

Estruturas de Betão

Volume 2

Patrocínio de:



Reparação,
Consolidação
e Modificação
de Estruturas, S.A.



Título: Estruturas de Betão

Autor: Júlio Appleton

Editor: Edições Orion

Apartado 7501

Alfragide

2721-801 Amadora

afaria@edorion.com

www.edorion.com

Fotografias: A2P Consult Lda. e Rui J. Luz

Ilustrações: A2P Consult Lda (Rui J. Luz) e A. Faria — Edição Electrónica Lda.

Capa: A. Faria — Edição Electrónica (fotografias de Rui J. Luz)

Arranjo gráfico e fotocomposição: A. Faria — Edição Electrónica Lda.

Impressão e acabamento: Printer Portuguesa, Rio de Mouro, Portugal

ISBN: 972-8620-22-6

Depósito Legal: 360 622/13

Reservados todos os direitos. É proibida a reprodução desta obra por qualquer meio (fotocópia, fotografia, offset, etc.) sem o consentimento escrito dos Editores, abrangendo esta proibição o texto, a ilustração e o arranjo gráfico. A violação destas regras será passível de procedimento judicial, de acordo com o estipulado no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos.

1.^a Edição — Julho de 2013

Esta obra é constituída por 2 volumes (ISBN 972-8620-21-9 e ISBN 972-8620-22-6) que não podem ser vendidos separadamente

Júlio Appleton

Estruturas de Betão

Volume 2

EDIÇÕES ORION

ÍNDICE

Prefácio.....	XV
Simbologia	XIX

Capítulo 10 Projecto de estruturas para resistência aos sismos

António Costa

10.1	Princípios gerais e conceitos básicos.....	652
10.1.1	Requisitos de desempenho das estruturas.....	652
10.1.2	Acção dos sismos nas estruturas.....	656
10.1.3	Comportamento das estruturas de betão.....	665
10.1.4	Métodos de dimensionamento.....	672
10.1.4.1	Dimensionamento com base em forças	672
10.1.4.2	Dimensionamento com base em deslocamentos	675
10.1.4.3	Rigidez efectiva a considerar na análise estrutural.....	683
10.1.5	Dimensionamento por capacidade real.....	688
10.1.5.1	Protecção contra mecanismos plásticos locais.....	689
10.1.5.2	Protecção contra a rotura por esforço transversal.....	690
10.1.5.3	Protecção das fundações	696
10.1.5.4	Dimensionamento por capacidade real em pontes.....	697
10.2	Comportamento dos elementos sujeitos a cargas cíclicas	701
10.2.1	Comportamento do aço	702
10.2.2	Comportamento do betão	704
10.2.3	Efeito do esforço axial e do esforço transversal	714
10.2.4	Comportamento dos nós de pórticos	718
10.2.5	Comportamento de paredes.....	723
10.3	Concepção estrutural.....	724

