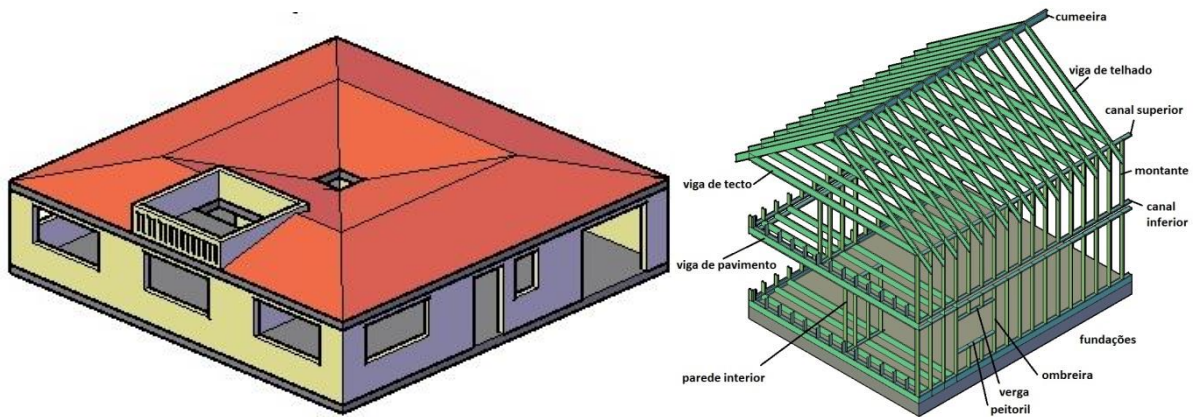




**TÉCNICO**  
LISBOA



## O método prescritivo na construção de moradias em aço leve

João Miguel Farinha de Sousa Pires

### Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil

#### Júri

Presidente: Prof.<sup>ª</sup> Ana Paula Patrício Teixeira Ferreira Pinto França de Santana

Orientador: Prof. Nuno Miguel Rosa Pereira Silvestre

Vogais: Prof. Pedro Manuel Gameiro Henriques

**Abril de 2013**



---

## Resumo

O método prescritivo da construção em aço leve, ou “Light Steel Framing” (LSF), constitui um processo de dimensionamento expedito para projetar estruturas simples (um ou dois pisos) em aço enformado a frio. O método foi desenvolvido pelo AISI (American Iron and Steel Institute), estando de acordo com os regulamentos estruturais existentes, e publicado pela primeira vez em 1997. Este método foi desenvolvido com a cooperação de comissões de investigadores, fabricantes, projetistas e construtores em LSF. Ao facilitar a construção de habitações com estrutura de aço leve, este documento permite a utilização de novos materiais para utilizações não estruturais, oferecendo requisitos padronizados e consistentes aos fornecedores e consumidores de aço formado a frio. Por outro lado, o método permite a unificação de procedimentos e regras de execução aos construtores, contribuindo para melhorar a aceitação do mercado e promover a aplicação do sistema construtivo em LSF.

Nesta dissertação, apresenta-se o método prescritivo adaptado e adequado à realidade nacional. Foi efetuada uma tradução do documento e readaptados alguns parâmetros para ter em conta o contexto de aplicação num território com diferentes valores das ações atuantes sobre as estruturas. Em primeiro lugar, efetua-se uma introdução histórica à utilização do aço leve e ao método prescritivo, realçando as vantagens na utilização desta solução por comparação com soluções estruturais tradicionais. Muito relevante é a descrição do processo construtivo e o seu faseamento pois existe uma necessidade premente de esclarecer os agentes da construção civil (projetistas, construtores e donos de obra) sobre estes assuntos. É, aliás, no faseamento construtivo que as soluções em aço leve (e.g, painelização) apresentam grandes vantagens sobre outras soluções. Por outro lado, apresentam-se as bases do método prescritivo (domínio de aplicação) e procede-se a uma apresentação sobre a escolha das dimensões dos elementos estruturais a utilizar nos pisos, paredes e coberturas. Finalmente, descrevem-se algumas recomendações a ter na construção em LSF, ilustra-se a aplicação do método com dois exemplos e apontam-se algumas considerações finais.





---

## Índice de capítulos

Resumo	3
1 Introdução	19
2 Vantagens na Utilização do Aço Leve	25
3 Procedimentos e Faseamento Construtivo	43
4 Bases do Método Prescritivo	57
5 Pisos	77
6 Paredes	91
7 Coberturas	149
8 Instalações e Algumas Recomendações	165
9 Exemplos Ilustrativos	171
10 Considerações Finais	187
Referências	197
Anexo I	201

---

## Índice de figuras

### (1) Introdução

1.1	Estrutura de habitação em LSF	19
1.2	Artigo sobre construção LSF	20
1.3	Construção em LSF no campo Bourne	21
1.4	Estragos do furação Andrew em Dade County	22
1.5	Perfiladora em utilização numa obra	23

### (2) Vantagens na utilização do aço leve

2.1	Gráfico sobre a redução de custos em obras em LSF	25
2.2	Parâmetros relevantes para prazo e custo em função do pré-fabrico	26
2.3	Distribuição de custos na construção LSF e tradicional	27
2.4	Comparação do isolamento térmico entre paredes de vários materiais	30
2.5	Paredes em LSF com tijolo e EPS	31
2.6	Sistemas de dissipação de energia de forças sísmicas	34
2.7	Compartimentação interior e over-cladding	38
2.8	Over-roofing e ampliação vertical	38
2.9	Compartimentação vertical e ampliação horizontal	39
2.10	Fixação de canal e inserção de vigas de aço leve no mesmo	39
2.11	Vantagens da painelização vertical	40

### (3) Procedimentos e faseamento construtivo

3.1	Variação do número de fases ao longo do prazo de execução	44
3.2	Fundações e laje com caixa de ar	45
3.3	Fixação de canal à parede	45
3.4	Contraventamento provisório	48
3.5	Estrutura com travessas inclinadas	48
3.6	Uso de OSB como revestimento exterior em paredes e cobertura	49
3.7	Uso de OSB como revestimento exterior em cobertura e fachada	50

---

3.8	Uso de telha lusa	51
3.9	Uso de betão leve em cobertura plana acessível	51
3.10	Diferentes revestimentos exteriores aplicados sobre o OSB	52
3.11	Passagem de tubagens e canalizações	53
3.12	Isolamento em lã de rocha	53
3.13	Revestimento interior em gesso cartonado	54
3.14	Acabamentos exteriores tradicionais	55
3.15	Acabamentos interiores tradicionais	55
<b>(4)</b>	<b>Bases do <i>Método Prescritivo</i></b>	
4.1	Zonas sísmicas nos EUA e Portugal	60
4.2	Esquema geral de estrutura em LSF	62
4.3	Geometria das secções utilizadas	66
4.4	Configurações de montante e canal	67
4.5	Furos / negativos não reforçados	69
4.6	Furos / negativos reforçados	70
4.7	Reforço de alma no apoio da viga	70
4.8	Pontas de parafusos auto-roscante e autoperfurantes	71
4.9	Comprimento de vários tipos de parafuso	72
4.10	Aderência de parafusos auto-roscantes	72
4.11	Aplicação de tecto falso	73
4.12	Cabeças dos parafusos	73
4.13	Entalhes dos parafusos	73
<b>(5)</b>	<b>Pisos</b>	
5.1	Pavimento-tipo em aço leve	77
5.2	Fixação de pavimento sobre barrote no contorno	81
5.3	Fixação de pavimento sobre fundação em betão	81
5.4	Fixação de pavimento sobre parede estrutural	82

---

5.5	Fixação de pavimento em consola sobre barroto	82
5.6	Fixação de pavimento em consola sobre fundação em betão	83
5.7	Fixação de pavimento em consola sobre parede estrutural	83
5.8	Pormenor adicional de consola sujeita à carga de dois pisos	84
5.9	Viga contínua apoiada em parede estrutural	85
5.10	Pormenor de fixação do pavimento	85
5.11	Viga descontínua apoiada em parede estrutural	86
5.12	Contraventamento em cruz “x-bracing”	86
5.13	Contraventamento adicional do pavimento	87
5.14	Pormenores alternativos de contraventamento	87
5.15	Emenda de viga de contorno	88
5.16	Abertura no pavimento	88
5.17	Pormenor de abertura no pavimento	89
5.18	Sistema de fixação de tecto falso com varão liso	89
<b>(6)</b>	<b>Paredes</b>	
6.1	Pormenores típicos de parede resistente em LSF (perspectiva)	91
6.2	Pormenores típicos de parede resistente em LSF (alçado)	104
6.3	Pormenor de fixação de parede a fundação em betão	105
6.4	Pormenor de fixação a barroto de madeira no contorno	105
6.5	Estrutura típica de parede exterior	106
6.6	Contraventamento com fita numa face e revestimento na outra	106
6.7	Contraventamento com duas fitas	107
6.8	Emenda de canal	107
6.9	Pormenor de esquina	108
6.10	Verga em caixa	109
6.11	Verga “back-to-back”	116
6.12	Verga em dupla cantoneira, secção e vista de lado	116
6.13	Verga em dupla cantoneira, perspectiva	117

---

6.14	Fixação dos painéis de OSB	118
6.15	Configuração do edifício	129
6.16	Tipos de painel a usar em paredes reforçadas	129
6.17	Pormenor de esquina	130
6.18	Pormenor de fixação do revestimento da empena	133
6.19 – 6.22	Ábacos para cálculo da área mínima com painéis revestidos em todo o pé-direito em (...)	
6.19	Edifício térreo ou piso superior em zonas sísmicas B-D	134
6.20	Piso inferior de edifício de dois pisos nas zonas sísmicas B-D	135
6.21	Edifício térreo ou piso superior na zona sísmica A	136
6.22	Piso inferior de edifício de dois pisos na zona sísmica A	137
6.23	Pormenor de junção entre parede, tecto e cobertura	140
6.24	Pormenor de fixação de diafragma de pavimento	140
6.25	Reforço de fita metálica contra o impulso do vento	144
<b>(7)</b>	<b>Coberturas</b>	
7.1	Cobertura-tipo	150
7.2	Pormenor de ligação entre vigas no beirado	151
7.3	Pormenor de ligação entre vigas na cumeeira	151
7.4	Pormenor de ligação entre vigas no beirado, com reforço de apoio	152
7.5	Emenda de viga de tecto	152
7.6	Abertura na cobertura	153
7.7	Pormenor de abertura na cobertura	153
<b>(9)</b>	<b>Exemplos ilustrativos</b>	
9.1	Moradia de dois pisos – exemplo A	171
9.2	Moradia de um piso – exemplo B	179
<b>(10)</b>	<b>Considerações finais</b>	
10.1	Esquema de aplicação do método	189
10.2	Treliça/asna de cobertura	190

---

10.3	Conjunto de vigas treliçadas	191
10.4	Treliças de cobertura	192
10.5	Uso de vigas treliçadas em pavilhão	192
10.6	Pormenor de laje em consola, para comparação entre vigas e treliças	193
10.7	Laje colaborante	193
10.8	Casa construída com SIPS	194
10.9	Painel SIPS e danos numa casa em aço leve	195

---

## Índice de tabelas

<b>(2)</b>	<b>Vantagens na utilização do aço leve</b>	
2.1	Isolamento exterior típico	31
2.2	Resistência ao fogo	37
<b>(3)</b>	<b>Procedimentos e faseamento construtivo</b>	
3.1	Cronograma típico	43
<b>(4)</b>	<b>Bases do <i>Método Prescritivo</i></b>	
4.1	Valores máximos de peso próprio	57
4.2	Valores máximos de dimensões e acções	58
4.3	Correlação entre velocidade do vento e rajada de 3 s	59
4.4	Designação e definição dos principais elementos e peças	62 – 65
4.5	Designação (acrónimo) dos elementos e peças metálicas	65
4.6	Designação e dimensões das secções em C e U utilizadas	66
4.7	Protecção contra corrosão	68
4.8	Designação e diâmetro dos parafusos	71
4.9	Resistência mínima dos parafusos ao corte e arranque	72
4.10	Factor de equivalência / substituição de parafusos	74
<b>(5)</b>	<b>Pisos</b>	
5.1	Vão máximo – simples com reforços de apoio	78
5.2	Vão máximo – múltiplo com reforços de apoio	78
5.3	Vão máximo – simples sem reforços de apoio	79
5.4	Vão máximo – múltiplo sem reforços de apoio	79
5.5	Requisitos mínimos de ligações entre pavimento e paredes de suporte	80
5.6	Ligações do pavimento	85
<b>(6)</b>	<b>Paredes</b>	
6.1	Requisitos mínimos de ligações entre paredes e fundação ou pavimento	92

6.2 – 6.13: Espessuras mínimas da chapa dos montantes em paredes de (...)	
6.2 – 2,4 m de altura, edifício térreo ou último piso, aço S235	92
6.3 – 2,4 m de altura, 1º piso de edifício de 2 pisos, aço S235	93
6.4 – 2,7 m de altura, edifício térreo ou último piso, aço S235	94
6.5 – 2,7 m de altura, 1º piso de edifício de 2 pisos, aço S235	95
6.6 – 3,0 m de altura, edifício térreo ou último piso, aço S235	96
6.7 – 3,0 m de altura, 1º piso de edifício de 2 pisos, aço S235	97
6.8 – 2,4 m de altura, edifício térreo ou último piso, aço S355	98
6.9 – 2,4 m de altura, 1º piso de edifício de 2 pisos, aço S355	99
6.10 – 2,7 m de altura, edifício térreo ou último piso, aço S355	100
6.11 – 2,7 m de altura, 1º piso de edifício de 2 pisos, aço S355	101
6.12 – 3,0 m de altura, edifício térreo ou último piso, aço S355	102
6.13 – 3,0 m de altura, 1º piso de edifício de 2 pisos, aço S355	103
6.14 Fixações	109
6.15 – 6.17: Vãos admissíveis em vergas que suportem cargas de(...)	
6.15 – tecto e cobertura	110 – 111
6.16 – 1 piso, tecto e cobertura, carga apenas nas paredes	112 – 113
6.17 – 1 piso, tecto e cobertura, carga em paredes e viga a ½ vão	114 – 115
6.18 Montantes necessários nos extremos de um vão	117
6.19 Requisitos mínimos de fixação da verga ao montante	118
6.20 – 6.25: Vãos admissíveis em vergas de dupla cantoneira sujeitas apenas a cargas de tecto e cobertura, em edifícios com a largura máxima de (...)	
6.20 – 7,3 m	119
6.21 – 8,5 m	119
6.22 – 9,1 m	120
6.23 – 9,8 m	120
6.24 – 10,4 m	121
6.25 – 11 m	121



---

6.26 – 6.31: Vãos admissíveis em vergas de dupla cantoneira sujeitas a cargas de 1 piso, tecto e cobertura, em edifícios com a largura máxima de (...)		
6.26 – 7,3 m	122	
6.27 – 8,5 m	122	
6.28 – 9,1 m	123	
6.29 – 9,8 m	123	
6.30 – 10,4 m	124	
6.31 – 11 m	124	
6.32 – 6.35: Vãos admissíveis em vergas de dupla cantoneira sujeitas a impulso do vento, em edifícios com a largura máxima de (...)		
6.32 – 7,3 m	125	
6.33 – 8,5 m	125	
6.34 – 9,8 m	126	
6.35 – 11 m	126	
6.36	Percentagem mínima de painéis revestidos em todo o pé-direito	128
6.37	Coeficientes de redução do comprimento de paredes contraventadas	131
6.38	Coeficientes de redução de paredes do tipo I	131
6.39	Coeficientes de redução de paredes do tipo II	131
6.40	Força de tracção mínima disponível nas fixações à fundação	132
6.41	Requisitos de fixação em interrupções do canal superior	132
6.42	Espaçamento de fixações à fundação	133
6.43	Coeficientes de agravamento do comprimento de paredes do tipo I	137
6.44 – 6.47	Larguras de paredes de (...)	
6.44	Fachada (apenas 1 piso e fundação betonada contra o terreno)	138
6.45	Fachada (restantes casos)	138
6.46	Fachada contraventada tipo I	139
6.47	Empena contraventada do tipo I	139
6.48	Força a mobilizar na ligação entre paredes e vigas/treliças de cobertura	141
6.49	Equivalente da tabela anterior em parafusos #8 e fita metálica	142

---

6.50	Força e nº de parafusos na ligação entre paredes e fundação/pavimento	143
6.51 – 6.54	Alturas máximas de paredes (...)	
6.51	– de fachada, em perfil C90	145
6.52	– de fachada, em perfil C140	146
6.53	– não estruturais, contaventadas a ½ da altura	147
6.54	– não estruturais, com diafragma em gesso cartonado	147
<b>(7)</b>	<b>Coberturas</b>	
7.1	Requisitos de fixação dos vários elementos da cobertura	154
7.2	Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas e tecto	154
7.3	Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas e cumeeira	154
7.4 – 7.7	Vãos máximos em vigas de tecto de (...)	
7.4	– Vão único com reforços de apoio, sótão inacessível	155
7.5	– Dois vãos com reforços de apoio, sótão inacessível	156
7.6	– Vão único com reforços de apoio, sótão acessível	157
7.7	– Dois vãos com reforços de apoio, sótão acessível	158
7.8	– Vão único sem reforços de apoio, sótão inacessível	159
7.9	– Dois vãos sem reforços de apoio, sótão inacessível	160
7.10	– Vão único sem reforços de apoio, sótão acessível	161
7.11	– Dois vãos sem reforços de apoio, sótão acessível	162
7.12	Vãos máximos, em planta, de vigas de cobertura	163
7.13	Equivalência entre velocidade do vento e sobrecarga de neve	163
7.12	Requisitos da ligação à viga de cumeeira	164
7.12	Espessura mínima da fita metálica da ligação	164
<b>(9)</b>	<b>Exemplos ilustrativos</b>	
9.1	( 5.1 ) Vão máximo – vão simples, com reforços de apoio	173
9.2	( 6.2 ) Espessura mínima de chapa dos montantes, parede de 2,4 m...	174
9.3	( 6.3 ) Espessura mínima de chapa dos montantes, parede de 2,4 m...	174

---

9.4	( 6.17b ) Vãos admissíveis em vergas que suportam cargas de 1 piso...	175
9.5	( 6.15b ) Vãos admissíveis em vergas que suportam cargas de tecto...	175
9.6	( 6.18 ) Montantes necessários nos extremos de um vão	175
9.7	( 6.21 ) Vão admissível em vergas em dupla cantoneira submetidas...	176
9.8	( 6.27 ) Vão admissível em vergas em dupla cantoneira. Cargas de 1 piso...	176
9.9	( 6.36 ) Percentagem mínima de painéis revestidos em todo o pé-direito	176
9.10	( 7.9 ) Vão máximo em vigas de tecto de dois vãos sem reforços...	177
9.11	( 7.13 ) Equivalência entre velocidade do vento e sobrecarga de neve	178
9.12	( 7.12 ) Vão máximo, em planta, de vigas de cobertura	178
9.13	( 7.2 ) Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas e tecto	178
9.14	( 7.3 ) Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas e cumeeira	178
9.15	( 5.1 ) Vão máximo – vão simples, com reforços de apoio	181
9.16	( 6.4 ) Espessura mínima de chapa dos montantes, parede de 2,7 m...	181
9.17	( 6.5 ) Espessura mínima de chapa dos montantes, parede de 2,7 m...	182
9.18	( 6.15a ) Vãos admissíveis em vergas que suportam cargas de tecto...	182
9.19	( 6.16a ) Vãos admissíveis em vergas que suportam cargas de 1 piso...	183
9.20	( 6.18 ) Montantes necessários nos extremos de um vão	183
9.21	( 6.20 ) Vão admissível em vergas em dupla cantoneira submetidas...	183
9.22	( 6.26 ) Vão admissível em vergas em dupla cantoneira. Cargas de 1 piso...	183
9.23	( 6.36 ) Percentagem mínima de painéis revestidos em todo o pé-direito	184
9.24	( 7.4 ) Vão máximo em vigas de tecto de vão único com reforços...	185
9.25	( 7.13 ) Equivalência entre velocidade do vento e sobrecarga de neve	185
9.26	( 7.12 ) Vão máximo, em planta, de vigas de cobertura	186
9.27	( 7.2 ) Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas e tecto	186
9.28	( 7.3 ) Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas e cumeeira	186

---

## Índice de abreviaturas

Pág.	Abreviatura	Significado
3	LSF	Light Steel Framing – aço leve
3	AISI	American Iron and Steel Institute
10	NAHB	National Association of Home Builders
10	HUD	(Department of) Housing and Urban Development
15	OSB	Oriented Strand Board – chapa de fibras orientadas (aleatoriamente), derivado da madeira
18	TER	Taxa de Emissão – parâmetro de desempenho ambiental
19	ETICS	External Thermal Insulation Composite System
19	EPS	Poliestireno extrudido, muito semelhante a, mas ligeiramente mais denso que esferovite
20	SIP	Structural Insulated Panel
22	SCI	Steel Construction Institute
23	LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
24	RAN	Rede Agrícola Nacional
24	REN	Rede Ecológica Nacional
24	BS	British Standard
24	EN	Norma Europeia
41	PPR	Polipropileno Reticulado
41	PEX	Polietileno com formação de rede
45	NAS	North American Specification
45	AS/NZS	Australian Standard / New Zealand Standard
47	RSA	Regulamento de Segurança e Acções
48	EC3	Eurocódigo 3 (estruturas metálicas)
57	PEAD	Polietileno de alta densidade
153	PVC	Policloreto de vinil
153	FFD	Ferro fundido dúctil

---

154	PSS	Plano de Segurança e Saúde
157	AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
175	SHST	Saúde, Higiene e Segurança no Trabalho
176	REBAP	Regulamento de betão armado e pré-esforçado



---

## Capítulo 1 - Introdução

---

### 1.1 Generalidades

A construção de estruturas em LSF (“Light Steel Framing”), “Aço Leve” ou “Aço Enformado a Frio”, tem a origem da sua designação no facto dos elementos estruturais serem fabricados a partir de chapa de aço dobrada que, por ser fina, confere à estrutura de aço um aspeto leve – ver Figura 1.1. Embora a aparência possa sugerir o contrário devido ao grande número de elementos estruturais, constata-se na prática que uma estrutura em LSF tem um peso final muitíssimo inferior (várias ordens de grandeza) às soluções em betão ou em alvenaria.



**Figura 1.1** – Estrutura em LSF de uma habitação com cerca 400 m<sup>2</sup> e dois pisos.

Na última década, o mercado da construção de estruturas de aço enformado a frio tem vindo a crescer sustentadamente e, hoje em dia, estabelece-se como uma alternativa credível e eficiente relativamente a outras soluções construtivas. O mérito desta evolução deve-se às suas características específicas e diferenciadoras em relação a soluções tradicionais, como a construção em betão, alvenaria e madeira. A construção em LSF está frequentemente associada a períodos de execução mais reduzidos, uma boa eficiência térmica e acústica, e um superior desempenho ambiental, entre outros fatores. Se a construção em LSF constitui uma novidade relativamente recente em Portugal, é um facto que a construção LSF constitui este tipo de construção tradicional nos Estados Unidos da América (EUA), onde foi originalmente proposto, e também na Austrália. Na Figura 1.2, mostra-se um excerto de um artigo publicado na revista “Popular Science” em 1928 [1] e no qual se refere este inovador sistema construtivo em aço. Portanto, a construção LSF existe há cerca de um século.

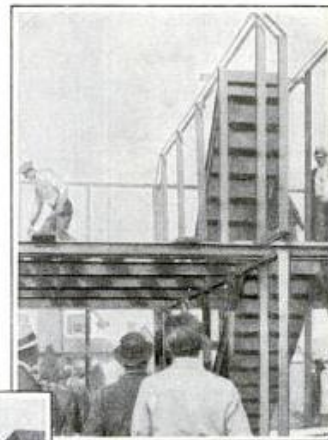
# It's Here—the All-Steel House



Erection of the steel framework of a house at Forest Hills, N. Y., in three hours and fifty minutes. The side framework being raised and bolted.

Homes Already Reared  
in a Few Hours Point  
the Way to Wholesale  
Building by Assembly  
of Standard Parts—  
Mass Production Will  
Reduce Labor Costs

By  
ARTHUR A. STUART



Beams and joists of the second floor are placed and firmly bolted and the steel stairway to the attic is erected. Side framework and roof are next.

**I**N DETROIT, where automobiles are made and assembled with the speed and economy of a magic that is purely American, a steel house took shape recently with similar speed. One hundred minutes after a small crew of



Checking over the steel material which a few hours later was a house, built as illustrated in the photographs above. The mate-

finally, the roof-tree. The skeleton was finished. No derricks or hoists had been used, merely a rope tackle and from time to time a couple of wooden horses on which the workmen stood.

In these operations I see the beginning of an important

Figura 1.2 - Artigo sobre construção LSF [1]

Reconhecido o custo elevado do aço relativamente a outros materiais estruturais, é natural que qualquer solução que permita reduzir o peso de aço constituirá sempre uma solução metálica económica. A ideia subjacente ao “aço leve” está na dobragem a frio (i.e. à temperatura ambiente ou “cold-formed”) de chapas de aço com espessura reduzida. Excetuando a produção da própria chapa de aço, todas as operações de fabrico e montagem dos perfis se realizam à temperatura ambiente. Para valores dos esforços resistentes da mesma ordem de grandeza, os perfis de chapa dobrada utilizados na construção LSF são bastante mais leves que os perfis de aço tradicionais laminados a quente (I, H, T, U, L). Daí que o “aço leve” constitua uma evolução natural da construção metálica.

Como se referiu anteriormente, o sistema construtivo foi desenvolvido nos EUA e, ao longo dos anos, tem concorrido neste país especialmente com a solução construtiva em madeira – a construção em betão e alvenaria não é tradicionalmente, nos EUA, uma solução para edificações de pequena dimensão e baixa altura. Ao longo do último século, houve momentos na história que permitiram promover a construção em LSF. Um deles refere-se ao período da Segunda Grande Guerra Mundial. Tendo necessidade premente de construir bases militares fora do seu território, os EUA promoveram a construção em LSF como solução mais rápida e eficiente. Um exemplo disso foi a base militar na ilha de Saint Thomas (Ilhas Virgens) no Mar da Caraíbas. Como se refere no documento preparado pelo Department of the Navy, Bureau of Yards and Docks [2] dos EUA, foram construídas 40 habitações “low-cost” em LSF no campo Bourne – ver Figura 1.3. Porque o material



era suficientemente leve para ser transportado por via aérea e porque as operações do processo construtivo são muito simples e cingem-se a cortar e aparafusar os perfis, sem grandes variações, este tipo de solução muito rápida tornou-se uma preferência óbvia das forças armadas para a construção urgente de muitas instalações.



**Figura 1.3** - Construção em LSF no campo Bourne, em Saint Thomas Island [2]

No entanto, o “boom” da construção residencial em aço leve teve lugar no Japão, com o fim da Segunda Grande Guerra. No final da década de 40 e na década de 50, dada a enorme quantidade de habitações destruídas e a falta (e elevado custo) de madeira para construir novas habitações, foi neste país que existiu um crescimento significativo da construção de moradias e edifícios de pequeno porte em LSF. Os EUA não chegaram a enfrentar este tipo de escassez no período pós-guerra e a construção em LSF manteve-se marginal até ao início dos anos 80. Na década de 90, e com o crescimento da economia Asiática e do Médio Oriente, o preço do aço atingiu mínimos históricos. Em paralelo, movimentos de âmbito ecológicos começaram a desenvolver campanhas agressivas, a nível mundial mas com especial enfoque nos EUA e Austrália, contra o abate de árvores para construção de habitações em madeira. Estes dois fatores permitiram um crescimento significativo do mercado da construção em LSF nos EUA e Austrália na década de 90.

*“... Low-level steel homes constructed using a steel frame now account for approximately 20% of new build in the USA. Not only does steel frame construction have a low level of wastage at the construction stage and low on-going maintenance costs but, in addition, between 25% and 100% of the structural steel is recycled; and is 100% recyclable. The market development for steel in steel homes in the USA has been explosive. In 1992 about 500 houses were built with a steel frame, the year after 15,000 houses, last year 100,000 steel houses were built, and the market looks set to continue to grow for metal homes...”*

*In Stud Chopper Metal Homes [3]*

Um caso de particular relevância teve lugar nos EUA em 1992. O furacão Andrew, considerado um dos mais devastadores furacões tropicais na história dos EUA, fustigou os estados da Florida e Luisiana. Apenas no estado da Florida, cerca de 117.000 casas foram severamente danificadas ou mesmo destruídas por ventos fortíssimos<sup>1</sup> [4], cuja grande maioria tinha sido construída em madeira (Figura 1.4).



**Figura 1.4** - Fotografias de Dade County (Florida, 24 Agosto de 1992) mostrando o nível de destruição de habitações, essencialmente construídas com estrutura de madeira

Nos dois anos imediatamente após esta catástrofe (1993 e 1994), o centro de investigação da Associação Nacional de Construção Habitacional (NAHB - National Association of Home Builders) dos EUA preparou dois relatórios [5,6] para o Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano (HUD - Department of Housing and Urban Development) sobre materiais estruturais alternativos à madeira para serem utilizados em construção residencial. Em ambos os relatórios, as estruturas em LSF foram identificadas como sendo aquelas que estariam comercialmente disponíveis e que permitiriam simultaneamente uma eficiente redução de custos na construção de habitações e um menor risco de colapso estrutural. Em 1994, no âmbito de um acordo de colaboração com o HUD [7], a NAHB e o Instituto Norte-Americano do Ferro e do Aço (AISI – American Iron and Steel Institute) iniciaram um trabalho conjunto no sentido desenvolver um processo construtivo em LSF que estivesse de acordo com os regulamentos estruturais existentes e unificasse regras e procedimentos de execução estrutural que até à data se encontravam dispersos e inconsistentes. Este processo construtivo veio a designar-se por “método prescritivo” e o documento que lhe serve de base foi publicado em 1997 [8]. Este método foi proposto pelo NAHB com a cooperação de comissões de investigadores, fabricantes, projetistas e construtores em LSF. Ao facilitar a construção de habitações com estrutura de aço, este documento permite a utilização de novos materiais para utilizações não estruturais, oferecendo requisitos padronizados e consistentes aos fornecedores e consumidores de aço formado a frio. Por outro lado, o método permite a unificação de procedimentos e regras de execução aos construtores, contribuindo para melhorar a aceitação do mercado e promover a aplicação do sistema construtivo em LSF.

<sup>1</sup> Uma rajada de vento com 282 km/h foi medida em Perrine (Florida).

A introdução do método prescritivo permitiu aos EUA consolidarem a sua posição de líder mundial na construção em LSF na primeira década do novo milénio. Na Europa, o crescimento do mercado da construção em LSF tem ocorrido sobretudo no Reino Unido e nos países escandinavos, nomeadamente na Dinamarca e Suécia. A situação em Portugal tem vindo a melhorar desde que as primeiras habitações foram construídas em Portugal na década de 90. O mercado nacional da construção em LSF tem enfrentado sobretudo um problema de aceitação por parte dos donos de obra, por vezes devido a desconhecimento dos benefícios desta solução como também por existir uma forte e consolidada tradição da construção em betão. O crescimento sustentado da construção LSF verificado nos últimos anos em Portugal, tanto no que diz respeito ao aumento do número de fabricantes como de empresas de construção, faz prever que a quota mercado desta solução estrutural possa vir a ser relevante no futuro. A atual crise financeira, que tanto tem afetado o mercado da construção em Portugal, tem dificultado imenso este objetivo e as empresas nacionais viram-se para os mercados de outros países emergentes. Neste aspeto, convém realçar os países lusófonos em África e na América do Sul. Nos países africanos, como Angola, Moçambique e Cabo Verde, o uso do aço leve é mais vantajoso que outras soluções porque se pode facilmente dispensar os meios de transporte e manuseamento (grua) dos materiais: uma perfiladora no local de obra (Figura 1.5) e um conjunto limitado de operários com conhecimento do método construtivo são o bastante para garantir a construção correta de uma série de habitações. Também no Brasil, devido ao elevado crescimento económico e aumento do poder de compra dos cidadãos, existe uma procura significativa por habitações dignas. A solução em LSF tem-se mostrado à altura deste desígnio, uma vez que a sua quota de mercado tem crescido sustentadamente, existindo algumas empresas portuguesas a laborar atualmente no Brasil.



**Figura 1.5** – Perfiladora em utilização numa obra

---

## 1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como principal objetivo introduzir o método prescritivo da construção em LSF em Portugal e nos países lusófonos. Para tal, é necessário adequar vários aspetos à realidade nacional, como sejam as zonas sísmicas, as zonas de terreno (vento e neve), as unidades métricas (ao sistema internacional). Apontam-se as vantagens do método prescritivo e as suas limitações, criticando o método (positiva ou negativamente) sempre que for caso disso. Paralelamente, ilustram-se os diversos pormenores construtivos com desenhos esquemáticos e exemplifica-se a sua aplicação com um exemplo ilustrativo no final.

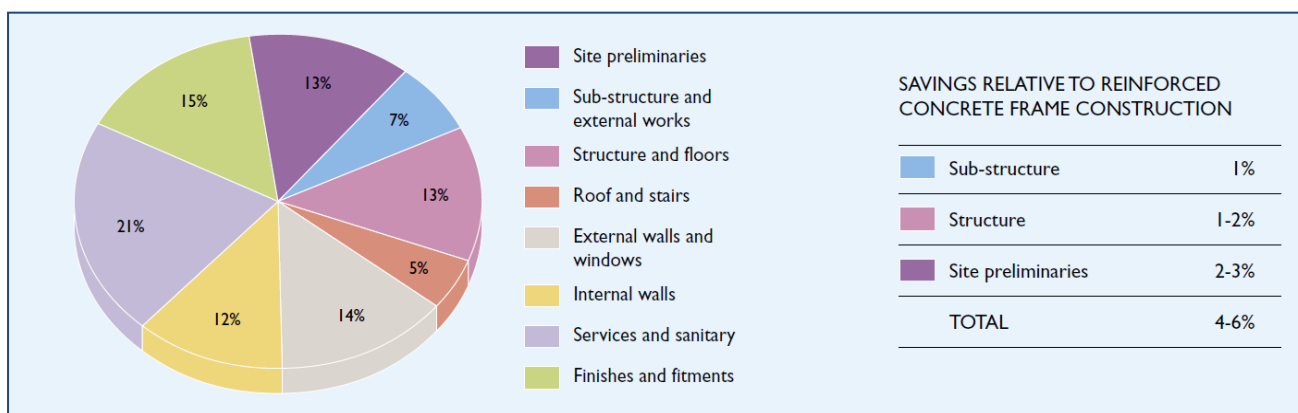
## 1.3 Organização

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos. No capítulo 1, faz-se uma introdução ao sistema construtivo em LSF, nomeadamente aludindo à sua evolução histórica. Neste capítulo explica-se a origem do método prescritivo e a sua importância no âmbito atual da construção em LSF. Paralelamente, contextualiza-se o sistema construtivo em LSF no panorama nacional e internacional. Finalmente, apontam-se resumidamente os principais objetivos deste trabalho bem como se descreve a sua organização. No capítulo 2, apresentam-se as principais vantagens da construção em LSF, contrapondo sempre que possível com outras soluções estruturais tradicionais. No capítulo 3, descreve-se as principais etapas a percorrer no processo construtivo em LSF, apontando os procedimentos e algumas precauções a ter em consideração na sequência construtiva, bem como explicando as correspondentes soluções. No capítulo 4 apresenta-se e descreve-se pormenorizadamente o método prescritivo, incluindo-se no final dois exemplos de utilização: o primeiro, idêntico ao do método prescritivo original – a casa-tipo americana, seja ela habitação permanente ou não – e o segundo, mais próximo do contexto português – casa nitidamente de férias, com garagem, inclinação da cobertura mais baixa e terraço. Há que reter que o método prescritivo original é um guia de consulta rápida, sendo o conteúdo muito mais denso (e frequentemente, menos perceptível) que este; privilegiou-se aqui a facilidade de leitura e compreensão em detrimento do poder de síntese e aptidão para uso real do original. Finalmente, no capítulo 5, apontam-se as conclusões deste trabalho e apontam-se desenvolvimentos futuros.

## Capítulo 2 - Vantagens na Utilização do Aço Leve

De acordo com Lawson [9], existem quatro fatores essenciais que influenciam a utilização do aço na construção de habitações e residências: (i) o custo, (ii) a qualidade, (iii) o prazo de execução e (iv) a sustentabilidade.

O custo de uma construção está relacionado com os materiais utilizados, mão-de-obra especializada, equipamento e maquinaria. A construção em aço atinge níveis elevados de produtividade e por isso o custo da mão-de-obra reduz-se para ter em conta o trabalho em fábrica e em obra. A rapidez de execução é acelerada devido aos elevados níveis de pré-fabricação comuns na construção metálica. Estudos sobre custos na construção no Reino Unido indicam que, para um edifício de 6 pisos para habitação localizado em terreno urbano, a construção metálica pode conduzir a uma poupança até 6% relativamente à construção em betão [10]. Neste país, o custo da estrutura metálica é tipicamente apenas 12 a 15% do custo de construção do edifício e, portanto, a escolha dos elementos não estruturais e a respetiva rapidez de instalação estão na base de grande parte do custo, como se observa na Figura 2.1. Os custos de ciclo-de-vida mostram que os custos operacionais podem ser superiores aos custos de construção num período de 50 anos de vida e, por isso, os proveitos operacionais associados à poupança energética, ao baixo nível de manutenção e à flexibilidade de alteração de espaços são muito importantes na escolha do método construtivo.



**Figura 2.1** – Diminuição dos custos de construção de um edifício de 6 pisos no Reino Unido [10]

A qualidade está relacionada com o desempenho e fiabilidade, as quais são mais difíceis de quantificar do que os custos. O aço é um material de elevada qualidade produzido de acordo com as normas existentes e peças (perfis e parafusos) são fabricadas com dimensões rigorosas e padronizadas. Isto conduz a uma precisão melhorada e fiabilidade a longo prazo.

O prazo de execução está diretamente ligado ao custo via custo de mão-de-obra. Todos os tipos de construção metálica têm muita pré-fabricação e as estruturas são rapidamente instaladas em obra, conduzindo a redução de custos. No Reino Unido, o National Audit Office (NAO) publicou um relatório em que apresenta várias conclusões sobre os prazos de execução e proveitos de produtividade de diversos sistemas construtivos com diferentes níveis de pré-fabricação [11].



Comparando com a solução tradicional de alvenaria e tijolo, investigaram-se os seguintes tipos de construção: (i) painéis pré-fabricados, (ii) mista módulo-painel, e (iii) módulos pré-fabricados. Os principais resultados mostram-se na Figura 2.2 em termos da importância dos prazos e custos. Constata-se que a construção modular constitui a solução ótima para redução dos prazos de execução.

CRITERIA	TRADITIONAL BRICK/BLOCK CONSTRUCTION	PANEL (2D) CONSTRUCTION	HYBRID PANEL AND MODULAR CONSTRUCTION	FULLY MODULAR CONSTRUCTION
Total construction period	100%	75%	70%	40%
Time to create weather-tight envelope	100%	55%	50%	20%
On-site labour requirement (as a proportion)	100%	80%	70%	25%
Proportion of total cost in on-site materials	65%	55%	45%	15%
Proportion of total cost in on-site labour	35%	25%	20%	10%
Proportion of total cost of off-site manufacture	0%	20%	35%	75%

**Figura 2.2** – Comparação de parâmetros relevantes para o prazo e custo de vários níveis de pré-fabricação

A sustentabilidade é cada vez mais um fator preponderante na escolha do método construtivo de uma habitação. Existem diversos parâmetros que influenciam o desempenho ecológico de uma construção, tais como [12,13]: (i) os materiais e os recursos, (ii) os desperdícios, (iii) a energia, (iv) o transporte, (v) a minimização de poluição, (vi) o desempenho e qualidade, (vii) a saúde e o bem-estar. A construção é um dos domínios industriais que utiliza mais recursos naturais e quantidade de material. Por isso, é necessário minimizar o seu impacto no meio ambiente. As estruturas em aço são totalmente recicláveis e as suas componentes podem ser desaparafusadas e desmanteladas para utilização noutra local ou noutra tipo de utilização.

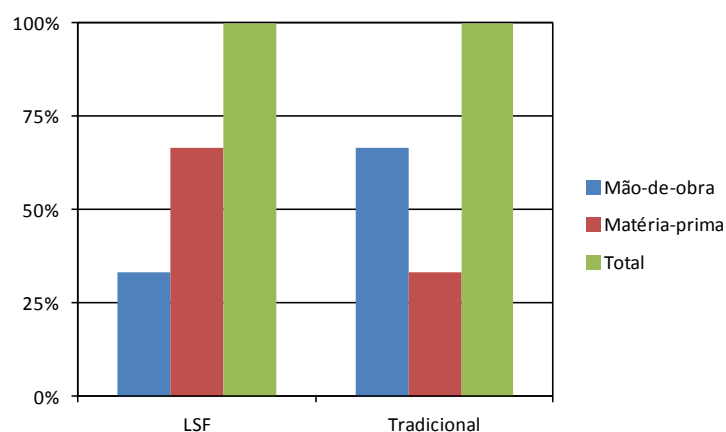
Após se ter apresentado este preambulo sobre os quatro fatores preponderantes na escolha de um método construtivo e descrito algumas vantagens da construção metálica, procede-se agora à apresentação das vantagens específicas da construção em LSF. Tal como a construção metálica tradicional, a construção em LSF apresenta diversas vantagens sobre outras soluções estruturais, como por exemplo:

- Custo
- Prazo de execução
- Desempenho térmico
- Desempenho acústico
- Desempenho sísmico
- Sustentabilidade
- Segurança ao fogo
- Reabilitação estrutural
- Painelização e construção em altura

Em seguida, descrevem-se e comentam-se estas vantagens, justificando sempre que possível com fontes bibliográficas existentes na literatura específica.

## 2.1 Custo

Tal como noutras soluções de construção tradicionais, o custo de fabrico, montagem e construção de uma habitação em LSF tem duas componentes essenciais, o custo da matéria-prima (perfis de aço, parafusos, OSB, gesso cartonado, lã de rocha, etc) e o custo da mão-de-obra. No que diz respeito à matéria-prima, o custo do aço ronda atualmente 1.05€/kg, mas pode ter algumas oscilações decorrentes do binómio entre oferta e procura do metal. Regra geral, o custo final de uma habitação em LSF é largamente comandado pelo do custo do aço, o qual por norma se mantém mais estável que o da maior parte dos restantes materiais de construção. Por este motivo, o custo da matéria-prima de uma habitação em LSF é aproximadamente o dobro do custo da matéria-prima de uma habitação em betão e alvenaria e corresponde a 2/3 do custo total da obra. Relativamente à mão-de-obra, pode afirmar-se que a construção em LSF exige profissionais especializados e experientes nas regras e procedimentos específicos deste tipo de solução. Tal especialização obriga a um custo horário de mão-de-obra superior ao dos profissionais da construção civil tradicional. No entanto, o período de execução de uma estrutura em LSF é muitíssimo inferior ao de uma estrutura tradicional em betão e alvenaria. Tal implica que o custo total de mão-de-obra é cerca de metade do custo de mão-de-obra associado a uma estrutura tradicional em betão e alvenaria, e representa cerca de 1/3 do custo total da obra. A Figura 2.3 permite visualizar uma comparação ao nível de custos de uma construção em LSF e em betão e alvenaria.



**Figura 2.3** – Componentes de mão-de-obra e matéria-prima na construção LSF e tradicional (partindo do princípio que o produto final de cada edificação tem comparativamente as mesmas qualidades/características/manutenção, conforto, dispêndio energética).

Para vãos correntes, o preço de uma construção em LSF pode variar entre 550 €/m<sup>2</sup> e 750 €/m<sup>2</sup>. Estes valores são semelhantes aos da estrutura de betão e alvenaria de tijolo em tosco, construção tradicional em Portugal. O custo da construção LSF cresce a uma taxa mais reduzida com o aumento dos vãos correntemente praticados (4-6m). Por este motivo, o custo (por m<sup>2</sup>) da construção em aço leve pode reduzir moderadamente para vãos superiores a 6m. Mesmo na gama de vãos correntes (4-6 m), a execução de uma estrutura em LSF dispensa muito trabalho que outro tipo de solução tradicional (betão e alvenaria) não permitiria, como por exemplo a abertura e fecho de roços e negativos, salpico, deposição de entulhos em vazadouro e o uso de poliuretano para fixar carpintarias. Porém, o custo final também depende de outros fatores como os níveis de acabamento

---

e da qualidade do equipamento instalado na habitação. Regra geral, uma habitação construída em LSF é comercializada sensivelmente ao mesmo preço de uma habitação construída em solução de betão e alvenaria. A vantagem do sistema construtivo em LSF não reside no tanto no custo unitário (por m<sup>2</sup>) mas nas vantagens que o proprietário poderá obter de outras características, como por exemplo os prazos de execução reduzidos, o conforto térmico e acústico, segurança antissísmica.

