



## ESTUDO COMPARATIVO SOBRE O DIMENSIONAMENTO DE EDIFÍCIOS DE BETÃO ARMADO: UMA ANÁLISE SOBRE A REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA EM VIGOR E OS NOVOS EUROCÓDIGOS

Maria João Falcão Silva <sup>1</sup>, Paulo Candeias <sup>2</sup> e Ema Coelho <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional da Engenharia Civil, Av. Brasil 101, [mjoaofalcao@lnec.pt](mailto:mjoaofalcao@lnec.pt)

<sup>2</sup> Laboratório Nacional da Engenharia Civil, Av. Brasil 101, [pcandeias@lnec.pt](mailto:pcandeias@lnec.pt)

<sup>3</sup> Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, [ema.coelho@lnec.pt](mailto:ema.coelho@lnec.pt)

**Palavras-chave:** Regulamentação; Dimensionamento sísmico; Eurocódigos; Edifícios de betão armado

**Sumário:** Os actuais regulamentos portugueses para a concepção de estruturas de engenharia civil, RSA, REBAP e REAE, serão substituídos a curto prazo pelos Eurocódigos mais recentes que fornecem uma abordagem comum para a concepção de edifícios e outras obras de engenharia civil e produtos de construção. O Eurocódigo 8 (EC8) e o Eurocódigo 2 (EC2), para a concepção de estruturas para resistência aos sismos e dimensionamento de estruturas de betão armado, apresentam algumas diferenças particulares em relação à regulamentação nacional em vigor, RSA e REBAP. Os Eurocódigos supramencionados introduzem uma série de alterações quando comparados com os actuais regulamentos portugueses que irão influenciar o dimensionamento e comportamento de estruturas novas, em especial edifícios de betão armado. Para além disso, o EC8 segue as novas tendências no que diz respeito ao chamado "Displacement based Design" (DBD) que se encontra no cerne das propostas mais modernas para o dimensionamento de estruturas. Os principais objetivos do trabalho proposto são identificar as principais diferenças entre a concepção de edifícios de betão armado descritos no REBAP e EC2 e o dimensionamento sísmico resistente de edifícios, como descrito na RSA e no novo EC8.

**Enquadramento:** As atuais estruturas de engenharia civil são projetadas de forma a serem capazes de sobreviver às ações mais desfavoráveis expectáveis durante a sua vida útil, sendo analisadas e dimensionadas de forma a dotá-las da capacidade necessária para suportar as exigências que lhe serão colocadas. Como tal, são sujeitas a um elaborado processo de dimensionamento que cobre os mais variados aspetos, não apenas o da segurança estrutural mas também de outros aspetos complementares relacionados com a segurança dos ocupantes e do seu conforto. Relativamente ao panorama legislativo atual, Portugal irá assistir proximamente à entrada em vigor dos novos Eurocódigos, pelo que será seguramente o momento apropriado para olhar para trás e rever o que foi feito no passado. Não há dúvida que se trata de um tema de extrema importância para melhor compreender o comportamento e desempenho de estruturas antigas caso se pretenda empreender ações de reabilitação e reforço de edifícios antigos. A pesquisa histórica efetuada incidiu em particular sobre a regulamentação relacionada com a segurança estrutural, apresentando-se no presente trabalho o levantamento realizado ao nível da regulamentação nacional de dimensionamento estrutural, com o objetivo de traçar uma evolução histórica na perspetiva do dimensionamento sísmico-resistente.

**Regulamentos Nacionais de Segurança e Dimensionamento de Estruturas de Engenharia Civil:** São diversas as fontes que referem a existência de regulamentos criados logo após o sismo de 1755 para dotar as novas construções de capacidade resistente aos sismos. Aparentemente parece que foi Portugal o primeiro país a dispor de um regulamento consagrado à defesa das construções contra os abalos sísmicos. No entanto a evolução do condicionalismo e dos recursos da arte de construir restringiram fortemente o seu campo de aplicação e as referidas disposições regulamentares não constituem hoje mais do que um valioso documento da história da construção civil no nosso país.