10.3.1	Princípios básicos de concepção de edifícios.....	726
10.3.2	Princípios básicos de concepção de pontes	734
10.3.3	Sistemas estruturais de edifícios	736
10.3.4	Elementos estruturais primários e secundários	741
10.3.5	Efeito das paredes de alvenaria	742
10.3.6	Efeito das escadas	746
10.3.7	Classes de ductilidade – coeficiente de comportamento	748
10.4	Análise estrutural.....	754
10.4.1	Métodos de análise.....	754
10.4.2	Cálculo dos deslocamentos	759
10.4.3	Efeitos de torção	760
10.4.4	Efeitos de 2. ^a ordem.....	761
10.5	Dimensionamento e pormenorização.....	762
10.5.1	Estruturas de edifícios	762
10.5.1.1	Ductilidade local.....	763
10.5.1.2	Controlo dos deslocamentos	764
10.5.1.3	Materiais e restrições geométricas – DCM.....	765
10.5.1.4	Esforços de cálculo – DCM.....	765
10.5.1.5	Esforços resistentes e disposições construtivas – DCM.....	767
10.5.2	Pontes.....	779
10.5.2.1	Ductilidade local.....	779
10.5.2.2	Controlo dos deslocamentos	780
10.5.2.3	Esforços de cálculo	780
10.5.2.4	Esforços resistentes e disposições construtivas	782
10.5.2.5	Fundações	789
10.5.2.6	Aparelhos de apoio e dispositivos de ligação sísmica	789
10.5.2.7	Encontros e muros de suporte	793
10.6	Exemplos de aplicação.....	794
10.6.1	Edifício com estrutura em pórtico.....	794
10.6.1.1	Acções.....	796
10.6.1.2	Análise estrutural.....	796
10.6.1.3	Verificação da deformação	800
10.6.1.4	Dimensionamento das vigas e pilares	801
10.6.1.5	Dimensionamento da fundação	817
10.6.2	Edifício com estrutura de paredes.....	820
10.6.2.1	Análise estrutural.....	823
10.6.2.2	Verificação da deformação	826
10.6.2.3	Dimensionamento das paredes e vigas de acoplamento.....	829
10.6.2.4	Dimensionamento dos elementos secundários	838
10.6.3	Viaduto	844
10.6.3.1	Acções.....	845

10.6.3.2	Análise estrutural e dimensionamento dos pilares.....	845
10.6.3.3	Dimensionamento da sapata e do aparelho de apoio do pilar P2.....	856
10.6.3.4	Dimensionamento do nó de ligação sapata – pilar.....	857
10.6.3.5	Dimensionamento das juntas de dilatação e aparelhos de apoio nos encontros.....	859
10.6.3.6	Avaliação do comportamento com base nos deslocamentos.....	860

Capítulo 11 Verificação da segurança de fundações

António Sousa Coutinho

11.1	O Eurocódigo 7	867
11.1.1	Enquadramento do Eurocódigo 7 no sistema dos Eurocódigos.....	867
11.1.2	Âmbito do Eurocódigo 7	868
11.1.3	Estrutura do Eurocódigo 7	868
11.1.4	O Anexo Nacional do Eurocódigo 7 Parte 1.....	869
11.2	Bases do dimensionamento geotécnico.....	869
11.2.1	Requisitos de projecto.....	869
11.2.2	Situações de projecto	870
11.2.3	Durabilidade	881
11.3	Dimensionamento geotécnico com base no cálculo	882
11.3.1	Aspectos gerais a considerar. Modelos de cálculo	882
11.3.2	Acções.....	883
11.3.3	Propriedades dos terrenos. Parâmetros geotécnicos para projecto	884
11.3.4	Grandezas geométricas.....	894
11.4	Estados limites últimos (ELU)	895
11.4.1	ELU considerados no EC7	895
11.4.2	Verificação da segurança em relação a ELU EQU.....	895
11.4.3	Verificação da segurança em relação a ELU STR e ELU GEO	900
11.4.4	Verificação da segurança em relação a ELU UPL	906
11.4.5	Verificação da segurança em relação a ELU HYD (levantamento hidráulico).....	916
11.5	Estados limites de utilização (ELUt)	920
11.6	Fundações superficiais.....	921
11.6.1	Âmbito de aplicação.....	921
11.6.2	Estados limites.....	921
11.6.3	Acções e situações de projecto	921
11.6.4	Métodos de dimensionamento.....	922
11.6.5	Dimensionamento em relação a ELU	923
11.6.5.1	Estabilidade global	923
11.6.5.2	Capacidade resistente do terreno ao carregamento.....	923
11.6.5.3	Capacidade resistente do terreno ao deslizamento da fundação	937