Uma forma de diminuir custos na construção em LSF acontece sempre que se pretenda construir em série, seja na construção de vivendas geminadas ou em banda, em urbanizações ou em prédios até 4-5 pisos. Neste tipo de construção em série (massiva), a maior parte das paredes e secções de piso e de cobertura poderão ser fabricadas previamente em armazém. Este é um método de construção tanto mais eficiente quanto mais se repetirem os referidos elementos. Os perfis e vigas são fabricados segundo as medidas necessárias evitando desperdícios de material. Muitos dos elementos de revestimento são colocados na estrutura antes de esta ser erguida e colocada no local. A rapidez de execução neste método de construção massiva pode chegar a ser três vezes superior ao do processo de construção usual com montagem dos perfis em obra. Tem ainda a vantagem de poder ser realizado em local protegido de qualquer tipo de condições climatéricas.

## **2.2 Prazo de execução**

Na construção tradicional em betão e alvenaria, a maioria dos elementos estruturais de betão requerem um conjunto de operações, como por exemplo o escoramento, cofragem, colocação da armadura, betonagem, vibração e descofragem. Estas operações são sempre muito morosas. Acrescem aos períodos associados a estas operações o período de cura do betão, sempre que haja cargas significativas a aplicar aos elementos betonados. Por vezes este constrangimento pode ser ultrapassado, mas nesse caso será necessário sobredimensionar os stocks de prumos e cofragem em obra. Por este motivo, um período de 10 a 12 meses para construir uma habitação em betão e alvenaria conduz a um elevado custo de mão-de-obra associado à construção tradicional.

Os prazos de execução da construção em LSF são muitíssimo mais reduzidos que os da construção tradicional. Em termos gerais, pode afirmar-se que o prazo de execução de uma habitação em LSF é cerca de 1/3 (ou ainda inferior) ao da sua congénere em betão e alvenaria. O reduzido peso dos elementos estruturais (perfis e painéis) em LSF permite o seu manuseamento em obra pelos operários, evitando as operações com grua. Adicionalmente, (i) a utilização de sistemas de fixação mecânica (ao invés de cimento), (ii) a aplicação de argamassas de secagem rápida para rebocos exteriores, (iii) a simplicidade na colocação de tubagens e condutores elétricos devido a não ser necessária a abertura de roços e (iv) ainda muitas outras técnicas fáceis e rápidas utilizadas nos edifícios em aço leve, diminuem consideravelmente a mão-de-obra e, conseqüentemente, o tempo necessário para a conclusão dos trabalhos. A construção de uma habitação de dois pisos e cave, com uma área de 200 m<sup>2</sup>, requer um prazo de execução de dez meses a um ano utilizando os métodos convencionais em comparação com quatro meses para o sistema LSF. Do ponto de vista do cliente, esta é uma enorme vantagem pois reduz em cerca de 2/3 o tempo de espera pela entrega da habitação.



---

Evidentemente, qualquer tipo de habitação projetada para construção tradicional pode ser convertida para o sistema em LSF sem alterar em nada o projeto de arquitetura bem como o aspeto final da habitação. Com este tipo de conversão, o cliente pode beneficiar de uma redução significativa de prazos de execução. No entanto, e caso a habitação seja concebida desde raiz de acordo com os princípios do sistema LSF, permite-se uma melhor racionalização dos espaços e uma substancial poupança na colocação dos elementos estruturais e de revestimento.

No caso dos EUA, a vantagem dos reduzidos prazos de execução da construção em LSF não é tão óbvia como no caso nacional em virtude de a solução concorrente ser a construção em madeira, a qual é qualitativamente semelhante em termos do modo de execução. No entanto, a construção em LSF pode ser realizada com uma gama reduzida de perfis, parafusos e placas de OSB, permitindo o uso de maiores stocks por parte dos fabricantes e proveito de tempo na logística. Devido à menor tensão admissível e ao facto de ser um material combustível, a construção em madeira requer, comparativamente ao LSF, o uso de um maior número de secções e acessórios metálicos, bem como outros materiais para cumprir as disposições contra o risco de incêndio.

### 2.3 Desempenho térmico

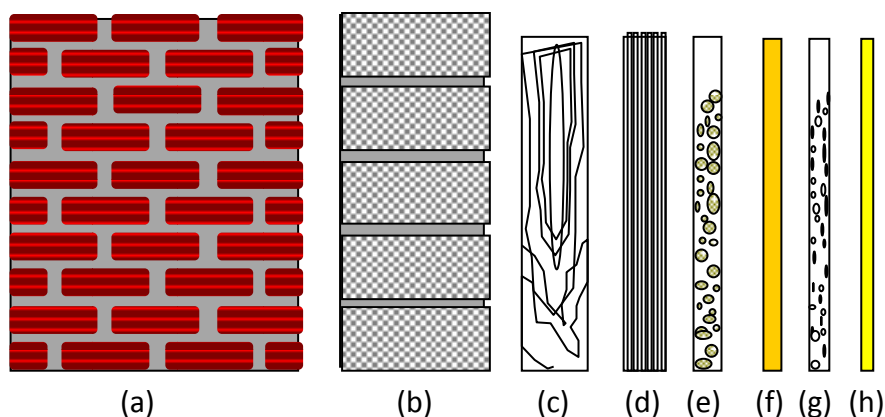
O isolamento térmico constitui uma das características mais valorizadas no conforto de uma habitação, talvez porque em Portugal se tem prestado escassa atenção a este aspeto. Em princípio, os materiais de construção deveriam conferir à habitação uma defesa contra as variações de temperatura e de humidade sentidas no exterior. Como é reconhecido, o aço não tem qualquer propriedade como isolante térmico. No entanto, a esmagadora maioria da superfície de uma parede em LSF não tem qualquer aço, limitando intrinsecamente as pontes térmicas. Os perfis mais comuns têm 1,5 mm de espessura e estão espaçados no máximo 60 cm, i.e. em média 40-50 cm (já contando com perfis extra em junções de painéis, ombreiras, vigas e peitoris). Junto ao chão e teto existe também 1,5 mm de ponte térmica correspondendo à espessura das almas dos canais inferior e superior. Devido a este facto, estas as únicas interrupções do isolamento térmico que geralmente é garantido por cerca de 4-6 cm de lã de rocha<sup>2</sup>. Assim sendo, a percentagem da superfície com pontes térmicas (excluindo os canais) é, no máximo, igual a  $0,0015/0,40 \approx 0,375\%$ , estando 99,625% da área devidamente isolada. Note-se que este isolamento está na espessura dos elementos estruturais (paredes) e não numa caixa-de-ar à parte. Consegue-se assim simultaneamente melhor desempenho térmico e menor espessura das paredes. Esta redução na espessura das paredes, comparativamente a outras soluções estruturais, conduzirá a um melhor aproveitamento da área bruta de implantação e a um aumento da área útil da habitação.

Em virtude de uma habitação construída em LSF possuir uma pintura impermeável, argamassa polimérica, placas de poliestireno extrudido, OSB, vários centímetros de lã de rocha e gesso cartonado, indica que a mesma está completamente isolada do exterior. As características de isolamento térmico do poliestireno e da lã de rocha conferem à habitação uma proteção térmica

---

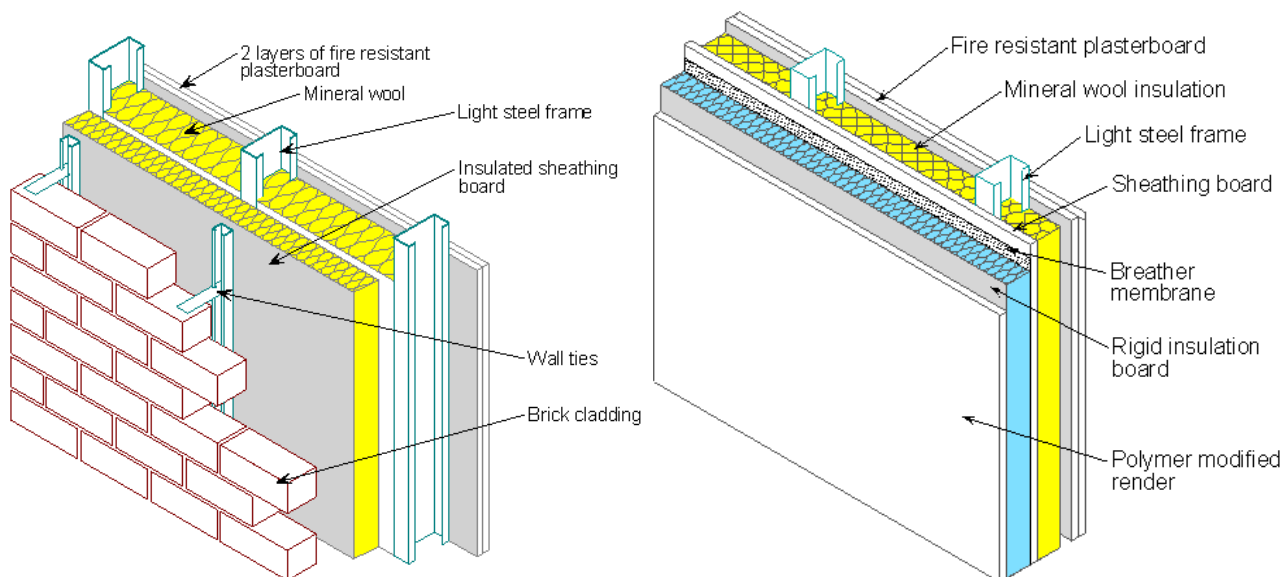
<sup>2</sup> Do lado exterior, o isolamento térmico é garantido pelo OSB e pelo polistireno, sendo a lã-de-rocha essencialmente um isolante acústico. Por outro lado a espessura da lã-de-rocha é igual a 6 cm nas paredes interiores e 12 cm nas paredes exteriores e pisos/lajes.

sem paralelo na construção tradicional em betão e alvenaria. Tendo em contas as propriedades de condutividade térmica de alguns materiais de construção, apresenta-se na Figura 2.4 uma comparação entre espessuras de diversos materiais para obter o mesmo nível de isolamento térmico. Através da observação da Figura 2.4, conclui-se que uma habitação convencional construída em betão e alvenaria teria de possuir paredes de tijolo com 86cm de espessura para ter o mesmo nível de isolamento térmico de uma habitação em LSF com parede isolada com lâ-de-rocha de cerca de 5 cm de espessura.



**Figura 2.4** - (a) tijolos comuns 860 mm, (b) blocos de betão 380 mm, (c) madeira 140 mm, (d) contraplacado 65 mm, (e) cortiça 50 mm, (f) lâ de rocha 45 mm, (g) poliestireno extrudado 40 mm, (h) poliuretano expandido 25 mm

No Reino Unido, o desempenho térmico de edifícios residenciais é dependente das estratégias necessárias para atingir a meta para a Taxa de Emissão (TER) definida na Parte L dos regulamentos de construção. De acordo com o Zero Carbon Hub [14], as avaliações de eficiência energética propostas para os regulamentos de construção 2013 são 39 kWh/m<sup>2</sup> para casas geminadas e terraços, e 46 área kWh/m<sup>2</sup> para moradias isoladas. Estas avaliações de eficiência energética são consistentes com uma transmissão de calor (valor U) da fachada e cobertura igual a 0.20 e 0.15W/m<sup>2</sup>K, respetivamente, quando combinado com janelas e portas termicamente eficientes. Em estruturas de aço leve com paredes de enchimento, o nível necessário de isolamento térmico é obtido através do conceito “warm-frame”, em que a maioria dos materiais de isolamento é colocado do lado exterior dos elementos de aço, tal como se mostra na Figura 2.5(a) para revestimento de tijolos e Figura 2.5(b) para revestimento leve. A tabela 2.1 mostra a espessura típica de isolamento exterior para alcançar os valores de U anteriores. Consideram-se dois tipos de placa de isolamento exterior: (i) PIR (Poliisocianurato) para fachadas revestidas exteriormente em tijolo (Fig. 2.5(a)) e (ii) PIR ou EPS (Poliestireno Expandido) para revestimento exterior leve (Fig. 2.5(b)). Note-se que para níveis crescentes de isolamento térmico (ou decrescentes de U), é requerida uma espessura crescente de PIR e EPS.



**Figura 2.5** - (a) Parede de tijolos ligado a estrutura LSF e (b) Material isolante ligado à estrutura LSF [15]

**Tabela 2.1** - Isolamento exterior típico na construção residencial em aço leve no Reino Unido e espessuras necessárias para atingir vários níveis de desempenho térmico [15]

U-value of wall W/m <sup>2</sup> K	Brickwork façade (50mm cavity)		Insulated render façade		
	PIR thickness (mm)	Overall wall depth (mm)	PIR thickness (mm)	EPS thickness (mm)	Overall wall depth (EPS) (mm)
0.25	50	315	50	60	210
0.22	80	345	60	80	230
0.20	100	365	80	100	250
0.18	120	385	90	120	270
0.15	150	405	110	150	300

All cases for 100 mm C sections with mineral wool insulation between the C sections, and with external PIR (Polyisocyanurate) closed cell insulation or EPS (Expanded Polystyrene) insulation

Claro que Portugal, sendo um país do sul da Europa e com clima mediterrânico, tem menores constrangimentos ao nível do isolamento térmico. Por isso, não é de estranhar a utilização de valores de U na ordem dos 35 W/m<sup>2</sup>K no caso das paredes [16]. Por outro lado, o OSB, o reboco exterior e o gesso cartonado são contínuos, corrigindo parcialmente as pouco prováveis pontes térmicas. Quando se utilizam revestimentos ETICS (External Thermal Insulation Composite System – Sistema de Isolamento Térmico pelo Exterior) ou tipo “capotto” (com 3-4 cm de EPS - Placas de Poliestireno Expandido), os quais são muito fáceis de aplicar sobre o OSB, as pontes térmicas são totalmente eliminadas. Adicionalmente, existe outra vantagem relacionada com o facto da inércia térmica ser desprezável uma vez que todos os materiais são muito leves. Por este motivo, o efeito de um aquecedor ou um aparelho de ar condicionado faz-se sentir muito mais rapidamente pois não se torna necessário aquecer/arrefecer as paredes para que se aqueça/arrefeça todo o volume da divisão. Para a obtenção do mesmo nível de conforto de uma solução de construção tradicional,

---

pode reduzir-se a potência (e conseqüentemente o custo) dos aparelhos a instalar bem como aumentar a poupança energética. Esta vertente é também muito explorada quando se pretende que as casas sejam energeticamente autosuficientes, uma tendência que vai ganhando cada vez mais adeptos.

Existe uma variante de isolamento no âmbito do sistema LSF ainda pouco explorada em Portugal, designada por painéis SIP (Structural Insulated Panels). Utilizando este sistema, as perdas por renovação natural de ar são praticamente reduzidas a zero, reduzindo também a potência necessária. Porque a renovação e o tratamento do ar ambiente andam dissociados, as baixas taxas de renovação do sistema SIP podem gerar insalubridade e levar ao desenvolvimento de alergias quando não existir sistemas de tratamento do ar. Nos EUA, o tratamento do ar constitui uma opção comum e, quando associado aos painéis SIP, é recomendado para a prevenção de alergias (i.e. consegue-se melhor qualidade no ar interior que no exterior).

## **2.4 Desempenho acústico**

O isolamento acústico constitui hoje em dia uma prioridade importante na construção com exigência de qualidade. No entanto, quando se aborda o segmento de construção habitacional de nível médio, essa preocupação está quase ausente, não existindo o objetivo de isolar o som produzido nas dependências da habitação ou mesmo o som proveniente do seu exterior. Um princípio errado consiste em admitir que uma forma possível de evitar a propagação do ruído consiste em aumentar a largura das paredes maciças. No entanto, comprova-se que o tijolo e o cimento utilizados nas paredes de alvenaria são bons condutores de som, ao contrário do que acontece com alguns dos materiais utilizados na construção em LSF. Como se referiu anteriormente, a construção em LSF utiliza paredes com materiais diferentes nas diversas camadas. Com o objetivo de ter um bom desempenho acústico, deve utilizar-se materiais com massa (densidade) intercalados com materiais de baixa densidade (ou elevado amortecimento) [16]. Por um lado, a utilização do gesso cartonado permite providenciar massa às paredes em LSF. Por outro lado, a lã de rocha utilizada no interior das paredes é bastante eficaz no isolamento acústico não só pela sua estrutura mineral e elevado amortecimento como também pela significativa redução do efeito de ressonâncias acústicas nas placas de gesso cartonado. Finalmente, também o poliestireno extrudido permite adicionar resistência à passagem de sons. Estes materiais atuam conjuntamente para a proteção e dispersão dos ruídos. Por estes motivos, uma habitação em LSF tem uma resposta aos sons diferente de uma casa tradicional. O som produzido no interior de uma divisão não é absorvido pelas paredes e mas refletido por elas, impedindo três vezes mais a propagação do ruído do que uma parede de tijolo. O impacto numa parede de LSF tem uma sonoridade “oca” visto que o som não se transmite à outra face da parede.

Dada a menor densidade dos elementos estruturais e de revestimento, a construção em LSF também garante um melhor isolamento a sons de percussão que a construção tradicional – note-se que a condutividade dos sons de percussão aumenta com a massa volúmica das paredes e lajes. Embora o isolamento de sons aéreos seja mais difícil de conseguir, é possível conceber paredes duplas em LSF – note-se que as paredes exteriores da construção em LSF não têm caixa-de-ar, e

---

embora mais espessas, não são duplas. Nas obras de reabilitação de apartamentos é muito comum o uso de paredes duplas na separação de fogos. Por outro lado, as paredes em casas geminadas são independentes e por isso, separadas quer com aço quer cada uma com o seu OSB, e entre elas deverá existir uma barreira de vapor ventilada. Em suma, a construção em LSF tem uma sonoridade diferente da construção tradicional, mas não necessariamente pior.

## 2.5 Desempenho sísmico

As construções metálicas tradicionais são intrinsecamente mais dúcteis que as de betão, essencialmente devido ao comportamento mecânico do aço e ao carácter dissipativo das ligações aparafusadas. Por este motivo, as estruturas metálicas constituídas por elementos de aço laminado são aconselhadas para utilização em zonas sísmicas. No entanto, e embora a construção em LSF utilize perfis metálicos, estes são fabricados a partir de chapas finas que permitem a ocorrência de deformação local das secções quando submetidas a esforços significativos. Por este motivo, os perfis de aço enformado a frio não exibem a mesma ductilidade dos perfis de aço laminado, os quais têm espessuras bem superiores. Segundo o Eurocódigo 3, os perfis laminados a quente são frequentemente de Classe 1 e 2, mais aplicáveis em zonas sísmicas, que os perfis de aço enformados a frio, que são usualmente de Classes 3 e 4. Consequentemente, e para o mesmo nível de forças sísmicas, o comportamento das estruturas em LSF não é tão bom quanto o das estruturas em aço laminado [17,18]. No entanto, convém sublinhar que o nível de forças sísmicas atuantes numa estrutura de LSF é incomparavelmente menor que numa estrutura em aço laminado ou, menos ainda, numa estrutura em betão armado. Como consequência dos materiais utilizados na estrutura, paredes e pavimentos, os edifícios em LSF têm muito menor massa e menor rigidez que edifícios em betão armado com volumetria e altura semelhantes. Assim, os edifícios em LSF apresentam frequências próprias distintas dos edifícios de construção tradicional. Por outro lado, e como as forças sísmicas equivalentes (de inércia) nos pisos são proporcionais à massa do piso, facilmente se conclui que as forças sísmicas exercidas numa estrutura em LSF serão sempre menos severas que as forças atuantes numa estrutura em betão armado [17,18]. Por outro lado, os painéis de OSB permitem ainda conferir alguma rigidez e resistência às forças horizontais, tais como à ação do vento e sismo. Esta resistência dependerá muito do espaçamento dos parafusos de ligação entre o OSB e os perfis de aço leve, tendendo a aumentar para menores espaçamento entre parafusos [19,20].

No caso de ocorrência de um sismo e admitindo um mecanismo de colapso semelhante, pode afirmar-se que o colapso de uma estrutura LSF acarreta quase sempre menos perdas de vidas humanas que o colapso de uma estrutura em betão armado. Por exemplo, a rotura ou queda de uma laje de betão implicará sempre mais estragos e perdas humanas no piso inferior que o abatimento de um piso em LSF, o qual é bastante mais leve. No entanto, torna-se claro que existem limites à conceção de estruturas em LSF localizadas em zonas de intensa sismicidade. Por exemplo, como as forças de inércia tendem a aumentar com a altura do edifício e não existe ganho de rigidez e resistência nos pisos inferiores em LSF, não é normal utilizar o sistema construtivo sem dispositivos de contraventamento em edifícios com mais de 4-5 pisos. Para que tal limitação possa ser superada, existem soluções híbridas que consistem em construir elementos particularmente rígidos, como

caixas de elevador e de escadas, em betão, reservando o aço para os restantes elementos, ou os primeiros pisos em betão e alvenaria, e os pisos superiores em LSF. Outras soluções híbridas consistem em intercalar edifícios de betão com edifícios em LSF e utilizar o sistema LSF no interior de edifícios reabilitados mantendo a fachada e/ou empenas existentes. Tendo em conta a fração crescente de obras de reabilitação em Portugal, será apropriado averiguar o comportamento de edifícios híbridos em algumas destas situações especiais.

Em qualquer tipo de construção, a resistência aos sismos está dependente de uma boa distribuição de massa e rigidez, sem descontinuidades abruptas, e quando possível tirando partido da(s) simetria(s) do edifício. Situações correntes nos edifícios de apartamentos em betão armado, como por exemplo a localização de piscina no último piso ou o designado “telhado verde”<sup>3</sup>, conduzem a uma variação abrupta de massa em altura e pode por em causa o desempenho sísmico destas construções. No sistema construtivo em LSF, estas situações não são desejáveis e algumas são mesmo inexequíveis.

Finalmente, refere-se que um desempenho sísmico melhorado das construções em LSF pode ser conseguido pela adição de elementos estruturais que garantam uma maior rigidez às ações horizontais mas também uma superior capacidade de dissipar energia proveniente dos sismos. Por este motivo, existem duas formas possíveis de reforçar a segurança de uma habitação à ação sísmica: utilizando diagonais X de contraventamento (Figura 2.5(a)) ou adotando painéis de chapa metálica em algumas paredes (Figura 2.5(b)) [21].



**Figura 2.5** - Sistemas de dissipação de energia e resistência às forças sísmicas: (a) diagonais X de contraventamento e (b) painéis de chapa metálica [21].

## 2.6 Sustentabilidade

A sustentabilidade de uma construção está intimamente ligada ao tipo de materiais utilizados. No Reino Unido, um estudo realizado pelo Steel Construction Institute (SCI) mostrou que a construção em LSF constitui uma ótima solução em termos de desempenho ecológico, pois uma (i) utiliza apenas 40-45 kg de aço por m<sup>2</sup>, (ii) reduz a utilização de material (peso/m<sup>2</sup>) em 30% e 70%,

<sup>3</sup> “Telhado verde” é uma técnica que consiste na aplicação e uso de solo e vegetação sobre uma camada impermeável, geralmente instalada na cobertura dos edifícios.

---

respetivamente, se utilizar revestimento exterior em tijolo (Fig. 2.5(a)) ou revestimento exterior leve (Fig. 2.5(b)). Por outro lado, e segundo o relatório BRE Green Guide to Housing Specification [13], a tecnologia de construção em aço leve atinge uma classificação A+ ou A, e os componentes de aço podem ser desmantelados e reciclados ou reutilizados. De acordo com Lawson [9], 99% do aço proveniente da demolição de estruturas em LSF é reaproveitado, sendo 86-89% para reciclagem e 10-13% para nova reutilização.

Segundo o mesmo autor, uma habitação de 2 pisos construída em LSF no Reino Unido consome anualmente cerca de 100 kWh/m<sup>2</sup> por ano, o que representa menos 30% do que o consumo numa construção tradicional. Os edifícios com “energia-zero” são possíveis em LSF desde que se adotem sistemas de energia renovável, como por exemplo painéis fotovoltaicos. Sendo U a taxa de perda de calor (condutividade térmica) num material, todo o dimensionamento e conceção de um edifício deve ter em conta a minimização do valor de U. Por exemplo, uma janela de vidro simples tem um valor típico  $U=5.6 \text{ W/m}^2\text{K}$  enquanto uma janela com vidro duplo terá um valor típico  $U=2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  (depende da espessura e tipo de vidro). De acordo com Lawson [9], uma construção em LSF no Reino Unido deverá exibir valores típicos  $U=0.15\text{-}0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$  para as paredes,  $U=0.20\text{-}0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$  para os pavimentos, e  $U=0.10\text{-}0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$  para as coberturas inclinadas. Nos países do Sul da Europa, estes valores típicos poderão subir cerca de 30 a 50%. Sendo estes valores mais baixos que os da construção tradicional em betão e alvenaria, sublinha-se que será muito conveniente prestar toda a atenção nas janelas e portas a utilizar, no sentido de minimizar perdas de calor excessivas. No contexto de edifícios de habitação e residenciais, as principais questões de sustentabilidade incluem a forma de minimizar o gasto de energia, principalmente no aquecimento/arrefecimento e nos sistemas de iluminação, e os requisitos específicos de planeamento para sistemas de energias renováveis. Em vários países existem formas de aferir o desempenho ambiental de um edifício, por exemplo o sistema LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) do Green Building Council nos EUA ou o Code for Sustainable Homes [12] no Reino Unido. Em ambos os casos, é usada a abordagem de ciclo de vida, que inclui a construção, exploração, manutenção e até a demolição.

É cada vez mais necessário cumprir com a legislação ambiental ao construir uma habitação. Não só por via do desempenho térmico (ao qual é associada uma classificação energética e um dado consumo energético e volume anual de emissões, supondo que se mantêm as condições de conforto térmico no interior) mas também por via dos materiais empregues e das “pegadas ecológicas” associadas aos mesmos – uma abordagem de “ciclo de vida” da construção. O aço leve tem vantagens em ambos os domínios, mas o segundo tem sido largamente ignorado pela legislação portuguesa. Os materiais não podem ser vistos apenas na ótica do consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub>. Por exemplo, os resíduos são reduzidos ao mínimo na construção em LSF pois normalmente restam apenas alguns desperdícios de OSB e EPS. Contrariamente, na construção tradicional não é difícil encher vários contentores de entulho, com cofragens partidas, material da abertura de roços e restos de betão/argamassa não utilizados. Em Portugal, o único requisito baseia-se no facto dos resíduos de construção e demolição terem de ser conduzidos a um operador licenciado. Dado que são cobradas taxas pelo processamento dos mesmos, tanto mais altas quanto maior a dificuldade de os processar, esta medida deveria levar indiretamente à redução dos desperdícios e ao uso de

---

materiais mais facilmente recicláveis. É obrigatório apresentar uma estimativa prévia do volume de resíduos a gerar, discriminada por tipo, e guardar as guias de transporte autenticadas pelo tal operador. Por outro lado, a construção em LSF utiliza uma quantidade de água desprezável face a soluções tradicionais de betão e alvenaria, sendo designada por construção “seca” e amiga do ambiente devido à economia de água.

O sistema construtivo LSF pode utilizar sapatas de fundação ou, sempre que possível utilizar laje de ensoleiramento geral com caixa-de-ar para evitar problemas de humidade vinda do solo e maior conforto térmico. Este é o único componente da habitação que é usualmente construído em betão armado. Por este motivo, e não sendo um sistema pré-fabricado tradicional, o sistema construtivo em LSF pode ser inserido nas categoria dos sistemas pré-fabricado e/ou modular no que à sustentabilidade diz respeito. Devido a este motivo, e caso o terreno onde se pretenda construir esteja em RAN (Rede agrícola nacional) ou REN (Rede ecológica nacional), pode ser mais simples obter o parecer positivo para a construção junto da REN/RAN e o licenciamento da obra junto da Câmara Municipal se a solução for em LSF do que noutro tipo de construção.

## **2.7 Segurança ao fogo**

A segurança contra incêndio constitui um fator importante em edifícios residenciais, sendo caracterizado por:

- Meios para uma fuga rápida e segura do edifício em caso de incêndio, envolvendo percursos de fuga alternativos e zonas de proteção ao fogo aumentada.
- Medidas para controlar o risco e a gravidade do incêndio, tais como detetores de fumo e “sprinklers”.
- Portas corta-fogo para impedir a passagem de fumo e, se possível, a propagação do fogo.
- Compartimentação eficaz das divisões através das paredes e pisos.
- Período adequado de resistência ao fogo para permitir o combate ao incêndio e eficaz para evitar o colapso estrutural prematuro.

É importante referir que um pequeno incêndio não deverá causar danos desproporcionados e a construção deverá ser facilmente reparável. A construção em LSF é bastante sensível à ação do fogo se considerarmos apenas o aço, pois o fator de massividade dos perfis de aço enformados a frio é geralmente baixo [22] devido à reduzida espessura das chapas. No entanto, ensaios experimentais têm demonstrado que as paredes e pisos em aço leve revestidos com placas de gesso cartonado sob ação do fogo não são severamente danificados se a temperatura for mantida abaixo de 400 °C. Portanto, o gesso cartonado constitui uma verdadeira proteção ao fogo. As placas de gesso cartonado podem ser arrancadas depois de um incêndio na estrutura e novas placas podem ser reintegradas facilmente.

A tabela 2.2 apresenta a espessura típica e número de placas de gesso cartonado resistente ao fogo necessárias para paredes e pisos em aço leve (conhecido como tipo F através da BS EN 520 [23]). As paredes divisórias (não principais) podem utilizar as espessuras padrão. Normalmente os requisitos para o isolamento acústico das paredes e pisos, como por exemplo a utilização de lã-de-rocha no



interior da parede, são compatíveis com uma resistência ao fogo de 60 minutos. A aplicação de tintas intumescentes torna-se muito dispendiosa e não é normalmente efetuada.

Tabela 2.2 – Resistência ao fogo na construção residencial em aço leve e espessuras necessárias em gesso cartonado para atingir vários níveis de segurança [23]

Fire resistance	Load-bearing walls	Infill walls	Suspended floors
30 mins	1 x 12.5mm Type F	1x 12.5mm	1x 12.5mm Type F
60 mins	1x 15mm Type F	1 x12.5mm	2 x12.5 mm Type F
90 mins	2 x 15mm Type F	2x 12.5mm	3 x12.5mm Type F
120 mins	3 x 15mm Type F	2 x 15mm	3 x 15mm Type F

Type F is the designation of fire resistant plasterboard to BS EN 570

## 2.8 Reabilitação estrutural

O sistema construtivo em LSF é ideal para aplicação em reabilitação de estruturas [24,25]. A utilização de produtos enformados a frio torna-se particularmente em obras de reabilitação, onde as vantagens descritas anteriormente se evidenciam em relação a soluções construtivas mais tradicionais. O sistema LSF pode ser aplicado para reabilitar edifícios degradados, mantendo a traça original com o máximo de segurança e minimizando os esforços na estrutura existente. Como o aço leve é um material extremamente versátil e transportável, permite erguer estruturas completamente novas sobre outras que, pelo seu estado de degradação, não permitem cargas excessivas. Por isso, as soluções tradicionais perdem vantagem muitas vezes para o LSF. Por um lado, desaconselha-se a reabilitação em betão pré-fabricado e/ou aço laminado a quente porque estas introduzem cargas excessivas na estruturas original e degradada. Comparativamente com o betão armado, e para além de destacar o reduzido impacto em termos de peso próprio, evitando ou minimizando o reforço da estrutura original e fundações, a rapidez de construção, a vida útil elevada, a facilidade de manutenção e reparação, a possibilidade de alteração ou reversibilidade das intervenções, a redução de constrangimentos durante a construção, quer em tempo de execução, a baixa produção de ruído e a reduzida ocupação de vias por transporte, armazenagem e manuseio dos materiais. Por outro lado, a reabilitação em madeira pode ser bastante mais dispendiosa que a solução em LSF. Em situações de preexistência de estruturas de madeira que funcionam preferencialmente com cargas distribuídas, as estruturas em LSF tornam-se uma alternativa perfeitamente compatível apresentando outras vantagens como a não suscetibilidade a podridão ou térmitas, o melhor comportamento ao fogo (material incombustível), sendo possível a sua utilização para substituição ou reforço de elementos individuais.

Neste contexto, as principais aplicações destes produtos são [24-26]:

- Compartimentação interior (Figura 2.6(a));
- Subestruturas sobrepostas a paredes preexistentes, para suporte de revestimento de fachada (over-cladding - Figura 2.6(b));
- Sobreposição ou substituição de coberturas (over-roofing – Figura 2.7(a));
- Ampliação vertical de edifícios (Figura 2.7(b));
- Compartimentação vertical (introdução de pisos intermédios) onde exista pé-direito adequado (Figura 2.8(a));
- Ampliação horizontal de edifícios (Figura 2.8(b));



**Figura 2.6-** (a) Compartimentação interior e (b) Subestruturas sobrepostas a paredes preexistentes (over-cladding)



**Figura 2.7 -** (a) Sobreposição ou substituição de coberturas (over-roofing) e (b) ampliação vertical



**Figura 2.8** - (a) Compartimentação vertical (introdução de pisos intermédios) e (b) ampliação horizontal

No entanto, não se deve aplicar a solução LSF a situações de retenção de fachada de alvenaria, execução de fundações ou muros de suporte, onde devem ser favorecidas soluções com recurso a betão armado ou aço laminado a quente. Muitos dos edifícios carentes de restauro foram construídos em alvenaria de pedra, com argamassa, madeira e ferro fundido. As graves deficiências estruturais podem ser solucionadas através da utilização de perfis e vigas em aço leve de alta resistência, tanto em pavimentos como em coberturas. Depois de se ter efetuado um levantamento exaustivo da estrutura existente, deverão ser eliminados os elementos estruturais mais degradados, normalmente os elementos horizontais (pisos e coberturas), e consolidam-se os elementos verticais (paredes) existentes através da colocação de lintéis armados de “coroamento” e/ou “viga-cinta” (ver Figura 2.9(a)).



**Figura 2.9** - (a) Fixação do canal de aço leve sobre tela asfáltica e lintel de coroamento e (b) inserção de vigas de aço leve apoiadas no canal de bordadura.

O projeto de estabilidade e execução deve incluir estes apoios e dentro deste atravancamento deverá ser fixada toda a estrutura metálica, a qual permite criar novos espaços (divisões) mas também permite “agarrar” e consolidar a estrutura de parede antiga. O lintel de coroamento ao



nível do piso deve ser revestido de tela asfáltica para posterior sobreposição de um canal de bordadura em aço leve, onde se apoiará o novo piso. A ancoragem dos canais de aço leve ao lintel de coroamento na parede é feita à base de infiltração de bucha química. O restante processo construtivo é semelhante ao utilizado na execução de pisos em moradias e habitações, com as vigas em C a entrarem dentro do canal de bordadura e fixando-as com parafusos de alta resistência, tal como se mostra na Figura 2.9(b).

## 2.9 Painelização e construção em altura

Uma grande vantagem da construção em LSF (talvez a maior e com repercussão direta nos custos e no tempo de execução) é a facilidade com que se montam os painéis de estrutura metálica, seja para utilização em elementos verticais (paredes e treliças de cobertura – Figura 2.10(a)) ou elementos horizontais (pisos e pavimentos – Fig. 2.10(b)). O processo de montagem de painéis metálicos, denominado de painelização, requer um rigoroso controlo de montagem dos primeiros painéis para evitar defeitos, imperfeições e excentricidades no elemento estrutural. No entanto, ultrapassada esta primeira fase, a painelização constitui uma forma de produção em série bastante vantajosa para a construção em LSF. Por um lado, são necessários poucos operários para executar um painel. Por outro lado, a montagem de centenas de painéis iguais não requer conhecimentos adicionais aos requeridos na montagem do primeiro. A colocação e montagem destes painéis para formar a estrutura metálica definitiva é bastante simples e rápida. Tal facto permite evitar elevados custos de mão-de-obra e reduzir prazos de execução sem paralelo nos métodos de construção tradicionais.



**Figura 2.10** – Painelização de (a) treliças de cobertura e (b) pavimentos.

Por outro lado, quando o objetivo é a construção de edifícios com mais de 3 pisos, a painelização ainda oferece uma vantagem ainda maior. Para além da rapidez de montagem de painéis na superfície de implantação do edifício (painelização horizontal), a painelização permite a montagem na vertical, isto é,, de piso para piso do edifício (painelização vertical). Nas Figura 2.11 mostram-se fotografias do processo de painelização vertical em edifícios de habitação de 4 pisos cuja construção foi totalmente realizada em 5 meses. Neste contexto, quanto mais alto for o edifício, maior

vantagem se tira da painelização. No entanto, há que ter em conta aspetos diversos já focados anteriormente como a o comportamento da estrutura à ação sísmica e ao vento. Para este efeito, é usual inserir elementos de contraventamento nas fachadas ou nas caixas de escadas.



**Figura 2.11** – Vantagens da painelização vertical em edifícios com mais de 3 pisos



## Capítulo 3 – Procedimentos e Faseamento Construtivo

### 3.1 Fases do processo construtivo

A logística e a programação de uma obra em LSF constituem a componente mais importante para o sucesso da mesma. Sem um faseamento das etapas de construção bem programado (como o cronograma apresentado na figura 3.1) facilmente se incorre no incumprimento de prazos de execução e se desaproveita a contenção dos custos previstos no LSF. O programa de orçamentação permite (i) calcular com rigor e sem desperdícios as quantidades de materiais a encomendar e (ii) calendarizar a mão-de-obra específica das próprias equipas com a equipa de subempreiteiros. Para se ter uma ideia desta relevância, no dia da assinatura do contrato com o cliente dão-se início às restantes reuniões com os subempreiteiros e começam-se a adjudicar as janelas (com a entrega do mapa de vãos), as quais devem entrar em obra quando terminar grande parte da estrutura metálica.

**Tabela 3.1** – Cronograma típico das fases do processo construtivo em LSF

Fases do processo construtivo em LSF	Semanas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Laje térrea e ancoragem	1	2																
Estrutura metálica			1	2	3	4	5	6										
Revestimento exterior - OSB							1	2	3	4	5							
Revestimento interior - Lã										1	2	3						
Instalações elétricas											1	2			3	4		
Canalizações											1	2			3	4	5	
Cobertura												1	2					
Revestimento exterior												1	2	3	4			
Gesso cartonado												1	2	3	4			
Janelas												1	2	3	4	5		
Acabamentos interiores														1	2	3	4	5
Nº de fases em simultâneo	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	4	7	4	4	6	4	2	1

Trata-se de um processo contínuo e com trabalhos a realizar em simultâneo, existindo situações de “pico” com quase todos os subempreiteiros a laborar ao mesmo tempo. A tabela anterior mostra o faseamento típico da construção em LSF, neste caso particular de uma moradia de um piso com 150 m<sup>2</sup> de área de implantação. O prazo total de execução corresponde a 18 semanas (4 meses e meio) e engloba as seguintes fases do processo: (1) Laje térrea e ancoragem (2 semanas), (2) Estrutura metálica (6 semanas), (3) Revestimento exterior – OSB (5 semanas), (4) Revestimento interior – Lã de rocha (3 semanas), (5) Instalações elétricas (4 semanas), (6) Canalizações (5 semanas), (7) Cobertura (2 semanas), (8) Revestimento exterior (4 semanas), (9) Gesso cartonado (4 semanas), (10) Janelas (5 semanas), (11) Acabamentos interiores (5 semanas). Note-se que durante a 1ª parte do período de execução, da 1ª até à 10ª semana, quase não há sobreposição de tarefas pois a montagem da estrutura metálica não o permite (ver Figura 3.1). No entanto, e devido à sobreposição de algumas tarefas da 11ª semana até à 16ª semana, com vários trabalhos a decorrerem em paralelo, o prazo de execução pode ser cumprido e por vezes até antecipado o fim da obra. Por exemplo, observa-se na Fig. 3.1 que existem 7 tarefas em execução paralela na 12ª semana e 6 tarefas na 15ª semana.

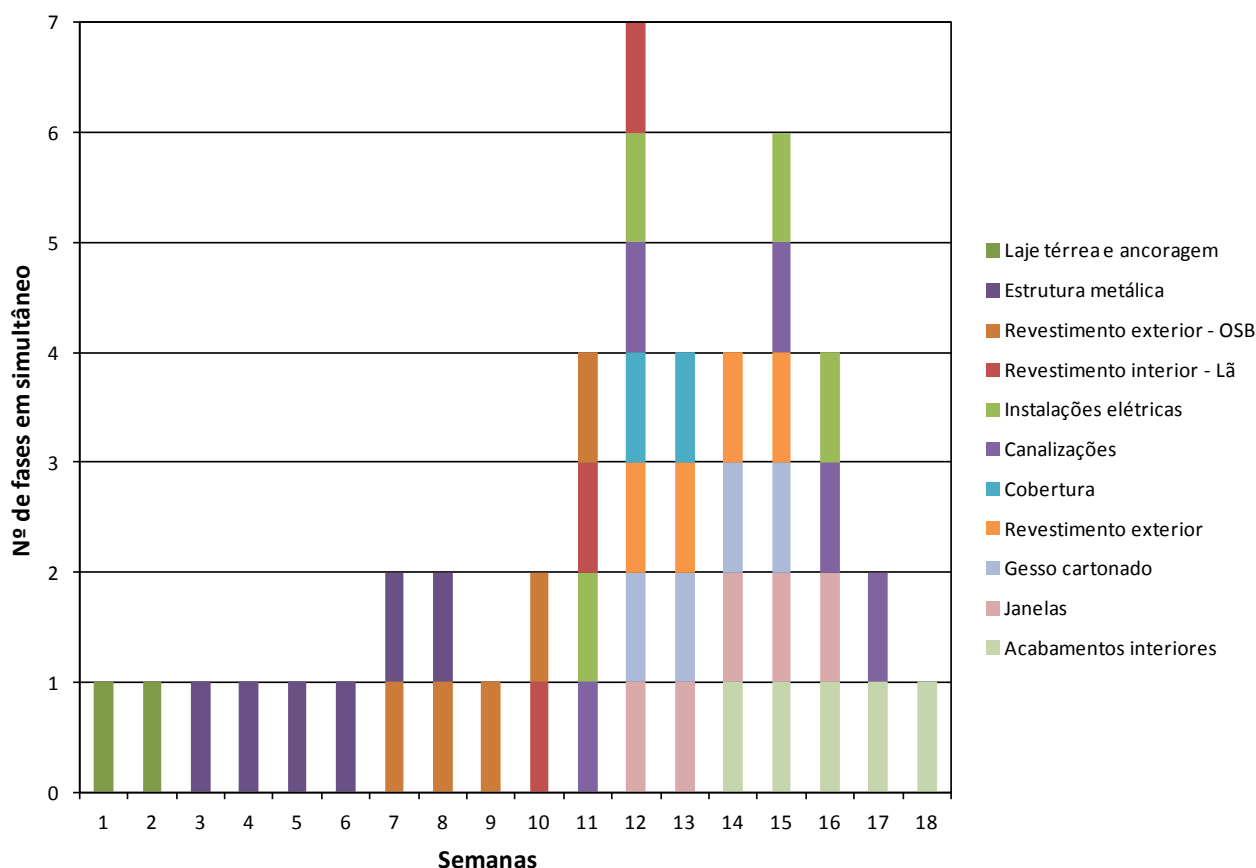


Figura 3.1 – Variação do nº de fases em simultâneo ao longo do prazo de execução

### 3.2 Fundações e ancoragem

Antes de se iniciar a laboração em obra, todos os empreiteiros devem saber qual a calendarização (cronograma) das suas tarefas. Salvaguardados os requisitos de protecção térmica, condensações e humidades, com a utilização de materiais específicos (Figura 3.2(a)) ou com caixa de ar (Figura



3.2(b)) através da utilização de vigota e abobadilha, evitando assim fenómenos por capilaridade, são embotidas na laje as especialidades de acordo com os projetos licenciados nos serviços municipais. A laje tem que ser meticulosamente construída por forma a garantir a mesma cota em qualquer ponto da superfície onde vão assentar os canais de todas as paredes, de acordo com os pormenores de arquitectura. Devem-se executar os passeios exteriores com as respectivas diferenças de cota para se poder realizar os sistemas de impermeabilização e também ter em consideração as cotas dos acabamentos interiores e exteriores, afim de deixar a laje regularizada já acabada e pronta, incluindo a betonilha de regularização executada. Caso contrário, ir-se-á perder muito tempo na elevação da estrutura metálica.

