entre os elementos estruturais tenham em conta as diferentes situações de carga, em particular as relativas à excitação sísmica.

O tipo de ligações pode condicionar o funcionamento deste tipo de estruturas influenciando, de uma forma muito direta, o colapso dos painéis ou paredes. A resistência individual dos elementos é uma variável condicionada sobretudo pelo limite de resistência do material. Há no entanto situações que podem ocorrer em paredes de alvenaria, em que a incerteza associada ao seu comportamento mecânico deverá ser tida em conta na avaliação do comportamento global do sistema estrutural, pelo que não poderá ser em circunstância alguma menosprezada.

Outras situações em que sejam previstos efeitos locais adversos resultantes da interação entre paredes ou painéis e a estrutura, dos quais se salienta por exemplo o *inter-story drift* excessivo, muito para além dos limites preconizados em documentação de tipo normativo (SEAOC, 2005, [35]), também não deverão ser desconsideradas.

O papel dos painéis de fachada leves no comportamento sísmico de estruturas prefabricadas reticuladas de betão armado tem sido amplamente reconhecido como importante durante a sua vida útil, especialmente para eventos sísmicos frequentes e de magnitude considerável. No projeto, a contribuição dos painéis de fachada

leves é muitas vezes negligenciada quando da determinação da distribuição das forças sobre os elementos estruturais.

Esta abordagem deve ser substituída por uma análise mais realista, tendo em conta que os painéis de fachada leves podem modificar e condicionar negativamente as deformações da estrutura do edifício. Também, neste caso, a resistência dos próprios painéis de fachada leves, deve ser garantida pelo dimensionamento correto dos elementos de ligação. Se a colaboração dos painéis de fachada leves com a estrutura principal for negligenciada, as ligações têm que estar dimensionadas para permitir os deslocamentos máximos e deslocamentos relativos (inter-story drifts) esperados sob a ação sísmica de dimensionamento. O limite de 1% para o deslocamento relativo (inter-story drift) preconizado por alguns documentos (SEAOC, 2005, [35]) é de fato aceitável, desde que as ligações sejam corretamente dimensionadas e adequadamente construídas e montadas.

Verifica-se que o desempenho sísmico de painéis de fachada leves e das suas ligações melhora com o método de instalação (aperto da ligação, tipo ângulo, posição da ligação), tendo sido observada, por via de ensaios experimentais em mesa sísmica, a elevada influência negativa que os painéis sem ligações adequadas têm sobre o desempenho sísmico de edifícios realizados com base em estrutura reticulada de betão armado [36]. As situações referidas deverão ser verificadas de acordo com o disposto em 5.11 da NP EN 1998:2010 ou em documentação da especialidade ou por via de simulações em modelos físicos.

b) Edifícios realizados com base em estruturas de paredes de betão realizadas com sistemas de cofragem perdida não resistente (“EPBC”)

Nos edifícios realizados com base em estruturas de paredes de betão executadas com sistemas de cofragem perdida não resistente, a metodologia de verificação dos requisitos de resistência mecânica e estabilidade depende dos aspetos mais relevantes do sistema, sendo para o efeito necessária a realização de ensaios experimentais. Assim, e para melhor efetivar a verificação dos requisitos, deverá ser considerado o maior número possível de detalhes característicos da solução, nomeadamente relativos a aberturas para janelas e/ou portas, cantos, junções com as paredes internas, lintéis, junções ao nível do piso e da cobertura, incorporação de reforço horizontal e vertical, cortes efetuados no local, juntas de blocos ou painéis, e instalações que passam através da parede.

Os edifícios “EPBC” devem permitir a construção de paredes de betão com segurança adequada, livres de vazios significativos, com perda de água suficientemente baixa entre as ligações ou através dos elementos de cofragem e que não promovam a segregação do betão. A este respeito, deverá ser possível encher adequadamente a cofragem e compactar devidamente o betão.

