

ÍNDICE

Capítulo 1 – VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE DE ESTRUTURAS DE MADEIRA	1
1.1 Aspectos de carácter geral	3
1.2 Metodologia geral de cálculo de estruturas de madeira	3
1.3 Materiais utilizados	4
1.4 Acções e combinações de acções	5
1.5 Classes de serviço e de duração das acções	5
1.6 Modelos de cálculo estrutural	7
1.7 Verificação da Segurança	8
1.8 Especificidades das estruturas de madeira	9
1.8.1 Especificidades mais importantes	3
1.8.2 Durabilidade/Preservação	9
1.8.3 Comportamento ao fogo	10
1.8.4 Ligações	10
1.8.5 Cálculo de estruturas de madeira: o que é fundamental saber	11
Capítulo 2 – EUROCÓDIGO 5: PARTE 1.1 - APRESENTAÇÃO GERAL	13
2.1 Introdução	15
2.2 Descrição resumida	15
2.3 Bases de projecto: Requisitos	16
2.4 Duração das acções e teor em água	18
2.4.1 Estados-limite de utilização	18
2.4.2 Estados-limite últimos	19
2.5 Verificação pelo método dos coeficientes parciais	19
2.5.1 Valor de cálculo de uma propriedade de um material	19
2.5.2 Valor de cálculo dos dados geométricos	20
2.5.3 Valor de cálculo das resistências	20
2.5.4 Notas importantes	21
2.6 Valores de k_{mod} e k_{def}	22
Capítulo 3 – MADEIRA EM ESTRUTURAS. NOÇÕES FUNDAMENTAIS.	23
3.1 A madeira como material estrutural - Noções essenciais	25
3.1.1 Árvore e madeira serrada	25
3.1.2 Estrutura macroscópica da madeira	25
3.1.3 Composição química da madeira	26
3.1.4 Propriedades físicas mais relevantes	27
3.1.4.1 Teor em água e higroscopicidade	27
3.1.4.2 Massa volúmica aparente	28
3.1.4.3 Retractilidade	28
3.1.4.4 Reacção e resistência ao fogo	30
3.1.5 Principais propriedades mecânicas	31
3.1.5.1 Resistência à tracção paralela às fibras	31
3.1.5.2 Resistência à compressão paralela às fibras	32
3.1.5.3 Resistência à flexão estática	32
3.1.5.4 Resistência à tracção perpendicular às fibras	32
3.1.5.5 Resistência à compressão perpendicular às fibras	33
3.1.5.6 Resistência ao corte ou escorregamento	33
3.1.5.7 Dureza	33
3.1.5.8 Resistência à fadiga	34
3.1.5.9 Fluência	34
3.1.6 Principais factores que influenciam as propriedades físicas e mecânicas	35

3.2 Madeira e derivados – Valores a usar no cálculo	36
3.2.1 Madeira maciça	36
3.2.1.1 Madeira serrada classificada nova – Classes de qualidade	36
3.2.1.2 Madeira serrada classificada nova - Classes de resistência	39
3.2.1.3 Relação entre as classes de qualidade e as classes de resistência	40
3.2.1.4 Valores de cálculo – Madeira nova	42
3.2.1.5 Propriedades físicas e mecânicas da madeira aplicada em estruturas existentes	43
3.2.2 Madeira lamelada colada	45
3.2.2.1 Justificação e história	45
3.2.2.2 Colas	46
3.2.2.3 Fabrico	47
3.2.2.4 Controlo de produção e certificação do produto	48
3.2.2.5 Produtos disponíveis no mercado	50
3.2.2.6 Valores de cálculo	51
3.2.3 Madeira Micro Lamelada colada (LVL)	52
3.2.3.1 O LVL finlandês – KERTO-LVL	52
3.2.3.2 Controlo de produção e certificação do produto	52
3.2.3.3 Valores de cálculo	53
3.2.4 Outros derivados de madeira com aptidão estrutural	54
3.2.5 Ligadores metálicos	54
Capítulo 4 – TRACÇÃO E COMPRESSÃO	55
4.1 Introdução	57
4.2 Anisotropia da madeira	57
4.3 Tracção e compressão paralelas ao fio	57
4.4 Tracção e compressão perpendiculares ao fio	58
4.5 Tracção e compressão a um ângulo com o fio	59
4.6 Efeito de volume	59
4.7 Disposições do EC5-1-1	60
4.7.1 Tracção paralela ao fio	60
4.7.2 Tracção perpendicular ao fio	61
4.7.3 Compressão paralela ao fio	62
4.7.4 Compressão perpendicular ao fio	62
4.8 Exercícios de aplicação	63
P4.1 - Tracção paralela ao fio	63
P4.2 - Compressão perpendicular ao fio	64
Capítulo 5 – FLEXÃO	67
5.1 Introdução	69
5.2 Segurança de peças flectidas	69
5.2.1 Resistência à flexão	69
5.2.1.1 Flexão simples	69
5.2.1.2 Flexão composta com tracção	71
5.2.1.3 Flexão composta com compressão	71
5.2.2 Segurança contra o bambeamento	72
5.2.2.1 Cálculo do momento crítico elástico	72
5.2.2.2 Factor de momento uniforme equivalente	73
5.2.2.3 Efeito do ponto de aplicação da carga	75
5.2.2.4 Verificação regulamentar	75
5.2.2.5 Bambeamento em flexão composta	76
5.2.2.6 Mitigação do risco de bambeamento	76
5.2.2.7 Travamento	77
5.3 Exercícios de aplicação	79
P5.1 - Resistência à flexão	79
P5.2 - Segurança contra o bambeamento	81