A ancoragem é realizada sobre a laje tradicional, com ou sem cave, através de buchas químicas de resistência anti-sísmica. Com um espaçamento de 1.20 m, existirá uma fixação de aperto mecânico com varão roscado com um mínimo de 16mm, e nas esquinas existirão obrigatoriamente 3 buchas, uma ao centro e as outras em cada um dos lados. O varão deverá entrar 20 cm a 30 cm em orifício devidamente aspirado/limpo, cuja cavidade irá receber a componente química que irá constituir a ancoragem com um aperto que comprometa todas as peças, incluindo um reforço adicional, afim de otimizar a área de resistência à solicitação das cargas de arranque (Figuras 3.3(a) e 3.3(b)).



**Figura 3.2** – Fundações e laje com caixa de ar



**Figura 3.3** – Fixação de canal (a) à laje e (b) à parede, com bucha química

---

### 3.3 Estrutura metálica

As peças metálicas são cortadas e aparafusadas utilizando máquinas leves. As próprias paredes constituem a estrutura do edifício, evitando-se concentrar as cargas em pilares. Portanto, raramente se utiliza o sistema de pórtico com cargas concentradas. Todo o peso das lajes, pavimentos e restantes cargas a considerar, consoante as condicionantes da edificação em causa, são distribuídas uniformemente pelas paredes. O conceito é simples: a cada elemento horizontal (viga) corresponde um elemento vertical (montante), os quais são devidamente aparafusados de acordo com o projeto de estabilidade utilizando parafusos galvanizados, dúcteis e suficientemente distribuídos, para garantir alguma dissipação de energia no caso de um sismo. A ligação entre elementos perpendiculares deve ser assegurada por um terceiro elemento de junção com capacidades efetivas de comportamento/efeito de rótula. Todos os elementos são colocados com um espaçamento regular e constante, entre 40 cm a 60 cm, conforme a exigência de utilização prevista no projeto de execução. Depois dos diversos elementos estarem ligados entre si, a estrutura do edifício assemelha-se a uma “grelha de aço tridimensional”. Note-se que a estrutura deverá estar provisoriamente escorada através de perfis em diagonal, fixando com parafusos todos os montantes verticais, com o objetivo de garantir que a estrutura se mantenha nivelada na vertical durante a execução da obra. Estas diagonais só serão retiradas após a colocação dos painéis estruturais de OSB, os quais se comportam simultaneamente como uma cofragem perdida/definitiva e um diafragma estrutural que liga os perfis entre si na direção horizontal (uma vez que os perfis só estão ligados nas extremidades) e assegura a rigidez das paredes relativamente às cargas horizontais (vento e sismo).

Nunca é demais lembrar que o aço deve ser estrutural (S), revestido em contínuo por imersão a quente (GD), e com uma zincagem Z275. Pode ser, no limite mínimo, da classe S220GD, sendo S250GD e S280GD as classes mais indicadas e, obviamente, S320GD a classe ideal. Segundo as Normas Europeias EN10147 [27] e EN10326 [28], as tensões de cedência mínimas podem ir de 220 N/mm<sup>2</sup> (S220GD) a 320 N/mm<sup>2</sup> (S280GD), as tensões últimas mínimas variam de 300 N/mm<sup>2</sup> (S220GD) a 390 N/mm<sup>2</sup> (S280GD) e as extensões últimas mínimas podem ir de 20% (S220GD) a 17% N/mm<sup>2</sup> (S280GD). Preferencialmente, as peças metálicas devem ser perfiladas e não quinadas. O processo de quinagem induz deformações excessivas nas zonas das dobras que, por vezes, podem atingir o limite de extensão última do aço, para além de fenómenos de desgaste nestas zonas. Os perfis de parede e piso devem vir perfurados para permitir a passagem de tubos e cablagens. No sentido de se reduzir a quantidade dos cortes em obra, o aço deve ser entregue em obra já cortado à medida. Todos os cortes em obra deverão ser recompensados com uma zincagem adicional com pulverizante de zinco apropriado.

As ligações entre todas as peças metálicas (ligação perfil-perfil, ligação perfil-canal e ligação aço-OSB) são muito importantes e assumem uma função relevante na interligação de peças e distribuição de cargas e esforços. Existem regras previstas no método prescritivo, nomeadamente quanto às distâncias mínimas admissíveis por forma a se respeitarem as tolerâncias regulamentares e também quanto à resistência dos parafusos. É muito importante que se respeitem essas regras para que a estrutura metálica cumpra com as regras de segurança consagradas nas normas

---

européias e portuguesas vigentes. Em conformidade com as várias tipologias de sistemas construtivos em LSF (que existem em diferentes mercados), as ligações normais aço-aço deverão ter uma distância à extremidade superior a 15mm e a restante área da peça de reforço que liga as duas peças de aço deve ser dividida por forma a distribuir os restantes parafusos de forma equidistante e geométrica. A qualidade do parafuso, sua resistência ao corte, rigidez elástica e outras propriedades que sejam exigidas, devem de entrar no cálculo de estabilidade da estrutura. As peças desenhadas deverão providenciar ao encarregado/responsável de obra uma visão descritiva muito clara do trabalho a realizar. Numa perspetiva muito genérica, pode-se afirmar que todas as marcas de parafusos existentes no mercado têm uma oferta bastante satisfatória. Regra geral, o construtor pode-se apoiar sobre as seguintes orientações:

- Parafuso 4,2x13mm de cabeça de estrela ligeiramente convexa para ligações entre aço, que posteriormente irá receber recobrimento com gesso ou com OSB;
- Parafuso 6,3x19mm de cabeça sextavada para ligação aço-aço quer para empalmar as almas das peças quer para ligações estruturais de realização de cabeceiras, pórticos e reforços de grande exigência de fixação;
- Parafuso 6,3x38mm ou parafuso 6,3x50mm para fixações de aço-aço para ligações de elementos estruturais entre pisos (portanto um parafuso com características de resistência também ao arranque) e que, por vezes, tenha que ter o OSB entre essas peças. Provavelmente, estes parafusos são os mais importantes em obra. Por exemplo, cada montante vertical de um piso superior deve receber 2 parafusos que unem o elemento de reforço com o canal dessa parede, perfuram o OSB de 18mm de piso e vão ligar aos elementos estruturais que pertencem ao teto/piso;
- Parafuso 4,8x32mm de cabeça de estrela e com broca de abas na extremidade para vencer o OSB de 12mm de parede e aparafusá-lo aos montantes verticais de parede. A cabeça deve de entrar alguns milímetros dentro do OSB e o distanciamento entre parafusos é de 15 cm nas extremidades e de 25 cm no restante interior da placa;
- Parafuso 4,8x45mm de cabeça de estrela e com broca de abas na extremidade. É um parafuso idêntico ao anterior, porém serve para aparafusar o OSB de piso com 18 mm ao viga metálica de piso/teto.

As zonas das portas e janelas são aberturas, asseguradas por estruturas que representam pórticos com capacidades de distribuir as cargas às extremidades. Dependentes dos vãos, essas estruturas podem ser treliças, vigamentos empalmados em forma de “I” ou em box, e devidamente interligados com bastantes reforços. Assim se definem as cabeceiras estruturais com as vergas que desenham o espaço de fixação dos aros desses vãos. Nas figuras 3.4 e 3.5 podemos observar as diagonais provisórias e as cabeceiras que permitem as aberturas dos vãos com as respetivas vergas que irão receber os aros. Também se observa o pormenor da expressão/testa do piso intermédio e todo o viga vertical pronto a receber o recobrimento do OSB.



**Figura 3.4** – Estrutura metálica constituída por montantes e vigas (a) 1º piso sobre laje de ensoleiramento e (b) 2º piso com diagonais de contraventamento provisório.



**Figura 3.5** – Vista interior da estrutura metálica com travessas inclinadas: (a) pormenor de zona de janela e (b) pormenor do nó de ligação de cobertura.

### 3.4 OSB

As paredes, pisos e coberturas são revestidos com forro de placas estruturais de OSB (Oriented Strand Board) que servem de diafragma definitivo à estrutura metálica e de apoio ao isolamento e rebocos. As placas de OSB são produzidas através de processos de avançada tecnologia e maquinaria sofisticada: as partículas de madeira são cruzadas e orientadas em diferentes direções e são impregnadas/coladas com resinas especiais a altas temperaturas e em várias camadas<sup>4</sup>. As propriedades mecânicas do OSB assemelham-se às da madeira sólida, tratando-se de uma placa estrutural com resistência à flexão longitudinal que pode variar entre 18 e 28 N/mm<sup>2</sup> e resistência à flexão transversal entre 9 e 15 N/mm<sup>2</sup> [29,30]. Os módulos de elasticidade longitudinal e transversal podem variar entre 2.5 e 4.8 kN/mm<sup>2</sup>, e 1.2 e 1.8 kN/mm<sup>2</sup>, respetivamente. O OSB é normalmente distinguido em 4 classes para diferentes aplicações:

- OSB/1 – Painéis comuns para utilização interior e em condições secas.
- OSB/2 - Painéis para suporte de carga e utilização em condições secas.
- OSB/3 - Painéis para suporte de carga e utilização em condições húmidas.

<sup>4</sup> O início da produção comercial de OSB ocorreu na região dos Grandes Lagos (Canadá), utilizando principalmente a madeira de Bétula, Pacific Albus (Álamos) e Populus. Outras espécies têm sido utilizadas na indústria de OSB como matéria-prima. O OSB possui um baixo custo económico e ecológico pois as madeiras utilizadas são derivadas de árvores de crescimento rápido ou de árvores de baixo valor comercial.



• OSB/4 – Painéis de elevada resistência para suporte de carga e utilização em condições húmidas. Nas aplicações estruturais que requerem rigidez e resistência das placas de OSB, como é o caso da construção em LSF, normalmente aplica-se OSB/4 e OSB/3, nunca o OSB/1 e OSB/2 por serem aplicados apenas em condições secas. Como se pode observar nas Figuras 3.6 e 3.7, pode-se respeitar qualquer projeto de arquiteturas utilizando o aço e o OSB garantindo a primeira fase da edificação, isto é, a forma e volume do edifício. Pelo exterior, o aço é recoberto com a placa estrutural de OSB com 12 mm de espessura, perfazendo desta forma as empenas lisas e prontas para que se possa colocar quaisquer tipos de acabamento recorrendo às mais diversas tipologias de fixação, tendo sempre em conta os requisitos térmicos da zona climática onde o edifício se localiza. Pelo interior, o recobrimento dos vigamentos dos pisos e das coberturas planas é efetuado com OSB de 18 mm de espessura. Note-se ainda que em coberturas inclinadas o OSB pode ser de 12 mm de espessura. Nos pisos e nas coberturas podem-se utilizar quaisquer tipos de acabamento, exatamente iguais àqueles que se utilizam na construção tradicional, incluindo betão leve e betonilhas com as malhas regulamentares, quando isso se justificar. As regras de fixação das placas de OSB ao aço são essenciais para um ótimo resultado final. Como as placas interagem entre si e com o aço, deverão estar simetricamente desencontradas e, muito importante, deverão ter uma folga (junta de dilatação/trabalho) de 3 mm entre si. Esta folga permite que desempenhem a função de diafragma estrutural e poderem dissipar energia conjuntamente co a estrutura de aço. Normalmente, o OSB tem um bom comportamento hidrófugo suportando ambientes húmidos e fortes condensações, porém não deve estar em contacto permanente com a água. Desde que contenha adjuvantes retardadores de força na sua resina (fenólica ou de isocianato), a resistência ao fogo do OSB é significativamente superior à da madeira, sendo a taxa de degradação de propriedades extremamente lenta e permitindo boas performances na resposta aos incêndios.



**Figura 3.6** – Utilização de OSB como revestimento exterior e diafragma estrutural: (a) nas paredes e (b) na cobertura inclinada.



**Figura 3.7** – Utilização de OSB como revestimento exterior e diafragma estrutural: (a) num cobertura plana e (b) na fachada do edifício (ver figura 1.1).

Em 1998 foi publicado um documento pelo AISI que contém um resumo de resultados experimentais realizados por vários autores com painéis de OSB [30]. Painéis com 11 mm de espessura e com 1.2x2.4 m de dimensão foram colocados ao alto (com a direção longitudinal na direção dos montantes) e ensaiados experimentalmente para diferentes espaçamentos entre parafusos autoperfurantes (150, 100, 75 e 50 mm). Constatou-se que os valores característicos da força resistente variaram entre 13.3 kN/m, para 150 mm de afastamento, e 27.9 kN/m, para 50 mm de afastamento. Para as placas colocadas ao baixo (com a direção transversal na direção dos montantes), verificou-se um aumento de 10% em relação à situação anterior. Nos ensaios dinâmicos aos mesmos tipos de painéis, constatou-se uma redução de 25% em relação aos ensaios estáticos. Em ensaios suplementares, utilizou-se placas de gesso cartonado de 12mm na face interior da parede com um espaçamento de parafusos igual a 175 mm. Para um espaçamento típico de 150/300 no OSB, a utilização de gesso cartonado permite aumentar a resistência ao corte da parede em cerca de 30%. Por todos os motivos citados, a contribuição do OSB para a resistência da estrutura é imprescindível [31].

### 3.5 Cobertura

O telhado possui uma proteção eficaz contra infiltrações, tornando-o totalmente estanque à humidade por via de subtelhas sofisticadas. Nos terraços, utiliza-se betão leve na criação das pendentes e revestimentos elásticos de elevada estanquicidade. Em ambas as situações (telhados e terraços), coloca-se o poliestireno extrudido para proteção térmica (ver Figura 3.8). Depois das estruturas devidamente recobertas, estamos perante superfícies extremamente lisas e fáceis de se implementarem todos os requisitos em matéria de barreiras de vapor, cortes térmicos, impermeabilizações quaisquer sistemas de fixações para receber os acabamentos de acordo com a arquitetura exigida, incluindo as modernas fachadas ventiladas (ver Figura 3.9).

Tal como se pode constatar nas Figuras 3.8 e 3.9, não existem restrições na utilização dos materiais de acabamentos, inclusive nos casos mais tradicionais/típicos, como sejam, terraços acessíveis, coberturas planas não acessíveis, telha lusa normal ou com beirado à antiga Portuguesa.



**Figura 3.8** – Utilização de telha lusa e beirado à Portuguesa em cobertura inclinada tradicional



**Figura 3.9** – Utilização de betão leve em cobertura plana acessível e utilização de chapa sanduíche

### 3.6 Revestimento exterior

Sobre as placas de OSB que revestem exteriormente a estrutura metálica é habitual aplicar o sistema EIFS (External Insulation and Finishing System), composto por placas de poliestireno expandido que eliminam as pontes térmicas e perfazem um reboco com acabamento final impermeável. Este é conseguido com a utilização de argamassas de cola de cimento à base de resinas com polímeros, reforçada com armadura em fibra, facto que garante a integridade das fachadas. Como revestimento final, as fachadas são pintadas com textura própria impermeável e/ou com uma membranas flexíveis, e no qual as marcas mais tradicionais existentes no mercado já adotaram estes sistemas também na alvenaria comum. Este sistema de isolamento térmico pelo exterior e de acabamento de fachadas é completamente eficaz na proteção dos edifícios contra infiltrações, fissuras estruturais e das variações resultantes das amplitudes térmicas.

As fotos que se observam na Figura 3.11, ilustram a versatilidade das combinações que as estruturas permitem receber, com as mais variadas soluções de acabamentos exteriores, desde a recorrência a situações mais provisórias até situações definitivas, duradouras e com coeficientes de rentabilidade construtiva muito mais eficientes que na construção tradicional, tendo em conta o curto tempo de execução e a redução dos meios aplicados para a conclusão da obra. Variados exemplos existem, tais como as placas de cimento com barreira de vapor em cima do OSB, para escritórios



provisórios/temporários, placas de cimento com 12mm, diretamente aparafusadas à estrutura incluindo a barreira de vapor, e conforme descrito anteriormente, o EIFS, reboco térmico – poliestireno expandido, antifissuras, hidrófugo e de durabilidade muito acima dos rebocos vulgares com uma manutenção quase nula, considerando o tempo normal de uma habitação. As fachadas ventiladas, incluindo a barreira de vapor e o respetivo sistema de grampeamento aparafusado à estrutura, asseguram a possibilidade de aplicação de todos os produtos disponíveis no mercado, tais como os painéis fenólicos, pedras ou outros porcelânicos que já tem incluído a componente de captação energética para benefício do próprio edifício. Convém salientar que todos os materiais vêm diretamente dos fornecedores para a obra sem haver a necessidade de estaleiro, o que se traduz em redução de custos, incluindo a ausência de guias, a redução de mão-de-obra, dependência de água no local (dado que os materiais são trabalhados a seco) e permite a elaboração de uma programação e logística rigorosa. Assim, com muito menos custos, consegue-se muito mais área de construção efetiva.



**Figura 3.11** – Utilização de diversas soluções de revestimento exterior sobre o OSB



### 3.7 Canalização e tubagem

Utilizando as aberturas dos próprios perfis, a canalização e tubagem elétrica é disposta nas paredes deixando terminais nos locais previamente escolhidos, conforme se pode ver na figura 3.11. Todo este processo é executado com enorme facilidade, uma vez que não temos de abrir roços e as paredes ainda não se encontram revestidas pelo interior. Portanto, existe maior rapidez de execução, não existem roços mas existe um acesso total e facilitado às tubagens para reparações e adaptação a quaisquer sistemas (PPR, PEX, Isogris...) que existam no mercado. As obras são limpas, as especialidades são muito mais rápidas de se executarem e de se testarem com um acesso extraordinário a todos os seus componentes aquando dos testes e verificações, antes de se recobrirem com as placas de gesso pelo interior.



**Figura 3.11** – A utilização de perfis com perfurações permite a passagens de tubagens e canalizações.

### 3.8 Revestimento interior (lã-de-rocha)

Após os testes regulamentares das tubagens e das vistorias dos serviços camarários procede-se ao revestimento das paredes interiores com lã-de-rocha (ver Figura 3.12). Este material é formado por fibras minerais de rocha vulcânica, apresentado em forma de painel ou manta. Insere-se este material no espaço entre montantes e vigas metálicas, sendo totalmente imune à ação do fogo e com excelentes propriedades de isolamento térmico e sobretudo acústico. Este material não provoca alergias, não absorve água e permite a passagem de ar, exibindo durabilidade ilimitada.



**Figura 3.12** – A utilização de lã-de-rocha permite obter uma elevado desempenho acústico, térmico e resistência ao fogo.

### 3.9 Revestimento interior (placas de gesso)

Posteriormente são aplicadas as placas de gesso cartonado pelo lado interior do edifício. Devido à sua estrutura contínua e ao baixo coeficiente de condutibilidade térmica, as placas de gesso cartonado garantem um ambiente confortável no interior da habitação visto disporem de um poder isolante três vezes superior ao tijolo e quatro vezes o do betão. Sendo o gesso cartonado um material isolante, evita-se a condensação de vapor de água, impedindo a formação de fungos. O gesso cartonado é um material de fácil manuseamento e aplicação, permitindo um acabamento final com todos os materiais normalmente utilizados na construção (ver Figura 3.13).

Existem vários tipos de gesso consoante a exigências dos espaços a utilizar, ignífugos, hidrófugos e normais com maior ou menor resistência mecânica. Todos os tipos de gessos, incluindo os tabiques, muito utilizados para reforçar a zona das banheiras, são aplicáveis às estruturas em aço leve, sendo aconselhável a dupla placagem de 2x13mm, consistindo uma parede com elevada resistência mecânica. Refere-se novamente que a adição de placas de gesso cartonado pelo interior permite adicionar cerca de 30% à resistência ao corte das paredes em aço e OSB.

O revestimento interior em gesso cartonado recebe qualquer tipo de acabamento e, dada a sua porosidade, trabalha facilmente com os excessos de humidade relativa e, por isso, não permite a existência de condensações. Por outro lado, tem uma elevada tolerância à fissuração e uma flexibilidade arquitetónica para linhas retas e estruturas curvas de dificuldade arrojada.



**Figura 3.13** – A utilização de gesso cartonado como revestimento interior permite obter um ótimo desempenho acústico e resistência melhorada ao fogo.

### 3.10 Acabamentos exteriores

As fotos que se observam na Figura 3.14 mostram a colocação de alguns tipos de acabamentos exteriores muito utilizado na construção tradicional, como sejam pedras de granito coladas nas fachadas e decks de madeira em varandas. Portanto, não há limites na utilização de acabamentos na construção em aço leve.

Quando estamos perante a reabilitação de edifícios antigos, tem que se manter a mesma traça das fachadas do edifício nas ampliações, o que é perfeitamente exequível. Em muitos casos, dada a

distribuição de cargas sobre o edifício antigo, só é possível a utilização dos enformados a frio, respeitando-se os mesmos materiais e portanto a mesma arquitetura do património em causa.



**Figura 3.14** – Utilização de acabamentos exteriores tradicionais (pedras de granito coladas nas fachadas e decks de madeira em varandas e terraços).

### 3.11 Acabamentos interiores

Alguns meses depois de ter começado com as fundações e com o aço, entra-se na fase final da obra, com a fase de carpintarias, incluindo janelas e portas, mosaicos e mobiliário. A figura 3.15 mostra alguns exemplos de acabamentos interiores. Os móveis de cozinha, armários, louça, torneiras, etc, são colocados segundo os processos normais. A caixilharia deverá dispor de vidro duplo por forma a tornar homogénea a proteção térmica e acústica.

Em caso de pesos a fixar nas paredes, o gesso cartonado garante uma enorme capacidade resistente. Porém se recorrer a buchas de expansão conseguem-se fixar utensílios com mais de 80 Kg e, se for necessário, consegue-se segurar mais de 500Kg. Para tal, deve-se aparafusar essas cargas aos perfis que se encontram por detrás do gesso, de 0.60 cm em 0.60 cm, recorrendo a uma barra metálica que se fixe a esse perfis e, conseqüentemente, agarrar nessa peça o peso que se pretender pendurar.



**Figura 3.15** – Utilização de acabamentos interiores tradicionais (armários e revestimentos cerâmicos).



---

---

## Capítulo 4 – Bases do Método Prescritivo

### 4.1 Generalidades

Como se referiu nos capítulos anteriores, a construção em LSF baseia-se no princípio de que a segurança estrutural é satisfeita se forem cumpridos um conjunto de requisitos (condições) relativos às dimensões e espaçamentos dos elementos metálicos e suas ligações, tendo por base as dimensões da edificação, sua localização e as cargas atuantes. O método prescritivo [8] está de acordo com os regulamentos estruturais existentes, nomeadamente a NAS [33] e a AS/NZS [34], e permite unificar regras e procedimentos de execução estrutural. O documento que lhe serve de base foi proposto pelo NAHB com a cooperação de comissões de investigadores, fabricantes, projetistas e construtores em LSF, e por outro lado, permite a unificação de procedimentos e regras de execução aos construtores, contribuindo para melhorar a aceitação do mercado e promover a aplicação do sistema construtivo em LSF.

O método aqui descrito aplica-se edifícios térreos de um e/ou dois pisos. Excluem-se construções mais elevadas, subterrâneas ou com outros fins que não o residencial e/ou comercial ligeiro. Os limites de aplicação do método prescritivo estão expressos quantitativamente nas tabelas 4.1 e 4.2. Na tabela 4.1, e para além das paredes estruturais em aço leve (interiores e exteriores), apontam-se outras soluções estruturais para as paredes, tais como as soluções em madeira, alvenaria de tijolo e betão. No caso de paredes interiores em aço leve, têm-se valores máximos de peso próprio iguais a  $0.24 \text{ kN/m}^2$ . No caso de paredes exteriores em aço leve, têm-se valores máximos de peso próprio iguais a  $0.48 \text{ kN/m}^2$  se a zona sísmica é zona A, B, ou C, e  $0.67 \text{ kN/m}^2$  se a zona sísmica for a zona D. Torna-se evidente que os valores limite são baixos, excetuando os dois últimos casos (alvenaria de tijolo e betão).

**Tabela 4.1** – Valores máximos de peso próprio para cada tipo de parede estrutural

Parede estrutural	Valor máximo do peso próprio ( $\text{kN/m}^2$ )	
	Zonas sísmicas A-C	Zona sísmica D
Parede exterior em madeira	0,48	0,72
<b>Parede exterior em aço leve</b>	<b>0,48</b>	<b>0,67</b>
Parede interior em madeira	0,48	
<b>Parede interior em aço leve</b>	<b>0,24</b>	
Parede de alvenaria de tijolo (espessura=20 cm)	3,84	
Parede de betão (espessura=15 cm)	4,08	

Por seu lado, as paredes em tijolo são sobreavaliadas, mesmo já considerando parede dupla e o peso do reboco. Por exemplo, uma parede dupla de 15+11 cm terá cerca de  $320 \text{ kg/m}^2$ , ou seja  $3,14 \text{ kN/m}^2$ , e naturalmente mais de 26 cm de espessura. Isto deve-se ao facto de as paredes consideradas serem mais compartimentais do que estruturais (faz sentido, já que se trata de construção em aço...) e portanto realizadas em tijolo maciço em vez de perfurado. É um acabamento pouco usado em Portugal, mas muito comum em Espanha. Dispensa rebocos e pinturas, pelo que



tem menos manutenção e é menos propenso a erros de execução. As desvantagens são o elevado peso próprio e as reduzidas gamas de cor e textura. Não constitui um sistema completamente “redundante” quando executado paralelamente a uma parede em LSF; na verdade, existem acessórios para garantir a perfeita ligação entre ambos. O caso das paredes de betão é ainda menos usual, embora se possa conjugar painéis de betão como isolante exterior. Aliás, também foi desenvolvido um método prescritivo próprio para este tipo de construção mista LSF-betão [35].

Na tabela 4.2, observam-se os valores máximos dimensionais e valores limite das ações atuantes na estrutura, tanto em termos gerais como especificamente ao nível dos pavimentos, paredes e cobertura.

**Tabela 4.2** – Valores máximos de dimensões e ações

<b>Categoria / Artigo</b>	<b>Limite</b>
<b>Geral</b>	
• Dimensões do edifício	18 x 11 m
• Número de pisos	2 + 1 (cave)
• Velocidade do vento	177 km/h (209 km/h, em rajada de 3s)
• Exposição ao vento	A-B urbana / arborizada C em campo aberto
• Neve	3,35 kN/m <sup>2</sup>
• Zonas sísmicas	A, B, C e D
<b>Pavimento dos pisos</b>	
• Peso próprio	0,48 kN/m <sup>2</sup>
• Sobrecarga	1,92 kN/m <sup>2</sup> no piso térreo 1,44 kN/m <sup>2</sup> no 1º piso
• Extensão máxima em consola	61 cm
<b>Paredes</b>	
• Peso próprio	0,48 kN/m <sup>2</sup>
• Pé direito	3 m
<b>Cobertura</b>	
• Peso próprio	0,72 kN/m <sup>2</sup>
• Peso próprio (apenas revestimento)	0,34 kN/m <sup>2</sup> (zonas sísmicas 1, 2, 3) 0,43 kN/m <sup>2</sup> (zona sísmica 4)
• Sobrecarga	3,35 kN/m <sup>2</sup>
• Peso próprio do teto	0,24 kN/m <sup>2</sup>
• Neve	3,35 kN/m <sup>2</sup>
• Inclinação da cobertura	1:4 – 1:1 (14° - 45°)
• Consola do beirado	61 cm paralelo ao declive 31 cm perpendicular ao declive
• Consola do beirado (peso próprio apenas do revestimento)	0,34 kN/m <sup>2</sup> 0,43 kN/m <sup>2</sup> na zona sísmica 4
• Sobrecarga no sótão	0,96 kN/m <sup>2</sup> sótão habitável 0,48 kN/m <sup>2</sup> sótão não habitável

As ações descritas na Tabela 4.1 englobam, com a devida margem de segurança, fenómenos extremos que podem ocorrer esporadicamente nos EUA. O território nacional de Portugal é bastante inferior ao dos EUA pelo que está necessariamente sujeito a um leque de ações com valores numa gama mais reduzida. Por outro lado, e dado o seu clima misto Mediterrânico-Atlântico, Portugal é caracterizado por uma gama de temperaturas mais restrita e humidade baixa a moderada. Por este motivo, é de esperar que a maior parte dos valores limite considerados na aplicação do método prescritivo nos EUA sejam suficientes para o contexto nacional. Por exemplo, o valor limite de sobrecarga de neve ( $3,35 \text{ kN/m}^2$ ) corresponde ao valor que o Regulamento de Segurança e Acções (RSA [36]) prescreve para uma altitude de 1.390 m. A cidade portuguesa localizada a maior altitude – Guarda – está a apenas 1.056 m e toda a área a sul do rio Tejo, e muito provavelmente mais de 95% da área a norte, está abaixo dos 1.390 m de altitude. No que diz respeito à ação da neve, pode afirmar-se que esta ação não é condicionante no âmbito da aplicação do método prescritivo no território nacional.

No caso do vento, e considerando as piores localizações e rugosidade do terreno circundante, o RSA prevê no máximo 99 km/h até 10 m de altura, facto que seguramente engloba todos os edifícios até dois pisos. Nestas condições, uma velocidade do vento igual a 177 km/h corresponderia ao valor previsto a 183 m de altura. Na tabela 4.3 mostra-se uma correlação entre a velocidade média do vento e a correspondente velocidade de rajada (pico de 3 segundos). Note-se que tais valores são habituais nos EUA mas apresentam-se excessivos no que ao território nacional diz respeito.

**Tabela 4.3** – Correlação entre da velocidade do vento e rajada de 3s

Velocidade (km/h)	113	121	129	137	145	161	169	177
Rajadas de 3 s	137	145	161	169	177	193	201	209

Embora o território nacional seja bastante mais reduzido que o dos EUA, o zonamento sísmico nacional é muito semelhante ao dos EUA. Nos EUA existem 5 zonas de risco sísmico (ver figura 4.1(a)) a que correspondem diferentes valores da aceleração máxima nominal:

- zona 0 (risco mínimo,  $a_g=0 \text{ ms}^{-2}$ )
- zona 1 (risco baixo,  $a_g=0.75 \text{ ms}^{-2}$ )
- zona 2A-2B (risco moderado,  $a_g=1.5-2.0 \text{ ms}^{-2}$ )
- zona 3 (risco elevado,  $a_g=3.0 \text{ ms}^{-2}$ )
- zona 4 (risco máximo,  $a_g=4.0 \text{ ms}^{-2}$ )

Ainda assim, existem 4 zonas de risco sísmico em Portugal (ver figura 4.1(b)) a que correspondem valores da aceleração máxima nominal não muito diferentes<sup>5</sup>:

- zona A (risco máximo,  $a_g=2.7 \text{ ms}^{-2}$ )
- zona B (risco elevado,  $a_g=1.9 \text{ ms}^{-2}$ )

<sup>5</sup> Valores de  $a_g$  para uma ação sísmica tipo 1 (representa um sismo de magnitude moderada e pequena distância focal, com uma duração da parte estacionária de 10 segundos)



- zona C (risco moderado,  $a_g=1.3 \text{ ms}^{-2}$ )
- zona D (risco baixo,  $a_g=0.8 \text{ ms}^{-2}$ )

Desta forma, e em termos de aceleração máxima nominal, pode afirmar-se que as quatro zonas sísmicas em Portugal (A, B, C, D) correspondem a 3 zonas sísmicas dos EUA: (i) a zona A corresponde à zona 3, (ii) as zonas B e C correspondem à zona 2, e (iii) a zona D corresponde à zona 1. Portanto, conclui-se que a zona de maior risco sísmico em Portugal não corresponde à zona de maior risco sísmico nos EUA. Uma vez que o método prescritivo pode ser utilizado nas 5 zonas dos EUA, incluindo a zona 4, também pode ser utilizado com toda a segurança nas 4 zonas do território nacional, incluindo a zona A.

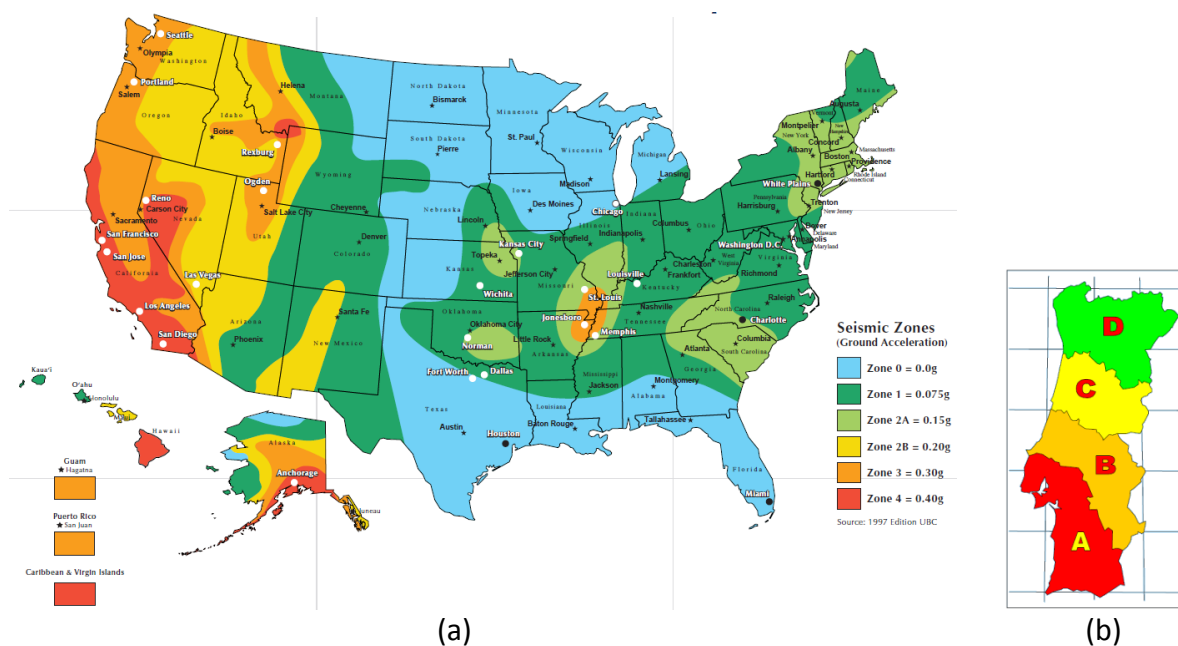


Figura 4.1 – Zonas sísmicas: (a) EUA e (b) Portugal

Do ponto de vista do comportamento sísmico, as construções em aço leve são caracterizadas por um peso próprio muito mais reduzido que as construções em betão e/ou alvenaria tradicional. Tendo em consideração a massa reduzida, a limitação da estrutura em altura (frequentemente limitada a dois pisos) e a contribuição dos diafragmas de OSB para o aumento de rigidez, é praticamente inviável que as frequências próprias da estrutura sejam inferiores a 10 Hz. Tendo em conta que as frequências típicas da ação sísmica variam entre 1 e 10 Hz, pode afirmar-se que será pouco provável que uma estrutura em LSF entre em ressonância. Por outro lado, e como as forças sísmicas são proporcionais à massa dos pisos, também estas são caracterizadas por valores reduzidos. Embora os elementos estruturais em LSF (montantes e vigas) sejam muito esbeltos do ponto de vista da estabilidade (classes 3/4, segundo o EC3 [37]) e não exibam comportamento plástico como os perfis laminados a quente, deve sublinhar-se que se trata de elementos metálicos e, portanto, exibem ductilidade. Por estes motivos referidos anteriormente, as estruturas em LSF têm geralmente um razoável comportamento antissísmico.

---

Existem duas tendências recentes que agravam o comportamento sísmico dos edifícios de betão armado, nomeadamente as piscinas no último piso e os “telhados verdes”. A construção de piscinas está totalmente fora de hipótese nas construções em LSF. A solução dos “telhados verdes” tem vindo aumentar pois normalmente o cliente pretende reduzir a pegada ecológica/energética do edifício (bem como painéis solares e termossifão). Tal solução não é comum na construção em LSF, mas deve alertar-se para o fato de aumentar consideravelmente as forças sísmicas no último piso e reduzir consideravelmente o desempenho sísmico do edifício. Por outro lado, à medida que o desempenho ambiental inclui todo o ciclo de vida, e não apenas a fase de exploração, a construção em LSF torna-se comparativamente cada vez mais vantajosa.

No método prescritivo não está ressalvada a possibilidade de existência de coberturas planas. Para a pluviosidade em Lisboa e a sul do território nacional, e utilizando os materiais habituais (painéis sandwich, subtelha e fibrocimento, telas asfálticas e outros) é perfeitamente possível conceber telhados com perfeita drenagem e inclinações de 3-5°. Tal facto deve-se principalmente à ausência de neve – o RSA despreza a ação da neve em todos os locais abaixo de 200 m de altitude, ao passo que no nordeste dos EUA é comum nevar ao nível do mar.

Por fim, o método supõe implicitamente a existência de um beirado, mas não diz nada sobre platibandas. A urbanização típica em Portugal é bastante mais densa e frequentemente não será razoável deixar um beirado a debitar água diretamente na rua. Nestes casos é preferível construir um telhado mais estreito, de modo a que sobre espaço para colocar um algeroz ao longo do beirado, com uma ligeira inclinação.

#### **4.2 Terminologia**

Os termos empregues na designação dos diversos elementos estruturais e das várias peças utilizadas na construção em LSF não difere muito de outros tipos de construção metálica. No entanto, deve-se ter em consideração o fato das estruturas em LSF apresentarem uma configuração algo distinta das soluções em aço laminado a quente. A Figura 4.2 mostra o aspeto de uma estrutura em LSF, notando-se um aspeto de particular relevo: a inexistência de uma categorização em elementos principais e elementos secundários. Por exemplo, os montantes são todos elementos principais, tanto os que estão na confluência de duas paredes como aqueles que estão no interior de cada parede. O mesmo sucede com as vigas de piso. Na tabela 4.4 apresentam-se de forma resumida os principais termos e designações, bem como as definições, dos elementos e peças estruturais utilizadas no LSF.

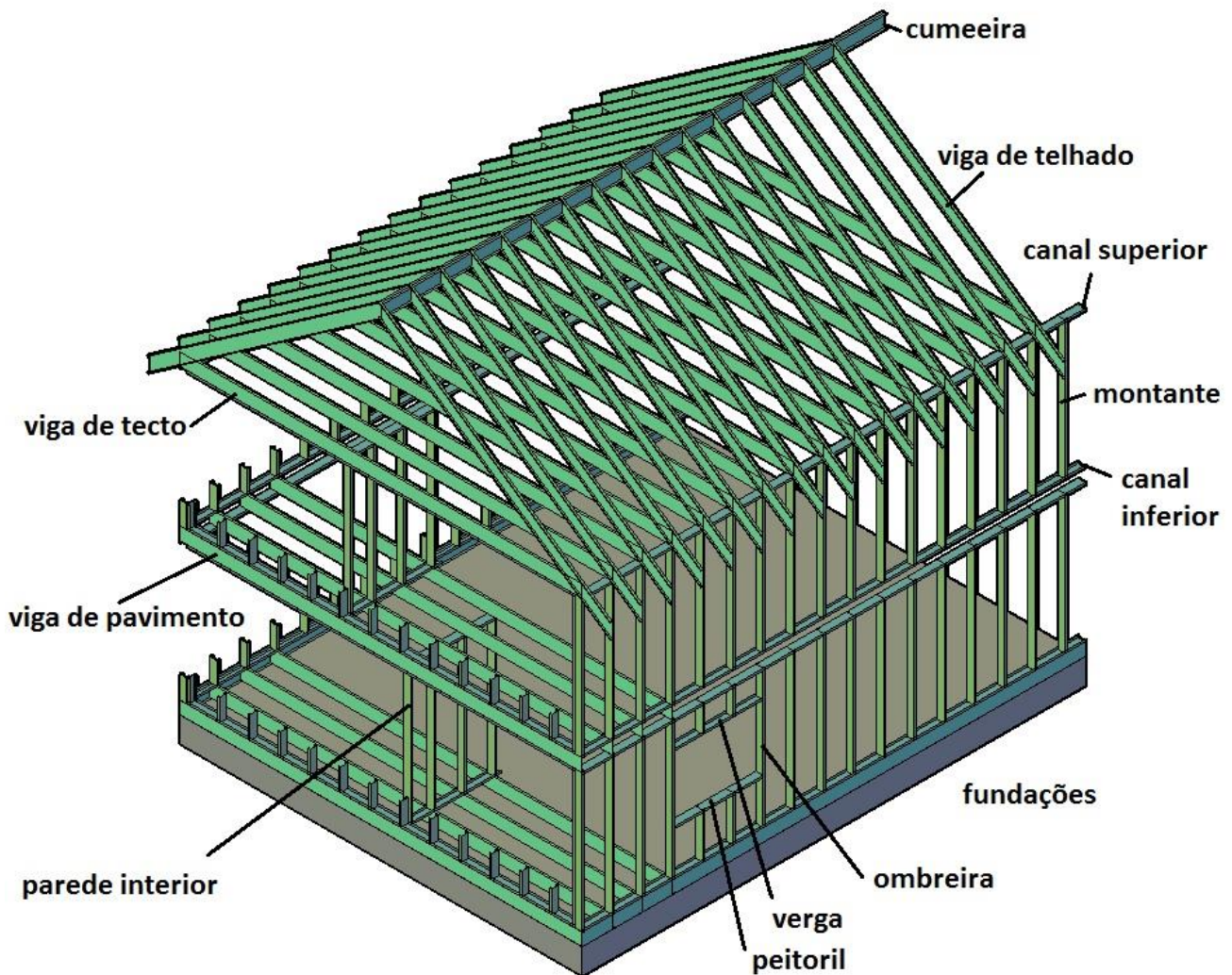


Figura 4.2 – Esquema geral de uma estrutura em LSF

Tabela 4.4(1) – Designação e definição dos principais elementos e peças utilizadas na construção em LSF

Designação	Definição
<b>Aba ou banzo</b>	Troço (ou parede) dos perfis C e U perpendicular à alma, regra geral com 43 mm de largura (tendo no máximo 50 mm)
<b>Alinhamento porticado</b>	A “filosofia” de construção subjacente ao LSF; alinhamento, tanto quanto possível, dos elementos resistentes da construção, para transmitir as cargas ao terreno por compressão pura nesses elementos. Em elementos verticais, os momentos gerados são desprezáveis. Esta filosofia lida com o conceito de carga distribuída (se bem que apenas na versão “carga em faca” [kN/m]) por oposição à lógica da construção em pilar-e-viga típica do betão, em que se geram cargas pontuais [kN].
<b>Beirado</b>	Parte da cobertura em consola, que se estende para além do plano da fachada
<b>Canais (inferior e superior)</b>	Perfis U onde se fixam os montantes, ao nível do chão e tecto. Ao nível do chão (laje de fundação), são normalmente fixados sobre tela asfáltica com bucha química.
<b>Carga axial</b>	Carga cuja linha de ação coincide com o eixo longitudinal do elemento estrutural. Por exemplo, o peso próprio e sobrecargas aplicados num montante (elemento vertical)

**Tabela 4.4(2)** – Designação e definição dos principais elementos e peças utilizadas na construção em LSF

<b>Designação</b>	<b>Definição</b>
<b>Carga permanente</b>	Carga aplicada à estrutura devida ao peso dos acabamentos (betonilhas, camadas de forma, pavimentos, fachadas falsas). Uma vez que esta carga pode estar sujeita a bastantes alterações no decorrer da construção, que eventualmente podem nem chegar ao conhecimento do projetista, ela é majorada em 50% (quando desfavorável)
<b>Clip</b>	Peça que permite a ligação entre perfis ortogonais. Esta peça deve ser sempre de espessura igual ou superior (sempre que possível) aos perfis a ligar. Por norma, utilizam-se clips com a forma de um troço curto de cantoneira de abas iguais ou ainda (menos comum) um troço curto de secção em U ou C .
<b>Contraventamento</b>	Elemento estrutural normalmente inclinado aplicado entre montantes destinado a impedir movimentos laterais e aumentar a resistência da estrutura a ações horizontais (vento e sismo). Pode acessoriamente fornecer mais pontos de fixação dos diafragmas (gesso cartonado ou OSB)
<b>Cumeeira</b>	Aresta horizontal no encontro de duas águas
<b>Empena</b>	Paredes exteriores perpendiculares à fachada, geralmente sem janelas (obrigatoriamente sem janelas quando haja edifícios adjacentes) e sem cargas significativas aplicadas, exceto a transmitida pela viga de cumeeira (se existir). No caso de coberturas de duas águas, serão perpendiculares à cumeeira.
<b>Encurvadura</b>	Deformação do perfil devido a compressão (montantes) e/ou flexão (vigas) excessiva. A encurvadura nos montantes pode ocorrer por flexão ou flexão-torção. Nas vigas, a encurvadura pode ocorrer por deformação lateral (encurvadura lateral). Em ambos os casos (montantes e vigas) pode ainda ocorrer encurvadura local (deformação das secções sem deformação do eixo do elemento estrutural).
<b>Enformagem ou formagem a frio</b>	Processo no qual a chapa plana é convertida num perfil à temperatura ambiente. Existem dois processos, a perfilagem e a quinagem. A perfilagem é um processo muito mais eficiente que a quinagem, pois permite a moldagem contínua dos perfis utilizando uma perfiladora.
<b>Esmagamento da alma</b>	Deformação plástica (irreversível) da alma devida à ação de cargas concentradas excessivas ou devidos à reações nos apoios sem reforço transversal ao eixo da viga.
<b>Espessura da chapa</b>	A espessura da chapa de aço dos perfis antes da zincagem. A mais comum é 1,5 mm, sendo que os parafusos autoroscantes utilizados permitem perfurar 5-6 mm. A fixação de perfis C ou U a tubos (U+C) é uma das aplicações mais exigentes para os parafusos, que neste caso teriam de furar 3 chapas, ou 4,5 mm. Regra geral as uniões são apenas entre duas chapas.
<b>Exposição ao vento</b>	A exposição ao vento depende da presença de obstáculos nas imediações do edifício que afetem a velocidade do vento a que o mesmo efetivamente está sujeito.
<b>Fachada</b>	Parede paralela à cumeeira, onde apoiam as vigas de cobertura.
<b>Fascia</b>	Este elemento não existe na construção tradicional em Portugal. É aplicado sob o beirado, a alguma distância da parede, para fixação do acabamento e/ou algeroz.
<b>Fita</b>	Chapa metálica sem quaisquer dobras, com uma dada largura. As fitas apenas podem ser submetidas a tração, pelo que costumam ser utilizadas aos pares (Num painel deformado por corte, uma das diagonais fica sujeita a tração e outra a compressão). De um modo geral os painéis têm diafragmas que dispensam as fitas, pelo que só se usam fitas quando os painéis recebem cargas antes da fixação desses diafragmas. Por exemplo, painéis interiores resistentes de um edifício de vários pisos, cujas placas de gesso cartonado são colocadas apenas depois de a estrutura estar terminada.