A possibilidade de reforço em aço nas paredes de betão armado e o requisito mínimo para paredes de betão armado não reforçadas, deverão ser examinadas, nomeadamente ao nível da zona perimetral de ligação entre armaduras ao nível dos pisos ou da cobertura; e ao nível de vigas, parapeitos e interligação das paredes. Em zonas de sismicidade moderada a elevada, os edifícios deverão ser avaliados de acordo com a utilização e funcionalidade pretendidas, bem como apresentar reforços estruturais adicionais, conforme as disposições constantes na NP EN 1998: 2010.

5.3 Segurança contra incêndio

5.3.1 - Aspetos gerais

As obras de construção dos edifícios em análise devem ser concebidas e realizadas de modo a que, em caso de incêndio: a capacidade das estruturas de suporte de carga possa ser garantida durante um período determinado (aspeto importante a considerar no caso presente de edifícios com estrutura baseada em elementos de betão armado); a deflagração e a propagação do fogo e do fumo dentro da obra de construção sejam limitadas; a propagação do fogo às construções adjacentes seja limitada; os ocupantes possam abandonar a obra de construção ou ser salvos por outros meios; a segurança das equipas de socorro seja contemplada [1].

A verificação da segurança em caso de incêndio passa pela consideração das exigências regulamentares nacionais e europeias pertinentes. Assim, no que se refere à regulamentação nacional, a apreciação da segurança em caso de incêndio deste tipo de edifícios deve ser feita de acordo com o Regime Jurídico de Segurança contra Incêndios em Edifícios, designado pelo acrónimo de SCIE (Decreto-Lei nº 220/2008 de 12 de novembro [5]), e com o Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios, o qual estabelece as condições técnicas gerais e específicas do SCIE (Portaria 1532/2008, de 29 de dezembro [6]).

No que se refere à reação ao fogo, os componentes construtivos individuais encontram-se abrangidos por uma das três seguintes opções: opção 1, no caso de componentes não cobertos pela opção 2 ou 3 adiante descritas – trata-se de componentes que deverão ser ensaiados de acordo com a norma de ensaio adequada para o efeito e classificados de acordo com a norma EN 13501-1 (Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using test data from reaction to fire test [17]); opção 2, componentes individuais que satisfazem os requisitos atribuíveis à classe de reação ao fogo A1, sendo prescindível a realização de ensaios; opção 3, produtos que satisfazem os requisitos de uma determinada classe de reação ao fogo, tendo por base em particular a sua conformidade com a descrição detalhada de produto-tipo, o qual é objeto de classificação sem necessidade de ensaios.

No tocante à resistência ao fogo, tendo em conta a utilização prevista, convirá verificar o desempenho em termos de classificação dos componentes individuais da obra (componentes para execução das estruturas, das paredes, dos pavimentos e das coberturas), estabelecidas segundo as normas nacionais ou europeias (normas EN relativas à resistência ao fogo dos componentes, designadamente as normas EN 13501-2, EN 13501-3). Considerando que esse desempenho não depende apenas das características intrínsecas dos materiais ou do tipo de incêndio, interessa considerar também as condições de incorporação dos referidos componentes na obra.

Quanto à resistência ao fogo de elementos de compartimentação, designadamente divisórias interiores, importa verificar os requisitos da respetiva regulamentação nacional e normativa europeia aplicável, tendo particularmente em conta a disposição destas no edifício e as aplicações previstas.

5.3.2 - aspetos específicos

No caso dos edifícios “ERBA”, as paredes, pavimentos e coberturas devem ser classificados, com base na norma EN 13501 [17], em termos de reação ao fogo, utilizando o método de ensaio preconizado na normalização aplicável.

No caso dos edifícios “EPBC”, convirá determinar as características de reação ao fogo dos elementos constituintes das paredes que possam ser suscetíveis à ação do fogo.

5.4 Higiene, saúde e ambiente

5.4.1 - aspetos gerais

As obras de construção dos edifícios em análise devem ser concebidas e realizadas de modo a não causarem, durante o seu ciclo de vida, danos à higiene, à saúde e à segurança dos trabalhadores, dos ocupantes e dos vizinhos, e a não exercerem um impacto excessivamente importante, durante todo o seu ciclo de vida, na qualidade ambiental nem no clima durante a sua construção, utilização ou demolição, em consequência, particularmente de: libertação de gases tóxicos; emissão de substâncias perigosas, de compostos orgânicos voláteis (COV), de gases com efeito de estufa ou de partículas perigosas para o ar interior ou exterior; emissão de radiações perigosas; humidade em partes ou em superfícies da obra de construção. No que se refere a este último aspeto, convém salientar que a presença de humidade no interior das fachadas podem associar-se riscos múltiplos, em particular a degradação dos elementos isolantes, a corrosão de elementos metálicos existentes no seu interior e a consequente fendilhação dos elementos envolventes; no caso em que essa humidade atinge os paramentos interiores da fachada, tal pode provocar a formação de manchas de humidade e bolores nesses paramentos, e traduzir-se na sua degradação progressiva.

A estratégia do controlo do risco de presença de humidade na envolvente vertical deste tipo de edifícios prefabricados deve ser estabelecida de forma diferenciada em função do tipo de elemento de fachada em presença e da sua vocação: ou para evitar, na sua quase totalidade, a infiltração de água da chuva; ou para permitir de forma controlada a penetração da humidade sobretudo através das juntas existentes entre elementos prefabricados ou paredes de alvenaria revestidas, situação que obriga a garantir que essa água da chuva ou humidade possa evaporar naturalmente, ou a prever um dispositivo de evacuação para o exterior dessa humidade, designadamente através do seu encaminhamento para caleiras dispostas na base desses elementos, ao nível dos pisos. Preconiza-se, em geral, que este tipo de fachadas possa manter-se, durante o período de vida útil, sem a necessidade de substituição significativa das suas partes fundamentais, sendo apenas prevista a simples reparação destas ou a substituição de alguns componentes acessórios.

Nesse sentido, importa avaliar o desempenho do edifício face ao risco de infiltração de água da chuva e de ocorrência de manchas de humidade nos paramentos interiores, de formação de bolores, de condensação superficial ou de condensação interna, e de criação de deficientes condições de ambiente interior nos edifícios. Para o efeito, interessa a determinação das características de permeabilidade ao vapor de água e de resistência à humidade dos elementos da envolvente do sistema, as quais dependem das propriedades dos materiais, das disposições construtivas preconizadas e da utilização prevista para os edifícios.

Convirá assegurar que seja diminuta a possibilidade de ocorrência de fenómenos de condensação, nos elementos da fachada, decorrentes da difusão do vapor de água, e que, caso ocorram esses fenómenos, se possa propiciar a secagem completa dos elementos durante o período de evaporação. O risco de condensação pode em geral ser avaliado com base nas características termo-higrométricas dos produtos e na pormenorização construtiva.

No que se refere à estanquidade da envolvente exterior interessa avaliar a respetiva resistência à penetração de água da chuva (water leakage resistance), em particular da chuva batida pelo vento, com base na experiência de observação de soluções construtivas semelhantes ou mesmo através de ensaio em laboratório.

Cabe também verificar o cumprimento da legislação europeia relativa a substâncias perigosas por parte dos materiais constituintes dos elementos e componentes do edifício.

5.4.2 - Aspetos específicos

No que refere aos edifícios “ERBA”, importa considerar na conceção das juntas existentes, particularmente nas existentes nos elementos das fachadas do edifício, a sua adequação face ao risco de penetração do vapor de água e eventual contacto deste com superfícies interiores frias, ou à possibilidade de infiltrações de água da chuva através da envolvente ou de presença de neve.

No que se refere aos edifícios “EPBC” interessa assegurar uma conceção correta das zonas de descontinuidade interna (em especial as juntas entre painéis de cofragem perdida e as zonas dos vãos), no que respeita à sua adequação face ao risco de penetração do vapor de água ou face a ocorrência de infiltrações da água da chuva, de forma a evitar, em particular, a corrosão de elementos metálicos existentes no interior da parede. Por outro lado, a parede deverá ser concebida e executada de forma a que os painéis de cofragem não promovam fenómenos de sucção de água no betão fresco que possam afetar negativamente a qualidade do betão endurecido.