Capítulo 6 – CORTE E TORÇÃO	85
6.1 Introdução	87
6.2 Corte - Verificação segundo o EC5	88
6.2.1 Redução na proximidade dos apoios	88
6.2.2 Concentração de tensões em entalhes	89
6.3 Torção - Verificação segundo o EC5	89
6.4 Interação corte-torção	91
6.5 Exercícios de aplicação	91
P6.1 - Resistência ao corte com torção	91
P6.2 - Viga com entalhe	93
Capítulo 7 – PILARES E ENCURVADURA	95
7.1 Introdução	97
7.2 Perda de capacidade resistente	97
7.3 Encurvadura	98
7.3.1 Teoria elástica	98
7.3.2 Influência dos defeitos	99
7.3.3 Curvas de encurvadura	101
7.3.4 Verificação regulamentar	102
7.3.5 Comprimento de encurvadura	104
7.3.6 Travamento	106
7.4 Exercícios de aplicação	107
P7.1 - Verificação à encurvadura	107
Capítulo 8 – VIGAS CURVAS E DE EXTRADORSO EM CUME	113
8.1 Introdução	115
8.2 Tensões normais de flexão	115
8.2.1 Fundamentação	115
8.2.2 Disposições regulamentares	116
8.2.2.1 Tensões actuantes de flexão - geral	116
8.2.2.2 Tensões actuantes de flexão no cume	116
8.2.2.3 Tensões resistentes de flexão - geral	117
8.2.2.4 Tensões resistentes de flexão no cume	117
8.3 Tracções perpendiculares ao fio	118
8.3.1 Fundamentação	118
8.3.2 Disposições regulamentares	119
8.3.2.1 Tensão actuante perpendicular ao fio	119
8.3.2.2 Resistência à tracção perpendicular ao fio	119
8.4 Disposições acessórias	120
8.5 Exercícios de aplicação	120
P8.1 - Viga curva de secção constante	120
Capítulo 9 – ESTADOS-LIMITE DE UTILIZAÇÃO	125
9.1 Introdução	127
9.2 Fluência da madeira	127
9.3 Escorregamento das ligações	129
9.4 Estado-limite de deformação	130
9.5 Estado-limite de vibração	131
Capítulo 10 – LIGAÇÕES PARA MADEIRA	133
10.1 Generalidades	135
10.2 Tipologias das ligações	135
10.3 Pregos	137
10.3.1 Pregos ao corte	139
10.3.1.1 Parâmetros de resistência	139
10.3.1.2 Espaçamentos mínimos	141