Tabela 4.4(3) – Designação e definição dos principais elementos e peças utilizadas na construção em LSF

Designação	Definição
<b>Montante</b>	Elemento estrutural que permite receber as cargas das vigas (cobertura ou piso superior) e transmiti-las ao piso inferior, vencendo todo o pé-direito.
<b>Montante de ombreira</b>	Montantes nos quais se apoiam os lintéis, sendo utilizados para descarregar as cargas aplicadas sobre esse vão. Estes montantes não vencem todo o pé-direito, pelo que são obrigatoriamente aparafusados a outros montantes que o façam, fornecendo o necessário travamento horizontal no canal superior.
<b>Montante interrompido</b>	Montante abaixo do peitoril de uma janela e acima da topo da mesma, ou mais frequentemente acima da caixa de estore, cujo único propósito é criar pontos de fixação do diafragma. Não têm quaisquer cargas aplicadas.
<b>Lintel</b>	Viga (perfil C/treliça) sobre um vão de porta ou janela.
<b>Reforço de secção ("lip")</b>	Cada um dos troços de chapa paralelos à alma no lado aberto de um perfil C. Tornam as abas (banzos) mais rígidas e o perfil mais simétrico, reduzindo a distância entre o centro geométrico e o centro de corte. Tal fato permite aumentar a resistência das secções à flexão e ainda a instabilidades de natureza local.
<b>Painel contraventado</b>	Painel no qual foi aplicado contraventamento, regra geral duas diagonais em "K".
<b>Parede de corte ("shearwall")</b>	Parede dimensionada e projetada para resistir a forças aplicadas no seu próprio plano (forças horizontais), regra geral com diafragmas resistentes e/ou diagonais.
<b>Parede divisória (não resistente)</b>	Parede apenas para compartimentação, sem cargas significativas aplicadas. A disposição das mesmas pode ser facilmente alterada.
<b>Parede resistente</b>	Parede que suporta cargas do piso superior ou cobertura, ou horizontais (cargas transmitidas por fachadas ou empenas). Não deve ser alterada pós-construção.
<b>Perfil C</b>	Perfil enformado a frio em forma de "C", com uma alma, duas abas (banzos) e dois reforços (paralelos à alma). Trata-se de um perfil desenvolvido sobretudo para suportar cargas axiais (montantes). A dimensão do perfil é medida pelo exterior.
<b>Perfil U</b>	Perfil conformado a frio em forma de "U", com uma alma e duas abas (banzos). Trata-se de um perfil desenvolvido sobretudo para suportar cargas transversais (vigas). A dimensão do perfil é medida pelo interior.
<b>Peso próprio</b>	Peso da estrutura resistente (montantes, vigas, clips, parafusos). Esta carga é razoavelmente bem determinada ao dimensionar e projetar o edifício, pelo que é majorada em apenas 35% (quando desfavorável).
<b>Propriedades do aço</b>	As propriedades físicas, químicas e mecânicas do aço antes ou após a conformação. As mais comuns referem-se à resistência mecânica (ex: 235 MPa) e resistência à corrosão, sendo esta expressa indiretamente pela espessura da camada protetora de zinco (ex: 275 µm).
<b>Revestimento estrutural</b>	O revestimento dos painéis, quando efetivamente funciona como diafragma. Normalmente é executada em OSB, mas pode ser alternativamente realizado em contraplacado, Magfibra, compacto fenólico. Em camada única, o gesso cartonado não tem resistência estrutural.
<b>Rincão</b>	Aresta não horizontal no encontro de duas águas
<b>Sobrecarga</b>	Carga variável aplicada à estrutura, quando em uso (pessoas, veículos, móveis). Esta carga também é majorada em 50% quando desfavorável, mas considerada nula quando favorável.
<b>Sótão</b>	Espaço entre a cobertura e a laje de esteira, não permanentemente habitado, mas acessível.
<b>Treliça</b>	Estrutura formada por barras e nós, na qual as rotações dos nós são permitidas, as cargas devem ser apenas aplicadas nos nós e portanto os únicos esforços nas barras são de tração ou compressão.



**Tabela 4.4(4)** – Designação e definição dos principais elementos e peças utilizadas na construção em LSF

Designação	Definição
<b>Tubo ( U + C )</b>	Conjunto que resulta da sobreposição de dois perfis (U e C) e conduz a uma secção fechada, com excentricidade nula ou desprezável. Para além das cargas axiais, resiste à torsão, se bem que este seja um esforço menos comum nas estruturas em LSF. No entanto, o comportamento como secção fechada (tubular) está muito condicionado pela rigidez e resistência das ligações entre os dois perfis.
<b>Vão</b>	Distância entre apoios de um dado elemento. Em perfis simples e contínuos, é raro uma única peça transpor vários vãos.
<b>Velocidade do vento</b>	Velocidade do vento com um período de retorno de 50 anos.
<b>Verga</b>	Viga que transmite as cargas aplicadas sobre um vão de porta ou janela.
<b>Viga</b>	Elemento estrutural que transmite aos pilares as cargas aplicadas ao pavimento.
<b>Viga de teto</b>	Viga horizontal que recebe cargas do sótão e eventualmente da cobertura.
<b>Zona sísmica</b>	Área de território com um determinado risco sísmico (medido pela aceleração máxima do solo). Portugal está dividido em quatro zonas sísmicas (A,B,C e D).

### 4.3 Materiais metálicos e elementos estruturais

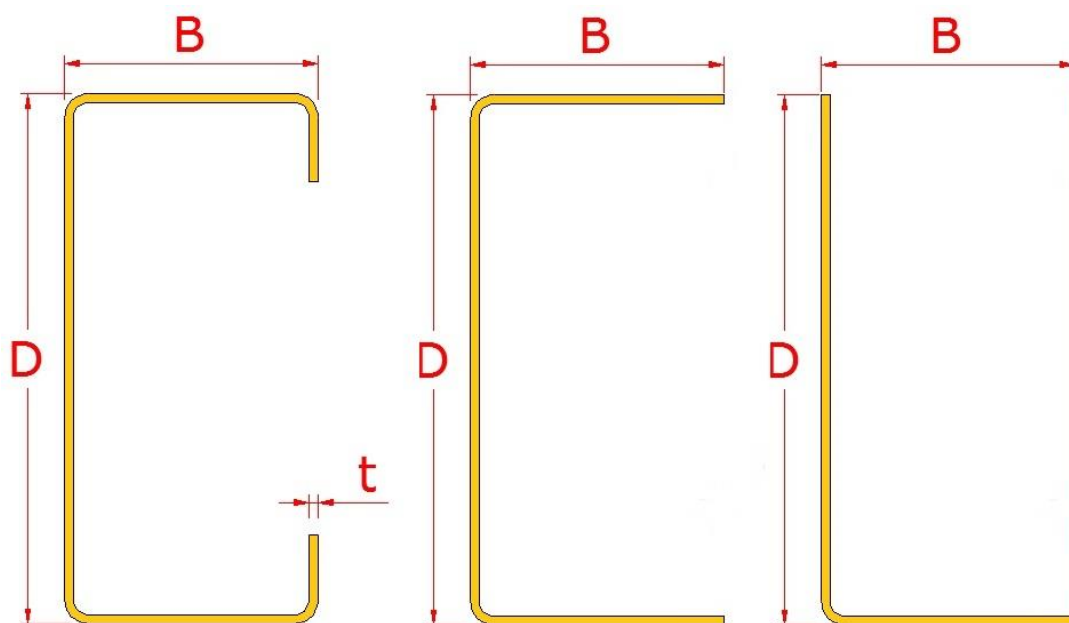
Na Europa, o projeto, dimensionamento e verificação de segurança das estruturas metálicas deverá obedecer ao Eurocódigo 3. Neste regulamento, os aços estruturais são normalmente de classe S235, S275 e S355. No entanto, dada a proveniência extracomunitária de grande parte de chapa lisa e/ou perfilada, é comum adotarem-se outras classes de resistência. Um exemplo é o aço de perfis enformados a frio utilizado nos EUA, que se enquadra nas classes de 220, 250 ou 280 MPa por forma a respeitar as regras preconizadas no regulamento norte-americano. No caso das construções correntes em LSF (moradia e residências familiares), não há razão aparente para utilizar aços com tensões de cedência acima dos 280 MPa, até porque aço de resistência superior induz um maior desgaste na perfiladora / quinadeira. Por outro lado, dimensionar a estrutura com aço previamente endurecido não acautelaria a “reserva plástica” de 8% prevista na norma americana ASTM A653. É desejável ter esta reserva em estruturas deste tipo, uma vez que os esforços são transferidos através áreas muito pequenas, como a interface entre a chapa e a rosca de cada parafuso. A ausência desta reserva poderia conduzir a modos de rotura extremamente frágeis, de baixa ductilidade.

Quanto ao tipo de peças metálicas utilizadas, a versão americana do método prescritivo adota a nomenclatura “STUFL” – ver tabela 4.5. Tal acrónimo resulta do número limitado de peças metálicas (apenas 5) a utilizar na construção em LSF.

**Tabela 4.5** – Designação (acrónimo) dos elementos e peças metálicas

Tipo	Peça metálica
<b>S</b>	Montante (“stud”) - perfil C
<b>T</b>	Canal (“track”) - perfil U
<b>U</b>	Montantes - perfil U
<b>F</b>	Perfil omega
<b>L</b>	Cantoneira (“angle / L-header”)

O método prescritivo tem uma designação muito própria para os montantes e canais. Como nos EUA se utilizam as dimensões polegadas (“), tome-se por exemplo o perfil **550S162-54**, na notação americana: (i) **S** designa uma secção em C (“stud”), (ii) **550** denota que a alma da secção tem 550 centésimas de polegada (5.5”), (iii) **162** representa a dimensão da aba (ou banzo) com 162 centésimas de polegada (1.62”), e (iv) **54** mostra que a espessura da secção tem 54 milésimas de polegada (0.054”). Uma vez que uma polegada (1”) corresponde a 25.4 mm, esta secção terá a designação seguinte **C90x42x1.4**: secção em C com alma de  $D=90\text{mm}$ , banzo de  $B=42\text{mm}$  e espessura  $t=1.4\text{mm}$ . Note-se que a dimensão do reforço não é especificada pelo método prescritivo, tendo um limite mínimo de 13mm. Por norma, a dimensão do reforço ( $d$ ) varia entre 30 e 50% da largura do banzo ( $B$ ). Na figura 4.3 e na tabela 4.6 mostram-se as geometrias das secções e as suas dimensões usuais.

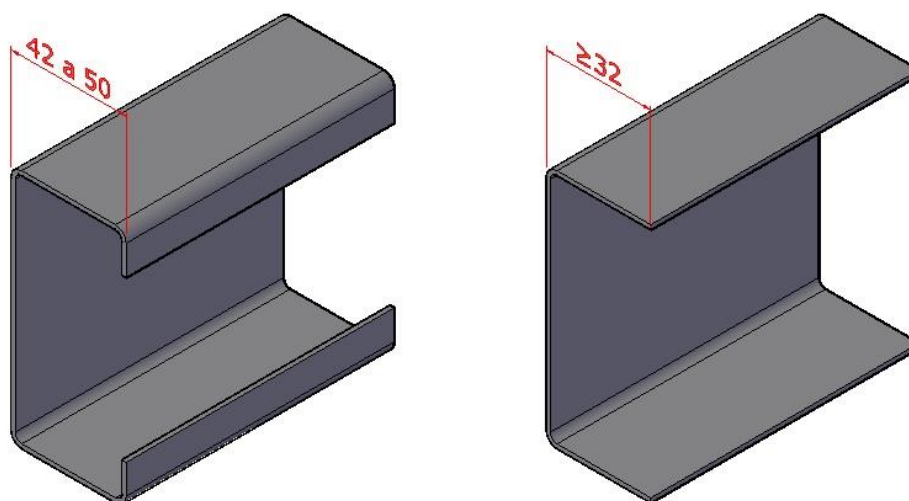


**Figura 4.3** – Geometria das secções utilizadas no método prescritivo:  
(a) secção em C, (b) secção em U, (c) secção em L (abas desiguais)

**Tabela 4.6** – Designação e dimensões das secções em C e U utilizadas no método prescritivo

Perfil	Designação	D [mm]	B [mm]	t [mm]	Min d [mm]
C	C90	90	42-50	0.9; 1.1; 1.4; 1.7; 2.5	13
	C140	140		0.9; 1.1; 1.4; 1.7; 2.5	
	C200	200		0.9; 1.1; 1.4; 1.7; 2.5	
	C250	250		1.1; 1.4; 1.7; 2.5	
	C300	300		1.1; 1.4; 1.7; 2.5	
U	U90	93	Min 32	≥ espessura C	-
	U140	143			
	U200	204			
	U250	255			
	U300	305			

Note-se que as espessuras referidas na tabela 4.6 são espessuras da chapa de aço sem revestimentos. A espessura bruta da chapa, com revestimento, será sempre ligeiramente superior. Embora a notação do método prescritivo mencione explicitamente a largura das abas ou banzos (B) das secções dos montantes, a notação adotada ao longo deste livro nunca menciona a largura das abas uma vez que a gama de larguras possíveis é extremamente reduzida (de 42 a 50 mm – ver tabela 4.6). O limite mínimo da largura da aba (42 mm) deve-se à impossibilidade da secção oferecer resistência à flexão se esse valor for excedido por defeito. Por outro lado, o limite máximo (50 mm) deve-se à possibilidade de ocorrerem fenómenos de encurvadura local das abas ou outros fenómenos que limitem essa resistência à flexão. No caso dos canais (secções U), a largura mínima dos banzos ou abas é ligeiramente menor (32 mm) por forma a poder acomodar todas as ligações. A Figura 4.4 mostra graficamente estes limites. Por outro lado, a espessura dos canais deve ser sempre igual ou maior que os perfis C que nela ligam. As dimensões da alma dos canais deve ser sempre ligeiramente superior às das almas das secções dos montantes por forma a que estas possam “entrar” no interior do canal, correspondendo normalmente à dimensão da alma da secção C mais o dobro da espessura do própria secção U. Ressalva-se que para a montagem de secções compostas, como os “tubos” (perfis fechados compostos por um C e um U, os quais são apropriados em algumas utilizações), será mais conveniente utilizar a mesma largura das abas em ambos os casos (U e C). Os perfis (U e C) são normalmente fornecidos com 6 ou 12 m de comprimento. Dado que cada piso, e frequentemente em todo o edifício, tem sempre o mesmo pé-direito, justifica-se encomendar os montantes com comprimento igual ao pé-direito dos fogos. A partir de um dado volume de trabalho, poderá ser compensatório a aquisição de uma máquina perfiladora por parte do construtor.



**Figura 4.4** – Configurações de (a) montante (perfil C) e Canal (perfil U)

Note-se que as secções de aço enformadas a frio não têm cantos totalmente retos, mas com um ligeiro raio de curvatura associado à dobragem das chapas. O máximo raio de curvatura terá de ser o maior dos seguintes valores: 2.4 mm ou o dobro da espessura da chapa ( $2t$ ). Este valor mínimo permite evitar estragos na camada protetora de zinco, evitar deixar algum dano na chapa (fissuras) e permitir menores tensões residuais no material. No caso da chapa de 1.5 mm (1.4mm de aço e 0.1



mm de revestimento), o máximo raio de curvatura será igual a 3 mm. Quando por algum motivo se recorra à quinadeira em vez da perfiladora, é preferível aumentar um pouco ( $\approx 1$  mm) o raio de dobragem pois o processo de quinagem danifica mais a superfície da chapa. Finalmente, refere-se que as cantoneiras (perfis L) deveram ter abas com um mínimo de 50 mm e uma espessura não inferior a 0,84 mm. As cantoneiras são preferencialmente utilizadas para fazer ligações entre vigas.

### Resistência mecânica e química

Constata-se que a resistência mínima considerada no método prescritivo é 33 ksi (228 MPa), valor que é ligeiramente mais baixo que o valor da tensão de cedência dos perfis mais comuns na Europa (S235, com tensão de cedência  $f_y=235$  MPa). Adicionalmente, sempre que seja prescrito o aço com tensão de cedência igual a 50 ksi (345 MPa), este pode ser substituído pelo aço S355 sem prejuízo do dimensionamento ou da segurança. Por este motivo, podem-se adotar as disposições e desenhos tipo do método prescritivo sem alterações de maior para adequação à realidade nacional.

O aço mais utilizado na construção em LSF é revestido a zinco (zincado, i.e. galvanizado com zinco puro). Eventualmente podem ser utilizadas ligas de alumínio e zinco na galvanização (com 5% ou 55%, tendo esta última liga também alguma sílica), mas a proteção que este tipo de revestimento acresce, exceto em construções muito próximas do mar, é frequentemente redundante. A zincagem mais comum é a de  $275 \text{ g/m}^2$ , muito acima do máximo exigido ( $180 \text{ g/m}^2$ ). Na tabela 4.7 mostram-se os valores mínimos do revestimento requerido para elementos estruturais e não estruturais, para três diferentes tipos de galvanização (zinco puro, ligas Al-Zn com 5 e 55% de Al).

**Tabela 4.7** – Proteção contra corrosão – dotações mínimas da galvanização ( $\text{g/m}^2$ )

Componente	Padrão ASTM		
	Zinco puro	Liga Al-Zn, Al 5%	Liga Al-Zn, Al 55%
Estrutural	180	180	150
Não estrutural	120	135	150

Ensaio laboratoriais estimam em cerca de 400 anos a resistência à corrosão da chapa original quando adequadamente revestida, e em mais de 100 anos o produto acabado, com todas as dobragens, cortes e furos que tal implica. Quaisquer outros materiais (OSB, telhas, acabamentos) estarão imprestáveis muito antes de a corrosão comprometer a solidez da estrutura metálica. Excetuando o caso de armazéns, garagens e obras afins, a estrutura metálica nunca fica visível estando quase sempre protegida pelos revestimentos das paredes, pelo que o aspeto estético da estrutura metálica também não é comprometido.

Chama-se a atenção para o facto de existirem outros materiais de construção que podem atacar a galvanização e diminuir a capacidade protetora do revestimento. A estrutura metálica deverá ser isolada do contacto com tubos de cobre ou bronze, bem como de pregos ou parafusos não galvanizados (note-se que os pregos ou parafusos utilizados na própria estrutura para fixação do OSB já acautelam esta situação). O contacto com betões, rebocos e estuques frescos contribui para a corrosão das chapas de aço, mas este tipo de corrosão extingue-se assim que termina a

cura/secagem destes materiais. O uso de rebocos térmicos e sistemas ETICS (que na prática se podem tornar obrigatórios para cumprir o RCCTE e obter a certificação energética) evita por si só quase todos os contactos. Relativamente às instalações de água e gás, o uso de PEAD (polietileno de alta densidade) ou PPR (polipropileno reticulado) evita os restantes problemas. A utilização de PEX (polietileno com formação de rede) também é apropriada, mas os acessórios (curvas, tês, reduções) costumam exibir metal exposto, o que o torna menos aconselhável.

### Perfurações e reforços

As perfurações (furos) nos perfis metálicos são indispensáveis para a passagem de cabos e tubagens (equivalem à abertura de roços na construção em alvenaria tijolo e criação de negativos no betão). Contrariamente a esta solução, a grande vantagem do LSF é não gerar qualquer entulho. Nos elementos metálicos (montantes e vigas), todas as perfurações devem ser executadas nas alma e nunca nas abas (banzos). Nos canais superior e inferior, as abas não têm qualquer papel estrutural, pelo que podem ser cortadas entre fixações de montantes, sendo este método mais usado para fazer curvas. O método prescritivo requer a inserção de furos em vigas de pavimento. Uma alternativa à inserção de furos nas almas é constituída pelo uso de vigas treliçadas, as quais eliminam a necessidade de furações. A Figura 4.5 mostra furos não reforçados.

De acordo com o método prescritivo, deverão ser reforçados os furos que excedam 114 mm longitudinalmente e/ou 38 mm transversalmente, em relação ao eixo da peça estrutural furada, como se observa na Figura 4.5. Adicionalmente, a distância mínima entre os centros de furos adjacentes é de 600 mm e a distância mínima de um apoio deve ser 250 mm. Se esta condição não for respeitada, muito provavelmente, poderá ter lugar o colapso da viga devido ao esmagamento da alma. Para evitar (minorar) tal situação, é possível reforçar os furos (ver Figura 4.6), mas tal constitui sempre uma operação demoradas. No reforço deverá ser usada chapa de espessura igual ou superior à do perfil furado, que exceda em pelo menos 25 mm o limite do furo, em qualquer direção. Os parafusos de união entre o perfil e o seu reforço deverão estar espaçados cerca 50 mm entre si.

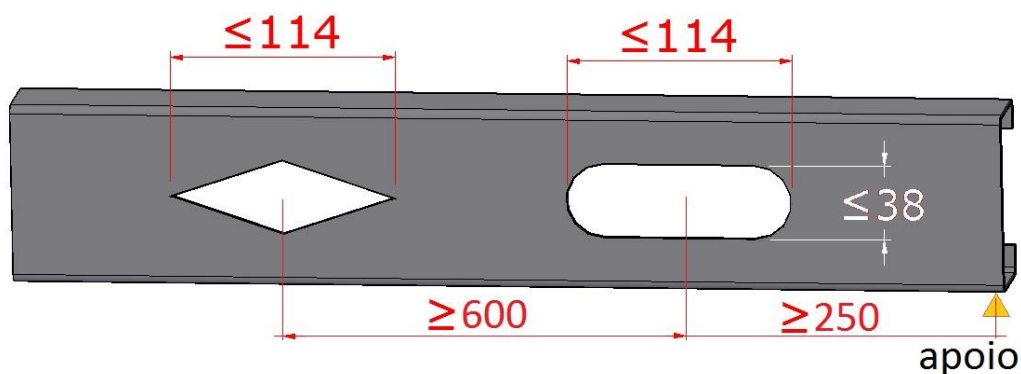
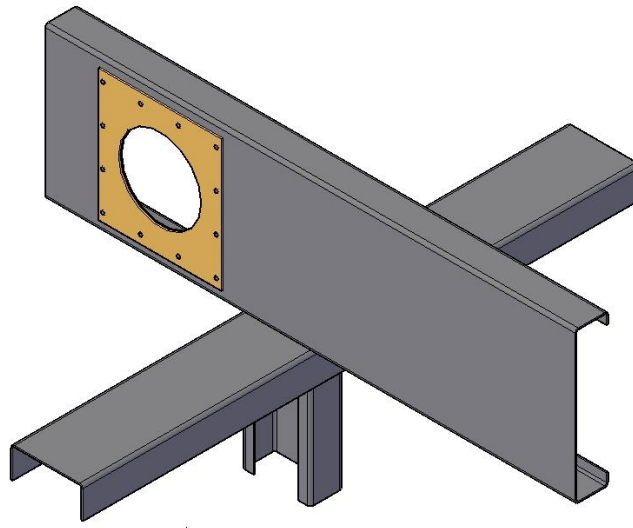


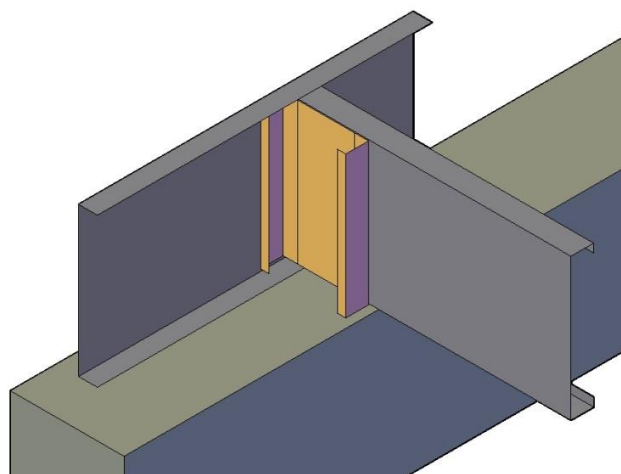
Figura 4.5 – Furos/negativos não reforçados (dimensões em mm)



**Figura 4.6** – Furos/negativos reforçados.

Em casos muitos excepcionais (chapas espessas) e sempre muito controladamente, o reforço de perfis pode recorrer à soldadura sem que tal tenha consequências na ductilidade e resistência das chapas do elemento soldado. No entanto há que salvaguardar que a soldadura elimina por completo a galvanização, e se não for convenientemente tratada, pode criar um ponto de corrosão preferencial na estrutura. O método prescritivo refere que mesmo que se proceda ao reforço da viga, deverão ser alvo de cálculos de dimensionamento os furos que excedam longitudinalmente a largura da alma ou 152 mm (o maior destes valores) ou transversalmente 75% da largura da alma.

Os reforços de apoio são elementos metálicos que se adicionam à alma da viga metálica no seu ponto de apoio e que previnem a encurvadura e esmagamento da alma da viga por ação da força de reação. Estes reforços deverão ter no mínimo 0.84 mm de espessura se o perfil utilizado para reforço tiver secção em C ou 1.09 mm de espessura mínima no caso de um perfil com secção em U. Os reforços de apoio devem ser aplicados em qualquer das faces da alma de vigas de pavimento (com raras exceções, dependentes da especificidade de cada construção, é mais fácil aplicá-las na face oposta às abas – ver Figura 4.7). Eventualmente poderão ser aplicados em ambas as faces. Deverão ser ligados à alma através de pelo menos 4 parafusos #8 igualmente espaçados.

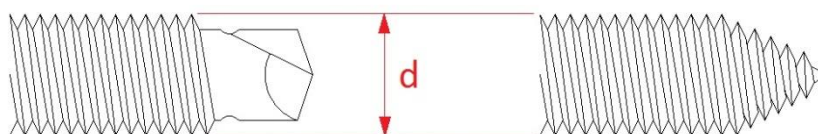


**Figura 4.7** – Reforço de alma no apoio da viga.

## Ligações

Na construção em LSF existem vários tipos de ligação entre perfis estruturais, nomeadamente parafusos, pregos, rebites e soldadura. O uso de pregos, constituindo uma solução rápida por utilização de pistola de pressão, ainda não está generalizada em Portugal e apenas se justifica o seu emprego em situações muito particulares. Os rebites requerem furação prévia, tornando-se assim uma solução morosa para o ritmo de trabalho que se pretende na construção em LSF. No entanto são muito menos salientes e não deixam quaisquer arestas vivas, pelo que são apropriados para aplicar alguns acabamentos, como o compacto fenólico. As ligações soldadas raramente são utilizadas uma vez que introduzem tensões residuais muito elevadas nas chapas finas, podendo comprometer a resistência dos perfis estruturais, pelo que devem ser aplicadas apenas em último recurso. Outros tipos de conectores, como os aplicados com fulminantes, deverão ser devidamente calculados e justificados antes da sua aplicação. A abordagem mais comum na construção em LSF consiste em utilizar ligações aparafusadas. No método prescritivo, constituem a única solução prescrita.

Na construção em LSF são utilizados preferencialmente dois tipos de parafusos (ver Figura 4.8), dependendo do tipo de função: parafusos auto-roscantes e parafusos auto-perfurantes. Para a união entre chapas de aço (ou entre aço e materiais igualmente rígidos, como alumínio ou compacto fenólico) deverão ser usados parafusos auto-roscantes. No caso das ligações aço-OSB e aço-gesso cartonado bastam parafusos auto-perfurantes.



**Figura 4.8** – Ponta dos parafusos auto-roscante e autopercante

Como se pode observar na Figura 4.8, o diâmetro  $d$  do parafuso é medido pelo exterior da rosca. Daqui em diante, os parafusos serão identificados pelo sua designação, a qual pode ser observada na Tabela 4.8. Na maior parte dos casos, utilizam-se parafusos #8 e #10, isto é, parafusos com 4,2 e 4,8 mm de diâmetro. Na Tabela 4.9 mostram-se os valores mínimos da resistência ao corte e ao arranque dos parafusos #8 e #10, dependendo do menor valor da espessura  $t$  das chapas a ligar (para as espessuras 0,9 e 1,1 mm).

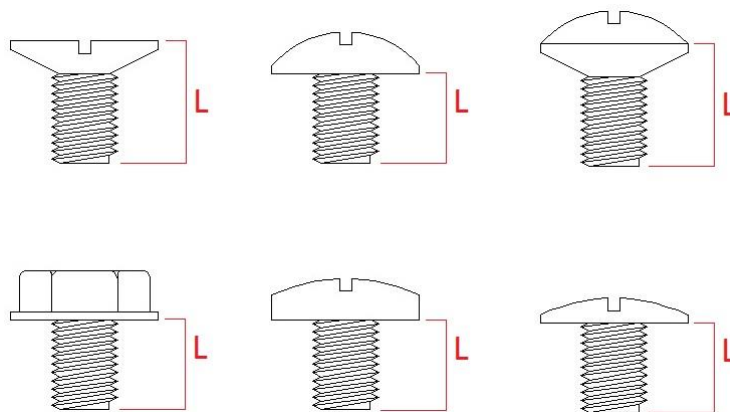
**Tabela 4.8** – Designação e diâmetro dos parafusos

Designação	Diâmetro mínimo $d$
#6	0,138"=3,5mm
#8	0,164"=4,2mm
#10	0,190"=4,8mm
#12	0,216"=5,5mm
#14	0,250"=6,3mm

**Tabela 4.9** – Resistência mínima dos parafusos ao corte e ao arranque do parafuso

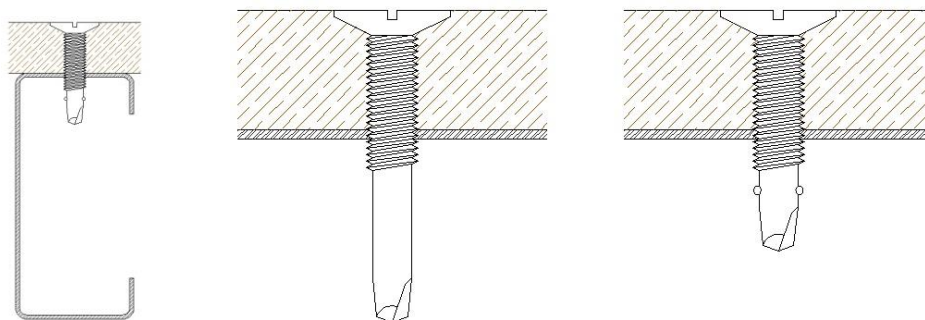
Designação	Diâmetro do parafuso (mm)	Diâmetro da cabeça (mm)	Resistência mínima (N)			
			Corte do parafuso		Arranque do parafuso	
			t=1,1 mm	t=0,9mm	t=1,1 mm	t=0,9mm
#8	4,2	0,322	1085	730	418	320
#10	4,8	0,384	1170	787	484	374

O comprimento dos parafusos é medido entre a ponta e a interface entre a cabeça do parafuso e o material aparafusado, i.e. corresponde ao comprimento total no caso de cabeças de embeber, e apenas o comprimento da rosca no caso de cabeças salientes, conforme a Figura 4.9.



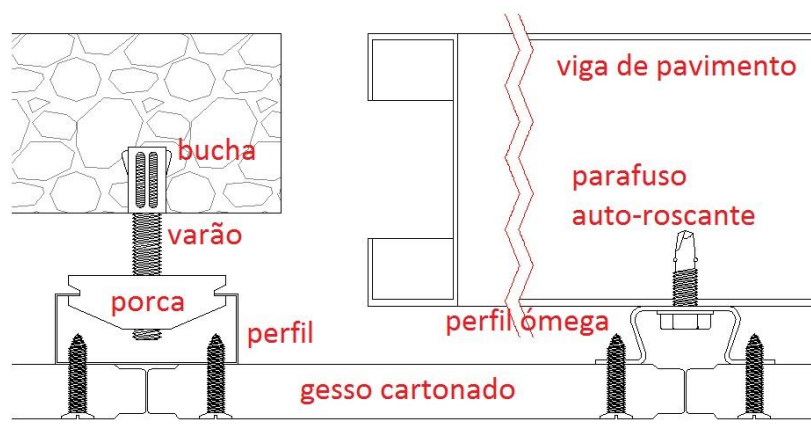
**Figura 4.9** – Comprimento de vários tipos de parafuso

Se a construção for exclusivamente em aço leve, usam-se apenas parafusos com rosca grossa, que corresponde ao caso de todos os auto-roscentes e auto-perfurantes. No caso especial das ligações a peças de betão e perfis pesados (IPE, HEB e outros) é mais apropriado usar parafusos com porca, pelo que a rosca será fina. A observação da Figura 4.10 permite notar que deverão existir algumas roscas expostas do lado oposto à cabeça, no mínimo 3 roscas expostas quando se usam os parafusos auto-roscentes. O seu aparafusamento não pode deixar qualquer separação permanente entre os materiais aparafusados nem “moer” a rosca criada, pelo que é necessário um bom ajuste da embraiagem da aparafusadora. Dada a quantidade de parafusos, a utilização de chave dinamométrica está excluída.



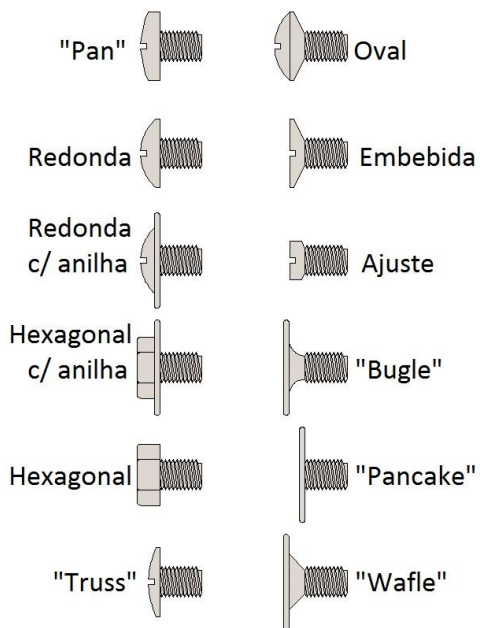
**Figura 4.10** – Aderência dos parafusos auto-roscentes

Todos os parafusos usados na união de perfis metálicos entre si e com OSB podem ser apenas zincados. Ao aparafusar placas de gesso cartonado são mais usados parafusos com dupla galvanização, ou bicromática. Os parafusos pretos utilizados na fixação de tetos falsos não permitem a perfuração de 1,5 mm de aço, pelo que continuam a ser necessários os perfis correntes de 0,4 mm. No entanto, se não for necessário um “plenum” mais alto que o próprio perfil ómega, dispensa-se o uso de varões roscados – aparafusa-se um perfil ómega diretamente nas treliças do teto. Tal procedimento permite, na construção em LSF, poupar muito trabalho em relação à construção tradicional pois não existe necessidade de nivelamento nem de quaisquer furos, buchas, varões ou porcas – ver figura 4.11. Atualmente, muitas das luminárias de embutir no teto permitem esta solução (dentro da gama de perfis ómega disponíveis).



**Figura 4.11** – Aplicação de teto falso: comparação entre solução tradicional de betão e LSF

A maior parte dos parafusos usados em fábrica são “Phillips” (ver Figuras 4.12 e 4.13) . No entanto, em obra é bastante mais comum utilizarem-se parafusos de cabeça hexagonal, pois o encaixe na ponteira da aparafusadora é muito mais estável que os de cabeça Phillips.



**Figura 4.12** – Cabeças dos parafusos



**Figura 4.13** – Entalhes dos parafusos

No caso das ligações da chapa ao OSB, é impossível manter a rosca criada no mesmo mas a rosca do metal deve manter-se intacta. É necessário realizar um ajuste muito fino da embraiagem para que o parafuso fure a chapa de aço sem que a cabeça entre demasiado no OSB (costumam ser usadas cabeças de embeber). Quando são usados parafusos acima do parafuso #8 e/ou ambas as chapas excedem 0,84 mm de espessura, pode reduzir-se o número de parafusos de acordo com a Tabela 4.10 (arredondando à unidade, por excesso).

**Tabela 4.10** – Fator de equivalência / substituição de parafusos

Parafusos nº (∅)	Chapa mais fina	
	t ≤ 0,84 mm	0,84 mm < t ≤ 1,09 mm
#8 (4,2 mm)	1,00	0,67
#10 (4,8 mm)	0,93	0,62
#12 (5,5 mm)	0,86	0,56

Nas ligações entre perfis metálicos deverá ser mantida uma distância mínima entre eixos de quaisquer dois parafusos igual a 13 mm, bem como ao limite da chapa desse perfil, medida sobre a zona plana da chapa (ignorando a zona dos cantos). Desta forma, é sempre possível aparafusar em toda a alma e abas, mas nunca no reforço da secção ("lip").

Nas ligações entre perfis metálicos e as placas de OSB, a cabeça dos parafusos deverá ter um diâmetro mínimo de 7 mm, e devem ser colocados a um mínimo de 9 mm das arestas da placa de OSB. Dado que o gesso cartonado não é um material estrutural, podem ser utilizados parafusos de menor diâmetro (# 6 / 3,5 mm) nas ligações entre perfis metálicos e as placas de gesso cartonado. Também neste caso os parafusos normalmente utilizados na construção tradicional não perfuram os perfis de aço leve, sendo necessário acrescentar os perfis de 0,4 mm ou alumínio, ou substituir os parafusos.

A aplicação de parafusos com porca é bastante mais morosa, pelo que estes parafusos normalmente não são utilizados. A aplicação mais comum destes parafusos (de ancoragem) diz respeito à fixação dos perfis metálicos às fundações de betão. Estes parafusos não devem ser colocados a distâncias inferiores a 3∅ entre eixos, e 1,5∅ entre o eixo e a aresta do material a aparafusar.

### Rotulagem

Os perfis estruturais de aço leve deverão ser rotulados a cada 1,2 m (distância máxima entre rótulos consecutivos) com a seguinte informação (mínima):

- Fabricante: **ABC**
- Espessura mínima da chapa (sem revestimento): **1,5 mm**
- Classe mínima de galvanização: **Z 275**
- Tensão de cedência mínima: **S 235**

---

De um modo geral, a rotulagem do aço no próprio perfil apresenta-se frequentemente incompleta (normalmente, visualiza-se o número do lote e pouco mais). Para confirmar as características deverão ser guardadas as etiquetas, guias de transporte, faturas e demais documentos.



---

---

## Capítulo 5 – Pisos

As fundações deverão ser executadas de modo idêntico à construção tradicional, e são sujeitas a cálculos fora do âmbito deste método. De um modo geral, as cargas transmitidas pela estrutura às fundações são muito menores e estas serão conseqüentemente mais ligeiras que as tradicionais. A única condição imposta está relacionada com o facto de os canais inferiores da estrutura de LSF necessitarem ser chumbados à fundação a uma distância máxima de 30 cm dos seus extremos, incluindo as interrupções do canal nas portas.

Os pavimentos deverão obedecer aos limites impostos pela Tabela 4.1 do Capítulo 4. As vigas de pavimento deverão alinhar-se com os montantes dos pisos inferior e superior de acordo com o conceito de “in-line framing”. Este alinhamento tem uma tolerância de 2 cm. Embora seja possível uma laje de ensoleiramento geral no piso térreo, e tal exclui desde logo a utilização de vigamento ao nível desse piso, a Figura 5.1 mostra o caso de um piso com as vigas de LSF suportadas num coroamento em betão. Esta figura mostra ainda que a utilização de consolas e aberturas é possível no método prescritivo. Em primeiro lugar, devem-se escolher os perfis a utilizar para o vigamento de piso de acordo com os valores admissíveis para os vãos, os quais poderão ser simples ou múltiplos (de continuidade). Tal escolha depende do valor da sobrecarga ( $1,44$  e  $1,92$   $\text{kN/m}^2$ ) e da seleção para o espaçamento entre vigas (30, 40, 48, 60 cm). Os limites admissíveis de vãos simples estão definidos nas Tabelas 5.1 e 5.3, e os limites admissíveis de vãos múltiplos constam nos Tabelas 5.2 e 5.4. Nas vigas definidas a partir das tabelas 5.1 e 5.2 deverão ser utilizados reforços de apoio. No caso dos vãos de vigas definidas a partir das Tabelas 5.3 e 5.4, não se torna necessário a utilização de reforços nos apoios. No entanto, deve perceber-se que esta situação ocorre apenas se as cargas verticais aplicadas não forem significativas.

