

Resistência ao fogo de pilares em betão armado: Implicações na prática de projecto em Portugal

Maria Alzira Barros Ramalho¹, Miguel Chichorro Gonçalves², Vítor Abrantes³

Resumo

A prática de dimensionamento de estruturas em muitos países da Europa ainda não contempla, de forma sistemática, a verificação da resistência ao fogo. Com a introdução das Normas Europeias (EN) para a concepção e projecto de estruturas de edifícios e de outras obras de engenharia civil, esta prática será obrigatoriamente alterada, já que sete dos dez documentos que constituem os Eurocódigos Estruturais contêm disposições a observar para a verificação da resistência ao fogo de estruturas constituídas por diferentes materiais. Neste artigo faz-se uma análise prévia das consequências da aplicação dos modelos de cálculo apontados na EN1992-1-2 [1] (Eurocódigo 2: Projecto de estruturas de betão; Parte 1-2: Regras gerais. Verificação da resistência ao fogo) para dimensionamento ao fogo de pilares em betão armado, do ponto de vista dos efeitos nas suas dimensões e, indirectamente, nos recobrimentos das armaduras longitudinais.

Palavras-chave: Fogo. Resistência ao fogo. Pilares em betão. Tabelas. Eurocódigo.

¹ Doutoranda em Engenharia Civil – FEUP, Porto, Portugal. E-mail: alzirabeatobarros@gmail.com

² Professor Auxiliar, SCC-DEC-FEUP, Porto, Portugal. Email: miguelcg@fe.up.pt

³ Professor Catedrático, SCC-DEC-FEUP, Porto, Portugal. E-mail: va.consultores@mail.telepac.pt

1 Introdução

Os Eurocódigos Estruturais constituem um conjunto de Normas Europeias (EN) para a concepção e projecto de estruturas de edifícios e de outras obras de engenharia civil, a serem construídas usando diferentes materiais estruturais. Estas Normas Europeias são constituídas por dez documentos (Quadro 1) encontrando-se cada um, com excepção da EN1990, dividido em diversas partes, conforme a matéria aí tratada. Em sete destes documentos existem secções específicas que tratam das disposições a observar para a verificação da resistência ao fogo das estruturas constituídas pelos diferentes materiais.

Quadro 1: Síntese da regulamentação Europeia.

Norma Europeia	Título	Conteúdo	N.º de partes	Parte 1-2
EN 1990	Eurocódigo 0	Bases para o cálculo de estruturas	1	-
EN 1991	Eurocódigo 1	Acções em estruturas	10	Acções em estruturas expostas ao fogo
EN 1992	Eurocódigo 2	Projecto de estruturas de betão	4	Regras gerais - verificação da resistência ao fogo
EN 1993	Eurocódigo 3	Projecto de estruturas de aço	20	Regras gerais - verificação da resistência ao fogo
EN 1994	Eurocódigo 4	Projecto de estruturas mistas	3	Regras gerais - verificação da resistência ao fogo
EN 1995	Eurocódigo 5	Projecto de estruturas de madeira	3	Regras gerais - verificação da resistência ao fogo
EN 1996	Eurocódigo 6	Projecto de estruturas de alvenaria	4	Regras gerais - verificação da resistência ao fogo
EN 1997	Eurocódigo 7	Projecto geotécnico	2	-
EN 1998	Eurocódigo 8	Projecto de estruturas resistentes aos sismos	6	-
EN 1999	Eurocódigo 9	Projecto de estruturas de alumínio	5	Regras gerais - verificação da resistência ao fogo

Sendo o objectivo do presente trabalho estudar elementos estruturais em betão armado, considerar-se-á a aplicação das seguintes normas europeias:

- Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão - Parte 1-2 – Regras gerais – verificação da resistência ao fogo [1] (NP/EN 1992-1-2, LNEC, Março 2010) e Parte 1-1 – Regras gerais e regras para edifícios [2] (NP/EN 1992-1-1, LNEC, Março 2010).

- Eurocódigo “0” – Bases para o projecto [3] (NP/EN 1990, LNEC, Dezembro de 2009) - Anexo A1 – Aplicação a edifícios.
- Eurocódigo 1 – Acções em estruturas - Parte 1-2 – Acções em estruturas expostas ao fogo [4] (NP/EN 1991-1-2, LNEC, Março 2010).

Para dimensionar ao fogo as estruturas dos edifícios, há que determinar o escalão de resistência ao fogo, isto é, como consta naquelas normas, o período de tempo durante o qual uma estrutura, uma parte da estrutura ou um elemento estrutural desempenha as funções pretendidas (função de suporte de cargas e/ou função de compartimentação) para um nível de carga específico, quando sujeita a uma definida situação de incêndio. A especificação deste período de tempo (definição da classe de resistência ao fogo) é feita de acordo com o estipulado, sobre essa matéria, na regulamentação de cada país.

Em Portugal havia uma profusão de regulamentos e diplomas específicos e aplicáveis a cada tipo de edifício, dispersos por diversa legislação de valor hierárquico e normativo distinto, que dificultava a sua interpretação e aplicação. Em 2009 a situação melhorou, com a entrada em vigor, no dia 1 de Janeiro, do Regime Jurídico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (RJ-SCIE) [5], do Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RT-SCIE) [6] e, a 15 de Janeiro, do despacho que estipula os Critérios Técnicos para Determinação da Densidade de Carga de Incêndio Modificada [7].

2 Apresentação dos casos estudados

2.1 Metodologia de selecção de modelos para análise

Para a análise das consequências da aplicação dos diversos modelos de cálculo apontados na Parte 1-2 do Eurocódigo 2 [1], na verificação da resistência ao fogo de pilares em betão armado.