As primeiras regulamentações na área do betão armado surgiram na Alemanha em 1904, em França em 1906 e na Grã-Bretanha em 1907. Portugal não constituiu exceção tendo tido o seu primeiro regulamento na área do betão armado datado de 1918 e aprovado pelo decreto nº 4036. Anteriormente a esta data já tinham sido reportados em Portugal, no final do século XIX, outros dois regulamentos na área da construção, o primeiro datado de 1897 e orientado para a construção metálica (Regulamento para projetos, provas e vigilância das pontes metálicas) e o segundo datado de 1903 e orientado para as edificações urbanas correntes (Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas - RSEU).

**Principais disposições regulamentares relativas à ação sísmica:** O reconhecimento da importância da ação sísmica no comportamento das edificações e da necessidade da sua consideração no dimensionamento estrutural é apresentado pela primeira vez no Regulamento Geral de Edificações Urbanas (RGEU). A primeira regulamentação a contemplar a ação sísmica foi o Regulamento de Segurança das Construções contra os Sismos [RSCCS, 1958], sendo sucedida pelo Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes [RSEP, 1961]. Apesar de ter sido parcialmente revogado pelos regulamentos que lhe sucederam, o RSCCS, complementando o enunciado genericamente no RGEU, tem ainda hoje em vigor alguns artigos aplicáveis a estruturas de alvenaria de pequeno porte. Já durante a década de 80, surgiu a norma atualmente em vigência, o Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes [RSA, 1983]. Prevê-se ainda a muito curto espaço de tempo a publicação da norma europeia EN 1998-1, o Eurocódigo 8- EC8 [EN 1998-1, 2004].

**Considerações finais:** Os efeitos deletérios associados à ação sísmica manifestam a crescente preocupação com a correta definição desta ação aquando do dimensionamento. Cada vez mais se torna indispensável garantir a integridade das estruturas e a segurança dos seus utilizadores. Neste sentido, têm vindo a ser criadas normas que pretendem assegurar a proteção das vidas humanas, assim como, a funcionalidade das estruturas importantes para a operação da proteção civil e a limitação dos danos, evitando situações de reforço de custos desproporcionalmente elevados quando comparados com o custo da estrutura. Atualmente encontra-se em fase de estudo a aplicação da regulamentação europeia para o dimensionamento de estruturas, na qual se entende encontrar informação mais rigorosa do que a existente atualmente. A definição da ação sísmica segundo o EC8 apresenta importantes diferenças, como um zonamento mais seletivo, distinto para cada cenário de ação sísmica e a consideração de cinco tipos de terreno. O regulamento europeu pretende assegurar regulamentação onde a legislação portuguesa é omissa, nomeadamente, diferenciando a ação sísmica mediante os materiais que compõem a estrutura apresentando capítulos específicos para edifícios de betão, edifícios de aço, edifícios mistos de aço-betão, edifícios de madeira e edifícios de alvenaria, assim como, apresentando, por exemplo, disposições específicas para elementos estruturais, como vigas, pilares, ligações viga-pilar e paredes. É neste contexto que se atenta às diferenças observadas entre exigências associadas à nova regulamentação e aquelas prescritas pela regulamentação nacional anterior revogada e ainda em vigor

**Linhas de investigação futuras:** O presente trabalho encontra-se incluído na investigação científica em curso no âmbito de um pós-doutoramento co-financiado pela FCT(SFRH/BPD/73275/2010). Em termos de futuro pretende-se efetuar: i) Dimensionamento e análise sísmica de edifícios representativos de acordo com os Eurocódigos estruturais, ii) Análise comparativa de custos para as situações consideradas e iii) Disseminação e exploração dos resultados obtidos da investigação.

## Referências

- EN 1998-1, (2004), Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part I: General rules, seismic actions and rules for buildings, Comité Européen de Normalisation, Bruxelas, Bélgica, Dezembro..
- REBAP, (1983), Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, Decreto-Lei 349-C/83 de 30 de Julho, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa.
- RSA, (1983), Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes, Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa.
- RSCCS, (1958), Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos, Decreto nº 41658 de 31 de Maio, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa.
- RSEP, (1961), Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes, Decreto nº 44041 de 18 de Novembro, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa.