

ÍNDICE

LISTA DE EXEMPLOS	ix
PREFÁCIO 3^a EDIÇÃO	xi
1 INTRODUÇÃO	I
1.1 Considerações gerais	3
1.2 Conceito de estrutura mista	3
1.3 Principais características	5
1.4 Evolução histórica	8
1.5 Conexão de corte	9
1.6 Distinção entre conexão e interacção	10
1.7 Comparação com outras soluções estruturais	12
1.8 Exemplos de estruturas mistas em Portugal	14
1.9 Campo de aplicação e organização da EN 1994-1-1	23
1.10 Definições e terminologias	25
1.11 Principais notações e símbolos	25
1.12 Referências	28
2 BASES PARA O PROJECTO	29
2.1 Considerações gerais	31
2.2 Estados limites	31
2.3 Verificação da segurança	32
2.4 Combinação de acções	32
2.5 Coeficientes parciais γ para edifícios	34
2.6 Coeficientes ψ para edifícios	36
2.7 Coeficientes parciais γ para materiais	36
2.8 Referências	37
3 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS	39
3.1 Betão	41
3.2 Armaduras para betão armado	48
3.3 Aço estrutural	51

3.4	Elementos de ligação	55
3.5	Chapas perfiladas de aço para lajes mistas	56
3.6	Referências	58
4	CONEXÃO DE CORTE	61
4.1	Forças na interface aço–betão	63
4.2	Formas de conexão de corte	67
4.3	Classificação dos conectores	70
4.4	Pernos de cabeça	74
	<i>Exemplo 4.1</i>	77
	<i>Exemplo 4.2</i>	85
4.5	Outros tipos de conectores	87
4.6	Conexão em chapas perfiladas	90
4.7	Referências	104
5	ANÁLISE DE SECÇÕES TRANSVERSAIS DE VIGAS MISTAS	107
5.1	Considerações gerais	109
5.2	Largura efectiva do banzo de betão	110
	<i>Exemplo 5.1</i>	114
5.3	Classificação da secção transversal	117
	<i>Exemplo 5.2</i>	125
	<i>Exemplo 5.3</i>	126
5.4	Métodos de análise da secção transversal	130
5.5	Análise plástica — secções das Classes 1 e 2	131
5.5.1	Perfil de aço não betonado	131
	Momento fletor	131
	<i>Exemplo 5.4</i>	140
	<i>Exemplo 5.5</i>	142
	<i>Exemplo 5.6</i>	145
	<i>Exemplo 5.7</i>	151
	Esforço transverso	153
	<i>Exemplo 5.8</i>	156
	Flexão com esforço transverso	157
	<i>Exemplo 5.9</i>	159
	Conexão parcial	163
	<i>Exemplo 5.10</i>	174
5.5.2	Perfil de aço parcialmente betonado	177
	Momento fletor	178
	<i>Exemplo 5.11</i>	180
	Esforço transverso	182
	Flexão com esforço transverso	183

5.6	Análise elástica linear	184
5.6.1	Momento fletor <i>Exemplo 5.1.2</i>	185 192
5.6.2	Esfôrço transverso	195
5.6.3	Flexão com esfôrço transverso	197
5.7	Referências	199
6	ANÁLISE GLOBAL DE VIGAS MISTAS	201
6.1	Considerações gerais	203
6.2	Processo construtivo	203
6.3	Métodos de análise global	208
6.4	Análise global para os estados limites últimos	211
6.4.1	Análise elástica linear	211
	Análise não fendilhada	212
	Análise fendilhada	213
	Redistribuição de momentos	220
	<i>Exemplo 6.1</i>	222
6.4.2	Análise rígido-plástica	229
	<i>Exemplo 6.2</i>	236
6.4.3	Análise não linear	240
6.5	Análise global para os estados limites de utilização	241
6.5.1	Efeito do shear lag	242
6.5.2	Efeito da fluênciâ e da retracção	242
6.5.3	Efeito da fendilhação do betão	242
6.5.4	Efeito do processo construtivo <i>Exemplo 6.3</i>	246 247
6.5.5	Efeito da interacção parcial <i>Exemplo 6.4</i>	250 252
6.5.6	Vibração	256
6.6	Referências	257
7	VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DE VIGAS MISTAS	259
7.1	Considerações gerais	261
7.2	Verificação da segurança em relação aos estados limites últimos	264
7.2.1	Resistência da secção transversal	264
7.2.2	Resistência ao corte longitudinal Valor mínimo do grau de conexão Distribuição dos conectores Força de corte longitudinal Armadura transversal para o corte longitudinal <i>Exemplo 7.1</i>	265 265 267 269 271 282