Dá-se a designação de “pilar” ao troço deste elemento estrutural compreendido entre vigas de pisos consecutivos pois, para uma mesma prumada, os esforços apresentam valores diferentes e as secções transversais, o tipo de ocupação dos espaços onde se inserem e o escalão de resistência ao fogo são, frequentemente, diversos.

Para fins do estudo foram analisados pilares de projectos de edifícios seleccionados criteriosamente, realizados e licenciados antes da entrada em vigor, quer da recente legislação portuguesa, quer da legislação europeia, os Eurocódigos Estruturais. Assim, foi possível

avaliar não só o nível da resistência ao fogo de pilares de betão no antigo enquadramento legislativo, mas sobretudo as consequências da introdução dos novos métodos de cálculo na verificação da resistência ao fogo e essencialmente na prática do seu dimensionamento em Portugal.

Os projectos foram escolhidos de forma a serem representativos dos licenciados em Portugal, conforme dados do Instituto Nacional de Estatística, INE [8], e de modo a que as suas ocupações se inserissem nas doze utilizações-tipo (vide Figura 1) e nas quatro categorias de risco (de risco reduzido a risco muito elevado) previstas no RJ-SCIE) [5].

Todos os pilares seleccionados são referentes a projectos localizados em regiões onde os inertes que entram na composição do betão são, predominantemente, siliciosos. Esta opção foi tomada com o objectivo de reduzir o número de variáveis, no âmbito do trabalho em curso.

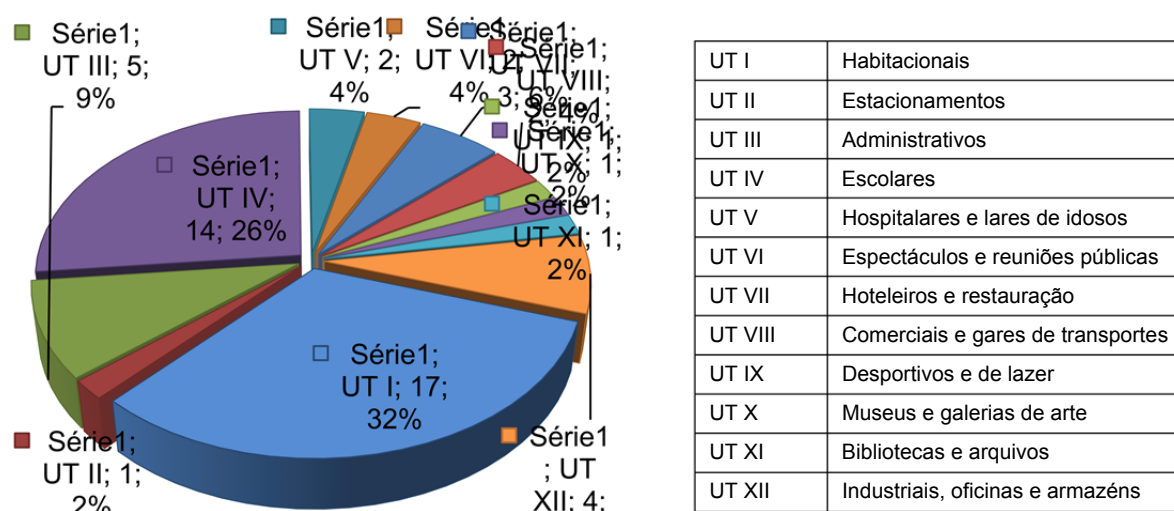


Figura 1: Percentagem de processos analisados por utilização-tipo

2.2 Características geométricas dos pilares analisados

Dos projectos estudados, foi retida informação de 13594 pilares. Destes, 70% são de secção rectangular, 24% de secção quadrangular e 6% circular, como se pode ver na Figura 2.

Pela observação das Figuras 3 a 6 pode apurar-se quais as dimensões das secções transversais mais utilizadas. Cada percentagem é calculada considerando a razão entre o número de pilares com uma determinada secção e o número total de pilares analisados.

Para as secções quadrangulares, Figura 3, as situações mais representativas correspondem aos pilares de dimensões 75x75, 25x25, 40x40 e 30x30. A secção transversal 75x75 é observada essencialmente em edifícios comerciais de grande desenvolvimento em planta, grandes vãos e elevada altura.

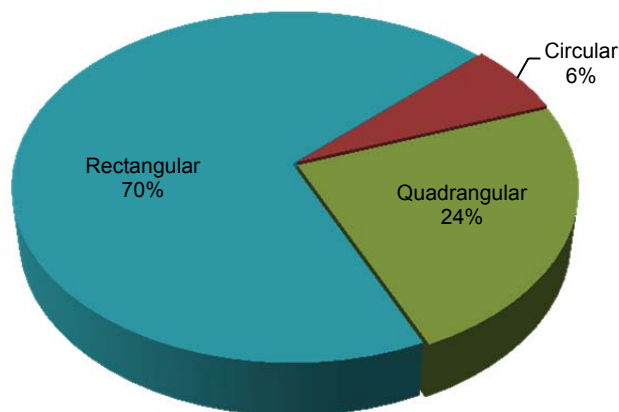


Figura 2: Distribuição de secções transversais dos pilares.