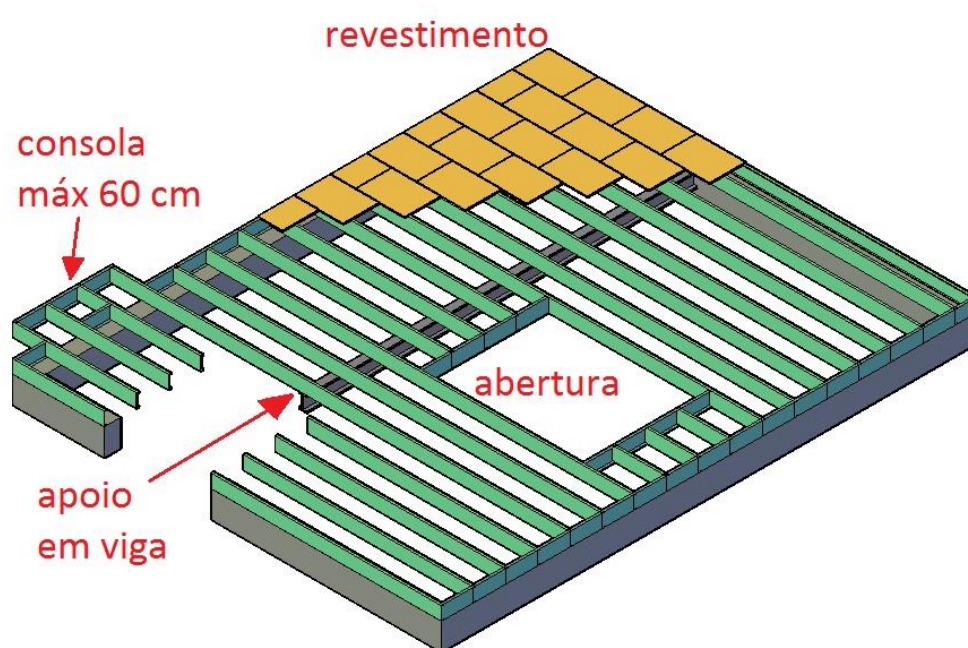


Figura 5.1 – Pavimento-tipo em aço leve

**Tabela 5.1** – Valores máximos admissíveis (em m) de vão simples com reforços de apoio (Aço S235).

Viga de pavimento	Sobrecarga - 1,44 kN/m <sup>2</sup> Espaçamento entre vigas (cm)				Sobrecarga - 1,92 kN/m <sup>2</sup> Espaçamento entre vigas (cm)			
	30	40	48	60	30	40	48	60
C140/0,8 mm	3,5	3,2	3,0	2,8	3,2	2,9	2,7	2,5
C140/1,1 mm	3,9	3,5	3,3	3,0	3,5	3,2	3,0	2,8
C140/1,5 mm	4,1	3,8	3,5	3,3	3,8	3,4	3,2	3,0
C140/1,7 mm	4,4	4,0	3,8	3,5	4,0	3,7	3,5	3,2
C140/2,5 mm	4,9	4,5	4,2	3,9	4,5	4,1	3,8	3,6
C200/0,8 mm	4,8	4,1	3,7	3,4	4,3	3,7	3,4	2,8
C200/1,1 mm	5,2	4,7	4,4	4,1	4,7	4,3	4,0	3,7
C200/1,5 mm	5,6	5,1	4,8	4,4	5,1	4,6	4,3	4,0
C200/1,7 mm	6,0	5,5	5,1	4,7	5,5	5,0	4,7	4,3
C200/2,5 mm	6,7	6,1	5,7	5,3	6,1	5,5	5,2	4,8
C250/1,1 mm	6,2	5,7	5,2	4,6	5,7	5,1	4,6	4,1
C250/1,5 mm	6,7	6,1	5,7	5,3	6,1	5,6	5,2	4,9
C250/1,7 mm	7,2	6,6	6,2	5,7	6,6	6,0	5,6	5,2
C250/2,5 mm	8,1	7,3	6,9	6,4	7,3	6,7	6,3	5,8
C300/1,1 mm	7,1	6,2	5,6	5,1	6,4	5,5	5,1	4,1
C300/1,5 mm	7,8	7,1	7,2	6,0	7,1	6,5	6,6	5,3
C300/1,7 mm	8,4	7,6	7,2	6,7	7,6	7,0	6,6	6,1
C300/2,5 mm	9,4	8,6	8,1	7,5	8,6	7,8	7,3	6,8

**Tabela 5.2** – Valores máximos admissíveis (em m) de vão múltiplo com reforços de apoio (Aço S235).

Viga de pavimento	Sobrecarga - 1,44 kN/m <sup>2</sup> Espaçamento entre vigas (cm)				Sobrecarga - 1,92 kN/m <sup>2</sup> Espaçamento entre vigas (cm)			
	30	40	48	60	30	40	48	60
C140/0,8 mm	3,9	3,4	3,1	2,8	3,5	3,0	2,8	2,4
C140/1,1 mm	4,8	4,1	3,8	3,4	4,3	3,7	3,4	3,0
C140/1,5 mm	5,4	4,6	4,2	3,8	4,8	4,2	3,8	3,4
C140/1,7 mm	5,9	5,2	4,8	4,3	5,4	4,7	4,3	3,8
C140/2,5 mm	6,6	6,0	5,7	5,1	6,0	5,5	5,1	4,6
C200/0,8 mm	4,4	3,6	3,1	2,6	3,7	3,0	2,6	2,2
C200/1,1 mm	5,9	5,1	4,7	3,8	5,3	4,3	4,2	3,3
C200/1,5 mm	7,0	6,1	5,5	5,0	6,2	5,4	5,0	4,4
C200/1,7 mm	7,9	6,8	6,2	5,6	7,1	6,1	5,6	5,0
C200/2,5 mm	9,0	8,2	7,5	6,7	8,2	7,4	6,7	6,0
C250/1,1 mm	6,6	5,5	4,8	4,1	5,7	4,7	4,1	3,5
C250/1,5 mm	7,8	6,7	6,1	5,5	7,0	6,0	5,5	4,7
C250/1,7 mm	9,3	8,1	7,4	6,6	8,3	7,2	5,6	5,9
C250/2,5 mm	10,8	9,7	8,9	7,9	9,8	8,7	7,9	7,1
C300/1,1 mm	6,5	5,3	4,6	3,9	5,5	4,4	3,9	3,2
C300/1,5 mm	8,4	7,2	6,7	5,4	7,5	6,2	5,8	4,6
C300/1,7 mm	9,9	8,6	7,8	7,0	8,9	7,7	7,0	6,3
C300/2,5 mm	12,6	11,2	10,2	9,1	11,5	10,0	9,1	8,2

**Tabela 5.3** – Valores máximos admissíveis (em m) de vão simples sem reforços de apoio (Aço S235).

Viga de pavimento	Sobrecarga - 1,44 kN/m <sup>2</sup> Espaçamento entre vigas (cm)				Sobrecarga - 1,92 kN/m <sup>2</sup> Espaçamento entre vigas (cm)			
	30	40	48	60	30	40	48	60
C140/0,8 mm	2,5	1,9	1,5	1,2	2,0	1,5	1,2	1,0
C140/1,1 mm	3,9	3,5	3,3	2,4	3,5	2,9	2,4	1,9
C140/1,5 mm	4,1	3,8	3,3	3,5	3,8	3,4	3,2	3,0
C140/1,7 mm	4,4	4,0	3,8	3,5	4,0	3,7	3,5	3,2
C140/2,5 mm	4,9	4,5	4,2	3,9	4,5	4,1	3,8	3,6
C200/0,8 mm								
C200/1,1 mm	4,2	3,2	2,6	2,1	3,4	2,5	2,1	1,7
C200/1,5 mm	5,6	5,1	4,5	3,6	5,1	4,5	3,7	3,0
C200/1,7 mm	6,0	5,5	5,1	4,7	5,5	5,0	4,7	4,3
C200/2,5 mm	6,7	6,1	5,7	5,3	6,1	5,5	5,2	4,8
C250/1,1 mm								
C250/1,5 mm	6,5	4,9	4,1	3,3	5,2	3,9	3,3	2,6
C250/1,7 mm	7,2	6,6	6,2	5,6	6,6	6,0	5,6	4,5
C250/2,5 mm	8,1	7,3	6,9	6,4	7,3	6,7	6,3	5,8
C300/1,1 mm								
C300/1,5 mm								
C300/1,7 mm	8,4	7,6	6,5	5,2	7,6	6,2	5,2	4,2
C300/2,5 mm	9,4	8,6	8,1	7,5	8,6	7,8	7,3	6,8

**Tabela 5.4** – Valores máximos admissíveis (em m) de vão múltiplo sem reforços de apoio (Aço S235).

Viga de pavimento	Sobrecarga - 1,44 kN/m <sup>2</sup> Espaçamento entre vigas (cm)				Sobrecarga - 1,92 kN/m <sup>2</sup> Espaçamento entre vigas (cm)			
	30	40	48	60	30	40	48	60
C140/0,8 mm	2,5	2,0	1,7	1,4	2,1	1,7	1,4	1,2
C140/1,1 mm	3,6	2,9	2,5	2,1	3,0	2,4	2,1	1,8
C140/1,5 mm	4,5	3,7	3,2	2,7	3,8	3,1	2,7	2,3
C140/1,7 mm	5,6	4,6	4,1	3,5	4,6	4,0	3,5	3,0
C140/2,5 mm	6,6	6,0	5,7	5,0	6,0	5,5	5,0	4,3
C200/0,8 mm	–	–	–	–	–	–	–	–
C200/1,1 mm	3,8	3,0	2,6	2,1	3,1	2,5	2,1	1,8
C200/1,5 mm	5,1	4,1	3,6	3,0	4,3	3,5	3,0	2,5
C200/1,7 mm	6,6	5,4	4,7	4,0	5,6	4,6	4,0	3,4
C200/2,5 mm	9,0	7,7	6,9	6,0	8,1	6,7	6,0	5,1
C250/1,1 mm	–	–	–	–	–	–	–	–
C250/1,5 mm	5,2	4,1	3,6	2,9	4,3	3,4	2,9	2,4
C250/1,7 mm	7,1	5,8	5,0	4,2	6,1	4,9	4,2	3,6
C250/2,5 mm	10,4	8,6	7,7	6,6	9,0	7,5	6,6	5,6
C300/1,1 mm	–	–	–	–	–	–	–	–
C300/1,5 mm	–	–	–	–	–	–	–	–
C300/1,7 mm	7,2	5,8	5,1	4,2	6,1	4,9	4,2	3,5
C300/2,5 mm	11,4	9,2	8,3	7,1	9,8	7,7	7,1	6,0

No caso de vãos múltiplos, o apoio central deverá ser colocado a uma distância máxima de 60 cm do ponto médio da viga, e cada um dos vãos deverá cumprir os limites de vão simples (Tabelas 5.1 e 5.3). As vigas de pavimento deverão ter capacidade de suporte da carga das paredes com uma excentricidade mínima de 4 cm (paredes exteriores) ou 9 cm (paredes interiores).

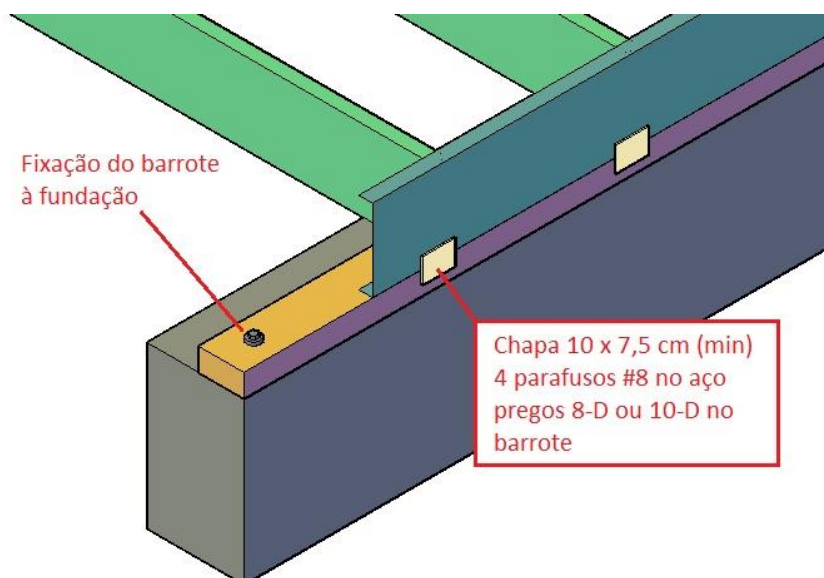
A fixação das vigas de qualquer piso (pavimento) à fundação ou aos montantes de parede é efetuada de acordo com o estipulado na Tabela 5.5. Em cada linha desta tabela, mostra-se uma solução de fixação preconizada pelo método prescritivo e menciona-se uma figura com o respetivo pormenor construtivo – ver Figuras 5.2 a 5.10. Um tipo de fixação muito comum nos EUA corresponde à fixação com barrote de madeira no contorno da fundação (Figura 5.2). No contexto nacional, este tipo de solução não é comum, sendo bastante mais utilizada a solução com canal de aba fixada à fundação (Figura 5.3). Existe, no entanto, uma outra alternativa que consiste em executar uma laje de ensoleiramento geral com caixa-de-ar para evitar problemas de humidade vinda do solo e maior conforto térmico. Neste caso, como não são necessárias vigas de piso (o pavimento é assente diretamente sobre a laje), a única peça ao nível da laje é um canal “deitado”, cuja alma é chumbada à laje (com tela asfáltica a intermediar, sempre que possível).

**Tabela 5.5** – Requisitos mínimos para as ligações entre pavimento e fundações/paredes de suporte

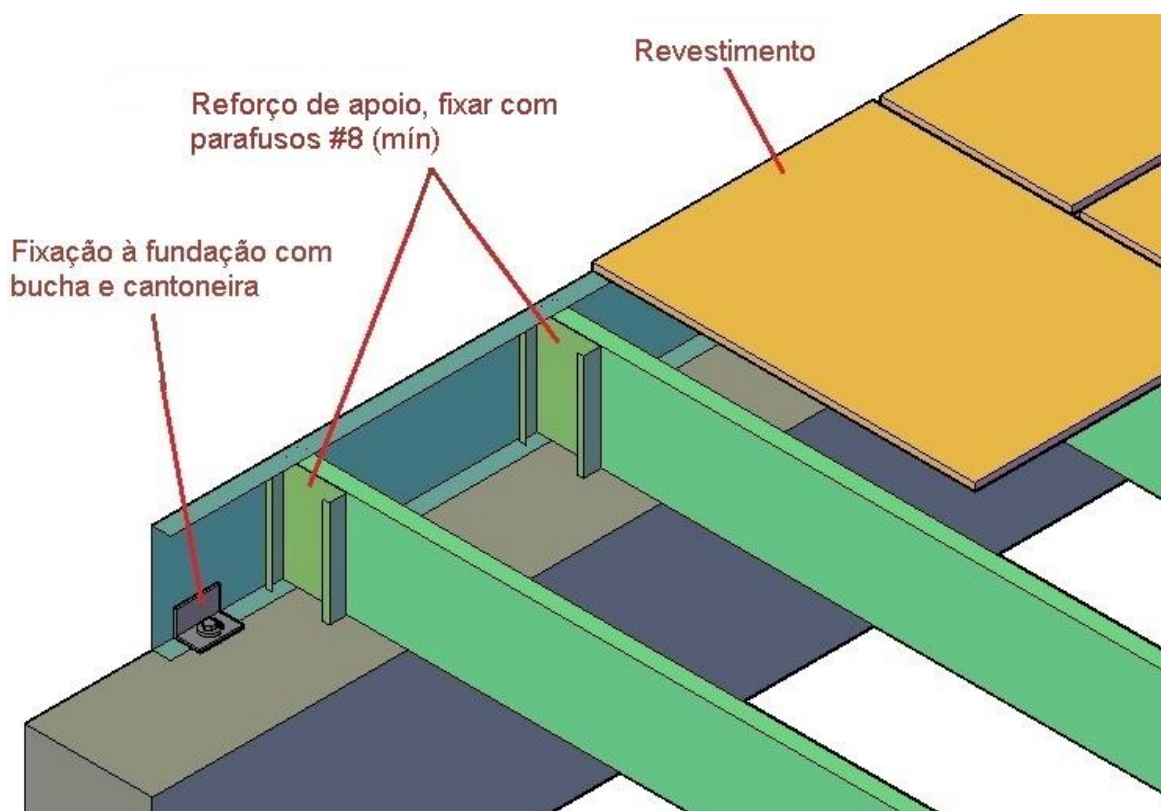
Ligação (pormenor)	Velocidade (km/h) e exposição ao vento, e zona sísmica	
	Até 145 km/h, exposição A, B Até 113 km/h, exposição C Zonas sísmicas A,B e C	Até 145 km/h, exposição C
Viga pavimento / peça de madeira (Figura 5.2)	Chapas // 0,6 m entre eixos, com 4 parafusos #8 e pregos 4-10/6-8	Chapas // 0,3 m entre eixos, com 4 parafusos #8 e pregos 4-10/6-8
Viga pavimento / fundação (Figura 5.3)	Parafusos de ancoragem M12 // 1,8 m entre eixos, com cantoneira L150x1.4 e 8 parafusos #8	Parafuso de ancoragem M12 // 1,2 m entre eixos, com cantoneira L150x1.4 e 8 parafusos #8
Viga pavimento / canal inferior (Figura 5.4)	Cantoneira L150x1.4 com 2 parafusos #8	Cantoneira L150x1.4 com 3 parafusos #8
Viga pavimento / canal superior (Figura 5.4)	Parafusos #8 // 0,6 m	Parafusos #8 // 0,6 m
Viga em consola / peça madeira (Figura 5.5)	Chapas // 0,6 m entre eixos, com 4 parafusos #8 e pregos 4-10/6-8	Chapas // 0,3 m entre eixos, com 4 parafusos #8 e pregos 4-10/6-8
Viga em consola / fundação (Figura 5.6)	Parafusos de ancoragem M12 // 1,8 m entre eixos, com cantoneira L150x1.4 e 8 parafusos #8	Parafusos de ancoragem M12 // 1,2 m entre eixos, com cantoneira L150x1.4 e 8 parafusos #8
Viga em consola / canal (Figura 5.7)	2 parafusos #8 / reforço de apoio	3 parafusos #8 / reforço de apoio

**Nota 1:** Considerar o requisito mais exigente (vento ou zona sísmica).

**Nota 2:** Os diâmetros de parafusos e buchas mencionados são valores mínimos. Deverão ser colocadas buchas a uma distância máxima de 0,3 m de quaisquer extremos dos canais inferiores (incluindo interrupções nas portas).



**Figura 5.2** – Fixação de pavimento sobre barrote no contorno



**Figura 5.3** – Fixação de pavimento sobre fundação em betão

Na Figura 5.4 observa-se um pormenor da fixação de pavimento sobre uma parede estrutural, como sucede no caso de pavimento de 1º piso. Nas Figuras 5.5 a 5.7 mostram-se os detalhes das fixações quando se pretende ter uma consola estrutural (varanda, terraço), no caso específico da fixação de pavimento em consola (i) sobre barrote de madeira (Figura 5.5), (ii) sobre fundação em betão (Figura 5.6), (iii) sobre parede estrutural (Figura 5.7)



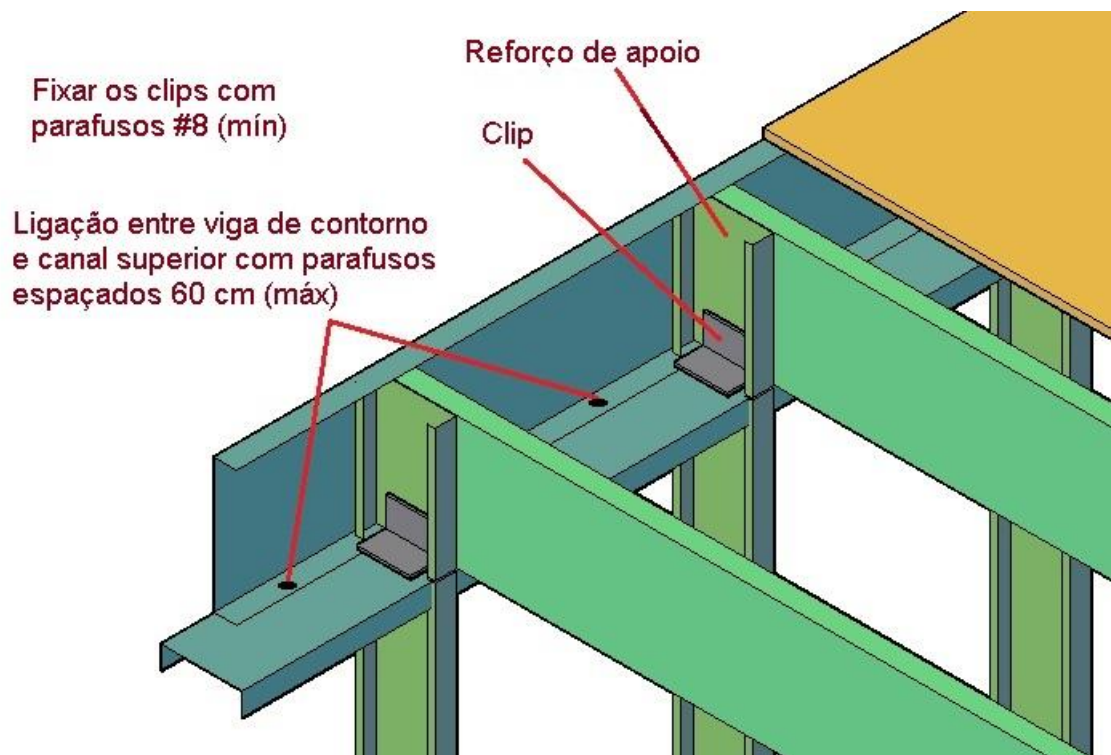


Figura 5.4 – Fixação de pavimento sobre parede estrutural

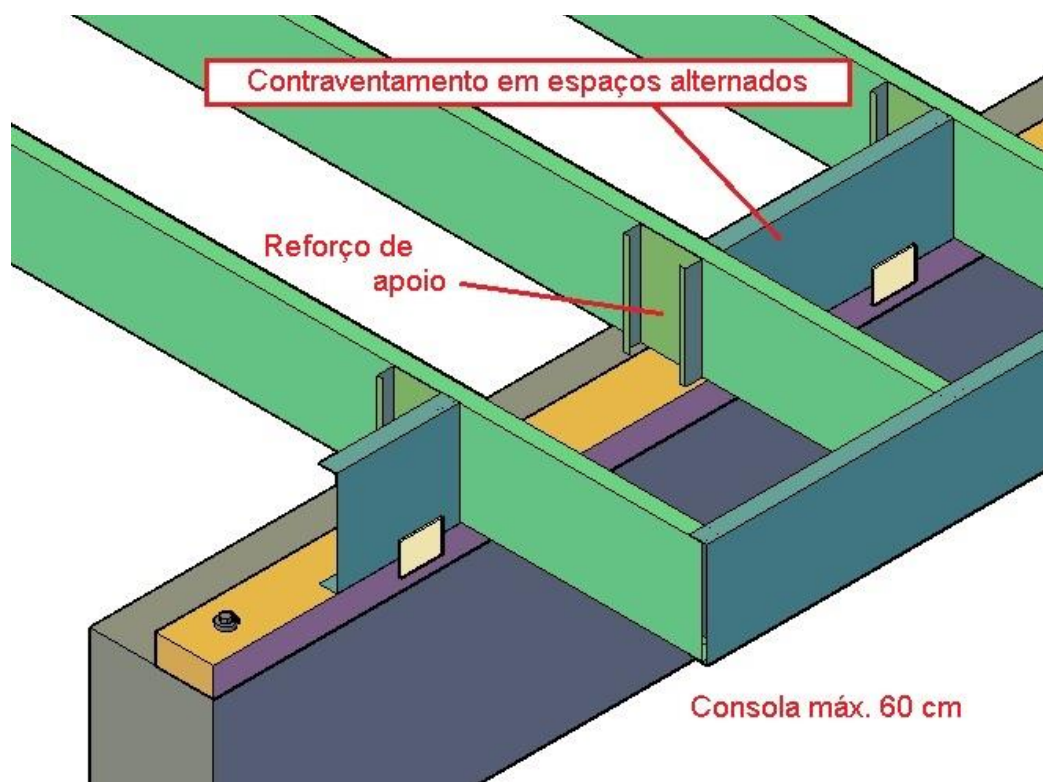
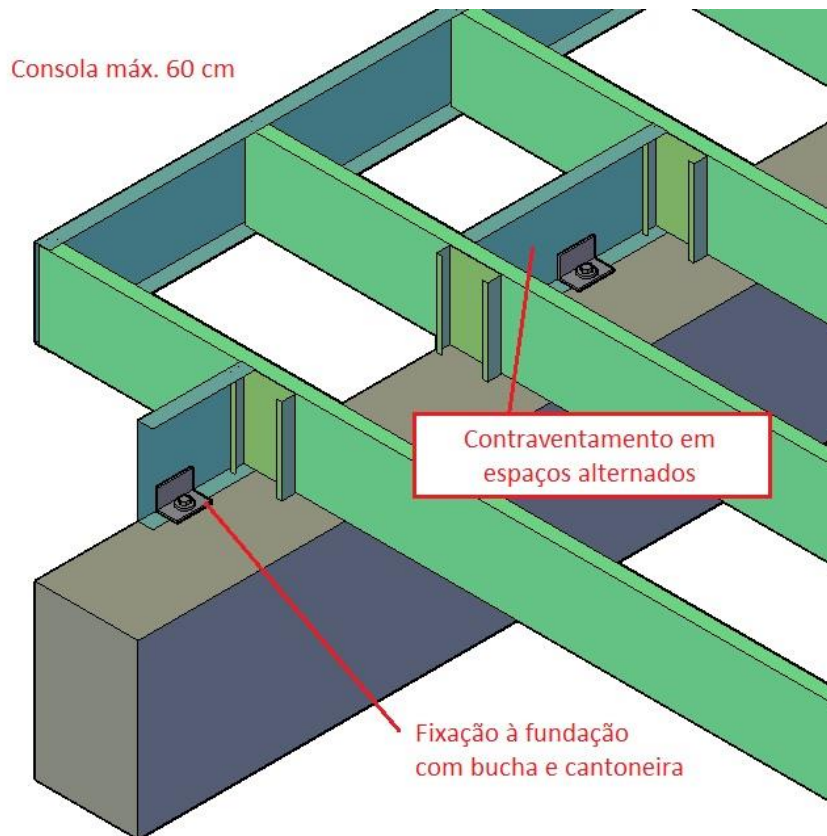
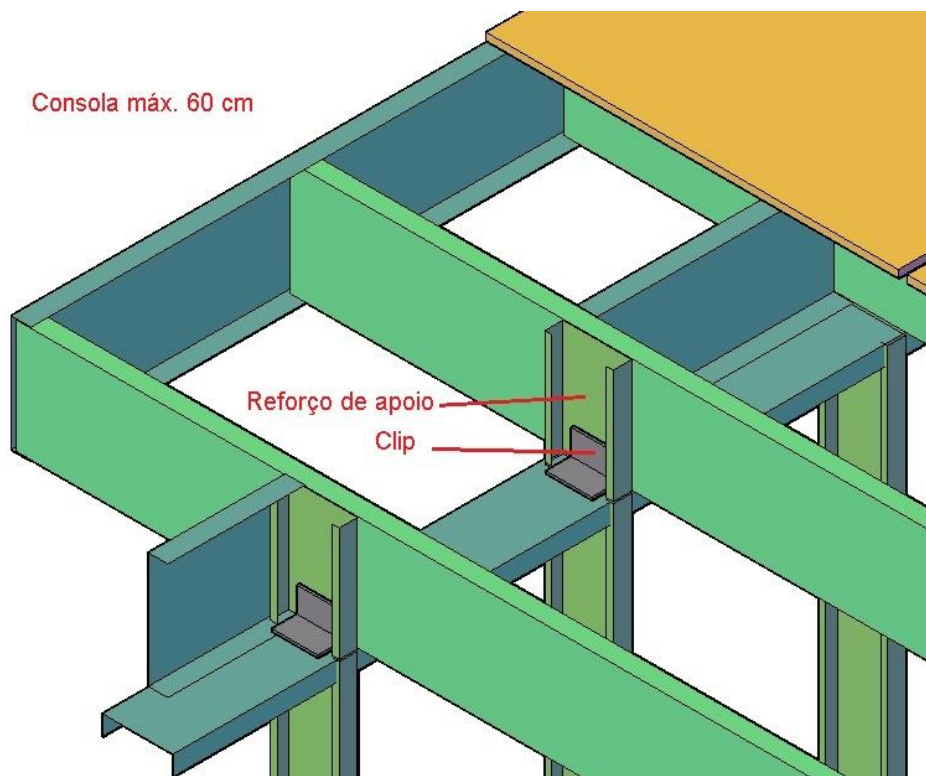


Figura 5.5 – Fixação de pavimento em consola sobre barrote

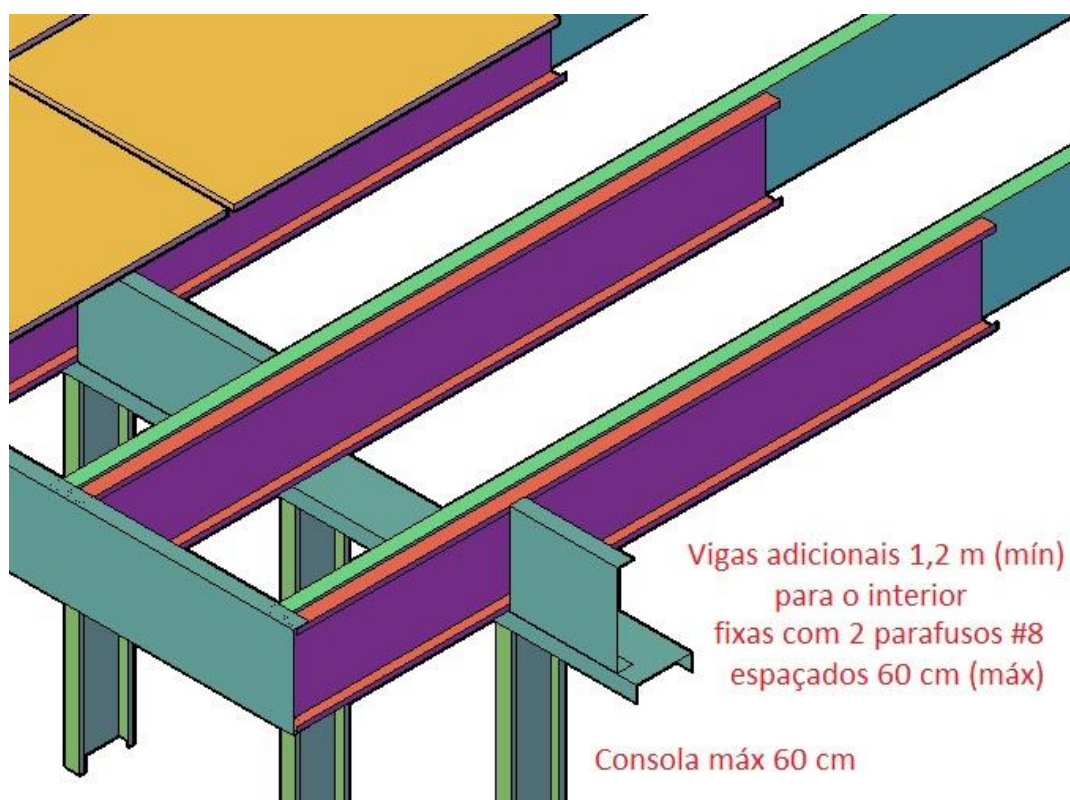


**Figura 5.6** – Fixação de pavimento em consola sobre fundação em betão



**Figura 5.7** – Fixação de pavimento em consola sobre parede estrutural

Na Figura 5.8 visualiza-se um pormenor adicional de uma consola sujeita à carga de dois pisos superiores. Deve-se sublinhar o facto do método prescritivo prever esta situação mas condicionada a um comprimento em consola máximo de 60 cm. Neste caso, dever-se-á utilizar um reforço em viga de duplo C (“back-to-back”), com pelo menos 1,2 m de comprimento para lá do plano da fachada.



**Figura 5.8** – Pormenor adicional de consola sujeita à carga de dois pisos

As vigas deverão alcançar no máximo 0,6 m em consola, devendo ter continuidade para o interior do edifício, tendo um comprimento total mínimo de 1,8 m. De um modo geral, as varandas e outros elementos salientes estão limitados a 1 m para fora do plano da fachada, pelo que com os limites do método prescritivo se perde 0,4 m de comprimento em consola, ou seja 40% em relação ao limite legal. No entanto, será sempre possível ultrapassar esta limitação, seja através de secções duplas (em I ou duplo C), secções tubulares (acoplamento entre secções em C e U) ou ainda utilizando vigas treliçadas. No entanto, e uma vez que estas situações não estão previstas no método prescritivo, deverão ser objeto de cálculo de dimensionamento através do regulamento estrutural em vigor. É frequente serem utilizados vãos em consola superiores a 1 m, quer no interior do edifício, na criação de *mezzanines*, quer na fachada exterior.

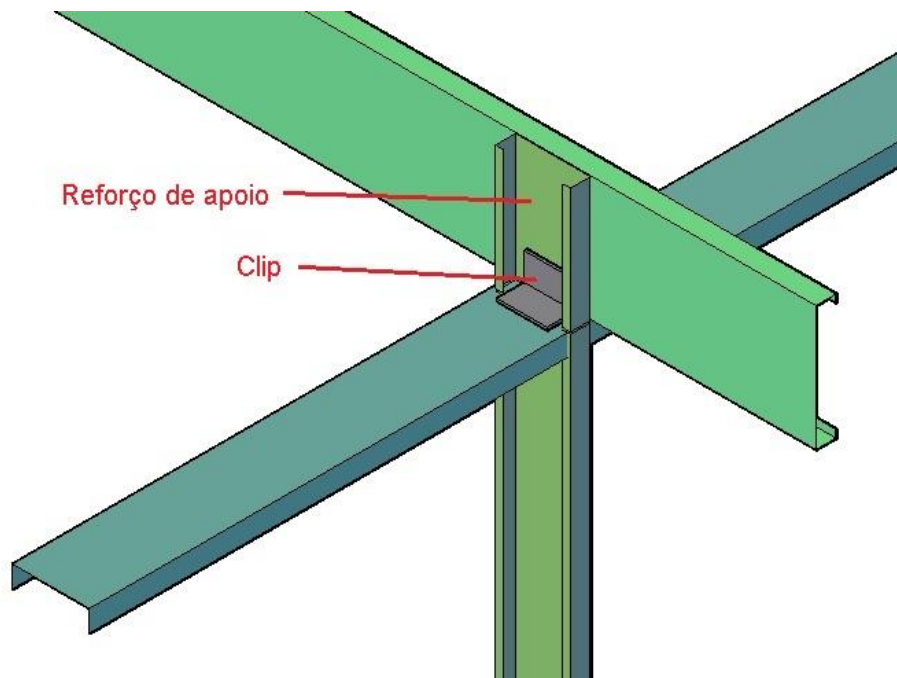
As vigas de pavimento deverão ser contraventadas pela aplicação e fixação do diafragma (geralmente, em OSB de 18 mm de espessura) nas faces superiores de acordo com a Tabela 5.6. Os pormenores podem ser observados nas Figuras 5.9, 5.10 e 5.11, nomeadamente a ligação entre viga de pavimento e o canal de parede de suporte interior, com reforço de apoio em C e ligação com cantoneira (Figura 5.9). Cada reforço de apoio deverá ser ligado através de um mínimo de 4 parafusos #8 na alma e a cantoneira com um mínimo de 2 parafusos #8 por aba.

**Tabela 5.6 – Ligações do pavimento**

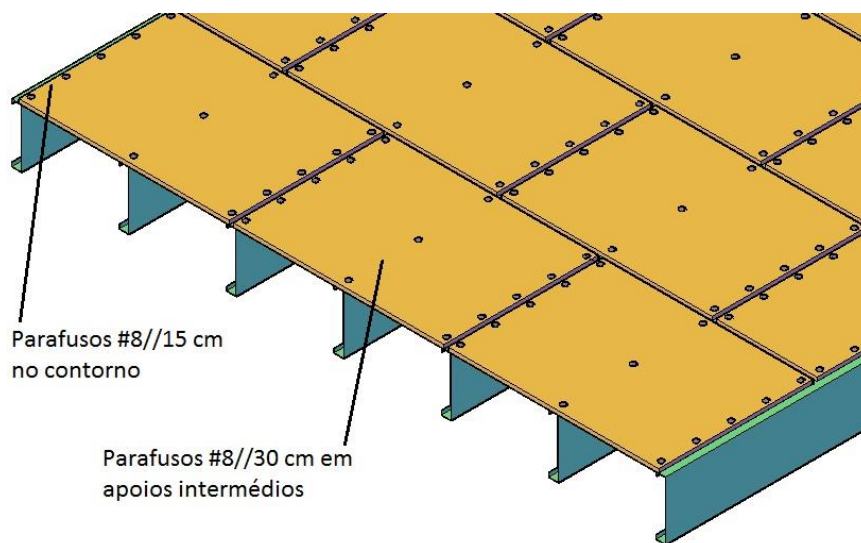
Ligação (pormenor)	Número e tipo de parafusos	Espaçamento
Viga de pavimento / canal de parede de suporte interior	2 parafusos #8	Em cada viga
Viga de pavimento / canal no extremo da viga (regra geral, parede exterior)	2 parafusos #8	1/aba, 2/reforço de apoio
Viga de pavimento / diafragma de pavimento	parafusos #8	0,15 m nos extremos, 0,25 m em apoios intermédios

**Nota 1:** Os diâmetros de parafusos mencionados são valores mínimos.

**Nota 2:** Os parafusos de diafragmas deverão ter cabeças planas ou similares com um diâmetro mínimo de 7 mm.



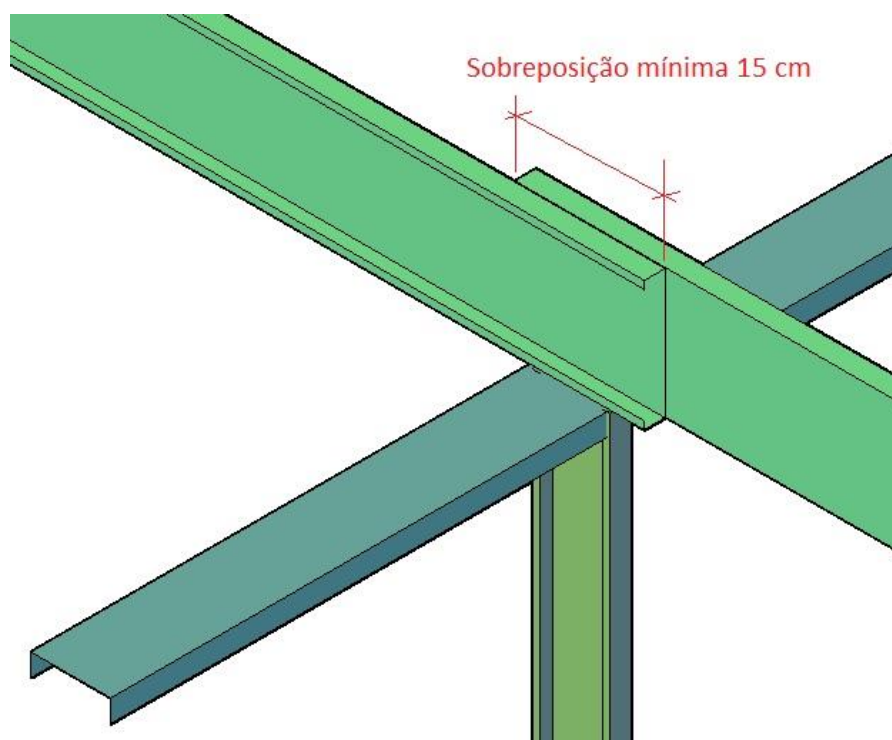
**Figura 5.9 – Viga contínua apoiada em parede estrutural**



**Figura 5.10 – Pormenor de fixação do pavimento**

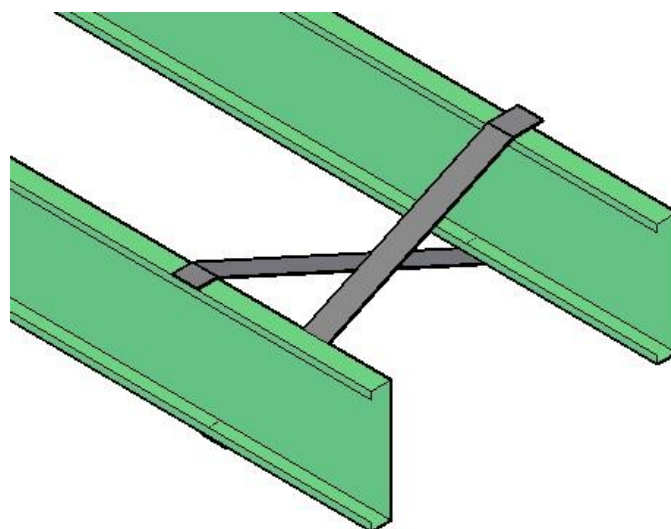


No caso de existir uma descontinuidade da viga, deve-se efetuar uma sobreposição mínima de 15 cm. Sempre que possível, esta emenda deve ser realizada sobre um apoio e sempre superior à largura do canal da parede inferior (ver Figura 5.11). A ligação “back-to-back” deverá ser realizada através de um mínimo de 4 parafusos #8 nas almas e um mínimo de 2 parafusos #8 por aba de cada viga.

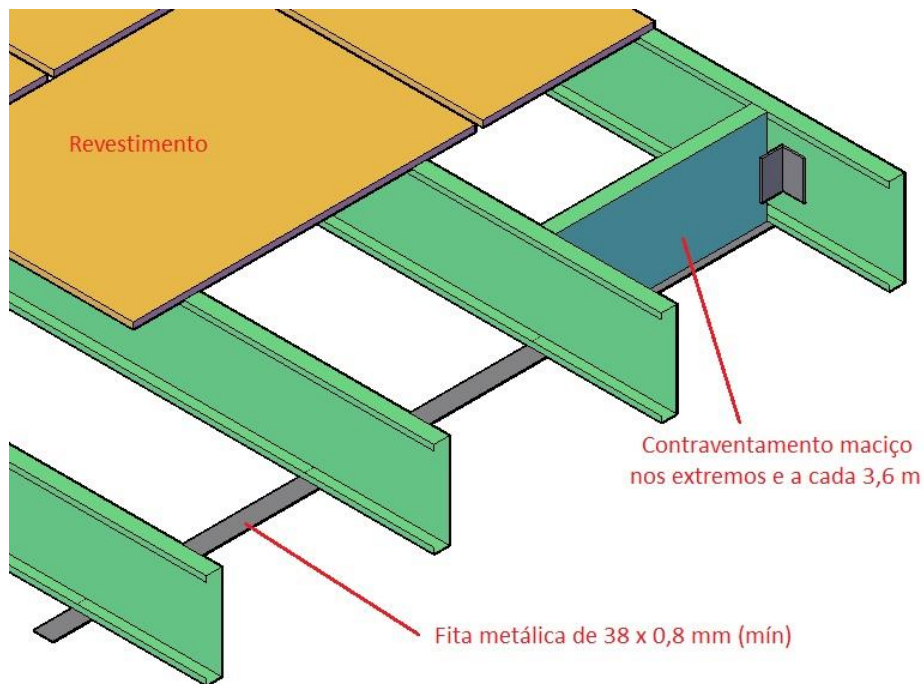


**Figura 5.11** – Viga descontinua apoiada em parede estrutural

Em vãos que excedam 3,6 m, deverá ser aplicado um travamento adicional nas faces inferiores. Neste caso, pode recorrer-se a gesso cartonado com parafusos de 3,5 mm (mínimo) ou, no caso mais comum, a fita metálica de 0,84 x 38 mm (mínimos) fixa com parafusos de 4,2 mm (mínimo), um em cada viga e dois em cada apoio (Figura 5.13). Nos apoios, e no máximo a cada 3,6 m, deverá ser executado um travamento em X (Figura 5.12), a unir as faces inferiores e superiores de vigas adjacentes.



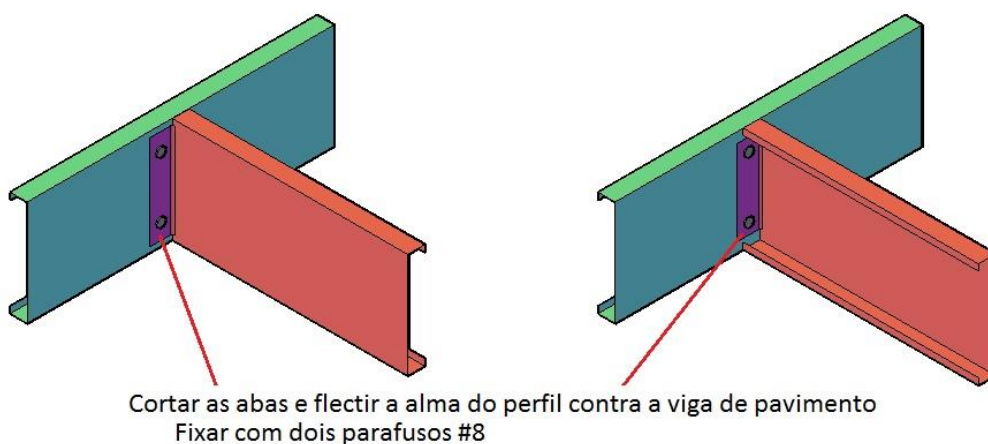
**Figura 5.12** – Contraventamento em cruz (“X-bracing”)



**Figura 5.13** – Contraventamento adicional do pavimento

Caso os vãos excedam 6 m de comprimento, é inevitável a criação de juntas. Para atingir estes vãos, é necessário recorrer a vigas com secções compostas (multi-tubulares com C e U) ou vigas treliçadas, nas quais as juntas são desfasadas e de execução mais simples. As treliças de pavimento não fazem parte do método prescritivo e deverão ser alvo de cálculos de dimensionamento e verificação de segurança, obedecendo sempre ao esquema de “in-line framing” definido pelas paredes subjacentes. Eventualmente pode adotar-se um elemento intermédio que permite a dissociação dos alinhamentos. Estas treliças não deverão ser cortadas ou furadas sem novo cálculo.