11.6.5.4	Cargas com grandes excentricidades.....	941
11.6.5.5	Rotura estrutural por movimentos da fundação.....	942
11.6.6	Dimensionamento em relação a ELUt	942
11.6.6.1	Método Directo	942
11.6.6.2	Avaliação dos assentamentos.....	942
11.6.6.3	Fundações com carga excêntrica	950
11.6.6.4	Método Indirecto	952
11.6.7	Fundações em rocha	954
11.6.8	Dimensionamento estrutural de fundações superficiais.....	958
11.7	Fundações por estacas.....	960
11.7.1	Âmbito de aplicação.....	960
11.7.2	Estados Limites.....	960
11.7.3	Acções e situações de projecto	960
11.7.4	Métodos de dimensionamento e considerações de projecto.....	962
11.7.5	Ensaio de carga	963
11.7.6	Estacas carregadas axialmente.....	965
11.7.6.1	Estados limites e estabilidade global	965
11.7.6.2	Capacidade resistente do terreno para estacas à compressão.....	966
11.7.6.3	Capacidade resistente do terreno para estacas à tracção	981
11.7.6.4	Deslocamentos verticais das fundações por estacas (aptidão para a utilização da estrutura suportada).....	987
11.7.7	Estacas carregadas transversalmente.....	988
11.7.8	Dimensionamento estrutural das estacas.....	991

Capítulo 12 Concepção e pré-dimensionamento de estruturas de betão

Júlio Appleton

12.1	Critérios gerais de concepção.....	993
12.2	Concepção de estruturas de edifícios.....	997
12.2.1	Tipos de soluções estruturais.....	997
12.2.2	Condicionamentos	1000
12.2.3	Modelos simplificados para a análise global de estruturas de edifícios sujeitas a acções horizontais.....	1004
12.2.4	Pré-dimensionamento dos elementos estruturais. Modelos simplificados.....	1012
12.3	Concepção e pré-dimensionamento de pontes de betão	1021
12.3.1	Tipos e soluções estruturais para pontes de betão.....	1021
12.3.2	Condicionamentos	1032
12.3.3	Pré-dimensionamento.....	1036
12.4	Concepção e pré-dimensionamento de depósitos e silos	1045

12.4.1	Tipos e soluções estruturais de depósitos e silos	1045
12.4.2	Condicionamentos	1046
12.4.3	Pré-dimensionamento de depósitos	1050

Capítulo 13 Dimensionamento de estruturas de betão armado pré-esforçado

Júlio Appleton

13.1	Técnicas e sistemas de pré-esforço	1063
13.2	Efeitos do pré-esforço. Comparação do comportamento de uma viga em betão armado e de uma viga em betão armado pré-esforçado	1066
13.2.1	Efeitos do pré-esforço numa viga simplesmente apoiada	1066
13.2.2	Conceitos de carga equivalente	1068
13.3	Valor do pré-esforço. Perdas de tensão instantâneas e diferidas	1074
13.3.1	Perdas instantâneas de pré-esforço	1076
13.3.2	Perdas diferidas	1078
13.4	Dimensionamento do pré-esforço	1082
13.4.1	Critérios de dimensionamento do pré-esforço	1082
13.4.2	Síntese das etapas do processo de dimensionamento	1084
13.5	Dimensionamento de vigas isostáticas pré-esforçadas pelo critério de limite de tensões (descompressão)	1085
13.5.1	Dimensionamento do pré-esforço para $M_g > 0$	1086
13.5.2	Dimensionamento do pré-esforço para $M_g < 0$	1093
13.5.3	Verificação das condições limites de tensão para fases intermédias de construção	1095
13.5.4	Escolha do número e traçado de cabos	1096
13.5.5	Exemplos de aplicação	1098
13.6	Vigas hiperestáticas de betão armado pré-esforçado	1111
13.6.1	Análise elástica dos efeitos hiperestáticos devidos ao pré-esforço	1112
13.6.1.1	Efeitos hiperestáticos devidos ao pré-esforço	1112
13.6.1.2	Aplicação do método das cargas equivalentes	1112
13.6.1.3	Análise directa dos efeitos hiperestáticos devidos ao pré-esforço	1112
13.6.1.4	Tabelas de cálculo para vigas de inércia constante	1115
13.6.2	Dimensionamento do pré-esforço e traçado de cabos	1115
13.6.2.1	Método baseado na escolha directa de um traçado de cabos	1115
13.6.2.2	Método de minimização do pré-esforço com controlo dos esforços hiperestáticos	1115
13.6.2.3	Método de determinação automática do traçado de cabos e dimensionamento do pré-esforço	1122

13.6.3	Exemplos de aplicação	1122
13.7	Pré-esforço em vigas sujeitas à torção	1135
13.7.1	Pré-esforço transversal na secção	1135
13.7.2	Pré-esforço longitudinal em estruturas de eixo rectilíneo.....	1136
13.7.2.1	Exemplo de uma consola.....	1136
13.7.2.2	Viga simplesmente apoiada à flexão e encastrada à torção em ambos os apoios, sujeita a uma carga uniformemente distribuída excêntrica (só actuando de um dos lados)	1141
13.7.3	Vigas curvas	1143
13.7.3.1	Introdução	1143
13.7.3.2	Pré-esforço simétrico em relação ao eixo vertical y	1145
13.7.3.3	Pré-esforço assimétrico em relação ao eixo vertical y	1146
13.8	Pré-esforço em vigas com secção variável – modelação com cargas equivalentes.....	1148
13.9	Verificação da segurança aos estados limites últimos	1151
13.9.1	Flexão simples	1151
13.9.2	Esforço transversal	1153
13.10	Verificação da segurança aos estados limites de utilização	1156
13.10.1	Verificação de tensões.....	1156
13.10.2	Estimativa de deslocamentos	1158
13.11	Acção de forças concentradas em peças de betão armado pré-esforçado	1160
13.11.1	Introdução	1160
13.11.2	Verificação da segurança	1160
13.11.2.1	Verificação da pressão local no betão	1160
13.11.2.2	Dimensionamento das armaduras transversais.....	1162
13.11.3	Aspectos particulares em estruturas pré-esforçadas.....	1166
13.11.3.1	Ancoragem interior	1166
13.11.3.2	Acção conjunta do pré-esforço e reacções de apoio.....	1166
13.11.3.3	Forças de desvio.....	1166
13.11.4	Disposições construtivas	1166
13.11.5	Exemplo de aplicação	1168
13.12	Exemplos de estruturas pré-esforçadas.....	1170
13.12.1	Aplicação do pré-esforço em estruturas de edifícios	1171
13.12.1.1	Exemplo de laje vigada pós-tensionada com cabos não aderentes.....	1174
13.12.1.2	Exemplo de laje fungiforme póstensionada	1177
13.12.1.3	Lajes vigadas com vigas pré-esforçadas	1181
13.12.1.4	Lajes vigadas com vigotas de betão pré-esforçado e aligeiramento com blocos vazados	1183
13.12.1.5	Sapata de fundação, pós-tensionada	1185
13.12.2	Aplicação do pré-esforço em pontes	1188
13.12.2.1	Tabuleiro realizado <i>in situ</i> numa única fase de aplicação de pré-esforço.....	1188

13.12.2.2	Tabuleiro realizado <i>in situ</i> , tramo a tramo.....	1190
13.12.2.3	Tabuleiro realizado <i>in situ</i> por aduelas sucessivas em consola.....	1194
13.12.2.4	Tabuleiros realizados com elementos pré-fabricados.....	1199
13.12.3	Aplicação do pré-esforço em depósitos e silos.....	1206

Capítulo 14 Verificação da segurança para a acção do fogo

Júlio Appleton

14.1	Exigências de desempenho em edifícios.....	1218
14.2	Acções e verificação da segurança das estruturas expostas ao fogo.....	1222
14.3	Concepção das estruturas tendo em conta a acção do fogo	1224
14.3.1	Vantagens do betão sob o ponto de vista da resistência ao fogo	1224
14.3.2	Concepção das estruturas	1224
14.3.3	Comportamento das estruturas de betão sujeitas a um incêndio.....	1226
14.4	Resistência ao fogo das estruturas de betão de acordo com a EN 1992-1-2	1228
14.5	Propriedades dos materiais em função da temperatura.....	1228
14.5.1	Comportamento do betão para altas temperaturas.....	1229
14.5.2	Comportamento do aço para betão armado sujeito a altas temperaturas.....	1231
14.5.3	Comportamento do aço de pré-esforço sujeito a altas temperaturas.....	1235
14.6	Verificação da resistência ao fogo por abordagem prescritiva	1237
14.6.1	Requisito para garantia da função de compartimentação (paredes ou lajes de betão), envolvendo a garantia de estanquidade e de isolamento	1237
14.6.2	Requisitos para garantia da função de resistência.....	1237
14.6.2.1	Valores tabelados para pilares de estruturas contraventadas	1237
14.6.2.2	Valores tabelados para paredes	1240
14.6.2.3	Valores tabelados para vigas.....	1240
14.6.2.4	Valores tabelados para lajes vigadas.....	1240
14.6.2.5	Valores tabelados de lajes fungiformes maciças	1243
14.6.2.6	Valores tabelados para lajes nervuradas armadas nas duas direcções	1243
14.6.2.7	Valores tabelados para lajes nervuradas contínuas, armadas nas duas direcções	1243
14.7	Verificação da resistência ao fogo de elementos estruturais por métodos de cálculo simplificados.....	1245
14.7.1	Perfis de temperatura.....	1245
14.7.1.1	Para lajes e paredes	1245
14.7.1.2	Para vigas.....	1246
14.7.1.3	Para pilares.....	1246
14.7.2	Método da isotérmica de 500 °C.....	1246
14.8	Métodos de cálculo avançado	1249

14.9	Outras disposições relativas a estruturas sujeitas à acção do fogo.....	1250
14.9.1	Betões de alta resistência	1250
14.9.2	Outras disposições	1251
14.9.3	Protecções adicionais para as estruturas	1251
14.9.4	Medidas preventivas em túneis	1251
14.9.5	Juntas em edifícios	1252

Capítulo 15 Execução de estruturas de betão

Júlio Appleton

15.1	Cofragens, cimbrês e andaimes	1253
15.1.1	Cofragens.....	1253
15.1.2	Cofragens especiais	1259
15.1.2.1	Cofragens deslizantes	1259
15.1.2.2	Cofragens trepantes	1261
15.1.2.3	Cofragem de permeabilidade controlada	1262
15.1.3	Cimbrês.....	1262
15.1.4	Andaimes	1269
15.2	Armaduras para betão armado	1269
15.2.1	Materiais.....	1269
15.2.2	Transporte e armazenamento.....	1269
15.2.3	Corte e dobragem	1270
15.2.4	Soldaduras.....	1270
15.2.5	Fabrico, montagem e colocação	1271
15.3	Armaduras de pré-esforço.....	1271
15.3.1	Requisitos gerais.....	1271
15.3.2	Transporte e armazenamento.....	1271
15.3.3	Fabrico de armaduras	1273
15.3.4	Colocação e montagem.....	1273
15.3.5	Protecção temporária.....	1277
15.3.6	Aplicação do pré-esforço	1277
15.3.7	Injecção dos cabos.....	1277
15.4	Betão	1278
15.4.1	Produção do betão.....	1278
15.4.2	Trabalhos preparatórios antes da betonagem.....	1278
15.4.3	Transporte do betão	1278
15.4.4	Colocação e compactação	1278
15.4.5	Cura do betão.....	1280

15.4.6	Betões especiais ou realizados em condições especiais.....	1283
15.4.6.1	Betão à vista, betão branco e betão colorido	1283
15.4.6.2	Betão submerso	1284
15.4.6.3	Betões realizados com temperaturas muito altas ou muito baixas	1285
15.4.6.4	Betões de agregados leves	1285
15.4.6.5	Betão autocompactável	1287
15.4.6.6	Betão projectado	1290
15.4.7	Juntas de betonagem.....	1292
15.5	Estruturas pré-fabricadas de betão	1292
15.5.1	Estruturas pré-fabricadas em edifícios	1293
15.5.2	Estruturas pré-fabricadas em pontes.....	1295
15.6	Especificações técnicas para a execução de estruturas de betão	1297
15.6.1	Materiais e execução de trabalhos	1297
15.6.2	Critérios de medição e índices de consumo de materiais.....	1297
15.7	Controlo da qualidade	1299
15.7.1	Classes de execução e inspecção.....	1299
15.7.2	Inspecção de materiais e produtos.....	1299
15.7.3	Inspecção da execução	1299
15.7.4	Tolerâncias	1301

Capítulo 16 Considerações finais

Júlio Appleton

16.1	Da concepção à execução.....	1311
16.2	Informatização e comunicação	1318
16.3	Desenvolvimentos na área dos materiais	1319
16.3.1	Betão	1319
16.3.2	Armaduras	1321
16.4	Desenvolvimentos na área da execução das estruturas	1324
16.5	Preocupações ambientais na concepção, projecto e execução de estruturas	1324
	Bibliografia	1329
	Índice remissivo	1345

PREFÁCIO

Este livro tem como objectivo principal reunir o essencial da informação e os conceitos relativos à concepção, projecto e execução de estruturas de betão. No que se refere às indicações normativas seguem-se os recentes Eurocódigos Estruturais.

A extensão da matéria tratada justificou que a obra fosse subdividida em dois volumes. O volume 1 inclui os Capítulos 1 a 9 onde se tratam os conceitos fundamentais do betão estrutural. O volume 2 inclui os Capítulos 10 a 16 onde se trata a concepção das estruturas, o dimensionamento das estruturas pré-esforçadas, a resistência aos sismos, as fundações, a segurança ao fogo e a execução das estruturas de betão.

O Capítulo 10 (Projecto de estruturas para resistência aos sismos), foi escrito por António Costa com quem o Autor trabalha há 25 anos, quer na actividade docente quer na de projectista. O Capítulo 11 (Verificação da segurança de fundações) foi escrito por António Sousa Coutinho com quem o Autor tem tido uma significativa cooperação de âmbito profissional no domínio do Projecto Geotécnico.

Da organização capitular deste volume 2 há a realçar o seguinte:

O Capítulo 10 (Projecto de estruturas para resistência aos sismos) tem como objectivo analisar o comportamento, a concepção e o projecto de estruturas para resistência aos sismos. Trata-se da matéria que mais alterações e progressos regulamentares e científicos teve nas últimas décadas. Inicia-se o capítulo com a apresentação de conceitos básicos do comportamento das estruturas e dos elementos de betão armado sujeitos a cargas cíclicas ou à acção sísmica. Analisam-se os princípios básicos da concepção sísmica de edifícios e pontes e descrevem-se os modelos de análise, dimensionamento e pormenorização de armaduras para estruturas de ductilidade média.

Este capítulo inclui ainda três exemplos detalhados de aplicação destes conceitos, sendo dois para edifícios e um para um viaduto.

O Capítulo 11 (Verificação da segurança de fundações) trata da verificação da segurança de fundações, incluindo a definição das acções geotécnicas e a interacção solo-estrutura conforme estabelecido no Eurocódigo 7.