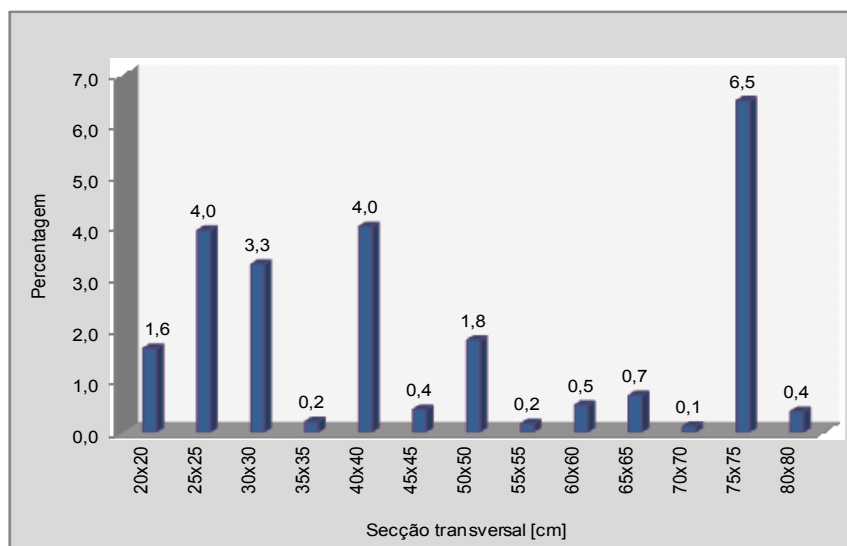


Figura 3: Percentagens de pilares de secção transversal quadrangular, em função das suas dimensões.

Constata-se haver uma grande diversidade de secções rectangulares, Figuras 4 e 5, pelo que se inseriram as menos expressivas num grupo designado “Outras secções”, diferenciadas na Figura 5. Analisando a Figura 4 conclui-se que os pilares de 20x60 são os mais utilizados.

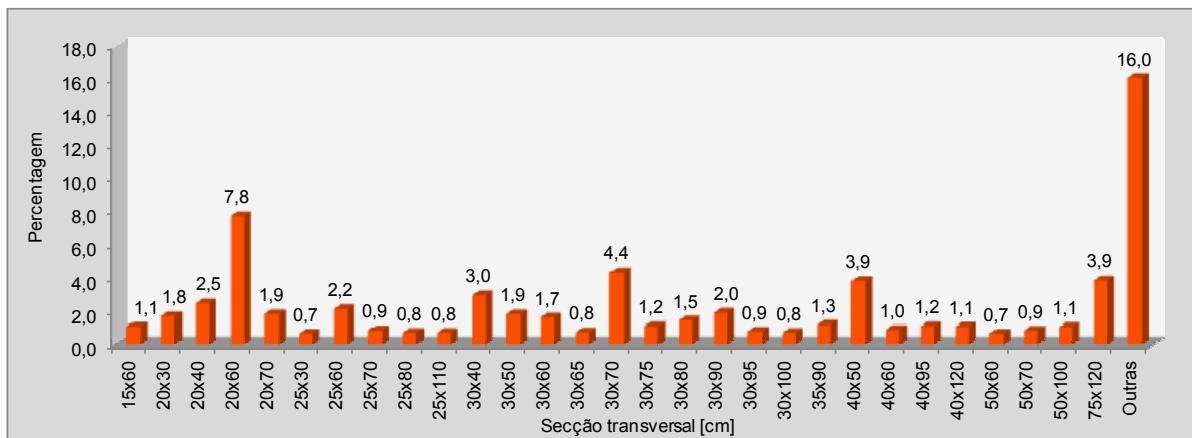


Figura 4: Percentagens de pilares de secção transversal rectangular, em função das suas dimensões.

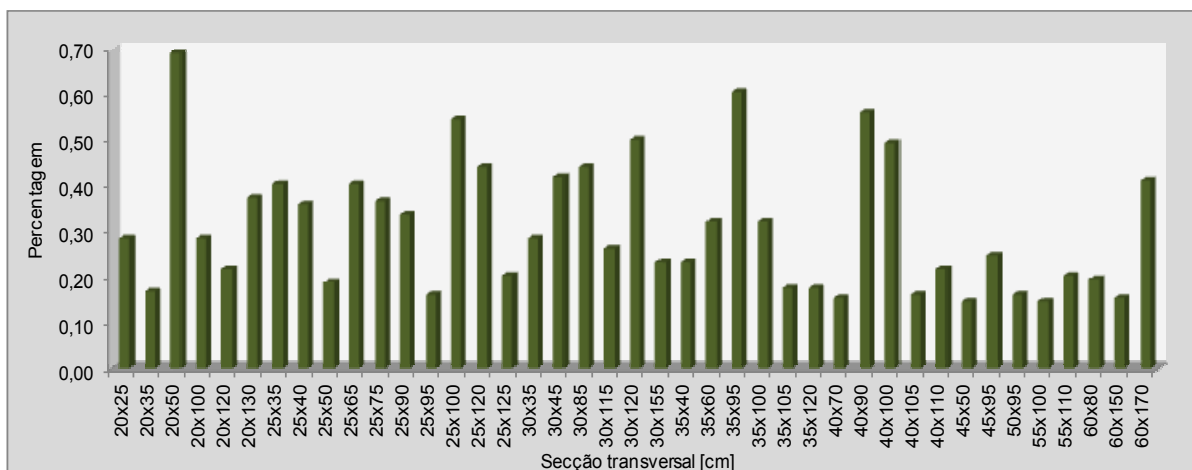


Figura 5: Pilares rectangulares inseridos em “Outras secções”.

Às secções circulares, Figura 6, corresponde um número reduzido de pilares, sendo a secção mais corrente a que apresenta um diâmetro $\phi 65$, correspondente a edifícios comerciais e escolares com grandes vãos, em zonas de elevado pé-direito.

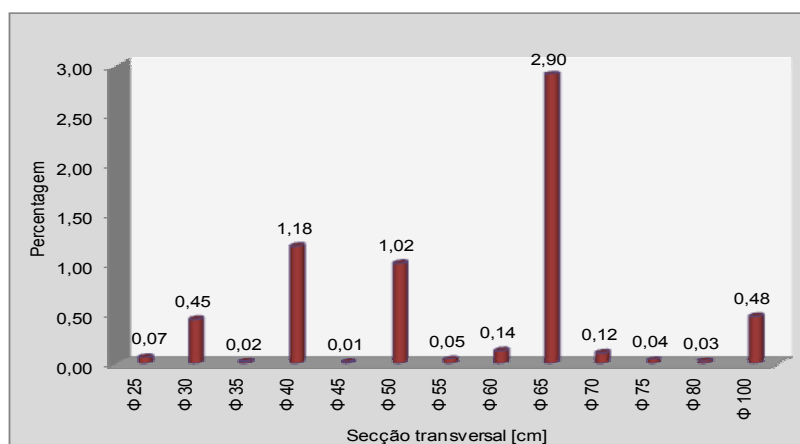


Figura 6: Percentagens de pilares de secção transversal circular, em função do seu diâmetro.

3 Métodos dos valores tabelados preconizados nos eurocódigos

Os Métodos dos Valores Tabelados consistem na verificação, para cada tipo de elemento estrutural e por consulta directa de tabelas que constam na EN 1992-1-2 [1], dos valores mínimos das dimensões das suas secções transversais e das distâncias dos eixos das armaduras longitudinais às faces mais próximas sujeitas a incêndio. Para os pilares, estes métodos são aplicáveis apenas quando se encontram inseridos em estruturas de nós fixos.

São sugeridos, para os elementos estruturais em estudo, dois métodos de avaliação: O Método A e o Método B.

Considerar-se-á, neste estudo, a aplicação do Método A. Este Método permite definir a menor dimensão dos pilares, b_{min} e a distância a_{min} do eixo dos varões da armadura principal à face mais próxima sujeita a incêndio, em função da exposição do pilar e do factor μ_{fi} que traduz o grau de utilização em situação de incêndio. Aplica-se quando as secções estão submetidas essencialmente a esforço axial em estruturas de nós fixos, para valores limitados de área de armadura A_s , comprimento efectivo $l_{0,fi}$ e excentricidade de primeira ordem e , estes últimos em situação de incêndio. Tomou-se, $\mu_{fi} = \eta_{fi}$ (η_{fi} é definido como o factor de redução do valor de cálculo do nível de carregamento em situação de incêndio) e calculou-se este último parâmetro para as diferentes situações previstas em todos os projectos. Os valores de η_{fi} obtidos, determinados de acordo com a expressão indicada no parágrafo (3) do ponto 2.4.2 da mesma norma, variam entre 0,59 (UT II – Estacionamentos) e 0,70 (UT VII – Hoteleiros e Restauração).

O Quadro da Figura 7 corresponde à tabela que consta na EN 1992-1-2 [1] para verificação da resistência ao fogo de pilares aplicando o Método A. Foram acrescentadas linhas com a indicação de valores de a_{min} correspondentes a larguras mínimas (b_{min}) não indicadas na tabela do Eurocódigo e omitido a coluna $\mu_{fi} = 0,2$, por não ser aplicável aos projectos analisados.

Figura 7: Valores de b_{min} e de a_{min} para pilares de secção rectangular ou circular considerando o Método A dos Valores Tabelados, EN 1992-1-2 [1].

Resistência ao fogo padrão	Largura mínima do pilar b_{min} [cm]					
	Distância do eixo dos varões à face exposta a_{min} [cm]					
	Pilar exposto em mais de um lado				Pilar exposto de um só lado	
	$\mu_{fi}=0,5$		$\mu_{fi}=0,7$		$\mu_{fi}=0,7$	
	b_{min}	a_{min}	b_{min}	a_{min}	b_{min}	a_{min}
R30	20,0	2,5	20,0	3,2	15,5	2,5
R60	20,0	3,6	25,0	4,6	15,5	2,5
	25,0	3,35	30,0	4,3		
	30,0	3,1	35,0	4,0		
R90	30,0	4,5	35,0	5,3	15,5	2,5
	35,0	4,15	40,0	4,65		
	40,0	3,8	45,0(*)	4,0		
R120	35,0(*)	4,5	35,0(*)	5,7	17,5	3,5
	40,0(*)	4,25	40,0(*)	5,4		
	45,0(*)	4,0	45,0(*)	5,1		
R180	35,0(*)	6,3	45,0(*)	7,0	23,0	5,5
$\mu_{fi} = \eta_{fi}$ (*) - Mínimo 8 varões						

4 Consequências da aplicação do método a dos valores tabelados aos casos em estudo

Considerou-se, neste estudo, a verificação da conformidade dos pilares em betão armado recorrendo à aplicação do Método A pois, apesar de conservativo, permite fazer uma primeira avaliação, de forma expedita, das consequências da introdução do EC2, EN 1992-1-2 [1], na prática corrente de dimensionamento de pilares em betão armado em Portugal.

Para analisar os efeitos da aplicação do referido método à verificação da estabilidade ao fogo dos pilares estudados elaboraram-se os gráficos que se seguem, apresentando-se as percentagens destes elementos estruturais em função da sua menor dimensão b , para cada escalão de resistência ao fogo. Assinalam-se os que não apresentam a resistência ao fogo

requerida, por terem sido previstos com a menor dimensão (a vermelho) ou a distância ao eixo dos varões (a amarelo) com valores inferiores aos mínimos estipulados.

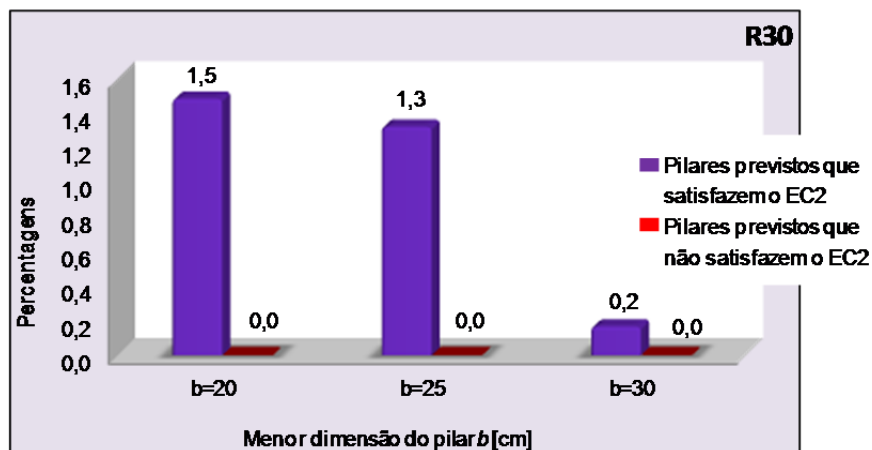


Figura 8: Escalão de resistência ao fogo R 30 - Percentagens de pilares previstos em função da menor dimensão da sua secção transversal.