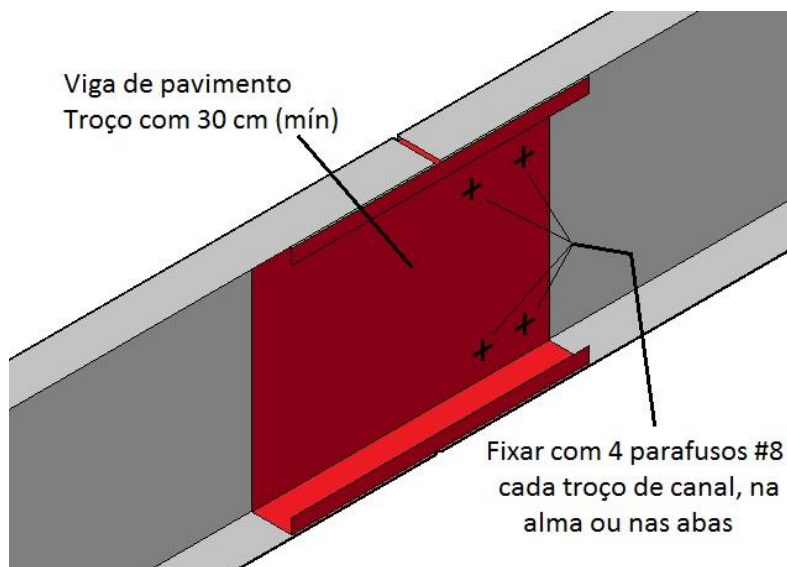
Referem-se ainda dois tipos de ligação adicionais. Na Figura 5.14 mostra-se uma ligação entre viga e contraventamento que permite dispensar a cantoneira. Para tal basta cortar as abas do perfil C de contraventamento e flectir a alma contra a viga de pavimento e fixar com dois parafusos #8.



**Figura 5.14** – Pormenores alternativos do contraventamento, dispensando os “clips”

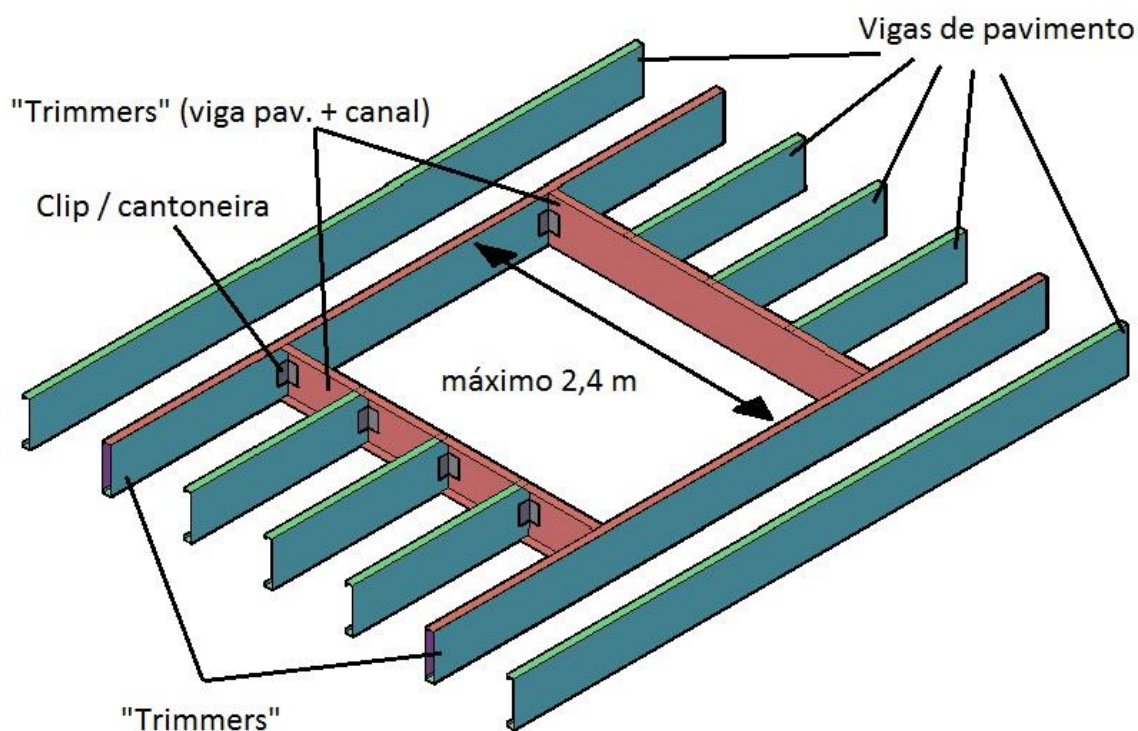


Nas vigas de contorno, a emenda efetua-se utilizando um troço de perfil em C (com um comprimento mínimo de 30 cm) com espessura igual ou superior à dos canais e fixando as almas com 4 parafusos #8 em ambos os canais, tal como se ilustra na Figura 5.15.

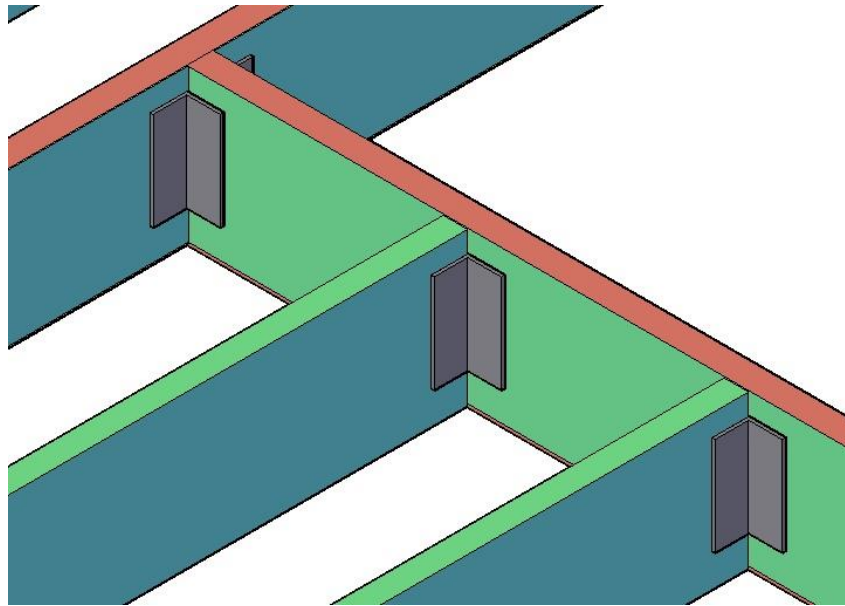


**Figura 5.15** – Emenda de viga de contorno (semelhante à emenda de canal, figura 6.8)

Finalmente, refere-se que as aberturas no pavimento (Figuras 5.16 e 5.17) deverão ter vigas mestras nas faces perpendiculares às restantes vigas de pavimento. Cada uma das vigas mestras deverá ser limitada a 2,4 m de comprimento e fixa às restantes vigas com um mínimo de 4 cantoneiras (“clips”), cuja espessura deverá ser igual ou superior às vigas a ligar. As vigas mestras deverão ter secções tubulares (compostas de C e U, fixados nas abas).



**Figura 5.16** – Abertura no pavimento



**Figura 5.17** – Pormenor de abertura no pavimento

O isolamento térmico e acústico do pavimento não está representado nas figuras anteriores, até porque não se costuma aplicar (regra geral, as casas portuguesas em aço leve são térreas, pelo que não existe 1º piso, e no r/c usa-se uma laje de betão). No entanto, em alguns casos usam-se estas vigas para criar um “plenum”, ou vazio sanitário, sob o edifício e assim evitar a entrada de humidade do terreno.

Seja qual for o caso – 1º piso, “plenum”, existência de cave, ... – é possível aplicar um isolamento muito eficiente em lã de rocha nos espaços entre vigas, logo antes de colocar o diafragma de OSB (para que baste poisá-la, é preciso que esteja já aplicado o gesso cartonado sob as vigas)

A lã de rocha é muito compressível e, em espaços pouco transitáveis, pode até ser colocada continuamente sobre (e não sob) as vigas, sem que tal obste à fixação do diafragma de OSB. Eventualmente serão necessários parafusos mais compridos para a perfurar.

O isolamento pode também ser colocado continuamente sob as vigas se o tecto falso tiver o seu próprio “plenum”. Pese a facilidade de aparafusar o tecto aos próprios perfis estruturais, existem sistemas igualmente simples e próprios para aço leve, de criar tecto falso com “plenum”. É actualmente possível dispensar parafusos auto-roscantes, varões roscados e porcas, e até a própria necessidade de enroscar (para regular a altura). Na Figura 5.18 está representado um destes sistemas, com varão liso.



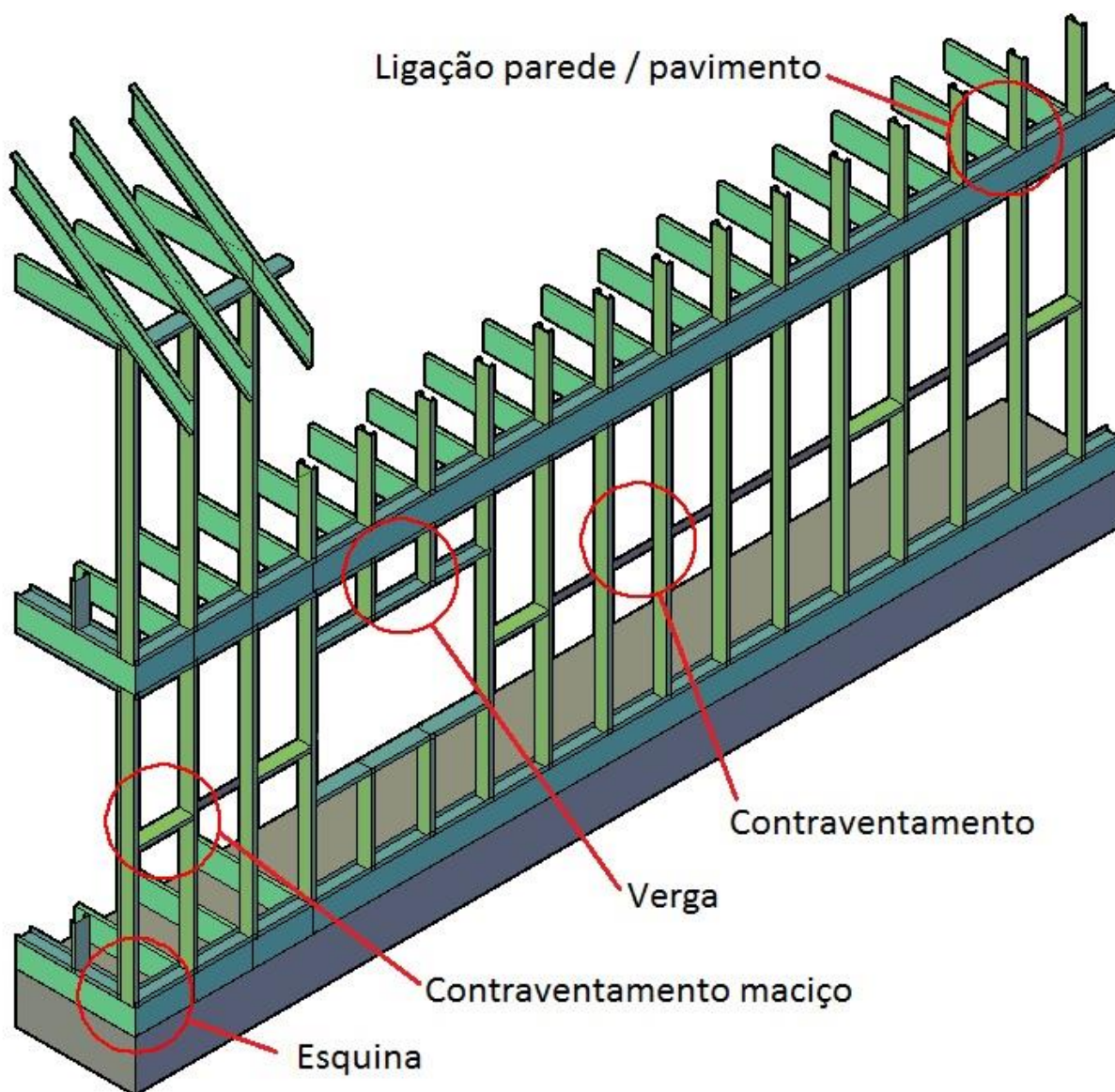
**Figura 5.18** – Sistema de fixação de tecto falso com varão liso, sem enroscar

---

---

## Capítulo 6 – Paredes

As paredes deverão ser construídas de acordo com a disposição da figura 6.1.



**Figura 6.1** – Pormenores típicos de uma parede resistente em LSF (perspetiva)

Os canais e montantes deverão cumprir as regras gerais e limites definidos no capítulo 4. Os montantes das paredes deverão alinhar-se com as vigas de pavimento/teto dos pisos inferior e superior, no contexto do conceito “in-line framing”; este alinhamento tem uma tolerância de 2 cm. Os requisitos das ligações entre a fundação e estes elementos estão expressos na tabela 6.1.

A espessura mínima dos montantes terá em conta o seu espaçamento, a dimensão global do edifício (largura) e sobrecarga de neve (havendo uma equivalência entre esta e a sobrecarga do vento), e será obtida conforme as tabelas 6.2 a 6.13, mostradas nas páginas seguintes.

**Tabela 6.1** – Requisitos de ligações entre paredes e fundação ou pavimento

Tipo de fixação	Velocidade do vento, exposição e zona sísmica		
	113 km/h, exp A, sism B-D	145 km/h exp A ou 113 km/h exp B	145 km/h exp B
Canal inferior / viga pavimento	1 parafuso #8 // 30 cm	1 parafuso #8 // 30 cm	2 paraf. #8 // 30 cm
Canal inferior / fundação	Bucha M12 // 1,8 m	Bucha M12 // 1,8 m	Bucha M12 // 1,2 m
Canal inferior / reforço	4 parafusos #8 // 1,2 m	4 parafusos #8 // 0,9 m	4 parafusos #8 // 0,6 m
Reforço vento montantes // 40 cm	-	-	0,95 kN/m
Reforço vento montantes // 60 cm	-	-	1,46 kN/m

**Tabela 6.2** – Espessura mínima dos montantes (mm) - Parede de 2,4 m de altura sujeita apenas a carga do teto e cobertura, edifício térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos. Aço S235

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
Exp A	Exp B			1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
145	129	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
161	145	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
177	161	C90	40	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
	177	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,1	1,4
			60	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Nas tabela 6.2 e nas tabelas seguintes, em paredes interiores com gesso cartonado de espessura não inferior a 13 mm em cada face, ou paredes exteriores com uma face assim e outra com OSB de espessura não inferior a 11 mm, podem ser usados montantes com a espessura de aço imediatamente inferior, salvaguardando um valor mínimo de 0,8 mm.

**Tabela 6.3** – Espessura mínima dos montantes (mm) - Parede de 2,4 m de altura sujeita à carga de 1 piso, teto e cobertura; piso térreo de edifício de 2 pisos. Aço S235

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	1,1	1,1	1,4
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
			60	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4
145	129	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4
161	145	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4
			60	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4
177	161	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
			60	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	177	C90	40	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7
			60	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4



**Tabela 6.4** – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 2,7 m de altura sujeita apenas a carga do teto e cobertura, edifício térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos. Aço S235

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
145	129	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,1	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
161	145	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
177	161	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,1	1,4
			60	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	177	C90	40	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
			60	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,1	1,4

**Tabela 6.5** – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 2,7 m de altura sujeita à carga de 1 piso, teto e cobertura; piso térreo de edifício de 2 pisos. Aço S235

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício																	
				7,3				8,5				9,8				11,0					
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )					
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4		
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
			60	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
145	129	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7		
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
			60	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	
161	145	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,1	1,4	
			60	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5	1,7	1,7	2,5	2,5			
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4			
177	161	C90	40	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7		
			60	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1			
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4			
177		C90	40	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7		
			60	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-			
		C140	40	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1		
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7			

**Tabela 6.6** – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 3,0 m de altura sujeita apenas a carga do teto e cobertura, edifício térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos. Aço S235

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
145	129	C90	40	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
161	145	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4
			60	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
177	161	C90	40	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7
			60	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4
	177	C90	40	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
			60	2,5	2,5	2,5	-	2,5	2,5	-	-	2,5	2,5	-	-	2,5	-	-	-
		C140	40	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7

**Tabela 6.7** – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 3,0 m de altura sujeita à carga de 1 piso, teto e cobertura; piso térreo de edifício de 2 pisos. Aço S235

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício																	
				7,3				8,5				9,8				11,0					
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )					
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4		
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1
129	113	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	
			60	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4
145	129	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
			60	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5	1,7	1,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4
161	145	C90	40	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,1	1,4	
			60	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	
			60	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
177	161	C90	40	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5	
			60	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		C140	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
177		C90	40	1,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
			60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		C140	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	
			60	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5

**Tabela 6.8** – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 2,4 m de altura sujeita apenas a carga do teto e cobertura, edifício térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos. Aço S355

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício																	
				7,3				8,5				9,8				11,0					
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )					
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4		
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
145	129	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
161	145	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
177	161	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
			60	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	177	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	
			60	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

**Tabela 6.9** – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 2,4 m de altura sujeita à carga de 1 piso, teto e cobertura; piso térreo de edifício de 2 pisos. Aço S355

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
145	129	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
161	145	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1
			60	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
177	161	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	177	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4
			60	1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

**Tabela 6.10** – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 2,7 m de altura sujeita apenas a carga do teto e cobertura, edifício térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos. Aço S355

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
145	129	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
161	145	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
177	161	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
			60	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	177	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,4	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1



**Tabela 6.11** – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 2,7 m de altura sujeita à carga de 1 piso, teto e cobertura; piso térreo de edifício de 2 pisos. Aço S355

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
145	129	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
161	145	C90	40	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
177	161	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4
			60	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
177	177	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
			60	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4

**Tabela 6.12** – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 3,0 m de altura sujeita apenas a carga do teto e cobertura, edifício térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos. Aço S355

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
145	129	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
161	145	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
177	161	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7	1,4	1,7	1,7	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1
	177	C90	40	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
			60	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5	1,7	1,7	1,7	2,5	1,7	1,7	2,5	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

**Tabela 6.13** – Espessura mínima dos montantes (mm) – Parede de 3,0 m de altura sujeita à carga de 1 piso, teto e cobertura; piso térreo de edifício de 2 pisos. Aço S355

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,1	1,4	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
145	129	C90	40	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7	1,1	1,7	1,7	1,7
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
161	145	C90	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4
			60	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
177	161	C90	40	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
			60	1,7	1,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4
177	177	C90	40	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7	1,4	1,7	1,7	1,7
			60	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
			60	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

As paredes estruturais interiores, cujos pormenores se exemplificam na figura 6.2, deverão apoiar-se na fundação, outras paredes estruturais ou vigas de pavimento devidamente reforçadas. Na figura 6.3 ilustra-se a ligação direta à fundação, e na 6.4 através de um barrote no contorno.

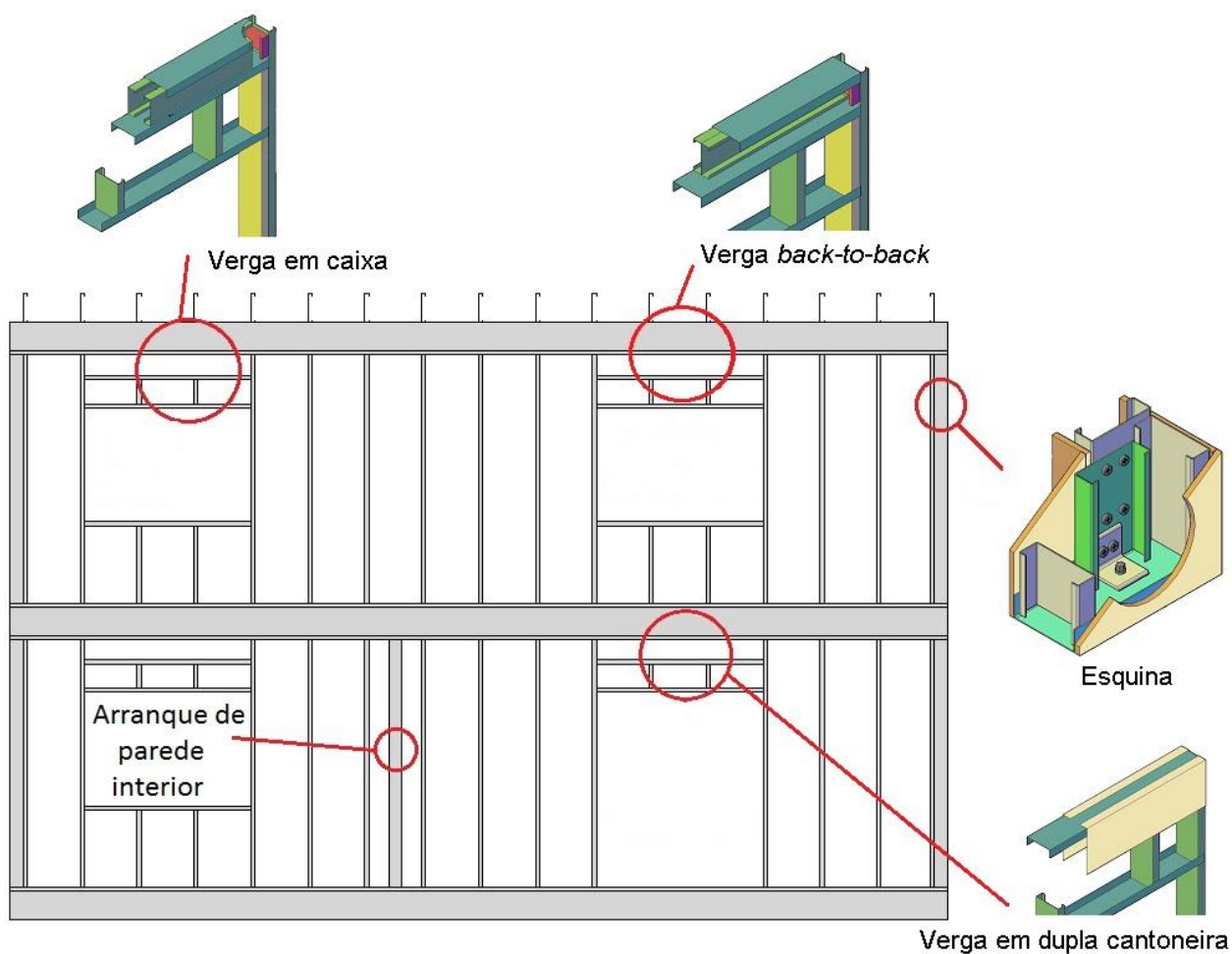
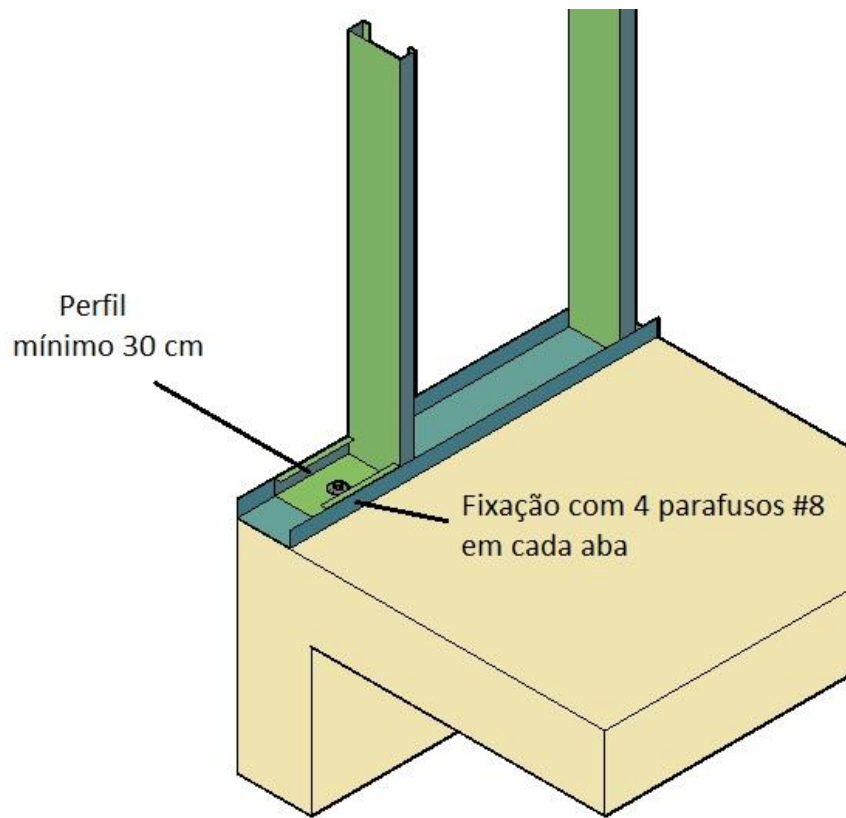
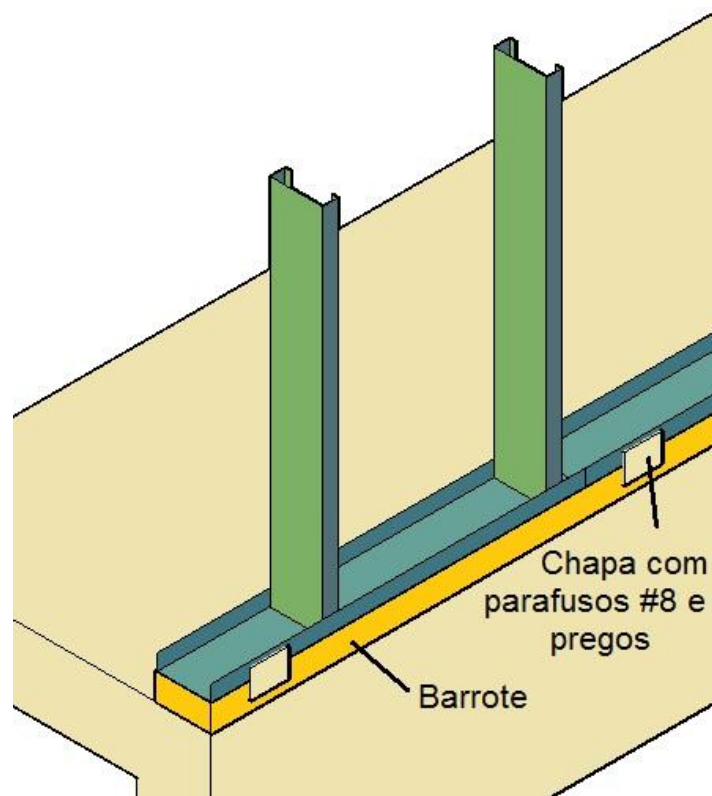


Figura 6.2 – Pormenores-tipo de uma parede estrutural (alçado)



**Figura 6.3** – Pormenor de fixação de parede a fundação em betão

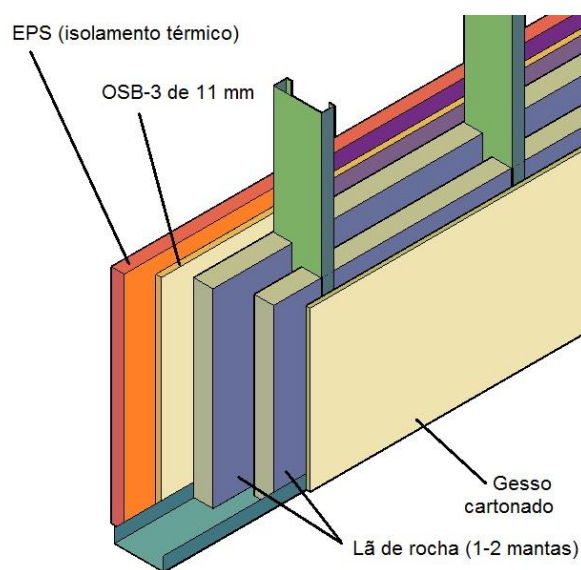


**Figura 6.4** – Pormenor de fixação de parede a barrote de madeira no contorno

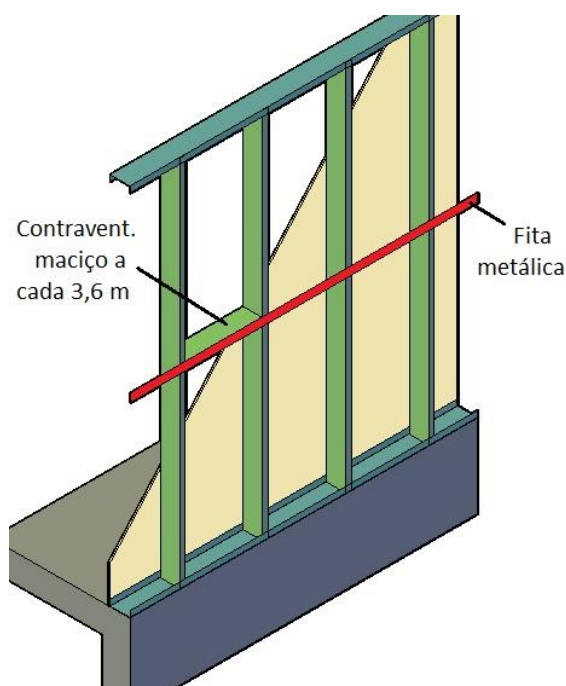
O contraventamento destas paredes deverá ser obtido de uma das seguintes formas:

1. Gesso cartonado ou OSB, em ambas as faces, conforme a tabela 6.14.
2. Fitas metálicas em ambas as faces a 1/2 da altura, para altura dos montantes até 2,4 m, e a 1/3 e 2/3 da altura, até 3 m. Deverão ser utilizados parafusos #8 e acrescentado travamento com o próprio perfil metálico a cada 3,6 m, no máximo, conforme a figura 6.7.
3. Gesso cartonado ou OSB numa face e fita metálica na outra, incluindo travamento idêntico ao do caso anterior, conforme a figura 6.6.

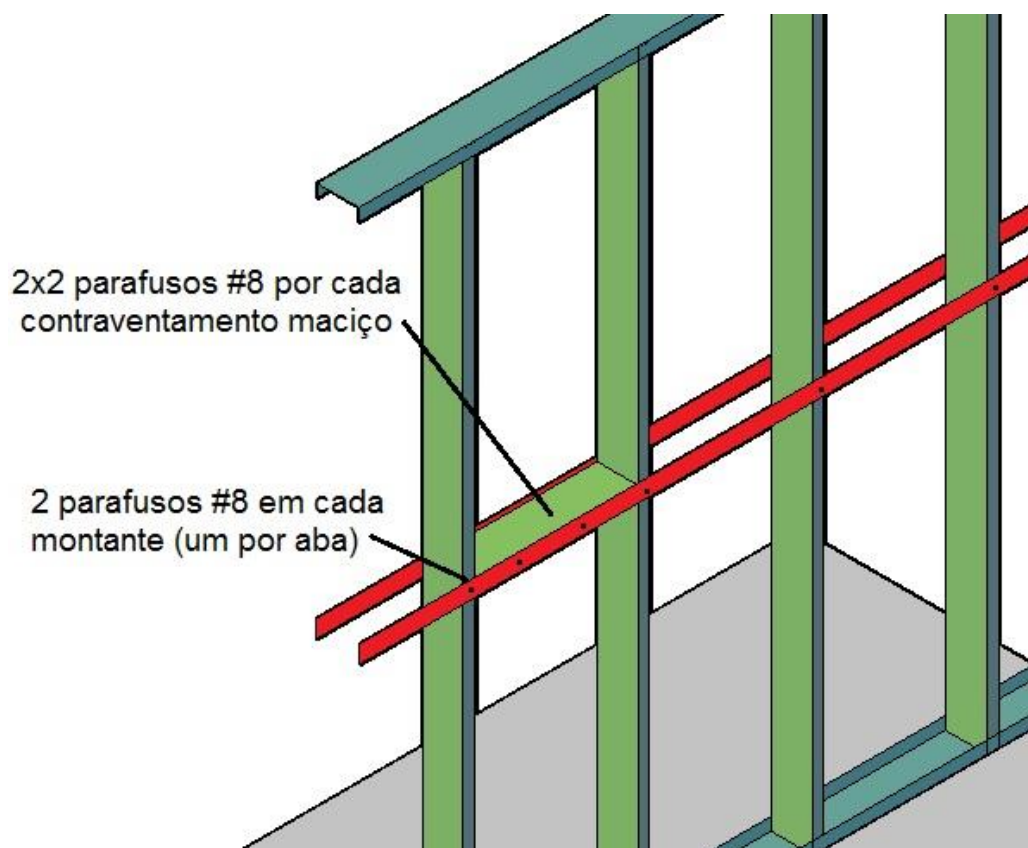
As paredes exteriores (ver estrutura típica na Figura 6.5) têm sempre pelo menos um diafragma estrutural, pelo que não usam a solução (2)



**Figura 6.5** – Estrutura típica de parede exterior

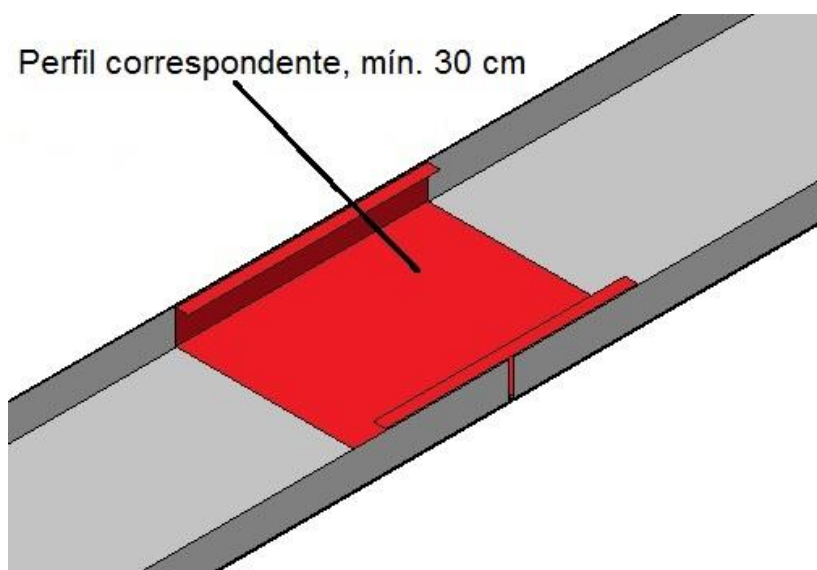


**Figura 6.6** – Contraventamento com fita numa das faces e revestimento na outra



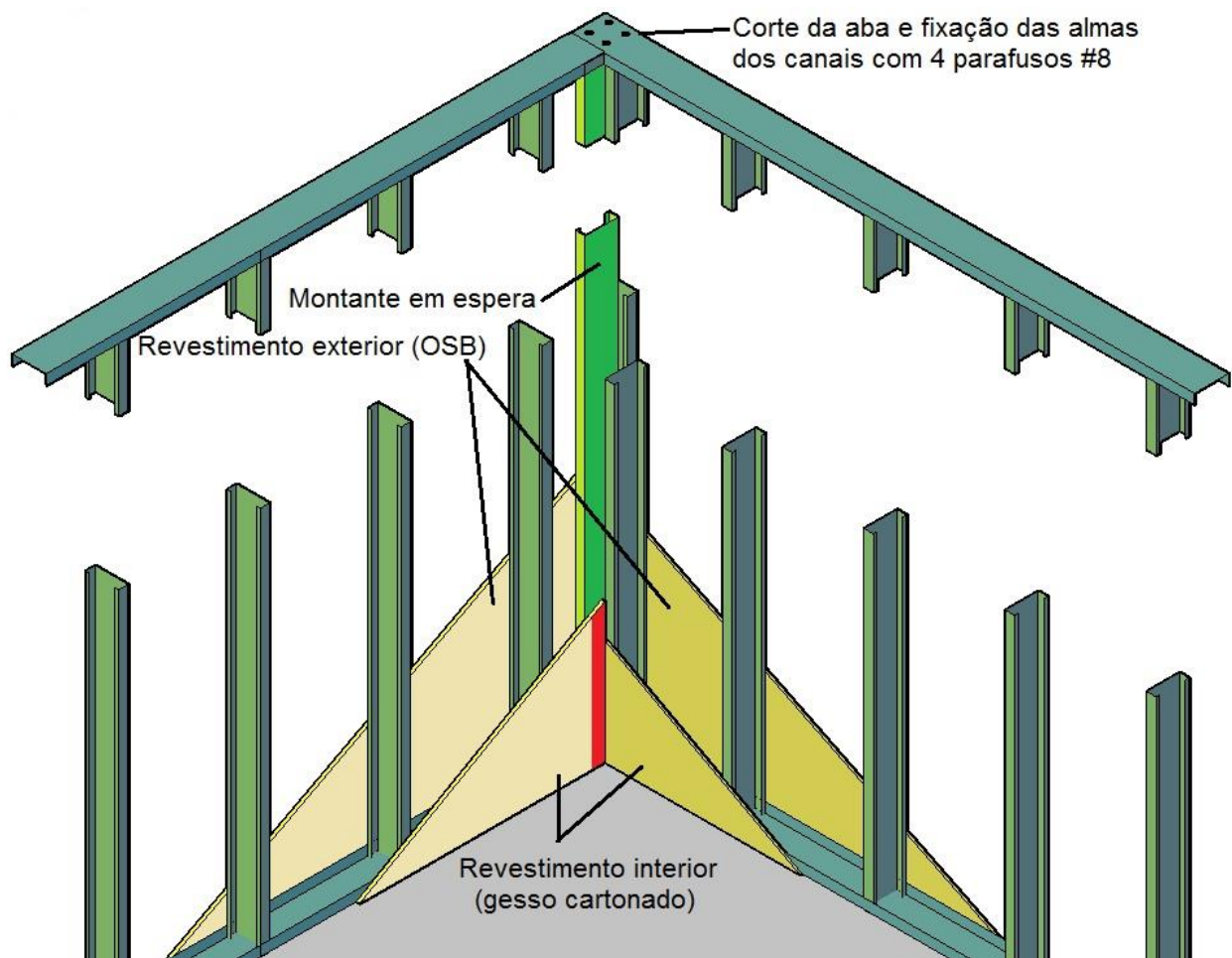
**Figura 6.7** – Contraventamento com duas fitas metálicas

Excetuando os vãos de portas e janelas aqui previstos, os montantes não deverão ser interrompidos. As emendas de canais deverão ser executadas conforme a figura 6.8, e as esquinas conforme a figura 6.9



**Figura 6.8** – Emenda de canal (semelhante à emenda de viga do contorno, fig. 5.15)

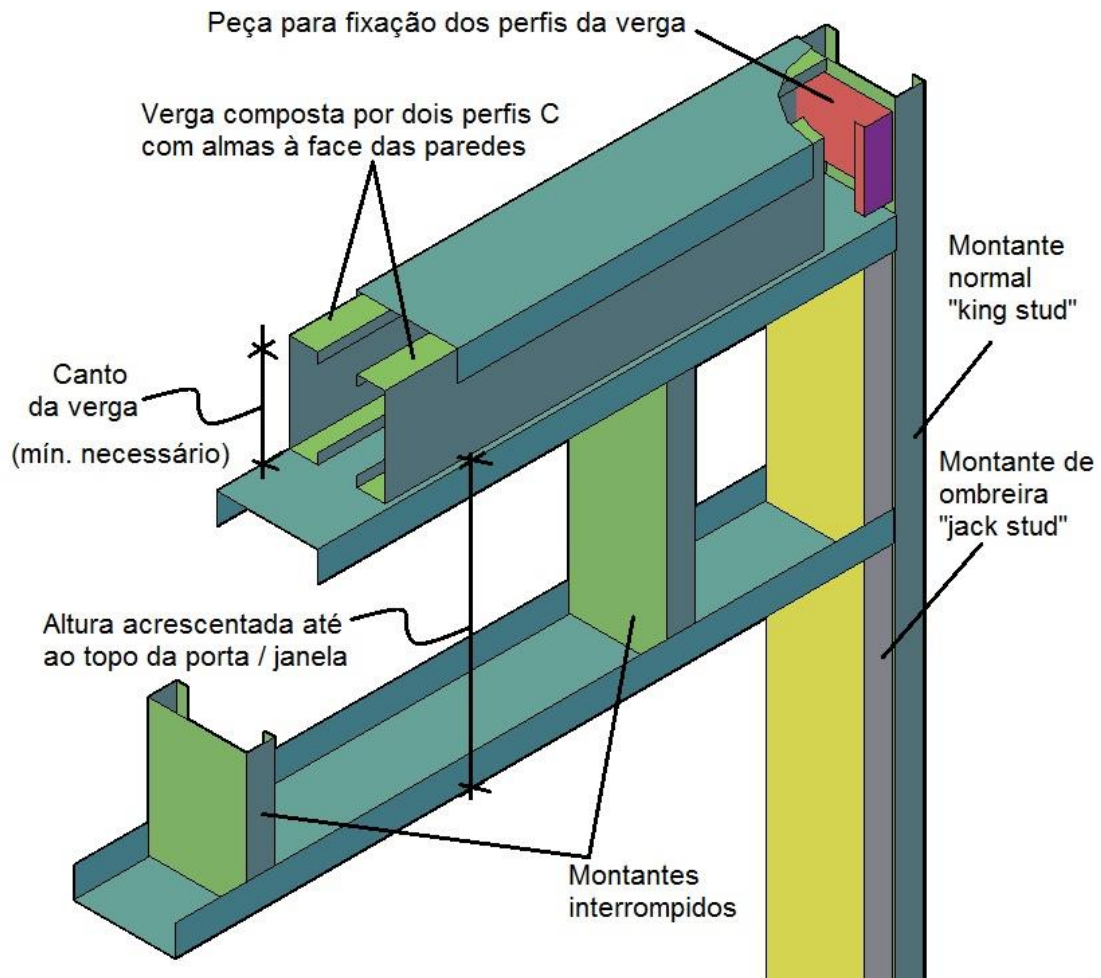




**Figura 6.9** – Pormenor de esquina (o montante em espera permite fixar o revestimento interior na área assinalada).

O modo correto de executar vergas e peitoris está descrito mais adiante. No entanto, interessa salientar que as paredes não estruturais dispensam a construção de vergas resistentes sobre as portas (de um modo geral as paredes não estruturais são interiores, pelo que não há janelas) , bem como uso de montantes extra, normais ou de ombreira.