5.5 Segurança e acessibilidade na utilização

As obras de construção dos edifícios em análise devem ser concebidas e realizadas de modo a não apresentarem riscos inaceitáveis de acidentes ou danos durante a sua utilização e funcionamento, como, por exemplo, riscos de escorregamento, queda, colisão, queimadura, electrocussão e lesões provocadas por explosão e roubo [1]. Em especial, as obras de construção devem ser concebidas e realizadas tendo em conta a acessibilidade e a utilização por pessoas com deficiência.

As ações relativas a cargas permanentes e acidentais em paredes interiores e exteriores, em particular as ações acidentais de choque resultantes de queda ou projeção de pessoas e objetos, ou as cargas excêntricas associadas à suspensão de equipamento ou mobiliário em paramentos de paredes, podem gerar esforços significativos, face aos quais essas paredes deverão dispor de suficiente resistência mecânica e adequadas características de estabilidade para não colocar em risco a segurança de pessoas, designadamente devido à formação de fragmentos cortantes. Estas características devem ser asseguradas pela fixação das dimensões máximas das paredes ou dos painéis entre elementos de travamento de forma a limitar a respetiva esbelteza (ou seja, minimizando a relação entre a dimensão na vertical da parede ou do painel e a respetiva espessura).

Deverá ser avaliada, através de ensaios, a resistência da estrutura das paredes ou dos painéis a ações de choque de corpo mole e de corpo duro, a cargas verticais excêntricas, e a cargas horizontais lineares estáticas.

5.6 Proteção contra o ruído

As obras de construção dos edifícios em análise devem ser concebidas e realizadas de modo a que o ruído a que os ocupantes possam estar sujeitos, assim como as pessoas próximas, se mantenha a um nível que não prejudique a sua saúde e permita, no caso da utilização prevista, desenvolver as atividades de trabalho em condições satisfatórias [1].

Torna-se conveniente a avaliação, ao nível do projeto, do desempenho em termos de isolamento a sons aéreos e de percussão de elementos primários deste tipo de edifícios prefabricados, a qual deverá ser efetuada tendo em conta a regulamentação nacional e a normalização europeia, e considerando a utilização prevista.

A avaliação do desempenho em termos de isolamento a sons aéreos de paredes destes edifícios deverá ser efetuada tendo em conta a regulamentação nacional e a normalização europeia. Os requisitos acústicos relativos aos edifícios estão definidos no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE - Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho de 2008) [7]. A proteção acústica de espaços delimitados por divisórias, face a ruídos produzidos no interior do edifício, deve ser garantida através de exigências impostas a essas divisórias e expressas através da limitação do respetivo valor do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado ($D_{nT,w}$), de forma a satisfazer aos critérios definidos no RRAE, os quais variam em função do tipo de edifício e da ocupação dos espaços no interior do edifício.

Importa verificar, ao nível do projeto da obra, se as exigências relativas ao índice de isolamento sonoro aos sons de condução aérea normalizado, são satisfeitas pelos elementos construtivos (primários) da envolvente exterior dos edifícios no desempenho de uma eventual função de separação dos compartimentos em relação ao exterior (alínea a) do art. 5º do RRAE – limitações ao valor de $D_{2m,n,w}$), tendo em conta o tipo de zona onde está implantado o edifício (zonas sensíveis ou mistas – de acordo com o Regime Legal da Poluição Sonora (RLPS), Decreto-Lei n.º 292/00, de 14 de Novembro). Tal passa pelo correto conhecimento das características de isolamento sonoro desses elementos primários de construção, designadamente obtido através de ensaios, as quais, são confrontadas com as referidas exigências. Interessa, assim, avaliar as características principais de isolamento sonoro, mediante a determinação do índice de isolamento a sons aéreos e o índice de isolamento a sons de percussão.

Por outro lado, poderá ser conveniente a avaliação das características de desempenho acústico, baseada em resultados de ensaios experimentais, em laboratório, de elementos secundários, nomeadamente sobre portas interiores e janelas, através da determinação do índice de isolamento sonoro.

5.7 Economia de energia e isolamento térmico

As obras de construção dos edifícios em análise e as suas instalações de aquecimento, arrefecimento, iluminação e ventilação devem ser concebidas e realizadas de modo a que a quantidade de energia necessária para a sua utilização seja baixa, tendo em conta os ocupantes e as condições climáticas do local [1]. As obras de construção devem também ser eficientes em termos energéticos e utilizar o mínimo de energia possível durante a construção e desmontagem.

Considera-se necessário que na fase de projeto seja efetuada a avaliação do desempenho em termos de isolamento térmico de elementos de construção dos edifícios, tendo em conta a regulamentação nacional (RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos edifícios, Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril; e RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril) e europeia. Tal avaliação passa pela análise da informação disponível, nomeadamente relativa: aos valores do coeficiente de transmissão térmica (U) de elementos primários (paredes, pavimentos e coberturas) e de elementos secundários (janelas, portas, e outros elementos de cerramento de vãos); e a valores da inércia térmica dos edifícios. Importa, em particular, avaliar, em zonas de pontes térmicas, o risco de humidade de condensação com reflexo negativo nas condições de higiene, saúde e ambiente, bem como a ocorrência de baixas temperaturas que provocam o desconforto dos utentes. Interessa nomeadamente determinar os valores do coeficiente de transmissão térmica (U) das paredes calculados de acordo com a EN ISO 6946: 2007 “Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method” [22]; os valores do coeficiente de transmissão térmica (U) de vãos envidraçados incluídos no painel de divisória e de portas, calculados de acordo com a EN ISO 10077-1:2006 “Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 1: General” [23].

No que diz respeito à permeabilidade ao ar da envolvente externa de edifício com base nestas soluções construtivas, convirá estudar, em função do tipo de clima do local de implantação e da utilização prevista, os pormenores construtivos dos elementos da envolvente mais adequados com relevância para o efeito (designadamente os relativos a juntas entre componentes), no sentido de prevenir desnecessárias perdas de energia e correntes de ar que afetem a saúde dos utentes, e simultaneamente minimizar o risco de condensações nas partes interiores do edifício.

A verificação das exigências da regulamentação nacional e da normativa europeia, no que se refere aos espaços interiores destes edifícios envolve a limitação do respetivo consumo de energia, e a obtenção de níveis adequados de conforto térmico. Saliente-se que as limitações que se impõem relativamente a cada fração autónoma de um edifício referem-se ao estabelecimento de: um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Ni); e um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nv).

5.8 Utilização sustentável dos recursos naturais

As obras de construção de edifícios em análise devem ser concebidas, realizadas e demolidas de modo a garantir uma utilização sustentável dos recursos naturais e, em particular, a assegurar: a reutilização ou a reciclabilidade das obras de construção, dos seus materiais e das suas partes após a demolição; a durabilidade das obras de construção; a utilização, nas obras de construção, de matérias-primas e materiais secundários compatíveis com o ambiente [1].

Neste contexto, considera-se necessário que, ao nível da conceção, se vise garantir que a deterioração ao longo do tempo de vida útil dos materiais e componentes (provocada pelos agentes físicos, biológicos e químicos) não afeta significativamente o desempenho da construção, no que se refere à satisfação dos requisitos básicos das obras de construção. Em particular, são relevantes os aspetos relacionados com: a compatibilidade entre materiais; a aplicação de revestimentos de proteção; e a facilidade e o custo das operações de substituição de componentes, no âmbito de regular manutenção e conservação. São também aspetos importantes para a garantia da durabilidade, o controle das condições de manuseamento, de transporte e de armazenamento em obra dos componentes e elementos de construção destinados a este tipo de edifícios.

Relacionados em grande parte com as questões de utilização e durabilidade do edifício, estão, ainda, aspectos associados com as condições de serviço ao longo do tempo de vida útil dos elementos de construção do edifício, os quais interessa também avaliar, designadamente, no que se refere à verificação, tendo em conta o disposto na regulamentação nacional e nos Eurocódigos relevantes, das características de rigidez adequadas dos elementos com função portante (pavimentos, vigas, lintéis, etc.), face à necessidade de não se excederem os valores correspondentes das deformações máximas admissíveis.

6. ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR

De acordo com o artigo 17.º do Regulamento Geral de Edificações Urbanas (RGEU) [2], alterado pelo Decreto-Lei n.º 50/2008, de 19 de Março, o procedimento de homologação aplica-se ao caso particular dos produtos de construção industrializada que não disponham de marcação CE, desde que satisfeitas determinadas condições especificadas nesse Decreto-Lei.

Nos casos em que já tenham sido aprovados os Guias para Aprovação Técnica Europeia (ETAG's), preparados pela Organização Europeia de Aprovação Técnica (EOTA), que cubram uma determinada família de produtos/kits de construção industrializada (caso já atrás referido relativamente aos Guias ETAG 07 "Timber frame building kits", ETAG 012 "Log buildings kits", ETAG 025 "Metal Frame Building Kits", ETAG 026 "Concrete Frame Building Kits", e ETAG 023: "Prefabricated buildings units" - refira-se que, com base nesse guias, é feita a avaliação conducente à concessão de aprovações técnicas europeias (ETAs) a esses produtos/kits, que possibilitam a respetiva marcação CE), em alternativa à homologação pelo LNEC dos sistemas que integram esses produtos/kits, poderá optar-se por um processo de Aprovação Técnica Europeia (ETA). Numa fase preliminar de um estudo para a obtenção de um DH, ou de uma ETA, o LNEC pode elaborar uma Apreciação Técnica Preliminar particularmente destinada soluções de construção industrializada cujo desenvolvimento industrial ou comercialização, em Portugal, se encontre ainda numa fase incipiente, apreciação que se traduz na elaboração de um relatório que constitui, essencialmente, o parecer do LNEC sobre a viabilidade de utilização nacional das referidas soluções de construção.

No caso de realização dessa Apreciação Técnica Preliminar, com emissão de parecer favorável, a mesma deverá ser seguida de um processo de homologação ou de aprovação técnica europeia realizado ao abrigo do artº 8º e do número 1 do artº 9º da Directiva dos Produtos da Construção (89/106/CEE), transposta para o direito nacional através do Dec.-Lei 113/93 de 10 de Abril, alterado pelos Decretos-Leis nºs 139/95, de 14 de Junho, e 374/98 de 24 de Novembro e regulado pela Portaria nº 566/93, de 2 de Junho. O desenvolvimento do estudo de homologação ou de concessão da ETA, beneficiará, contudo, dos trabalhos efetuados no âmbito da referida apreciação preliminar.

Na prática, nos casos em que as empresas produtoras de sistemas de construção industrializada solicitam ao LNEC estudos de apreciação preliminar, de homologação ou de aprovação técnica europeia relativos aos respetivos sistemas de construção, o LNEC procede, em geral, ao envio de um "Guião para preparação do dossiê técnico relativo a sistemas de construção industrializada", com base no qual é elaborado o Plano de Trabalho do estudo. No caso da aprovação pela empresa do Plano de Trabalhos, a informação constante do referido dossiê técnico é analisada tendo em vista a apreciação dos diversos aspetos relevantes do sistema em apreço.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As soluções construtivas utilizadas em edifícios têm sofrido uma evolução contínua ao longo dos últimos séculos e, em especial, nos 3 últimos quartéis através dos quais o avanço das ciências dos materiais e o progresso tecnológico tem proporcionado a construção com maior segurança e qualidade.

A construção tradicional dos edifícios de pequeno porte é na sua maioria executada com base em técnicas da construção de utilização relativamente estável ao longo das últimas décadas. Com efeito, sobretudo as realizações em construção industrializada, a partir da década de 60, tendem a afastar-se, em termos significativos, do figurino dominante, e em contínuo aperfeiçoamento, de edifícios com base em estrutura reticulada monolítica de betão armado preenchida com panos de alvenaria de blocos ou de tijolos, e procuram inovar ou experimentar as tecnologias importadas mais implantadas.