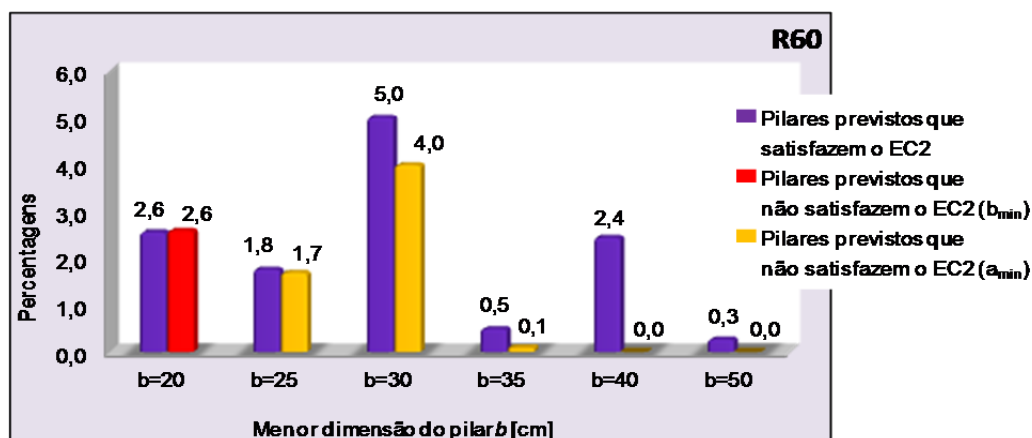


Figura 9: Escalão de resistência ao fogo R 60 - Percentagens de pilares previstos em função da menor dimensão da sua secção transversal.

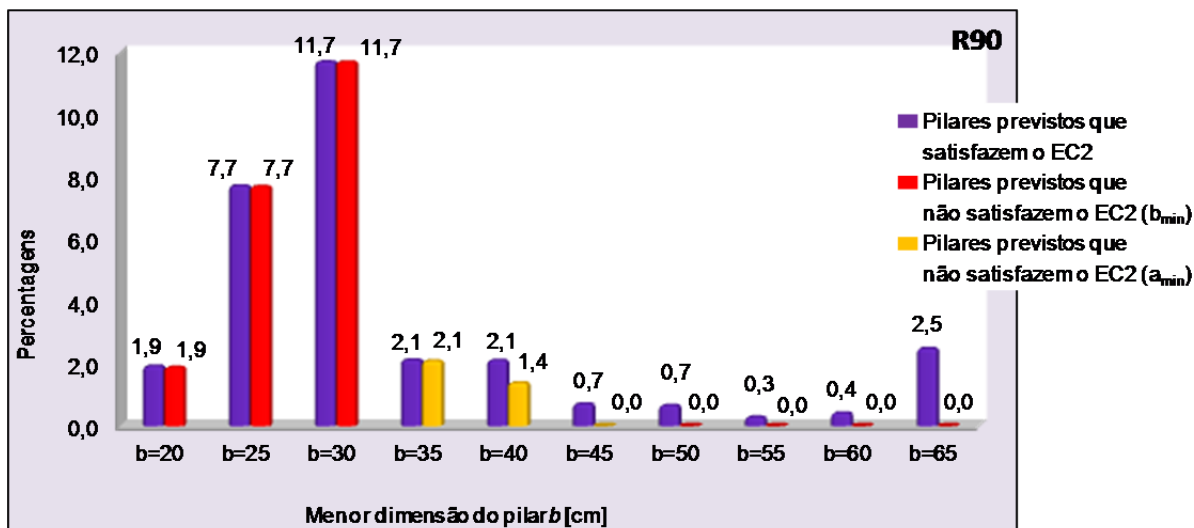


Figura 10: Escalão de resistência ao fogo R 90 - Percentagens de pilares previstos em função da menor dimensão da sua secção transversal

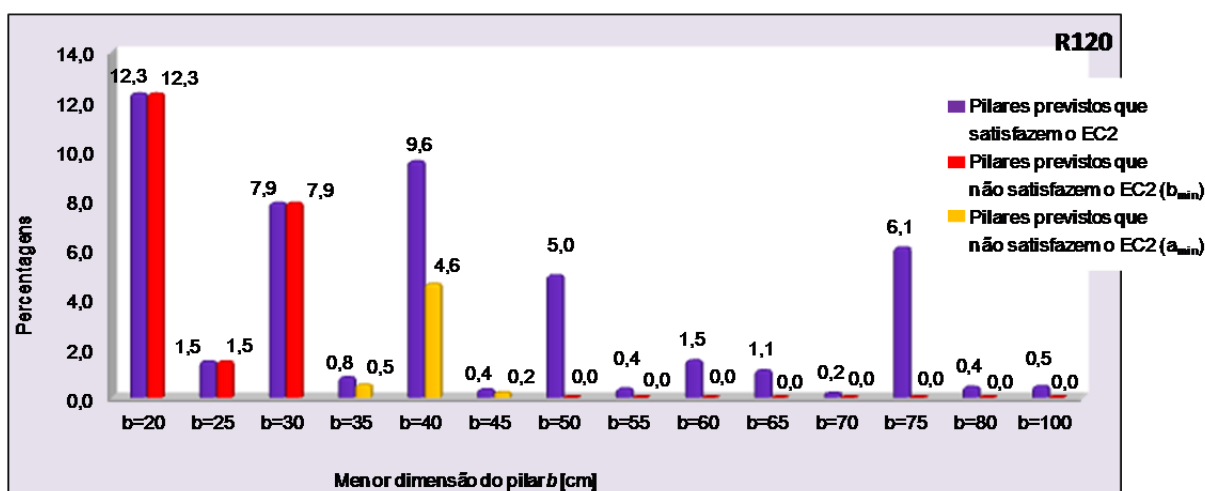


Figura 11: Escalão de resistência ao fogo R 120 - Percentagens de pilares previstos em função da menor dimensão da sua secção transversal.