Considerou-se importante incluir este capítulo no âmbito da matéria tratada neste livro, pondo em evidência a importância que o conhecimento das estruturas de fundação deve ter na formação dos engenheiros de estruturas. Não se pretendeu, no entanto, ser exaustivo no tratamento desta temática, que merece lugar próprio de publicação. Não se aborda igualmente a matéria da EN1997-2 relativa à caracterização geotécnica, ensaios de laboratório e ensaios *in situ*. Analisa-se a verificação da segurança aos Estados Limites Últimos de Equilíbrio (EQU) e de rotura ou deformação excessiva do terreno (GEO), ilustrando-se com exemplos de muros de suporte, fundações superficiais e fundações profundas, a aplicação dos requisitos regulamentares. Analisa-se ainda o dimensionamento em relação ao estado limite de utilização.

O Capítulo 12 (Concepção e pré-dimensionamento de estruturas de betão) trata da concepção e pré-dimensionamento de estruturas de betão. Consideram-se três tipos de estruturas – edifícios, pontes e depósitos – que correspondem às três tipologias explicitamente consideradas nas euronormas EN1992 partes 1, 2 e 3, respectivamente.

Descrevem-se critérios gerais de concepção, apresentam-se os vários tipos de soluções estruturais e discute-se de que forma os condicionamentos e objectivos a atingir conduzem à escolha da solução estrutural, para cada caso particular.

Neste capítulo apresenta-se ainda um conjunto de procedimentos e verificações simples, que permitem um primeiro pré-dimensionamento dos diversos elementos estruturais.

No Capítulo 13 (Dimensionamento de estruturas de betão armado pré-esforçado) tratam-se os aspectos específicos do dimensionamento das estruturas pré-esforçadas. Discutem-se os conceitos gerais, o efeito do pré-esforço nas estruturas e as metodologias para a sua modelação. Apresenta-se o cálculo das perdas de tensão nas armaduras pré-esforçadas – perdas instantâneas e a longo prazo. Analisam-se os métodos de dimensionamento do pré-esforço em estruturas isostáticas e hiperestáticas, e a definição dos traçados de cabos, ilustrando-se, com exemplos, esses conceitos e métodos de cálculo.

Apresentam-se também os aspectos específicos da verificação da segurança aos estados limites últimos e de utilização em estruturas pré-esforçadas, incluindo a análise local das zonas de ancoragem.

Termina-se o capítulo com exemplos de aplicação em que se ilustram os traçados de cabos em estruturas de edifícios, pontes e depósitos.

O Capítulo 14 (Verificação da segurança para a acção do fogo) aborda o efeito da acção no fogo nas estruturas de betão. Trata-se de uma das áreas em que as estruturas de betão apresentam uma eficácia superior à de outros materiais estruturais. Porém, a necessidade de controlar os danos, nos casos de incêndios de longa duração, requer uma atenção

especial dos aspectos de concepção e de pormenorização, que são objecto de discussão neste capítulo. Analisa-se assim o comportamento e resistência dos elementos de betão armado sujeitos a altas temperaturas, e apresentam-se as abordagens prescritivas para verificação da segurança ao fogo destas estruturas.

O Capítulo 15 (Execução de estruturas de betão) trata da execução de estruturas, matéria que é objecto da euronorma NP EN13670. É uma matéria vasta, pelo que é apresentada apenas uma síntese dos aspectos mais relevantes relativos à concepção, projecto e execução de cofragens e cimbres, à preparação e montagem das armaduras para betão armado e de pré-esforço, e ao estudo da composição, compactação e cura dos betões.

Inclui-se ainda neste capítulo uma breve referência à pré-fabricação de estruturas, e às especificações técnicas para a execução de estruturas de betão.

No Capítulo 16 (Considerações finais) tecem-se algumas considerações finais sobre a importância do espírito de observação na actividade dos engenheiros, quer aprendendo com as estruturas da natureza, quer com as construções concebidas e executadas, no passado, com qualidade. Referem-se alguns desenvolvimentos recentes no domínio da informatização, dos materiais e da execução das estruturas e comenta-se a necessidade imprescindível de os engenheiros aprofundarem as suas preocupações ambientais no domínio da construção.