Basicamente, do ponto de vista construtivo, os edifícios de construção industrializada apresentam um esqueleto principal que constitui a respetiva estrutura, e que sustenta os restantes elementos, sendo que os materiais básicos desse esqueleto, presentemente, não apresentam em termos representativos muitas soluções disponíveis para além das baseadas no betão armado, aço ou madeira, mas, por outro lado, existe uma

multiplicidade de materiais que podem integrar os diferentes elementos não-estruturais, em particular as alvenarias ou os painéis para paredes.

As tecnologias e os processos de construção industrializada têm vindo a evoluir na medida em que novos materiais de construção vão sendo desenvolvidos, mas igualmente porque se vão elevando, ao longo do tempo, as exigências de desempenho dos edifícios sobretudo relativas à segurança e ao conforto, tornando mais exigente a satisfação, de forma atualizada, dos requisitos básicos das obras e de adequado tipo de execução dos elementos construtivos. Saliente-se que, no tocante às paredes da envolvente destas soluções construtivas, não basta conferir um grau elevado de isolamento térmico, e de resistência ao fogo, mas importa também assegurar adequadas características de permeabilidade ao vapor de água e de resistência à humidade, bem como de suficiente segurança, designadamente em relação às ações sísmicas, e face a ações de impacto.

Certamente, no contexto económico das últimas décadas, a escolha dos processos construtivos tem sido equacionada, sobretudo, em termos da sua rentabilidade de execução e da sua economia, sendo que as soluções de construção industrializada dão uma resposta possível a esses desideratos, bem como às exigências colocadas pela multiplicidade e complexidade de funções que o edifício deve desempenhar, as quais levam a privilegiar a escolha das soluções tecnológicas que otimizem o binómio qualidade/custo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Regulamento dos Produtos de Construção – Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de março de 2011. PT 4.4.2011 Jornal Oficial da União Europeia L 88/33.
- [2] |P| – Leis e Decretos, etc. – Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU). Decreto-Lei n.º 38382, de 7 de agosto de 1951 e posteriores alterações. Lisboa: INCM, 1986.
- [3] |P| - Leis, decretos, etc. – Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA). Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de Maio. Lisboa: INCM, 1983.
- [4] |P| - Leis, decretos, etc. – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP). Decreto-Lei n.º 349-C/83, de 30 de Julho. Lisboa: INCM 1983.
- [5] |P| – Leis, decretos, etc. – Regime Jurídico da Segurança contra Incêndios em Edifícios (SCIE). Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro. Lisboa: INCM, 2008.
- [6] |P| – Leis, decretos, etc. – Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios (SCIE). Portaria n.º 1532/2008, de 29 de dezembro. Lisboa: INCM, 2008.
- [7] |P| – Leis e Decretos, etc. – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE). Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de maio, alterado pelo Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 junho. Lisboa: INCM, 2008.
- [8] |P| – Leis e Decretos, etc. – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril. Lisboa: INCM, 2006.
- [9] NP EN 1990: 2010. Bases para o projecto de estruturas. Lisboa: IPQ.
- [10] NP EN 1991-1: 2010. Acções em estruturas. Parte 1-1: Acções gerais – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios. Lisboa: IPQ.
- [11] NP EN 1992-1-1: 2010. Projecto de estruturas de betão. Parte 1.1: Regras gerais e regras para edifícios. Lisboa: IPQ.
- [12] NP EN 1994-1-1:2004 - Design of composite steel and concrete structures - Part 1.1: General rules and rules for buildings. Brussels: CEN.
- [13] NP EN 1997-1: 2010. Projecto geotécnico. Parte 1: Regras gerais. Lisboa: IPQ.
- [14] NP EN 1998-1: 2010. Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1.1: Regras gerais, acção sísmica e regras para edifícios. Lisboa: IPQ.
- [15] NP EN 206-1: 2007 - Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade”. Lisboa: IPQ.
- [16] NP EN 13670 -1: 2007- Execução de estruturas de betão. Parte 1: Regras gerais. Lisboa: IPQ.
- [17] EN 13501:2007+A1:2009 (Part 1; Part 2) – Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests; Part 2 - Classification using data from resistance to fire tests, excluding ventilation services. Brussels: CEN.
- [18] EN 13238:2010 - Reaction to fire tests for building products – Conditioning procedures and general rules for selection of substrates. Brussels: CEN.
- [19] EN 13823:2010 – Reaction to fire tests for building products - Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item. Brussels: CEN.