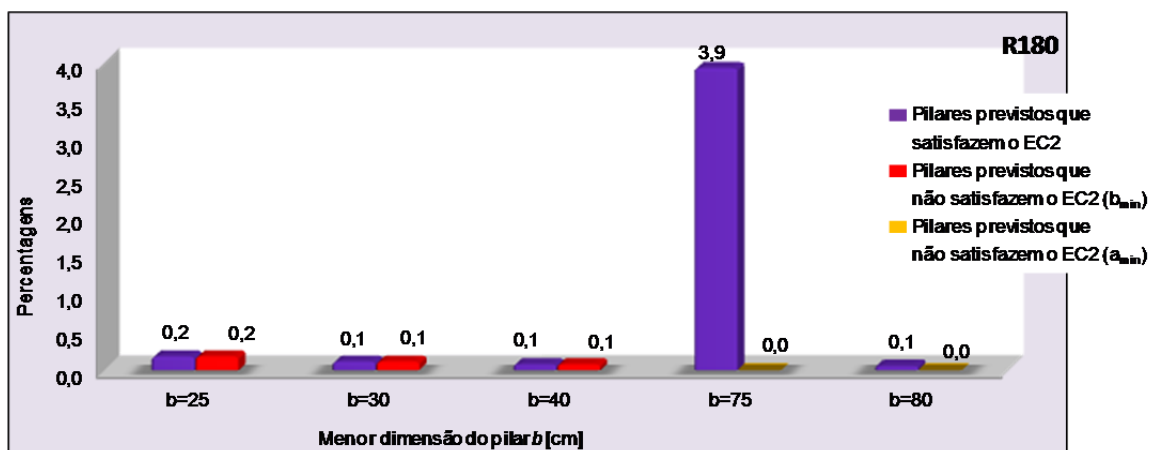


Figura 12: Escalão de resistência ao fogo R 180 - Percentagens de pilares previstos em função da menor dimensão da sua secção transversal

Como já referido, considerou-se $\mu_{fi} = \eta_{fi}$, apresentando este último parâmetro, nos edifícios analisados, uma variação entre 0,59 e 0,70. As dimensões dos pilares correntes são múltiplas de 5cm, valor correspondente ao acréscimo da menor dimensão destes elementos estruturais quando se passa de $\mu_{fi} = 0,5$ para $\mu_{fi} = 0,7$. Assim, relativamente à largura mínima, b_{min} , não há que proceder a interpolações para os diferentes valores de μ_{fi} obtidos, considerando-se, em todas as situações, $\mu_{fi} = 0,7$. Elaborou-se o Quadro mostrado na Figura 13 com o objectivo de verificar, de forma expedita, nos pilares em estudo, a distância dos eixos dos varões à face exposta ao incêndio, em função do recobrimento das armaduras e do seu diâmetro.

Pela observação dos gráficos anteriores, pode constatar-se que, para o escalão de resistência ao fogo R30, todos os pilares previstos satisfazem os requisitos mínimos (menor dimensão e distância do eixo dos varões à face exposta). Para R60, R90 e R120, relativamente à menor dimensão, não estão de acordo os pilares de 20cm, para o primeiro escalão, e 20, 25 e 30cm, para os seguintes. Considerando a distância ao eixo dos varões, não cumpre as especificações a maior parte dos pilares de 25 e 30cm, para R60, de 35 e 40cm, para R90 e, para R120, não satisfazem o especificado grande parte dos pilares de 35cm e cerca de metade dos pilares de 40cm. Para o escalão R180, as menores dimensões dos pilares de 25, 30 e 40cm são inferiores aos valores mínimos estipulados.

Figura 13: Distâncias do eixo da armadura principal à face exposta ao fogo, expressas em centímetros, em função do recobrimento das armaduras e do seu diâmetro.

Recobrimento das armaduras=2,0cm						
Cintas	Armadura principal					
	Φ10	Φ12	Φ16	Φ20	Φ25	Φ32
Φ6	3,1	3,2	3,4	3,6	-	-
Φ8	3,3	3,4	3,6	3,8	4,05	4,4
Φ10	3,5	3,6	3,8	4,0	4,25	4,6
Recobrimento das armaduras=2,5cm						
Cintas	Armadura principal					
	Φ10	Φ12	Φ16	Φ20	Φ25	Φ32
Φ6	3,6	3,7	3,9	4,1	-	-
Φ8	3,8	3,9	4,1	4,3	4,55	4,9
Φ10	4,0	4,1	4,3	4,5	4,75	5,1
Recobrimento das armaduras=3,0cm						
Φ6	4,1	4,2	4,4	4,6	-	-
Φ8	4,3	4,4	4,6	4,8	5,05	5,4
Φ10	4,5	4,6	4,8	5,0	5,25	5,6
Recobrimento das armaduras=3,5cm						
Φ6	4,6	4,7	4,9	5,1	-	-
Φ8	4,8	4,9	5,1	5,3	5,55	5,9
Φ10	5,0	5,1	5,3	5,5	5,75	6,1
Recobrimento das armaduras=4,0cm						
Φ6	5,1	5,2	5,4	5,6	-	-
Φ8	5,3	5,4	5,6	5,8	6,05	6,4
Φ10	5,5	5,6	5,8	6,0	6,25	6,6

5 Conclusões

O estudo que aqui se apresenta foi desenvolvido no sentido de verificar as consequências da introdução dos Eurocódigos Estruturais à prática corrente do dimensionamento em Portugal, na parte correspondente ao dimensionamento ao fogo de estruturas em betão armado, EN 1992-1-2 [1] e para o caso particular de pilares. Aplicou-se o Método A dos Valores Tabelados previsto naquela norma, o mais expedito mas também o mais conservativo dos aí apontados.