10.3.1.3 Resistência de conjunto	142
10.3.2 Pregos ao arranque	144
10.3.3 Interacção de corte e arranque	146
10.4 Agrafos	146
10.5 Parafusos de enroscar	147
10.5.1 Funcionamento ao corte	149
10.5.2 Funcionamento ao arranque	149
0	
Interacção entre corte e <i>arranque</i>	151
10.6 Cavilhas e parafusos de porca	151
10.6.1 Funcionamento ao corte	152
10.6.2 Parafusos de porca carregados axialmente	154
10.7 Ligadores planos segundo a EN 912	155
10.7.1 Anéis	155
10.7.1.1 Dimensionamento	156
10.7.2 Placas circulares	158
10.7.3 Placas denteadas	158
10.7.3.1 Dimensionamento	159
10.8 Chapas metálicas denteadas	161
10.8.1 Dimensionamento	162
10.8.1.1 Propriedades de resistência da chapa	162
10.8.1.2 Chapas metálicas denteadas	163
10.8.1.3 Cálculo da resistência da ligação	163
10.8.1.4 Cálculo da resistência da chapa	165
10.9 Exercícios de aplicação	166
P10.1 - Anéis	166
P10.2 - Placas denteadas	169
Capítulo 11 – TEORIA DE JOHANSEN	173
11.1 Introdução	175
11.2 Modos de rotura	175
11.2.1 Corte simples	176
11.2.1.1 Ligações madeira-madeira e derivados	176
11.2.1.1.1 Modos de rotura de tipo 1A	176
11.2.1.1.2 Modo de rotura de tipo 1B	176
11.2.1.1.3 Modos de rotura de tipo 2	177
11.2.1.1.4 Modo de rotura de tipo 3	178
11.2.1.2 Ligações madeira-aço	178
11.2.1.2.1 Modo de rotura de tipo 1 (chapa fina)	178
11.2.1.2.2 Modo de rotura de tipo 1 (chapa espessa)	179
11.2.1.2.3 Modo de rotura de tipo 2 (chapa fina)	179
11.2.1.2.4 Modo de rotura de tipo 2 (chapa espessa)	179
11.2.1.2.5 Modo de rotura de tipo 3 (chapa espessa)	179
11.2.2 Corte duplo	179
11.2.2.1 Ligações madeira-madeira e derivados	180
11.2.2.1.1 Modos de rotura de tipo 1A	180
11.2.2.1.2 Modo de rotura de tipo 2	180
11.2.2.1.3 Modo de rotura de tipo 3	180
11.2.2.2 Ligações madeira-aço (chapas laterais)	181
11.2.2.2.1 Modo de rotura de tipo 1 (qualq. chapa)	181
11.2.2.2.2 Modo de rotura de tipo 2(chapa fina)	181
11.2.2.2.3 Modo de rotura de tipo 3 (chapa espessa)	181
11.2.2.3 Ligações madeira-aço (chapa central)	181
11.2.2.3.1 Modo de rotura de tipo 1	182
11.2.2.3.2 Modo de rotura de tipo 2	182

11.2.2.3.3 <i>Modo de rotura de tipo 3</i>	182
11.3 Disposições acessórias	182
11.3.1 <i>Rotura por corte em bloco</i>	182
11.3.2 <i>Carregamento cíclico</i>	184
11.3.3 <i>Ligações para forças oblíquas</i>	185
11.4 Exercícios de aplicação	186
P11.1 - <i>Ligação pregada</i>	186
P11.2 - <i>Ligação com parafusos de porca</i>	193
Capítulo 12 – COMPLEMENTOS DE LIGAÇÕES	199
12.1 <i>Introdução</i>	201
12.2 <i>Ligações entalhadas</i>	201
12.2.1 <i>Ligações denteadas</i>	201
12.2.2 <i>Outros tipos de ligação entalhada</i>	203
12.3 <i>Ligações resistentes a momentos</i>	204
12.3.1 <i>Emendas e nós de pórticos</i>	205
12.3.2 <i>Rigidez da ligação</i>	206
12.4 <i>Exercícios de aplicação</i>	207
P12.1 - <i>Ligação entalhada perna-linha</i>	207
P12.2 - <i>Nó de cruzamento</i>	208
P12.3 - <i>Ligação resistente a momentos</i>	210
Capítulo 13 – PORMENORES DE PROJECTO	217
13.1 <i>Introdução</i>	219
13.2 <i>Exemplo 1</i>	219
13.3 <i>Exemplo 2</i>	220
13.4 <i>Exemplo 3</i>	221
13.5 <i>Exemplo 4</i>	223
13.6 <i>Exemplo 5</i>	224
Capítulo 14 – PORTFOLIO FOTOGRÁFICO	227