- [20] EN ISO 11925-2:2010 – Reaction to fire tests - Ignitability of products subjected to direct impingement of flame - Part 2: Single-flame source test. Brussels: CEN.
- [21] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA) – Technical Report TR 001: Determination of impact resistance of panels and panel assemblies. Brussels: EOTA, 2003.
- [22] EN/ISO 6946:2007, Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method. Brussels: CEN.
- [23] EN ISO 10077-1:2006 – Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance - Part 1: General. Brussels: CEN.
- [24] EN 1279-5: 2009 – Glass in Building - Insulating Glass Units – Part 5: Evaluation of Conformity. General product information. Brussels: CEN.
- [25] EUROPEAN COMMISSION (EC) – A harmonized approach relating to dangerous substances under the Construction Products Directive (revision). Brussels: The Commission, August 2002. Guidance Paper H.
- [26] EN ISO 10140-2: Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 2: Measurement of airborne sound insulation (ISO 140-3:1995). Brussels: CEN.
- [27] NP EN ISO 717-1: 2009. Acústica. Medição do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1: Isolamento sonoro a sons de condução aérea (ISO 717-1:1996 + A1:2006). Caparica: IPQ.
- [28] NP EN ISO 354: 2007. Acústica – Medição da absorção sonora em câmara reverberante (ISSO 354: 2003). Caparica: IPQ.
- [29] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA) – Guideline for European Technical Approval (ETA) for Timber Frame Building Kits. Brussels: EOTA, 2000 (ETAG 07).
- [30] (EOTA) – Guideline for (ETA) for Non load-bearing permanent shuttering kits/systems based on hollow blocks or panels of insulating materials and sometimes concrete. Brussels: EOTA, 2002 (ETAG 09).
- [31] (EOTA) – Guideline for (ETA) for Log Building Kits. Brussels: EOTA, 2002 (ETAG 012).
- [32] (EOTA) – Guideline for (ETA) for Prefabricated building units. Brussels: EOTA, 2006 (ETAG 023).
- [33] (EOTA) – Guideline for (ETA) for Concrete Frame Building Kits. Brussels: EOTA, 2006 (ETAG 024).
- [34] (EOTA) – Guideline for (ETA) for Metal Frame Building Kits. Brussels: EOTA, 2006 (ETAG 025).
- [35] (SEAOC) - Performance based seismic engineering of buildings, Part 2: Conceptual framework, Vision 2000 Committee, Structural Engineers Association of California, Sacramento, California, U.S, 2005.
- [36] Paulo Candeias, Alfredo campos Costa, Marta Mateus - SAFecast (2012):Relatório final de projeto (em fase de conclusão).
- [37] Teixeira Trigo, J. – Tecnologias da construção da habitação. Memória nº 507, LNEC, 1978.
- [38] FEUP – Prefabricação. Desenvolvimentos actuais. 2as Jornadas de Construções Civas, Universidade do Porto, Dezembro de 1993.
- [39] Miranda Dias, J.L. – Durabilidade de edifícios com estrutura reticulada de betão armado associada a paredes de alvenaria de preenchimento. Comunicação ao BE2010 – Encontro Nacional de Betão Estrutural 2010, LNEC, Novembro de 2010.
- [40] Miranda Dias, J.L. – Edifícios com base em estrutura reticulada metálica. Comunicação ao VI Congresso de Construção Metálica e Mista, Porto, Novembro de 2007.
- [41] CEB-FIP – Prefabrication for affordable housing – State-of-Art Report. Bulletin 60, Lausanne, FIP, 2011.