Dos 13594 pilares considerados nos projectos analisados, 46,0% (6256 pilares) apresentam a menor dimensão (b) com valor inferior à mínima (Quadro da Figura 7, b_{min}) estipulada pela aplicação daquele método e 14,7% (1995 pilares), apesar de satisfazerem do ponto de vista deste parâmetro, são considerados com armaduras e recobrimentos que conduzem a valores de distâncias dos eixos dos varões às faces expostas (a) inferiores aos mínimos (Quadro da Figura 7, a_{min}).

No Quadro da Figura 14 indica-se o número e a percentagem de pilares que não satisfazem as disposições normativas apontadas, para cada escalão de resistência ao fogo.

Figura 14: Pilares analisados que se encontram em desacordo com o estipulado na EN 1992-1-2 [1].

Número total de pilares que não verifica o EC2, Parte 1-2				
Escalão de Resistência ao fogo	Menor dimensão		Distância do eixo das armaduras à face exposta	
	Número	Percentagem	Número	Percentagem
R30	0	0,0	0	0,0
R60	349	2,6	791	5,8
R90	2904	21,4	474	3,5
R120	2951	21,7	730	5,4
R180	52	0,4	0	0,0
Total	6256	46,0	1995	14,7

Salienta-se, no Gráfico da Figura 15, a não conformidade dos pilares em função do escalão de resistência ao fogo. Constata-se que é para R90 e R120 que a maior percentagem de pilares não satisfaz pela sua menor dimensão, sendo notado, para R60 e R120, o maior número de pilares que não atende a especificação de distância mínima da superfície ao eixo dos varões.

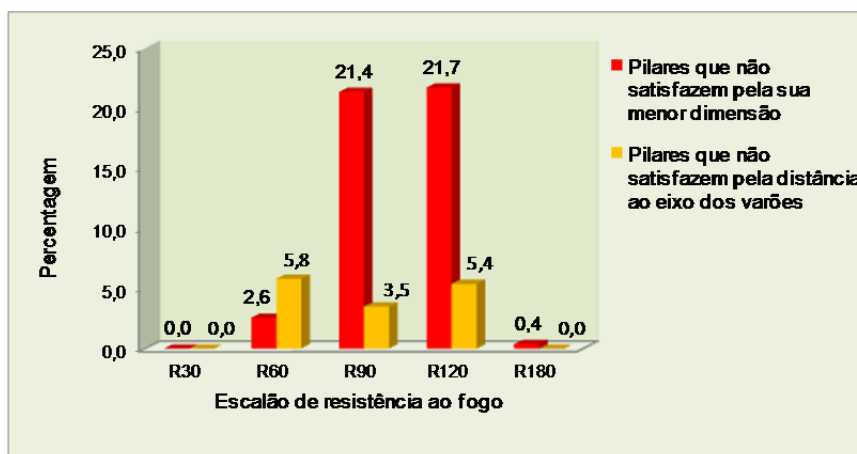


Figura 15: Pilares que não verificam a EN 1992-1-2 [1], considerando a aplicação do Método A dos Valores Tabelados.

Resumindo, dos 13.594 pilares analisados, previstos em projectos de edifícios criteriosamente seleccionados, 60,7% (8.251 pilares) não satisfazem os critérios de resistência ao fogo, quando verificados pela aplicação do Método A dos Valores Tabelados apontado na EN 1992-1-2 [1]. Encontra-se em desenvolvimento um estudo semelhante a este, onde se aplicam os restantes métodos preconizados naquela norma, prevendo-se que se observe uma redução do número de pilares que apresentam resistência ao fogo não adequada. Sendo corrente a utilização de pilares com secção transversal quadrangular ou rectangular com menor dimensão igual a 20, 25 e 30cm, de modo a poderem ficar embebidos nas paredes, é relevante a realização de estudos no sentido de apurar as consequências, na prática e na metodologia de cálculo das estruturas dos edifícios, nomeadamente de pilares em betão armado, resultantes de uma eficaz verificação da sua resistência ao fogo.

Bibliografia

- [1] NP/EN 1992-1-2, *Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão, Parte 1-2: Regras gerais. Verificação de resistência ao fogo*, LNEC, Março 2010.
- [2] NP/EN 1992-1-1, *Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão, Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios*, LNEC, Março 2010.
- [3] NP/EN 1990, *Eurocódigo 0 – Bases para o projecto de estruturas*, LNEC, Dezembro 2009
- [4] NP/EN 1991-1-2, *Eurocódigo 1 – Acções em estruturas, Parte 1-2: Acções gerais. Acções em estruturas expostas ao fogo*, LNEC, Março 2010.
- [5] Regime Jurídico de Segurança contra Incêndios em Edifícios, Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro.
- [6] Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios, Portaria 1532/2008, de 29 de Dezembro.
- [7] Critérios Técnicos para Determinação da Densidade de Carga de Incêndio, Despacho n.º 2074/2009, de 15 de Janeiro.
- [8] Instituto Nacional de Estatística. *Estatísticas da Construção e Habitação 2008*. Instituto Nacional de Estatística, I.P., Lisboa, 2009.

Fire resistance of concrete columns: implications on portuguese design practice

Abstract

The current practice of structural design in many European countries does not contemplate systematically the verification of fire resistance. With the introduction of the European standards (EN) for conception and design of building and civil engineering works, this practice will be amended, since almost all of these standards have sections that deal with requirements and rules for the structural fire design, using different materials (Table 1). This paper aims to verify the consequences of the application of the design methods provided in EN1992-1-2 [1] (Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design), regarding minimum cross-section size and reinforcement cover, in the fire design of concrete columns.

Keywords: Fire. Fire resistance. Concrete columns. Numerical model. Eurocode.

2 Presentation of studied cases

2.1 Methodology for selection of models for analysis

For the analysis of the consequences of applying the model calculations methods mentioned in Part 1-2 of Eurocode 2 [1] in the verification of fire resistance of reinforced concrete columns, the authors gathered the data of large number of columns from projects carefully selected, officially licensed and executed before the implementation, of either the recent.

Portuguese legislation or the Structural Eurocodes. With the analysis of this large set of structures it was possible to evaluate, not only the level of fire resistance of concrete columns in the old legislative framework but, above all, check the consequences of introducing new design methods to verify the fire resistance in the practice of structural design in Portugal.

The selected projects have been licensed before recent Portuguese legislation, RJ-SCIE [5], RT-SCIE [6] and CT-DDCI [7], and Structural Eurocodes were established, and include all twelve type of uses (Figure 1) and four risk categories (from low risk to high risk) provided therein.

2.2 Geometrical characteristics of the studied columns

The selected projects provided information about 13.594 columns, which were distributed as 70% rectangular section, 24% square section and 6% circular section (Graphic of Figure 2).

The most common dimensions, for each section, are shown in Graphics of Figures 3 to 6.

3 Tabulated data methods provided in eurocode

Tabulated Data methods consists in the verification, for different structural elements and by means of direct consultation of the tables provided in EN 1992-1-2 [1], the minimum dimensions of elements and axis distance of main reinforcement bars to heated surfaces, for each fire resistance class.

For columns, the codes suggest two methods: Method A and Method B.

In this study, Method A was applied. This method allows the user to define the minimum values of the column width, $b_{\min}$, and the axis distance of longitudinal reinforcement to nearest fire exposed surface, $a_{\min}$, depending on the exposure of the column and degree of utilization in the fire situation, μ_{fi} .

]The Table of Figure 7 is adapted from EN 1992-1-2 [1]. Additional lines for intermediate values, obtained by interpolation, were added.

4 Consequences of the application of tabulated data, method a, to study columns

To analyze the effects of the implementation of Method A to the verification of fire resistance of studied columns, graphs were prepared (Graphics of Figures 8 to 12), presenting the percentages of structural elements according to their width, b , for each fire resistance class.

The analysis of those graphics show the percentages of columns that satisfy the criteria of fire resistance, and those that do not satisfy the criteria, either in terms of the width b or the axis distance of longitudinal reinforcement to nearest fire exposed surface, a .

It was considered that $\mu_{fi} = \eta_{fi}$, with the last parameter, in the studied buildings, presenting a variation between 0,59 and 0,70.

5 Conclusions

The study presented here was developed in order to verify the consequences of the introduction of Structural Eurocodes in the fire design practice of concrete structures at Portugal, EN 1992-1-2 [1], and for the particular case of concrete columns.

It was applied the Method A of the Tabulated Data provided in that rule, the more expedited but, also, the most conservative.

Considering the 13.594 columns examined, 46,0% (6.256 columns), have a width (b) below the minimum value (Table of Figure 7, b_{min}) stipulated by the application of this method and 14,7% (1.995 columns), despite complying with this condition, have concrete cover that leads to values of axis distance of reinforcing steel from the nearest fire exposed surface (a) below the minimum allowed (Table of Figure 7, a_{min}).

It can be noted, in Graphic of Figure 15, the non-compliance of columns in function of fire resistance class (R). It is for R90 and R120 that the great number of those elements does not satisfy b_{min} , and for R60 and R120 that the largest percentage does not check minimums values of axis distance of reinforcing steel from the nearest fire exposed surface, a_{min} .

A similar study, applying the other methods prescribed in EN 1992-1-2 [1], is under development. A reduction of the number of columns that do not have adequate fire resistance is expected in this case.

Graphic of Figure 16 emphasizes the results shown in Graphic of Figure 15.

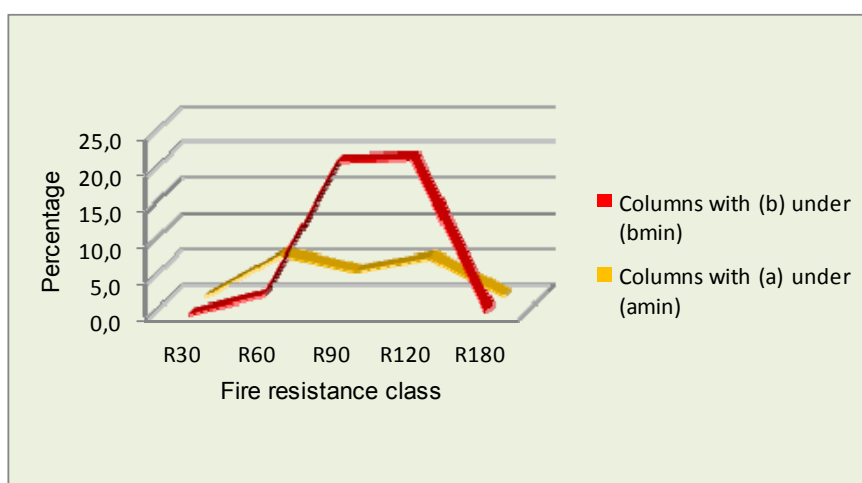


Figure 16: Columns that do not satisfy EN 1992-1-2 [1], considering Method A of Tabulated Data.