As vergas “em caixa” deverão ser executadas conforme descrito na figura 6.10 e tabelas 6.15 a 6.17. Em alternativa podem também ser usadas versões “back-to-back” ou com cantoneira assimétrica (perfil L)



**Figura 6.10** – Verga em caixa.

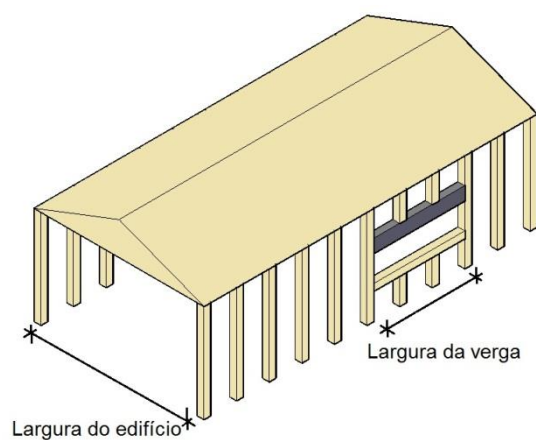
Na figura 6.10, os montantes interrompidos não são estruturais, podendo ser usada chapa de espessura inferior, ou perfis metálicos para gesso cartonado. A carga aplicada ao canal superior pode distribuir-se de modo assimétrico pelos dois perfis afastados da verga, reduzindo a capacidade resistente

**Tabela 6.14** – Fixações

Ligação	Parafusos	Espaçamento
Montante / Canais inf. e sup.	2 x #8	Em cada aba do perfil
Revestimento de OSB	#8 de embeber cabeça ≥ 8 mm	15 cm no contorno 30 cm em apoios intermédios
Gesso cartonado	#6	30 cm

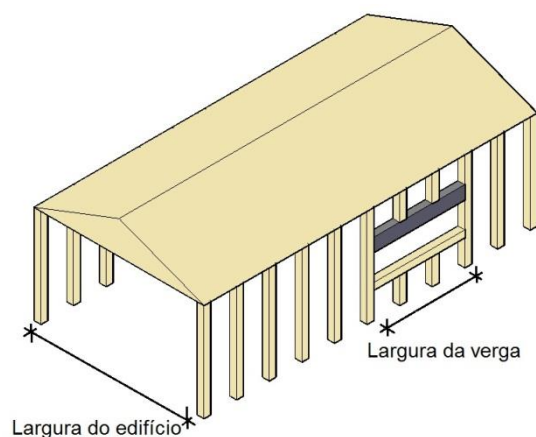
**Tabela 6.15a** – Vãos admissíveis em vergas que suportem apenas cargas do teto e cobertura. Aço S235

Verga	sobrecarga de neve 1,0 kN/m <sup>2</sup>				sobrecarga de neve 1,4 kN/m <sup>2</sup>			
	largura do edifício (m)				largura do edifício (m)			
	7,3	8,5	9,8	11	7,3	8,5	9,8	11
C90 / 0,8	1,19	1,12	1,04	0,99	1,12	1,04	0,97	0,86
C90 / 1,1	1,45	1,35	1,27	1,22	1,35	1,27	1,19	1,14
C90 / 1,4	1,63	1,52	1,45	1,37	1,52	1,42	1,35	1,27
C90 / 1,7	1,83	1,70	1,60	1,52	1,70	1,60	1,50	1,42
C90 / 2,5	2,16	2,03	1,91	1,80	2,03	1,88	1,78	1,70
C140 / 0,8	1,19	1,04	0,91	0,84	1,04	0,91	0,81	0,74
C140 / 1,1	1,96	1,83	1,73	1,65	1,83	1,73	1,63	1,52
C140 / 1,4	2,21	2,08	1,96	1,85	2,06	1,93	1,83	1,73
C140 / 1,7	2,49	2,34	2,18	2,08	2,31	2,18	2,06	1,93
C140 / 2,5	2,97	2,77	2,62	2,49	2,77	2,59	2,44	2,31
C200 / 0,8	0,91	0,81	0,71	0,64	0,79	0,69	-	-
C200 / 1,1	2,03	1,78	1,57	1,42	1,78	1,55	1,37	1,24
C200 / 1,4	2,90	2,69	2,54	2,41	2,69	2,51	2,36	2,26
C200 / 1,7	3,25	3,05	2,87	2,72	3,02	2,84	2,67	2,54
C200 / 2,5	3,91	3,63	3,43	3,25	3,63	3,40	3,20	3,05
C250 / 1,1	1,70	1,47	1,32	1,19	1,47	1,30	1,14	1,04
C250 / 1,4	3,20	2,95	2,62	2,36	2,95	2,57	2,29	2,06
C250 / 1,7	3,84	3,58	3,38	3,20	3,58	3,35	3,15	3,00
C250 / 2,5	4,62	4,32	4,06	3,86	4,29	4,01	3,78	3,61
C300 / 1,1	1,45	1,27	1,12	1,02	1,27	1,12	0,99	0,89
C300 / 1,4	2,90	2,51	2,24	2,01	2,51	2,21	1,96	1,75
C300 / 1,7	4,09	3,84	3,61	3,43	3,81	3,58	3,38	3,20
C300 / 2,5	5,31	4,95	4,67	4,45	4,95	4,62	4,37	4,14



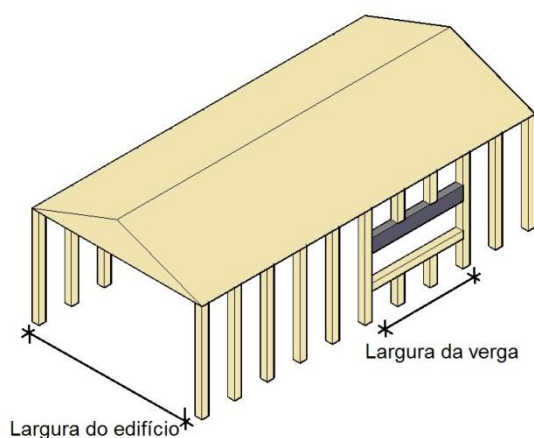
**Tabela 6.15b** – Vãos admissíveis em vergas que suportem apenas cargas do teto e cobertura. Aço S235

Verga	sobrecarga de neve 2,4 kN/m <sup>2</sup>				sobrecarga de neve 3,4 kN/m <sup>2</sup>			
	largura do edifício (m)				largura do edifício (m)			
	7,3	8,5	9,8	11	7,3	8,5	9,8	11
C90 / 0,8	0,91	0,79	0,71	0,64	0,71	0,64	-	-
C90 / 1,1	1,17	1,09	1,02	0,97	1,04	0,97	0,91	0,84
C90 / 1,4	1,30	1,22	1,14	1,09	1,17	1,09	1,02	0,97
C90 / 1,7	1,47	1,37	1,30	1,22	1,30	1,22	1,14	1,09
C90 / 2,5	1,73	1,63	1,52	1,45	1,55	1,45	1,35	1,30
C140 / 0,8	0,76	0,66	-	-	-	-	-	-
C140 / 1,1	1,57	1,47	1,32	1,19	1,35	1,17	1,04	0,94
C140 / 1,4	1,78	1,65	1,55	1,47	1,57	1,47	1,40	1,32
C140 / 1,7	1,98	1,85	1,75	1,68	1,78	1,65	1,55	1,47
C140 / 2,5	2,39	2,21	2,08	1,96	2,11	1,98	1,85	1,75
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C200 / 1,1	1,30	1,14	1,02	0,91	1,02	0,89	0,79	0,71
C200 / 1,4	2,31	2,16	2,01	1,80	2,06	1,78	1,60	1,42
C200 / 1,7	2,59	2,44	2,29	2,18	2,31	2,16	2,03	1,93
C200 / 2,5	3,12	2,92	2,74	2,62	2,77	2,59	2,44	2,31
C250 / 1,1	1,09	0,94	0,84	0,76	0,86	0,76	0,66	-
C250 / 1,4	2,16	1,88	1,68	1,50	1,70	1,50	1,32	1,19
C250 / 1,7	3,07	2,87	2,69	2,57	2,72	2,54	2,41	2,29
C250 / 2,5	3,68	3,45	3,25	3,07	3,28	3,07	2,90	2,74
C300 / 1,1	0,94	0,81	0,71	0,66	0,74	0,64	-	-
C300 / 1,4	1,85	1,63	1,45	1,30	1,47	1,27	1,14	1,02
C300 / 1,7	3,28	3,07	2,90	2,59	2,92	2,57	2,29	2,06
C300 / 2,5	4,24	3,96	3,73	3,56	3,78	3,53	3,33	3,15



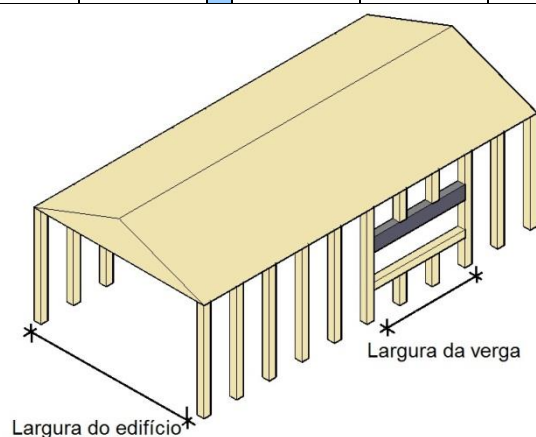
**Tabela 6.16a** – Vãos admissíveis em vergas que suportam cargas de 1 piso, teto e cobertura. Piso térreo de edifício de 2 pisos. Carga aplicada apenas nas paredes. Aço S235

Verga	sobrecarga de neve 1,0 kN/m <sup>2</sup>				sobrecarga de neve 1,4 kN/m <sup>2</sup>			
	largura do edifício (m)				largura do edifício (m)			
	7,3	8,5	9,8	11	7,3	8,5	9,8	11
C90 / 0,8	0,69	-	-	-	0,66	-	-	-
C90 / 1,1	1,02	0,94	0,89	0,84	0,99	0,94	0,89	0,81
C90 / 1,4	1,14	1,07	1,02	0,97	1,12	1,07	0,99	0,94
C90 / 1,7	1,27	1,19	1,14	1,07	1,24	1,22	1,12	1,07
C90 / 2,5	1,50	1,42	1,35	1,27	1,50	1,40	1,32	1,27
C140 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C140 / 1,1	1,27	1,14	1,02	0,91	1,24	1,12	0,99	0,91
C140 / 1,4	1,55	1,45	1,37	1,30	1,52	1,42	1,35	1,30
C140 / 1,7	1,73	1,63	1,55	1,47	1,70	1,60	1,52	1,45
C140 / 2,5	2,06	1,93	1,83	1,75	2,03	1,93	1,83	1,73
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C200 / 1,1	0,99	0,86	0,79	0,71	0,97	0,84	0,76	0,69
C200 / 1,4	1,96	1,73	1,55	1,40	1,91	1,70	1,52	1,37
C200 / 1,7	2,26	2,13	2,01	1,93	2,24	2,11	1,98	1,91
C200 / 2,5	2,72	2,54	2,41	2,31	2,67	2,51	2,39	2,26
C250 / 1,1	0,81	0,74	0,66	0,61	0,81	0,71	0,64	0,61
C250 / 1,4	1,63	1,45	1,30	1,17	1,60	1,42	1,27	1,14
C250 / 1,7	2,67	2,51	2,39	2,26	2,64	2,49	2,34	2,24
C250 / 2,5	3,20	3,02	2,84	2,72	3,18	2,97	2,82	2,69
C300 / 1,1	0,71	0,64	-	-	0,69	-	-	-
C300 / 1,4	1,40	1,24	1,12	1,02	1,37	1,22	1,09	0,99
C300 / 1,7	2,82	2,49	2,24	2,03	2,74	2,44	2,18	1,98
C300 / 2,5	3,68	3,48	3,28	3,12	3,66	3,43	3,25	3,10



**Tabela 6.16b** – Vãos admissíveis em vergas que suportam cargas de 1 piso, teto e cobertura. Piso térreo de edifício de 2 pisos. Carga aplicada apenas nas paredes. Aço S235

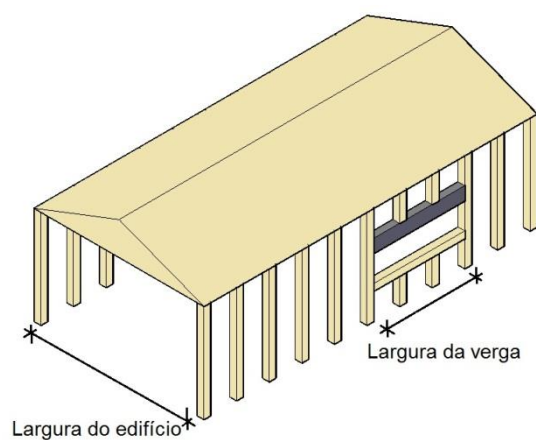
Verga	sobrecarga de neve 2,4 kN/m <sup>2</sup>				sobrecarga de neve 3,4 kN/m <sup>2</sup>			
	largura do edifício (m)				largura do edifício (m)			
	7,3	8,5	9,8	11	7,3	8,5	9,8	11
C90 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C90 / 1,1	0,94	0,89	0,81	0,74	0,86	0,76	0,69	0,64
C90 / 1,4	1,07	0,99	0,94	0,91	0,99	0,91	0,86	0,84
C90 / 1,7	1,19	1,12	1,07	1,02	1,09	1,04	0,97	0,94
C90 / 2,5	1,42	1,32	1,27	1,19	1,30	1,22	1,17	1,09
C140 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C140 / 1,1	1,12	0,99	0,89	0,81	0,97	0,84	0,76	0,69
C140 / 1,4	1,45	1,37	1,30	1,22	1,32	1,24	1,19	1,12
C140 / 1,7	1,63	1,52	1,45	1,37	1,50	1,40	1,32	1,27
C140 / 2,5	1,93	1,83	1,73	1,65	1,78	1,68	1,60	1,50
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C200 / 1,1	0,86	0,76	0,69	-	0,74	0,66	-	-
C200 / 1,4	1,73	1,52	1,37	1,24	1,47	1,30	1,17	1,04
C200 / 1,7	2,13	2,01	1,88	1,80	1,96	1,83	1,73	1,65
C200 / 2,5	2,54	2,39	2,26	2,16	2,34	2,21	2,08	1,98
C250 / 1,1	0,71	0,64	-	-	-	-	-	-
C250 / 1,4	1,45	1,27	1,14	1,04	1,22	1,07	0,97	1,17
C250 / 1,7	2,51	2,36	2,24	2,08	2,31	2,16	1,96	1,75
C250 / 2,5	3,00	2,82	2,67	2,54	2,77	2,62	2,46	2,34
C300 / 1,1	-	-	-	-	-	-	-	-
C300 / 1,4	1,22	1,09	0,97	0,89	1,04	0,91	0,84	0,74
C300 / 1,7	2,49	2,18	1,96	1,78	2,11	1,85	1,68	1,50
C300 / 2,5	3,45	3,25	3,07	2,95	3,20	2,74	2,84	2,69





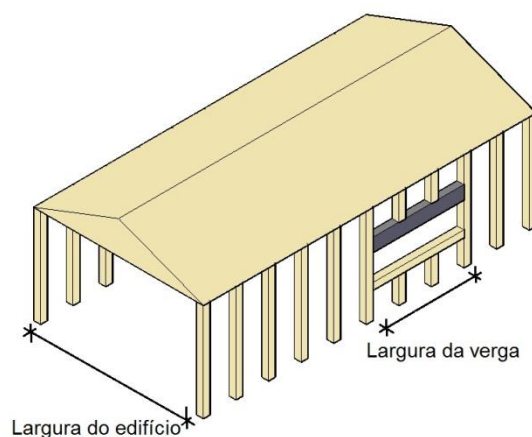
**Tabela 6.17a** – Vãos admissíveis em vergas que suportam cargas de 1 piso, teto e cobertura. Piso térreo de edifício de 2 pisos. Carga aplicada nas paredes e em viga a 1/2 vão. Aço S235

Verga	sobrecarga de neve 1,0 kN/m <sup>2</sup>				sobrecarga de neve 1,4 kN/m <sup>2</sup>			
	largura do edifício (m)				largura do edifício (m)			
	7,3	8,5	9,8	11	7,3	8,5	9,8	11
C90 / 0,8	0,86	0,76	0,69	-	0,79	0,69	-	-
C90 / 1,1	1,14	1,07	1,02	0,97	1,09	1,02	0,97	0,91
C90 / 1,4	1,27	1,22	1,14	1,09	1,22	1,14	1,09	1,04
C90 / 1,7	1,42	1,35	1,27	1,22	1,37	1,27	1,22	1,17
C90 / 2,5	1,68	1,60	1,52	1,45	1,60	1,52	1,45	1,37
C140 / 0,8	0,74	0,66	-	-	0,66	-	-	-
C140 / 1,1	1,07	1,55	1,45	1,30	1,47	1,30	1,17	1,07
C140 / 1,4	1,73	1,63	1,55	1,47	1,65	1,55	1,47	1,40
C140 / 1,7	1,96	1,83	1,75	1,68	1,85	1,75	1,65	1,57
C140 / 2,5	2,34	2,18	2,08	1,98	2,21	2,08	1,98	1,88
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C200 / 1,1	1,27	1,12	0,99	0,91	1,12	0,99	0,89	0,81
C200 / 1,4	2,26	2,13	1,98	1,83	2,16	1,98	1,78	1,63
C200 / 1,7	2,54	2,41	2,29	2,16	2,41	2,29	2,16	2,06
C200 / 2,5	3,05	2,97	2,74	2,59	2,90	2,74	2,59	2,46
C250 / 1,1	1,04	0,91	0,84	0,76	0,94	0,84	0,76	0,69
C250 / 1,4	2,08	1,83	1,68	1,52	1,88	1,65	1,50	1,35
C250 / 1,7	3,00	2,84	2,69	2,57	2,84	2,69	2,54	2,44
C250 / 2,5	3,61	3,40	3,23	3,07	3,43	3,23	3,07	2,92
C300 / 1,1	0,89	0,79	0,71	0,64	0,81	0,71	-	-
C300 / 1,4	1,78	1,57	1,42	1,30	1,60	1,42	1,27	1,17
C300 / 1,7	3,20	3,05	2,87	2,59	3,05	2,87	2,57	2,34
C300 / 2,5	4,17	3,91	3,71	3,56	3,96	3,71	3,53	3,38



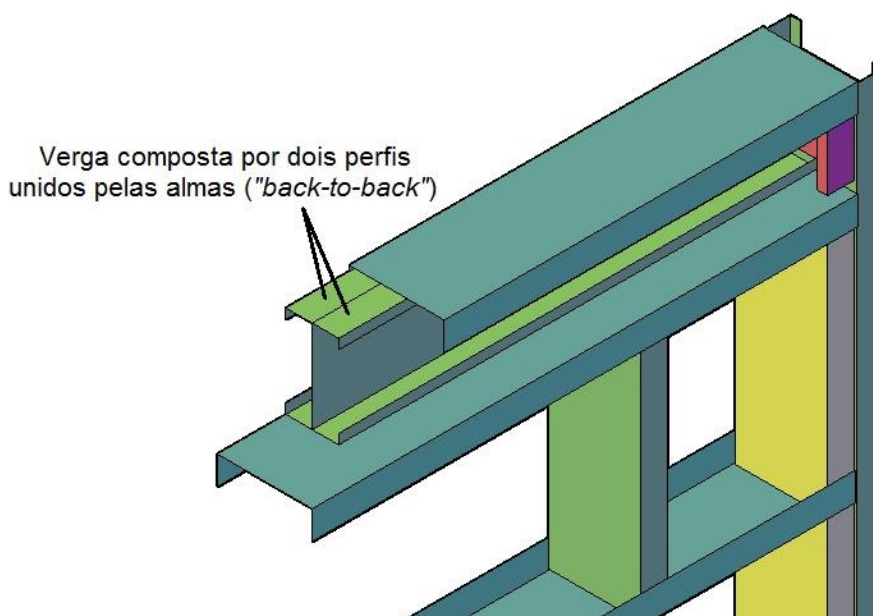
**Tabela 6.17b** – Vãos admissíveis em vergas que suportam cargas de 1 piso, teto e cobertura. Piso térreo de edifício de 2 pisos. Carga aplicada nas paredes e em viga a 1/2 vão. Aço S235

Verga	sobrecarga de neve 2,4 kN/m <sup>2</sup>				sobrecarga de neve 3,4 kN/m <sup>2</sup>			
	largura do edifício (m)				largura do edifício (m)			
	7,3	8,5	9,8	11	7,3	8,5	9,8	11
C90 / 0,8	0,66	-	-	-	-	-	-	-
C90 / 1,1	0,99	0,94	0,89	0,81	0,91	0,84	0,76	0,69
C90 / 1,4	1,12	1,04	0,99	0,94	1,04	0,97	0,91	0,86
C90 / 1,7	1,24	1,17	1,12	1,07	1,14	1,09	1,02	0,97
C90 / 2,5	1,47	1,40	1,32	1,24	1,37	1,30	1,22	1,17
C140 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C140 / 1,1	1,22	1,09	0,97	0,89	1,04	0,94	0,84	0,76
C140 / 1,4	1,50	1,42	1,35	1,27	1,40	1,32	1,24	1,19
C140 / 1,7	1,70	1,60	1,50	1,45	1,57	1,47	1,40	1,32
C140 / 2,5	2,03	1,91	1,80	1,70	1,88	1,75	1,68	1,57
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C200 / 1,1	0,94	0,84	0,74	-	0,81	0,71	-	-
C200 / 1,4	1,88	1,65	1,50	1,35	1,60	1,42	1,27	1,14
C200 / 1,7	2,21	2,08	1,98	1,88	2,06	1,93	1,83	1,73
C200 / 2,5	2,64	2,49	2,36	2,26	2,46	2,31	2,18	2,08
C250 / 1,1	0,79	0,69	0,64	-	0,69	-	-	-
C250 / 1,4	1,55	1,37	1,24	1,12	1,35	1,19	1,07	0,97
C250 / 1,7	2,62	2,46	2,34	2,21	2,41	2,29	2,13	1,93
C250 / 2,5	3,12	2,95	2,79	2,67	2,90	2,74	2,59	2,46
C300 / 1,1	0,69	-	-	-	-	-	-	-
C300 / 1,4	1,35	1,19	1,07	0,97	1,14	1,02	0,91	0,81
C300 / 1,7	2,69	2,39	2,13	1,93	2,31	2,06	1,83	1,65
C300 / 2,5	3,61	3,40	3,23	3,07	3,35	3,15	2,97	2,84



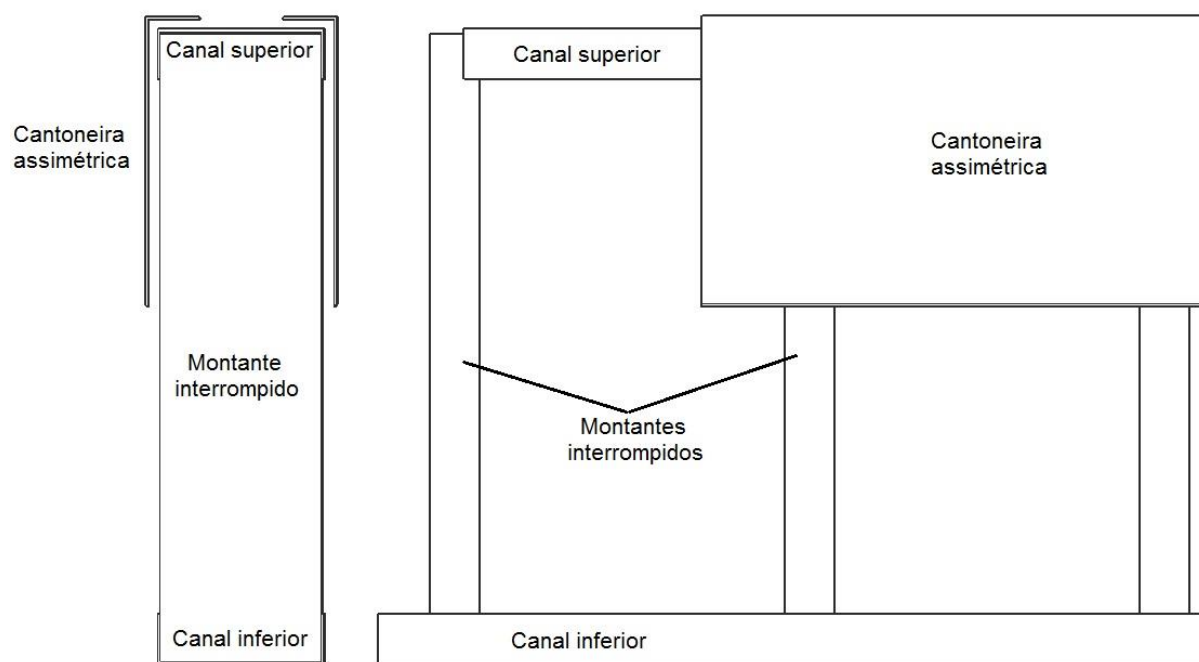
Estas tabelas fornecem valores máximos para o comprimento dos vãos em função de uma sobrecarga de neve, uma situação pouco frequente em Portugal. Na adaptação destes valores para o

nosso país, é necessário ter em conta que os telhados portugueses costumam ter ripas e telhas cerâmicas em vez do “shingle” asfáltico, sendo por isso bastante mais pesados por m<sup>2</sup> em planta. As vergas “back-to-back” deverão ser executadas conforme a figura 6.11 e tabelas 6.15 a 6.17. Em relação às vergas “em caixa”, há que acrescentar o uso de clips (cantoneira) de 5 x 5 cm e espessura não inferior à dos montantes.



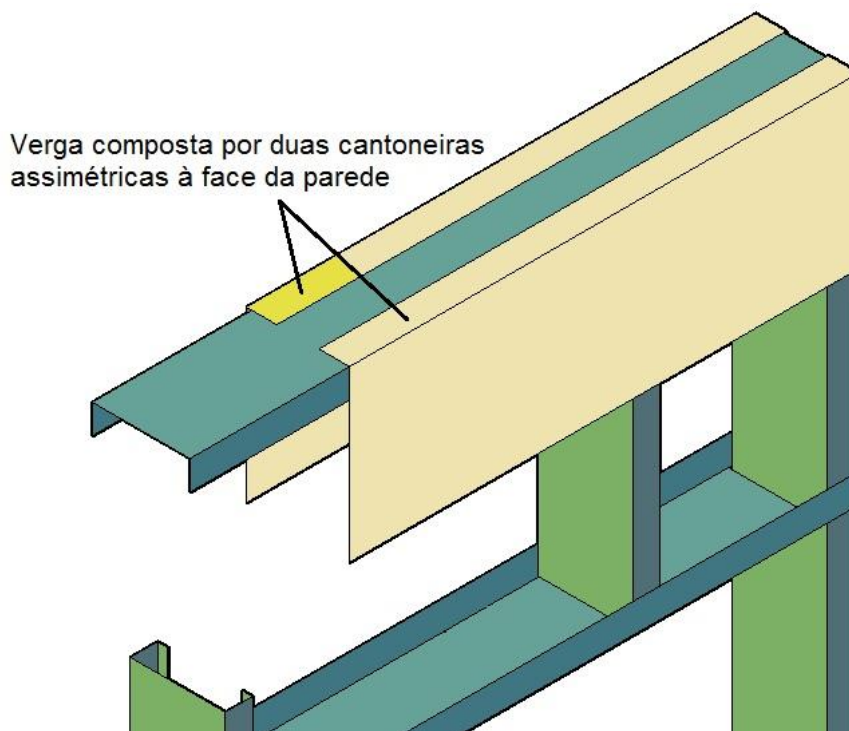
**Figura 6.11** – Verga “back-to-back”. A carga distribui-se melhor entre os dois perfis solidarizados da verga (mesmo não estando centrada). Também neste caso os perfis interrompidos não são estruturais.

As vergas em cantoneira assimétrica em L deverão ser executadas conforme as figuras 6.12 e 6.13, e as tabelas 6.20 a 6.35



**Figura 6.12** – Verga em dupla cantoneira, secção e vista de lado

Embora a cantoneira seja mais suscetível de fletir que os perfis C e U, neste caso está fixa aos perfis interrompidos, e por via desta ligação mobiliza forçosamente alguma resistência dos mesmos (que aliás são maiores) e do canal subjacente. Independentemente do tipo de verga, esta deverá ser solidarizada com os montantes dos extremos conforme a tabela 6.19. O número mínimo de montantes consta da tabela 6.18.



**Figura 6.13** – Verga em dupla cantoneira. A cantoneira sobrepõe-se aos montantes interrompidos e fixa-se aos mesmos, tornando-os assim estruturais. Também se deverá sobrepor, pelo menos, ao primeiro montante de cada extremo do vão.

**Tabela 6.18** – Montantes necessários nos extremos de um vão (normais e de ombreira)

Vão	Espaçamento 60 cm		Espaçamento 40 cm	
	Ombreira	Normais	Ombreira	Normais
Até 1,07 m	1	1	1	1
De 1,08 até 1,52 m	1	2	1	2
De 1,53 até 1,68 m	1	2	2	2
De 1,69 até 2,44 m	1	2	2	2
De 2,45 até 3,2 m	2	2	2	3
De 3,21 até 3,66 m	2	2	3	3
De 3,67 até 3,96 m	2	3	3	3
De 3,97 até 4,27 m	2	3	3	4
De 4,28 até 4,88 m	2	3	3	4
Mais de 4,88 m	3	3	4	4

**Tabela 6.19** – Requisitos mínimos de fixação (número e tipo de parafusos) da verga ao montante

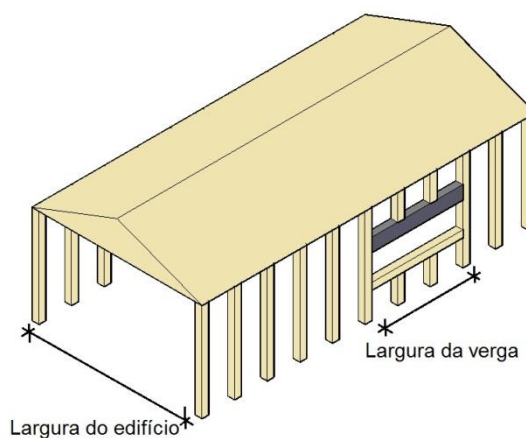
Vão	Velocidade do vento, exposição e zona sísmica		
	113 km/h exp Zona A	144 km/h exp Zona A	144 km/h exp Zona C
	Zonas B-D	113 km/h exp Zona B	
Até 1,22 m	4 x #8	4 x #8	6 x #8
De 1,23 até 2,44 m	4 x #8	4 x #8	8 x #8
De 2,45 até 3,66 m	4 x #8	6 x #8	10 x #8
De 3,67 até 4,88 m	4 x #8	8 x #8	12 x #8

**Tabela 6.20** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas submetidas apenas a cargas de teto e cobertura. Edifício de 7,3 m

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	1,47	1,42	1,32	1,22	1,12	1,04	0,97
2 x L150x40 / 1,4	1,68	1,63	1,47	1,37	1,27	1,17	1,12
2 x L150x40 / 1,7	1,91	1,85	1,70	1,55	1,45	1,35	1,27
2 x L200x40 / 1,1	1,93	1,88	1,63	1,57	1,45	1,35	1,27
2 x L200x40 / 1,4	2,21	2,11	2,03	1,80	1,65	1,55	1,45
2 x L200x40 / 1,7	2,49	2,41	2,21	2,03	1,88	1,75	1,65
2 x L250x40 / 1,1	2,13	2,06	1,88	1,75	1,60	1,50	1,40
2 x L250x40 / 1,4	2,72	2,62	2,13	1,98	1,83	1,70	1,60
2 x L250x40 / 1,7	3,07	2,95	2,72	2,24	2,06	1,93	1,80

**Tabela 6.21** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas submetidas apenas a cargas de teto e cobertura. Edifício de 8,5 m

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	1,37	1,32	1,22	1,14	1,04	0,97	0,91
2 x L150x40 / 1,4	1,57	1,50	1,37	1,27	1,17	1,09	1,04
2 x L150x40 / 1,7	1,78	1,73	1,57	1,45	1,35	1,24	1,17
2 x L200x40 / 1,1	1,80	1,73	1,60	1,47	1,37	1,27	1,19
2 x L200x40 / 1,4	2,06	1,98	1,80	1,68	1,55	1,45	1,35
2 x L200x40 / 1,7	2,34	2,24	2,06	1,91	1,75	1,63	1,52
2 x L250x40 / 1,1	2,01	1,93	1,75	1,63	1,50	1,40	1,32
2 x L250x40 / 1,4	2,26	2,18	2,01	1,85	1,70	1,57	1,50
2 x L250x40 / 1,7	2,87	2,74	2,26	2,08	1,93	1,80	1,70

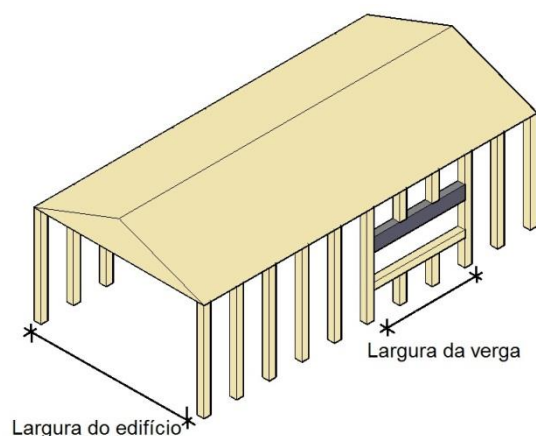


**Tabela 6.22** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas submetidas apenas a cargas de teto e cobertura. Edifício de 9,1 m

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	1,35	1,45	1,19	1,09	1,02	0,94	0,89
2 x L150x40 / 1,4	1,52	1,50	1,35	1,24	1,14	1,07	0,99
2 x L150x40 / 1,7	1,73	1,55	1,52	1,42	1,30	1,22	1,14
2 x L200x40 / 1,1	1,75	1,55	1,55	1,42	1,32	1,22	1,17
2 x L200x40 / 1,4	1,98	1,91	1,75	1,63	1,50	1,40	1,32
2 x L200x40 / 1,7	2,26	2,29	1,98	1,85	1,70	1,57	1,50
2 x L250x40 / 1,1	1,93	1,96	1,70	1,57	1,45	1,35	1,27
2 x L250x40 / 1,4	2,18	2,06	1,93	1,78	1,65	1,55	1,45
2 x L250x40 / 1,7	2,77	2,51	2,18	2,03	1,88	1,75	1,65

**Tabela 6.23** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas submetidas apenas a cargas de teto e cobertura. Edifício de 9,8 m

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	1,30	1,24	1,14	1,07	0,99	0,91	0,86
2 x L150x40 / 1,4	1,47	1,42	1,30	1,19	1,12	1,04	0,97
2 x L150x40 / 1,7	1,68	1,63	1,47	1,37	1,27	1,17	1,12
2 x L200x40 / 1,1	1,70	1,63	1,50	1,40	1,30	1,19	1,12
2 x L200x40 / 1,4	1,93	1,85	1,70	1,57	1,45	1,35	1,27
2 x L200x40 / 1,7	2,18	2,11	1,93	1,80	1,65	1,55	1,45
2 x L250x40 / 1,1	1,88	1,80	1,65	1,55	1,42	1,32	1,24
2 x L250x40 / 1,4	2,13	2,03	1,88	1,73	1,60	1,50	1,40
2 x L250x40 / 1,7	2,69	2,59	2,13	1,98	1,83	1,70	1,60



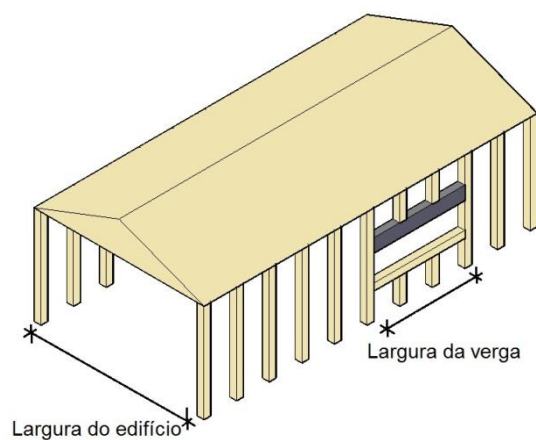


**Tabela 6.24** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas submetidas apenas a cargas de teto e cobertura. Edifício de 10,4 m

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	1,27	1,22	1,12	1,04	0,97	0,89	0,84
2 x L150x40 / 1,4	1,42	1,37	1,27	1,17	1,09	1,02	0,94
2 x L150x40 / 1,7	1,63	1,57	1,45	1,35	1,24	1,14	1,09
2 x L200x40 / 1,1	1,65	1,60	1,47	1,35	1,24	1,17	1,09
2 x L200x40 / 1,4	1,88	1,80	1,65	1,52	1,42	1,32	1,24
2 x L200x40 / 1,7	2,13	2,06	1,88	1,75	1,60	1,80	1,40
2 x L250x40 / 1,1	1,83	1,75	1,60	1,50	1,37	1,30	1,22
2 x L250x40 / 1,4	2,06	1,98	1,83	1,70	1,55	1,45	1,37
2 x L250x40 / 1,7	2,62	2,26	2,06	1,93	1,78	1,65	1,55

**Tabela 6.25** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas submetidas apenas a cargas de teto e cobertura. Edifício de 11 m

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	1,22	1,19	1,09	1,02	0,94	0,86	0,81
2 x L150x40 / 1,4	1,40	1,35	1,22	1,14	1,04	0,99	0,91
2 x L150x40 / 1,7	1,57	1,52	1,40	1,30	1,19	1,12	1,04
2 x L200x40 / 1,1	1,60	1,55	1,42	1,32	1,22	1,14	1,07
2 x L200x40 / 1,4	1,83	1,75	1,60	1,50	1,37	1,30	1,22
2 x L200x40 / 1,7	2,06	1,98	1,83	1,70	1,57	1,45	1,37
2 x L250x40 / 1,1	1,78	1,70	1,57	1,45	1,35	1,24	1,17
2 x L250x40 / 1,4	2,01	1,93	1,78	1,65	1,52	1,42	1,32
2 x L250x40 / 1,7	2,54	2,18	2,01	1,88	1,73	1,60	1,50

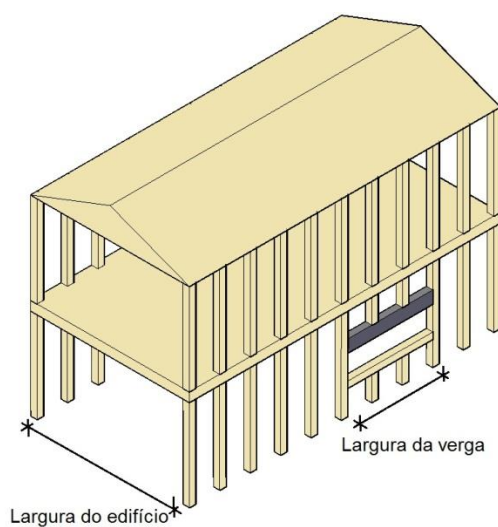


**Tabela 6.26** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas. Cargas de 1 piso, teto e cobertura (piso térreo de edifício de 2 pisos). Edifício de 7,3 m.

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	0,99	0,97	0,91	0,89	0,86	0,84	0,81
2 x L150x40 / 1,4	1,12	1,09	1,04	1,02	0,97	0,94	0,91
2 x L150x40 / 1,7	1,27	1,24	1,19	1,14	1,12	1,07	1,04
2 x L200x40 / 1,1	1,30	1,27	1,22	1,17	1,12	1,09	1,07
2 x L200x40 / 1,4	1,45	1,42	1,37	1,32	1,27	1,24	1,19
2 x L200x40 / 1,7	1,65	1,63	1,55	1,50	1,45	1,40	1,37
2 x L250x40 / 1,1	1,42	1,42	1,35	1,30	1,24	1,19	1,17
2 x L250x40 / 1,4	1,60	1,57	1,52	1,45	1,40	1,37	1,32
2 x L250x40 / 1,7	1,83	1,78	1,73	1,65	1,60	1,55	1,50

**Tabela 6.27** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas. Cargas de 1 piso, teto e cobertura (piso térreo de edifício de 2 pisos). Edifício de 8,5 m

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	0,91	0,91	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76
2 x L150x40 / 1,4	1,04	1,02	0,99	0,94	0,91	0,89	0,86
2 x L150x40 / 1,7	1,19	1,17	1,12	1,07	1,04	1,02	0,97
2 x L200x40 / 1,1	1,19	1,17	1,14	1,09	1,04	1,02	0,99
2 x L200x40 / 1,4	1,37	1,35	1,30	1,24	1,19	1,14	1,12
2 x L200x40 / 1,7	1,55	1,52	1,45	1,40	1,35	1,32	1,27
2 x L250x40 / 1,1	1,32	1,30	1,24	1,19	1,17	1,12	1,09
2 x L250x40 / 1,4	1,50	1,47	1,42	1,37	1,32	1,27	1,24
2 x L250x40 / 1,7	1,70	1,68	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40

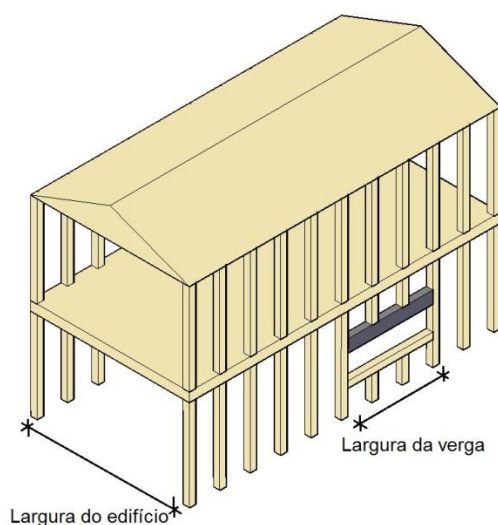


**Tabela 6.28** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas. Cargas de 1 piso, teto e cobertura (piso térreo de edifício de 2 pisos). Edifício de 9,1 m.

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	0,89	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74
2 x L150x40 / 1,4	1,02	0,99	0,94	0,91	0,89	0,86	0,84
2 x L150x40 / 1,7	1,14	1,12	1,09	1,04	1,02	0,97	0,94
2 x L200x40 / 1,1	1,17	1,14	1,09	1,07	1,02	0,99	0,97
2 x L200x40 / 1,4	1,32	1,30	1,24	1,19	1,17	1,12	1,09
2 x L200x40 / 1,7	1,50	1,47	1,42	1,37	1,32	1,27	1,24
2 x L250x40 / 1,1	1,30	1,27	1,22	1,17	1,12	1,09	1,07
2 x L250x40 / 1,4	1,45	1,42	1,37	1,32	1,27	1,24	1,19
2 x L250x40 / 1,7	1,65	1,63	1,55	1,50	1,45	1,40	1,35

**Tabela 6.29** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas. Cargas de 1 piso, teto e cobertura (piso térreo de edifício de 2 pisos). Edifício de 9,8 m

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74	0,71
2 x L150x40 / 1,4	0,99	0,97	0,91	0,89	0,86	0,84	0,81
2 x L150x40 / 1,7	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,94	0,91
2 x L200x40 / 1,1	1,14	1,12	1,07	1,02	0,99	0,97	0,94
2 x L200x40 / 1,4	1,27	1,27	1,22	1,17	1,12	1,09	1,07
2 x L200x40 / 1,7	1,45	1,42	1,37	1,32	1,27	1,24	1,19
2 x L250x40 / 1,1	1,24	1,22	1,17	1,14	1,09	1,07	1,02
2 x L250x40 / 1,4	1,42	1,40	1,32	1,30	1,24	1,19	1,17
2 x L250x40 / 1,7	1,60	1,57	1,50	1,45	1,40	1,37	1,32

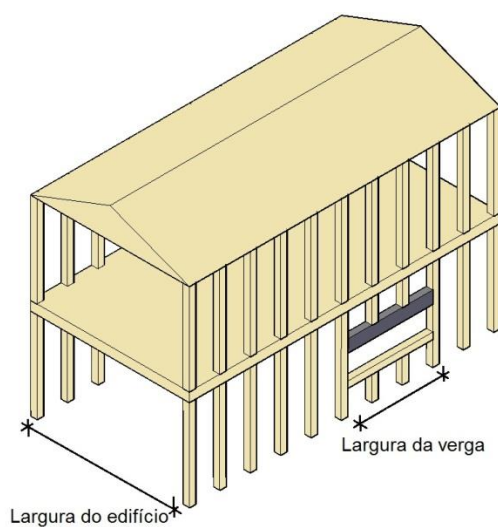


**Tabela 6.30** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas. Cargas de 1 piso, teto e cobertura (piso térreo de edifício de 2 pisos). Edifício de 10,4 m

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	0,84	0,84	0,79	0,76	0,74	0,71	0,69
2 x L150x40 / 1,4	0,94	0,94	0,89	0,86	0,84	0,81	0,79
2 x L150x40 / 1,7	1,09	1,07	1,02	0,99	0,97	0,91	0,89
2 x L200x40 / 1,1	1,09	1,09	1,04	0,99	0,97	0,94	0,91
2 x L200x40 / 1,4	1,24	1,22	1,17	1,14	1,09	1,07	1,02
2 x L200x40 / 1,7	1,42	1,40	1,35	1,30	1,24	1,19	1,17
2 x L250x40 / 1,1	1,22	1,19	1,14	1,09	1,07	1,04	0,99
2 x L250x40 / 1,4	1,37	1,35	1,30	1,24	1,19	1,17	1,14
2 x L250x40 / 1,7	1,55	1,52	1,47	1,42	1,37	1,32	1,30

**Tabela 6.31** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas. Cargas de 1 piso, teto e cobertura (piso térreo de edifício de 2 pisos). Edifício de 11 m

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	0,81	0,81	0,76	0,74	0,71	0,69	0,69
2 x L150x40 / 1,4	0,94	0,91	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76
2 x L150x40 / 1,7	1,07	1,04	0,99	0,97	0,94	0,89	0,86
2 x L200x40 / 1,1	1,07	1,04	1,02	0,97	0,94	0,91	0,89
2 x L200x40 / 1,4	1,22	1,19	1,14	1,09	1,07	1,04	0,99
2 x L200x40 / 1,7	1,37	1,35	1,30	1,24	1,22	1,17	1,14
2 x L250x40 / 1,1	1,19	1,17	1,12	1,07	1,04	1,02	0,97
2 x L250x40 / 1,4	1,35	1,32	1,27	1,22	1,17	1,14	1,09
2 x L250x40 / 1,7	1,52	1,50	1,42	1,37	1,32	1,30	1,24



**Tabela 6.32** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas sujeitas ao impulso do vento.  
Edifício de 7,3 m

Vão	Velocidade do vento (km/h) e exposição		
	145 A 113 B	161 A 129 B	177 A 145 B
2 x L150x40 / 1,1	2,21	1,50	1,14
2 x L150x40 / 1,4	2,51	1,70	1,30
2 x L150x40 / 1,7	2,87	1,93	1,47
2 x L200x40 / 1,1	2,59	1,75	1,32
2 x L200x40 / 1,4	3,28	2,21	1,68
2 x L200x40 / 1,7	3,73	2,51	1,91
2 x L250x40 / 1,1	3,20	2,16	1,65
2 x L250x40 / 1,4	3,12	2,11	1,60
2 x L250x40 / 1,7	4,60	3,10	2,36

**Tabela 6.33** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas sujeitas ao impulso do vento.  
Edifício de 8,5 m

Vão	Velocidade do vento (km/h) e exposição		
	145 A 113 B	161 A 129 B	177 A 145 B
2 x L150x40 / 1,1	2,08	1,42	1,07
2 x L150x40 / 1,4	2,36	1,60	1,22
2 x L150x40 / 1,7	2,69	1,83	1,37
2 x L200x40 / 1,1	2,74	1,85	1,40
2 x L200x40 / 1,4	3,10	2,11	1,60
2 x L200x40 / 1,7	3,53	2,39	1,80
2 x L250x40 / 1,1	3,38	2,29	1,73
2 x L250x40 / 1,4	2,95	2,01	1,52
2 x L250x40 / 1,7	4,32	2,95	2,21

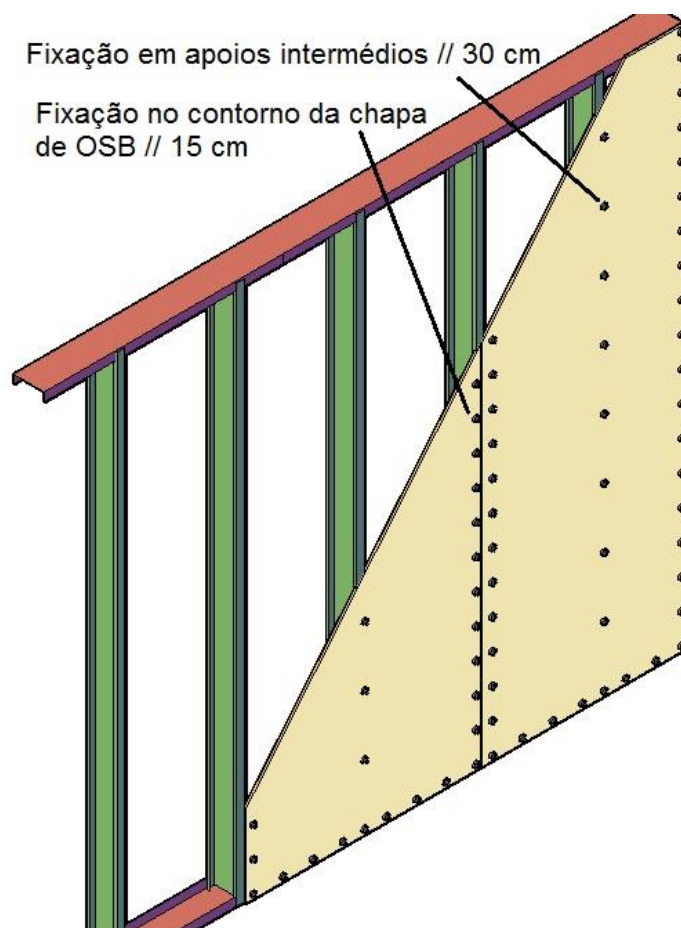
**Tabela 6.34** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas sujeitas ao impulso do vento.  
Edifício de 9,8 m.