7.2.3	Resistência às forças transversais nas almas	286
7.2.4	Resistência à encurvadura lateral	286
	Momento crítico elástico de encurvadura lateral, M_{cr}	290
	Espaçamento máximo dos conectores na «estrutura em U invertido»	300
	<i>Exemplo 7.2</i>	303
	Momento resistente à encurvadura lateral, $M_{b,Rd}$	308
	Expressão simplificada para calcular a esbelteza normalizada, $\bar{\lambda}_{LT}$	311
	<i>Exemplo 7.3</i>	312
	Verificação simplificada para edifícios, sem cálculo directo	314
	Utilização de travamentos laterais intermédios	316
	<i>Exemplo 7.4</i>	318
7.3	Verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização	319
7.3.1	Deformação	320
7.3.2	Fendilhação do betão	322
	Valor limite de largura de fendas, w_{max}	323
	Isenção do controlo da fendilhação	325
	Armadura mínima	325
	Controlo da fendilhação devida a acções directas	329
	<i>Exemplo 7.5</i>	330
7.4	Disposições de projecto e construtivas	332
7.5	Referências	339
8	LAJES MISTAS COM CHAPAS PERFILADAS	343
8.1	Considerações gerais	345
8.2	Situações de projecto	353
8.3	Acções	353
8.3.1	Acções para chapas perfiladas utilizadas como cofragem	353
8.3.2	Acções para lajes mistas	356
8.4	Análise e verificação da segurança das chapas perfiladas utilizadas como cofragem	357
8.4.1	Análise da secção transversal das chapas perfiladas	357
	<i>Exemplo 8.1</i>	361
8.4.2	Análise global das chapas perfiladas	365
8.4.3	Verificação da segurança em relação aos estados limites últimos das chapas perfiladas	367
	<i>Exemplo 8.2</i>	370
8.4.4	Verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização das chapas perfiladas	373
8.5	Análise das lajes mistas	374
8.5.1	Largura efectiva da laje para cargas concentradas	374
8.5.2	Métodos de análise global	377
	Estados limites últimos	377

Estados limites de utilização	378	
8.6	Verificação da segurança das lajes mistas em relação aos estados limites últimos	378
8.6.1	Momento fletor	380
	Momento fletor positivo	381
	Momento fletor negativo	385
	<i>Exemplo 8.3</i>	387
	Conexão parcial	389
	<i>Exemplo 8.4</i>	393
8.6.2	Corte longitudinal	398
	Corte longitudinal sem amarração de extremidade	399
	Corte longitudinal com amarração de extremidade	403
	<i>Exemplo 8.5</i>	404
8.6.3	Esforço transverso	405
	<i>Exemplo 8.6</i>	407
8.6.4	Punçoamento	408
	Aberturas em lajes mistas	412
	<i>Exemplo 8.7</i>	413
8.7	Verificação da segurança das lajes mistas em relação aos estados limites de utilização	417
8.7.1	Fendilhão do betão	417
8.7.2	Deformação	418
	<i>Exemplo 8.8</i>	422
8.8	Disposições de projecto e construtivas	426
8.9	Referências	431
9	COLUNAS MISTAS	433
9.1	Considerações gerais	435
9.2	Métodos de cálculo	442
9.3	Método geral de cálculo	445
9.4	Método simplificado de cálculo	446
9.4.1	Campo de aplicação	447
9.4.2	Resistência da secção transversal	449
	Esforço normal	449
	Flexão composta com compressão	453
	Flexão desviada composta com compressão	468
	<i>Exemplo 9.1</i>	474
	<i>Exemplo 9.2</i>	481
	Influência do esforço transverso	489
9.4.3	Propriedades da coluna mista	492
9.4.4	Imperfeições locais	494
9.4.5	Métodos de análise	496

9.4.6	Verificação da segurança em relação aos estados limites últimos	501
	Coluna mista à compressão	501
	<i>Exemplo 9.3</i>	504
	Coluna mista à flexão composta com compressão	509
	<i>Exemplo 9.4</i>	512
	Coluna mista à flexão desviada composta com compressão	519
	<i>Exemplo 9.5</i>	522
9.5	Cargas localizadas	526
	<i>Exemplo 9.6</i>	536
	<i>Exemplo 9.7</i>	538
9.6	Disposições de projecto e construtivas	540
9.7	Referências	544
A	CARACTERÍSTICAS DE ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO MISTA	547
	ÍNDICE REMISSIVO	563