Vão	Velocidade do vento (km/h) e exposição		
	145 A 113 B	161 A 129 B	177 A 145 B
2 x L150x40 / 1,1	2,21	1,50	1,14
2 x L150x40 / 1,4	2,51	1,70	1,30
2 x L150x40 / 1,7	2,87	1,93	1,47
2 x L200x40 / 1,1	2,59	1,75	1,32
2 x L200x40 / 1,4	3,28	2,21	1,68
2 x L200x40 / 1,7	3,73	2,51	1,91
2 x L250x40 / 1,1	3,20	2,16	1,65
2 x L250x40 / 1,4	3,12	2,11	1,60
2 x L250x40 / 1,7	4,60	3,10	2,36

**Tabela 6.35** – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas sujeitas ao impulso do vento.  
Edifício de 11 m.

Vão	Velocidade do vento (km/h) e exposição		
	145 A 113 B	161 A 129 B	177 A 145 B
2 x L150x40 / 1,1	1,91	1,27	0,99
2 x L150x40 / 1,4	2,13	1,45	1,12
2 x L150x40 / 1,7	2,44	1,63	1,27
2 x L200x40 / 1,1	2,49	1,65	1,30
2 x L200x40 / 1,4	2,82	1,88	1,47
2 x L200x40 / 1,7	3,20	2,13	1,68
2 x L250x40 / 1,1	3,05	2,06	1,60
2 x L250x40 / 1,4	2,69	1,80	1,40
2 x L250x40 / 1,7	3,94	2,62	2,06

Todos os montantes, independentemente do tipo, deverão ser fixados ao diafragma de gesso cartonado e/ou OSB, conforme a figura 6.14. A fixação às vergas é idêntica, embora não confira o carácter de diafragma pois não abrange todo o pé-direito.



**Figura 6.14** – Fixação dos painéis de OSB (ou de gesso cartonado)

Nas paredes tipo “shearwall” – contrafortes deverá ser aplicado um contraventamento com fitas metálicas cruzadas (“X-bracing”) ou com diagonais em “K”.

O revestimento estrutural / diafragma, de preferência em OSB, deverá ser aplicado numa área de pelo menos 20% de todas as paredes contraventadas. No cálculo desta área apenas serão considerados os troços ininterruptos com mais de 1,1 m de comprimento. Adicionalmente, o OSB deverá ser disposto com a maior dimensão ao longo da altura vertical, e com peças de pelo menos 1,1 m de comprimento em cada canto.

No que concerne aos requisitos mínimos para cálculo da fixação à fundação, a percentagem de área requerida na tabela 6.36 pode ser multiplicada por 0,6, quando nos extremos de cada parede exterior houver fixações capazes de resistir a uma tração de 19 kN cada. Pode ser considerada apenas uma em cada esquina, conforme a figura 6.17.



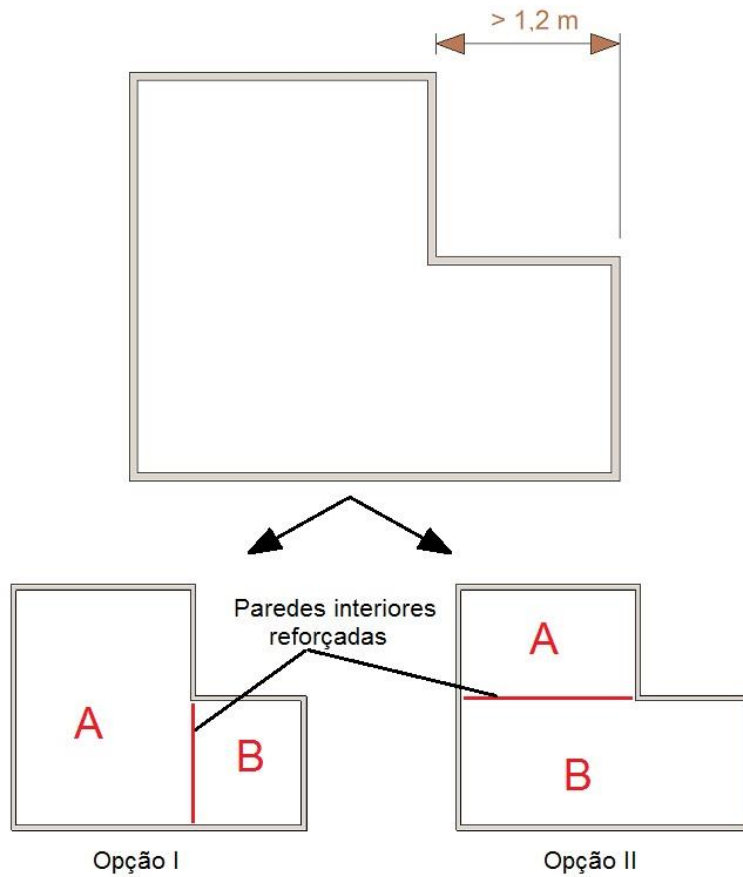
**Tabela 6.36** – Percentagem mínima de painéis de parede exterior com revestimento em todo o pé-direito

Carga aplicada na parede	Declive da cobertura	Ângulo da cobertura (°)	Velocidade do vento (km/h) e exposição				
			113 A	129 A	145 A	113 B	129 B
Apenas teto e cobertura (piso térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos)	3:12	14	8	9	12	16	20
	6:12	27	12	15	20	26	35
	9:12	37	21	25	30	50	58
	12:12	45	30	35	40	66	75
1 piso, teto e cobertura (piso térreo de edifício de 2 pisos)	3:12	14	24	30	35	50	66
	6:12	27	25	30	40	58	74
	9:12	37	35	40	55	74	91
	12:12	45	40	50	65	100	115

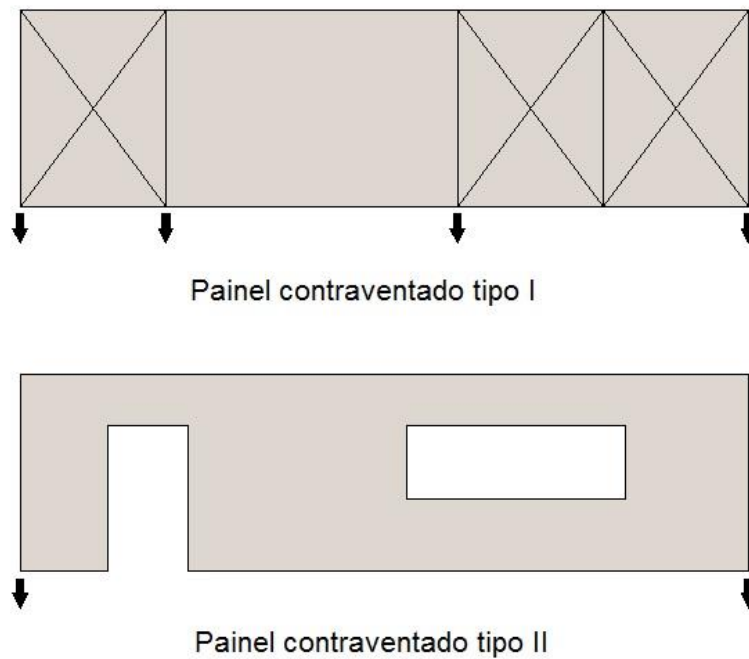
Carga aplicada na parede	Zona sísmica D	Zona sísmica C	Zona sísmica B
Apenas teto e cobertura	6	6	19
1 piso, teto e cobertura	13	13	40

Em áreas particularmente sísmicas e/ou ventosas, estes requisitos devem ser seguidos ao construir na zona sísmica A ou quando o vento possa exceder 145 km/h. Quando não sejam seguidos, pelo edifício ou partes do mesmo, essas partes deverão ser objeto de cálculo.

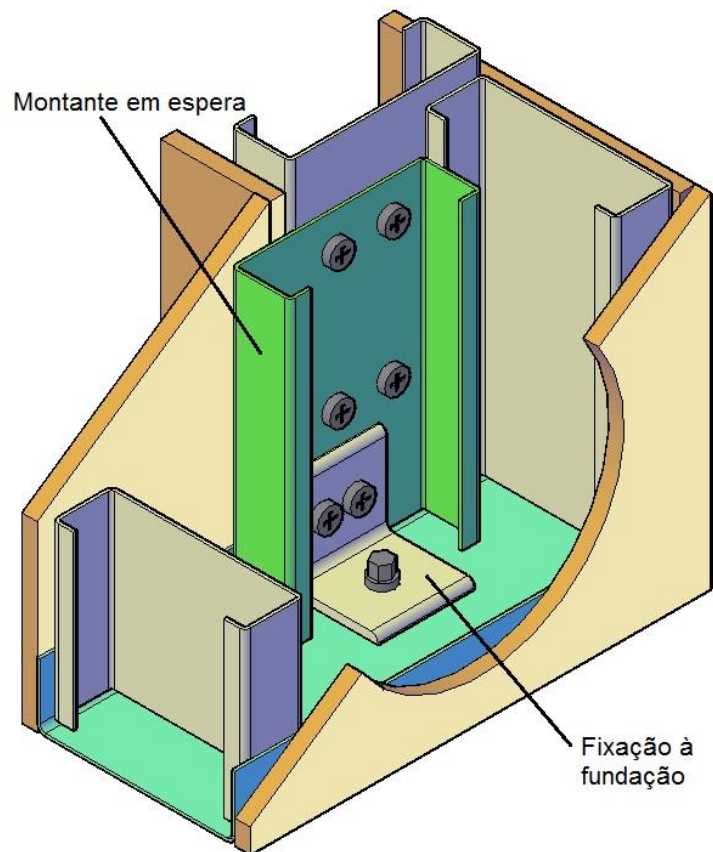
O comprimento do edifício não deverá exceder 4 vezes a largura, aplicando-se a mesma relação aos diafragmas no teto e pavimento (delimitados pelas paredes contraventadas “shearwall”, mesmo que apenas nos seus extremos). As interrupções/recessos dos diafragmas não deverão exceder 1,1 m, caso contrário as paredes de cada lado deverão resistir independentemente, conforme a figura 6.15. Os recessos verticais e o diafragma da cobertura deverão apoiar-se em paredes devidamente contraventadas (ver tipos de contraventamento na figura 6.16)



**Figura 6.15** – Configuração do edifício. Quando a fachada se afastar mais de 1,2 m do seu plano deverão considerar-se estruturas separadas, com o devido reforço na interface.



**Figura 6.16** – Tipos de painel a utilizar nas paredes reforçadas: sem vãos (tipo I – ver Tabela 6.37) e com vãos (ver Tabelas 6.37, 6.38 e 6.42). As ligações à fundação (setas) deverão cumprir os requisitos do Tabela 6.39



**Figura 6.17** – Pormenor de esquina

Os alinhamentos das paredes contraventadas podem ser do tipo I (contínuos) ou II (com vãos). Em cada alinhamento, e independentemente dos vãos que surjam, deverá haver pelo menos dois painéis que ocupem todo o pé-direito, cada qual cumprindo as relações entre altura e largura da última secção (fachadas).

Tanto as paredes do tipo I como II deverão ter um lado em OSB e outro em gesso cartonado (no caso da divisão de estruturas referido na figura 6.15 estas paredes terão forçosamente uma face em OSB no interior, pelo que deverão tomar-se medidas contra a libertação excessiva de formaldeído), fixos com parafusos #8 (mínimo).

Os painéis resistentes dentro de um alinhamento não deverão afastar-se mais de 2,4 m dos seus extremos. O contraventamento da figura 6.17 com perfil, nas esquinas (ou o uso de diagonais em “K”) pode ser dispensado entre painéis adjacentes no mesmo plano já fixos por fita metálica.

Os painéis contraventados tipo I não podem ter quaisquer vãos e deverão ser contínuos entre fixações consecutivas à fundação. O comprimento destes painéis pode ser reduzido conforme os coeficientes da tabela 6.37, sendo o comprimento total em cada alinhamento a soma dos comprimentos dos painéis que cumpram as relações entre comprimento e altura.

**Tabela 6.37** – Coeficientes de redução do comprimento de paredes contraventadas

Espaçamento da fixação do revestimento (cm)	15	10	7,5	5
Coeficiente	1,00	0,72	0,60	0,56

Quanto aos painéis contraventados tipo II, excetuando os seus vãos, deverão ter as faces integralmente revestidas (por gesso cartonado). O comprimento necessário deverá obtido pela aplicação dos ajustes permitidos nas tabelas 6.37 (ver acima) e 6.38, bem como – apenas quando o fator determinante é a zona sísmica, não o vento – os coeficientes da tabela 6.39. Apenas são contabilizados painéis cuja altura não exceda o dobro do comprimento, e estes deverão existir em ambos os extremos do alinhamento, para fixação à fundação.

**Tabela 6.38** – Coeficientes de redução do comprimento de paredes tipo I. Paredes e tetos/coberturas ligeiras

Carga aplicada à parede	Teto/cobertura até 0,5 kN/m <sup>2</sup>	Parede até 0,3 kN/m <sup>2</sup>	Ambos
Apenas teto e cobertura	0,80	0,95	0,70
1 piso, teto e cobertura	0,90	0,90	0,75

**Tabela 6.39** – Coeficientes de redução do comprimento da parede tipo II

Pé-direito (m)	Altura máxima dos vãos, como fracção do pé-direito (m)					
	1/3	1/2	2/3	3/4	5/6	1
2,40	0,80	1,20	1,60	1,80	2,00	2,40
2,70	0,90	1,35	1,80	2,03	2,25	2,70
3,00	1,00	1,50	2,00	2,25	2,50	3,00

Percentagem de parede integralmente revestida	Coeficiente					
0%	1,00	1,50	2,00	2,22	2,50	3,00
20%	1,00	1,36	1,67	1,79	1,92	2,14
40%	1,00	1,25	1,43	1,49	1,56	1,67
60%	1,00	1,15	1,25	1,28	1,32	1,36
80%	1,00	1,07	1,11	1,12	1,14	1,15
100%	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

A força de tração disponível nas fixações deverá ser definida de acordo com a tabela 6.40. Curiosamente, a força é definida em função do espaçamento dos parafusos que fixam o revestimento – poderá influir na resistência do diafragma? Nada é dito sobre o tipo de parafusos. Possivelmente este espaçamento é condicionado pela velocidade do vento e espessura do revestimento, esses sim os fatores subjacentes a ter em conta.

**Tabela 6.40** – Força de tração mínima (kN) disponível nas fixações à fundação

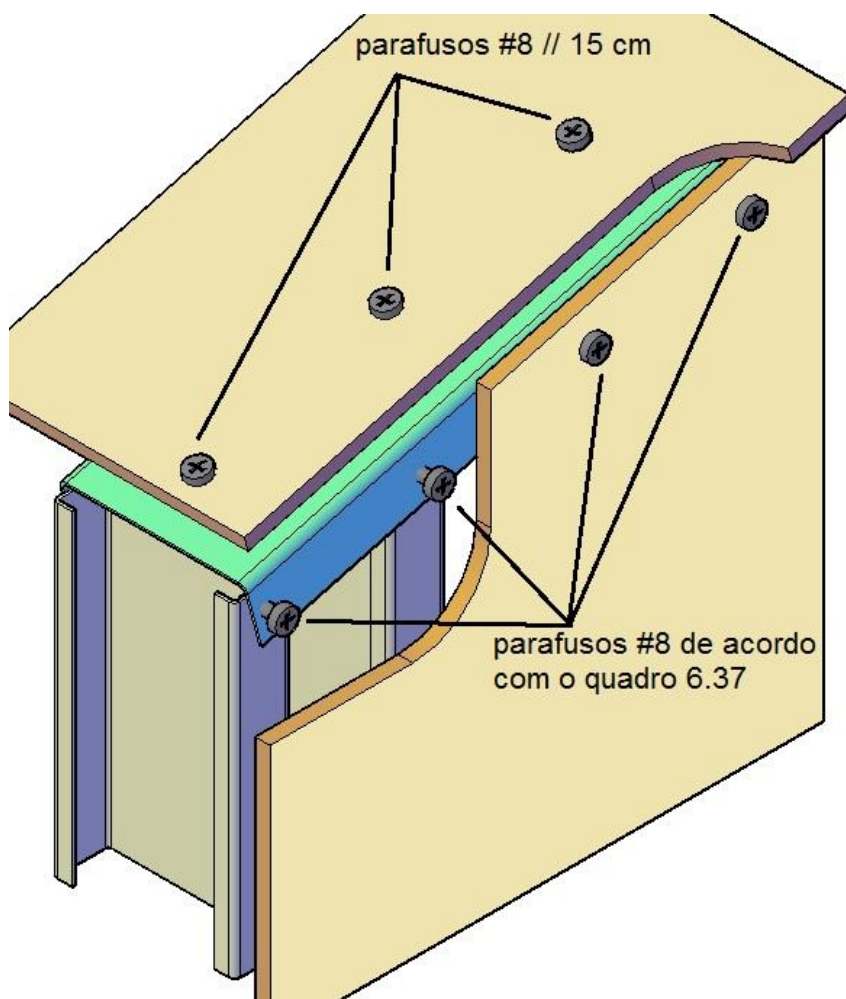
Altura da parede	Espaçamento de fixação do revestimento da parede			
	15	10	7,5	5
2,4	15,1	20,9	25,2	26,9
2,7	17,0	23,6	28,3	30,3
3,0	18,9	26,2	31,5	33,7

Não está assim abrangida a possibilidade de o revestimento ser pregado – uma solução muito mais rápida para grandes volumes de trabalho – mas cujo espaçamento equivalente, com parafusos, tende a ser grande. Nesse caso poderá ser considerado o espaçamento de 15 cm.

Quanto à fixação de paredes contraventadas aos diafragmas do pavimento e cobertura, o diafragma deverá ser aparafusado diretamente ao canal superior conforme a figura 6.18 (isto só é possível caso a cobertura seja plano ou com muito pouca inclinação) ou sujeito a contraventamento adicional. Os requisitos das emendas na interrupção do canal superior estão na tabela 6.41.

**Tabela 6.41** – Requisitos de fixação (nº mínimo de parafusos #8) em interrupções do canal superior

Velocidade do vento	Parafusos
161 km/h	6
177 km/h	11



**Figura 6.18** – Pormenor de fixação do revestimento da empena

O canal inferior deve ser fixo à fundação de acordo com a figura 6.3, sendo os espaçamentos máximos os permitidos pela tabela 6.42. As buchas comuns devem entrar 38 cm em alvenaria e 18 cm em betão, e as das esquinas não devem estar a mais de 30 cm do extremo do canal.

**Tabela 6.42** – Espaçamento de fixações à fundação, resistentes ao corte, em paredes contraventadas

Buchas	Espaçamento de fixação do revestimento da parede			
	15	10	7,5	5
M12	1,4	0,9	0,9	0,8
M16	1,7	1,2	0,9	0,9

Se se tratar da zona sísmica A as fundações deverão ser contínuas, e os pesos de pavimentos, coberturas e paredes estar dentro dos limites do âmbito de aplicação (tabela 1.1 do capítulo 1)

Para este propósito (painéis contraventados tipo I), nenhuma dimensão do diafragma deverá exceder 4 vezes a outra. Deverão ser então utilizados os ábacos das figuras 6.21 a 6.24, sendo o vão a dimensão do diafragma perpendicular às paredes consideradas. Pode ser utilizada interpolação.

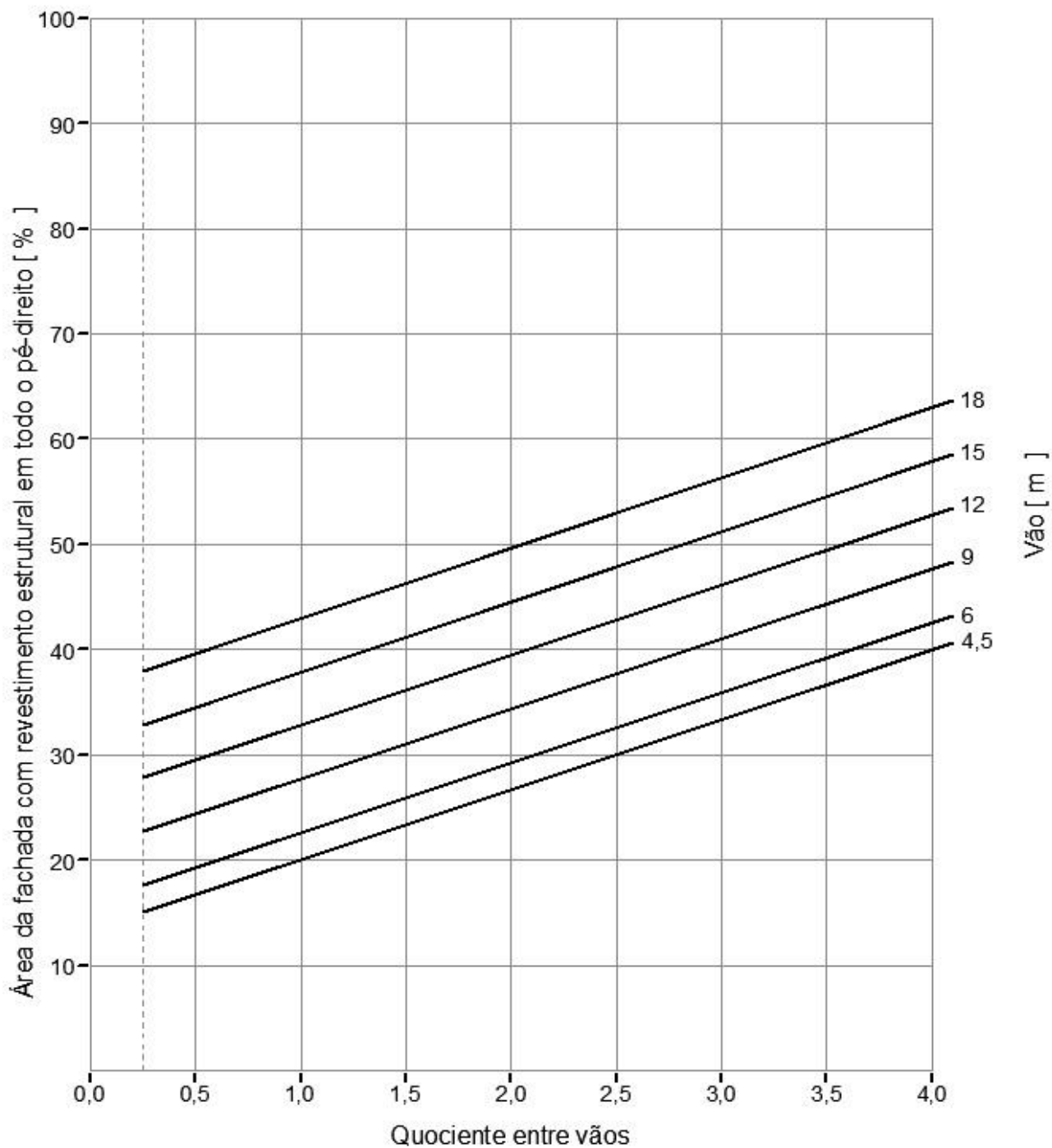


Figura 6.21 – Ábaco - edifício térreo ou piso superior de edifício de 2 pisos nas zonas sísmicas B-D



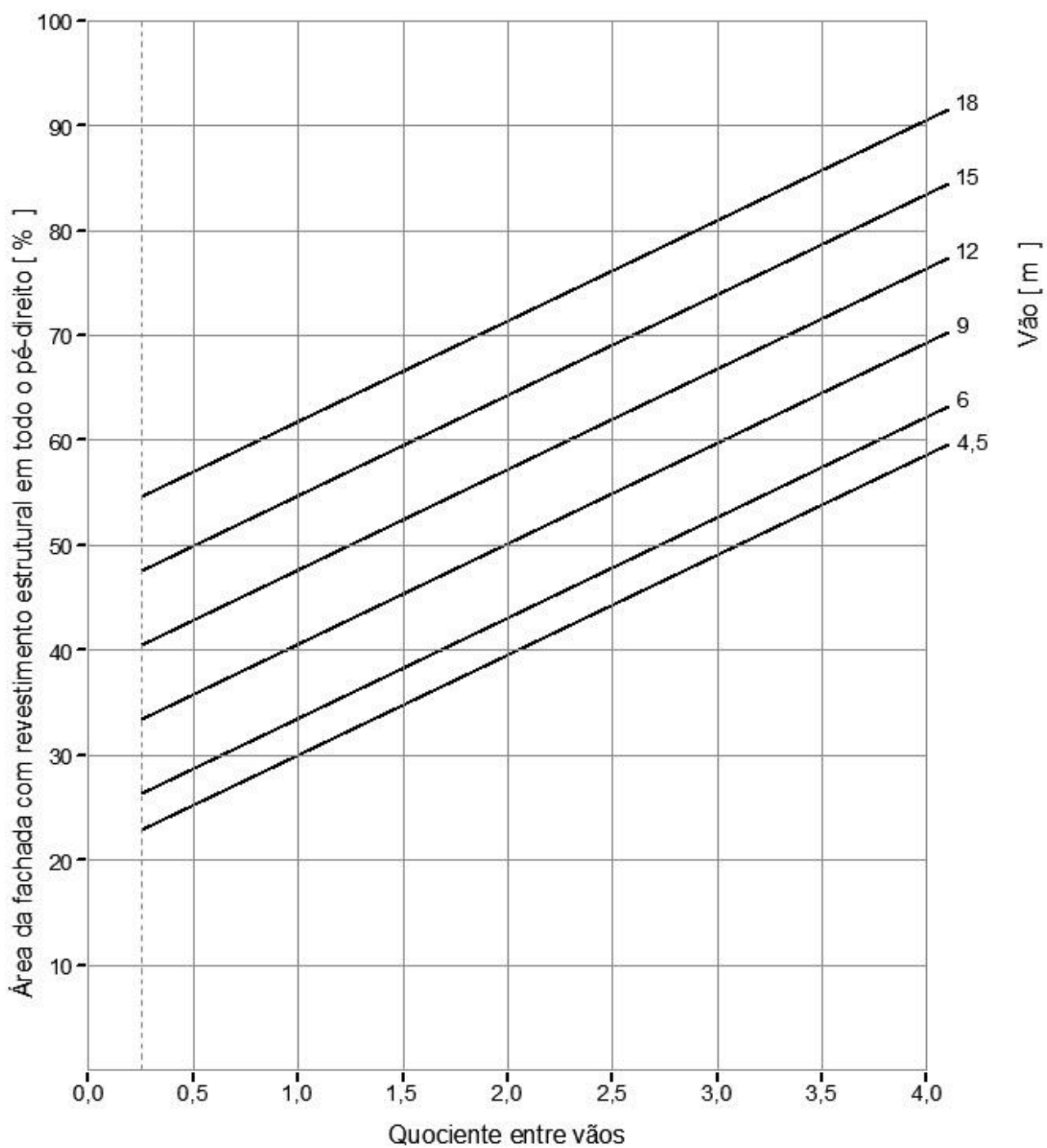
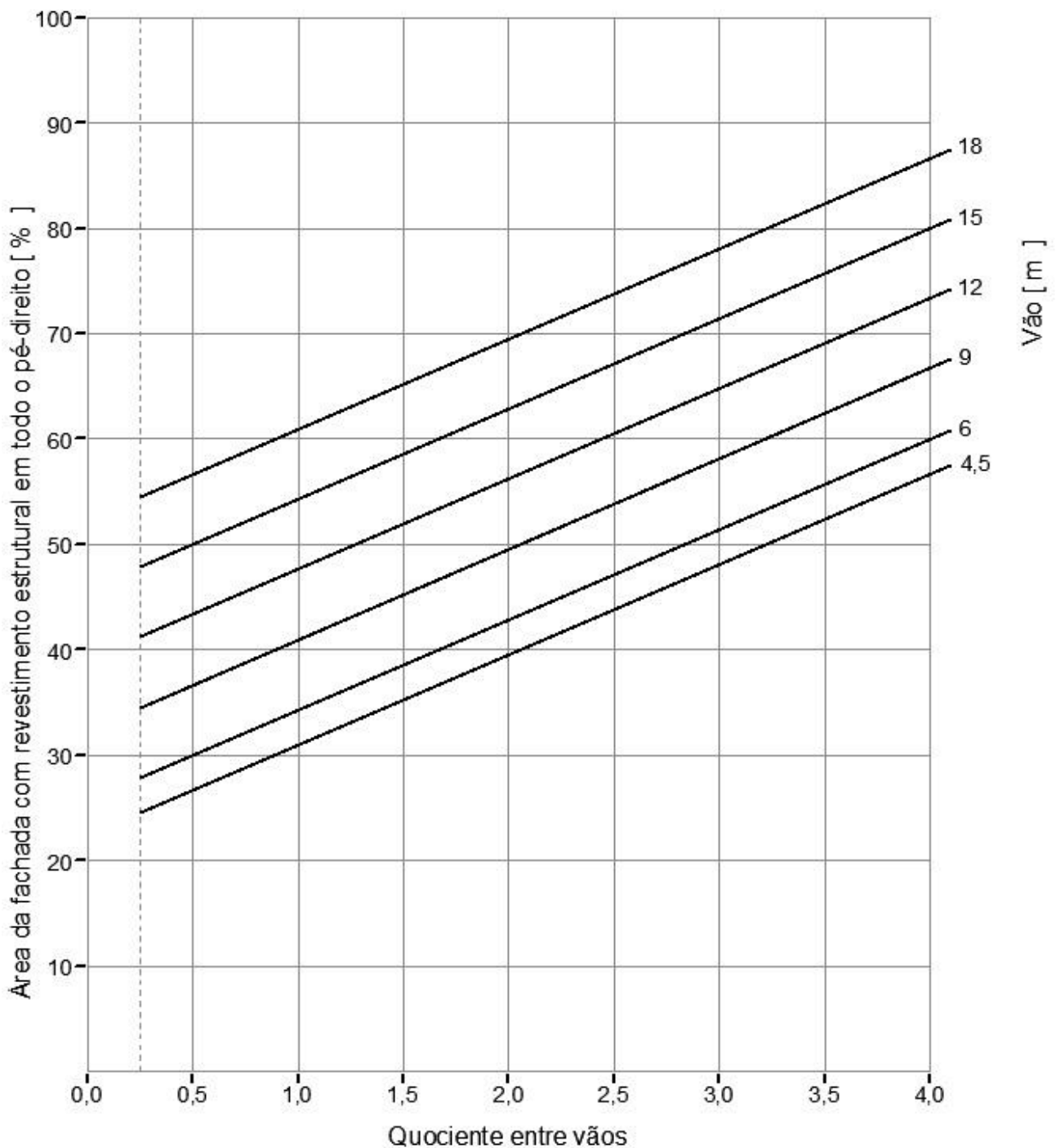


Figura 6.22 – Ábaco - piso inferior de edifício de 2 pisos nas zonas sísmicas B-D



**Figura 6.23** – Ábaco - edifício térreo ou piso superior de edifício de 2 pisos na zona sísmica A

O comprimento pode ainda ser reduzido de acordo com os coeficientes das tabelas 6.37 (espaçamento dos parafusos do revestimento) e 6.38 (no caso de coberturas e/ou paredes particularmente leves) ou aumentado de acordo com os coeficientes da tabela 6.43 (cobertura pesada). Todos estes coeficientes podem ser considerados simultaneamente.

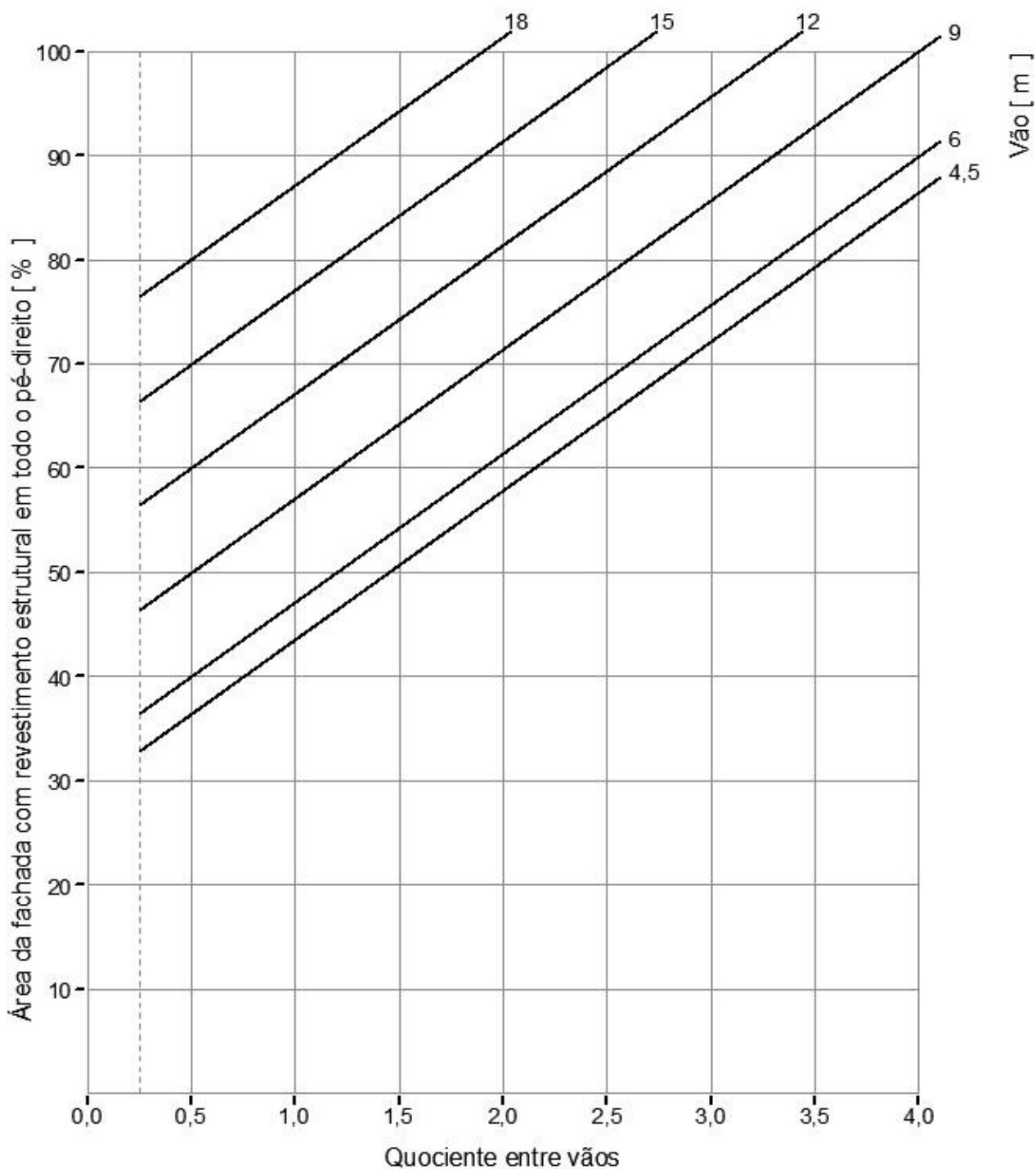


Figura 6.24 – Ábaco - piso inferior de edifício de 2 pisos na zona sísmica A

Tabela 6.43 – Coeficientes de agravamento do comprimento da parede tipo I. Tetos/coberturas pesadas

Carga aplicada à parede	Teto/cobertura até 0,7 kN/m <sup>2</sup>	Teto/cobertura até 1,2 kN/m <sup>2</sup>
Apenas teto e cobertura	1,0	1,2
1 piso, teto e cobertura	1,0	1,1

Com vista ao cálculo do comprimento mínimo de painéis contraventados tipo II aplica-se o disposto anteriormente, exceto a relação entre dimensões, agora limitada a 2, a menos que o vão em causa seja o portão de uma garagem sem outras cargas acima para além da cobertura.

Consideram-se zonas fortemente ventosas, aquelas onde a velocidade do vento excede 145 km/h.

No que concerne às paredes, deverá considerar-se o sótão como um piso independente sempre que a inclinação da cobertura exceda 30°. O comprimento máximo da fachada é o das tabelas 6.44 e 6.45; fora destes limites será necessário cálculo. O comprimento dos painéis pode então ser obtido nas tabelas 6.46 e 6.47.

**Tabelas 6.44** – Largura de paredes de fachada (1 piso e fundação betonada contra o terreno)

Carga aplicada na fundação	Largura da empena	Velocidade do vento					
		145 km/h		161 km/h		177 km/h	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
1 piso e fundação betonada contra o terreno	3,7	3,0	14,6	3,0	14,6	3,0	13,1
	4,9	3,0	18,3	3,0	18,3	3,0	17,7
	6,1	3,0	18,3	3,0	18,3	3,4	18,3
	7,3	3,0	18,3	3,4	18,3	4,0	18,3
	8,5	3,0	18,3	3,7	18,3	4,6	18,3
	9,8	3,4	18,3	4,3	18,3	5,2	18,3
	11,0	4,0	18,3	4,9	18,3	5,8	18,3

**Tabelas 6.45** – Largura de paredes de fachada (1-2 pisos, nos restantes casos)

Carga aplicada na fundação	Largura da empena	Velocidade do vento					
		145 km/h		161 km/h		177 km/h	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
1-2 pisos, nos restantes casos	3,7	3,0	8,8	3,0	7,0	3,0	5,8
	4,9	3,0	11,6	3,0	9,4	3,0	7,9
	6,1	3,0	14,6	3,0	11,9	3,7	9,8
	7,3	3,0	17,7	3,7	14,3	4,3	11,9
	8,5	3,4	18,3	4,3	16,8	5,2	13,7
	9,8	4,0	18,3	4,9	18,3	5,8	15,5
	11,0	4,6	18,3	5,5	18,3	6,7	17,7

**Tabela 6.46** – Largura de paredes de fachada contraventadas do tipo I

Carga aplicada na parede	Largura da empena	Velocidade do vento		
		145 km/h	161 km/h	177 km/h
		Comprimento mínimo revestido em todo o pé-direito (m)		
Apenas teto e cobertura	3,7	1,5	1,5	1,5
	4,9	1,5	1,5	1,5
	6,1	1,5	1,5	1,8
	7,3	1,5	1,8	2,1
	8,5	1,5	1,8	2,4
	9,8	1,8	2,1	2,7
	11,0	2,1	2,4	3,0
1 piso, teto e cobertura	6,1	2,4	3,0	3,4
	7,3	2,7	3,4	4,3
	8,5	3,4	4,0	4,9
	9,8	3,7	4,6	5,5
	11,0	4,3	5,2	6,1

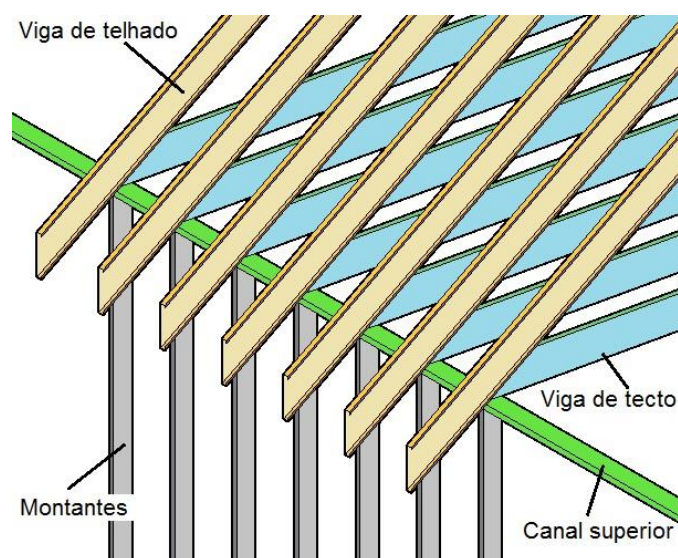
**Tabela 6.47** – Largura de paredes de empena contraventadas do tipo I

Carga aplicada na parede	Largura da fachada	Velocidade do vento		
		145 km/h	161 km/h	177 km/h
		Comprimento mínimo revestido em todo o pé-direito (m)		
Apenas teto e cobertura	3,7	1,5	1,5	1,5
	4,9	1,5	1,5	1,5
	6,1	1,5	1,5	1,5
	7,3	1,5	1,5	1,5
	8,5	1,5	1,5	1,5
	9,8	1,5	1,5	1,8
	11,0	1,5	1,8	2,1
	12,2	1,5	1,8	2,4
	15,2	1,8	2,4	2,7
	18,3	2,4	2,7	3,4
1 piso, teto e cobertura	6,1	2,4	3,0	3,7
	7,3	3,0	3,7	4,3
	8,5	3,4	4,3	5,2
	9,8	4,0	4,9	5,8
	11,0	4,3	5,5	6,4
	12,2	4,9	6,1	7,3
	15,2	6,1	7,3	8,8
	18,3	7,3	8,8	10,7

No caso do OSB ou outros derivados de madeira, e quando seja usado o espaçamento de 60 cm entre montantes, os painéis deverão ter no mínimo 15 mm de espessura.

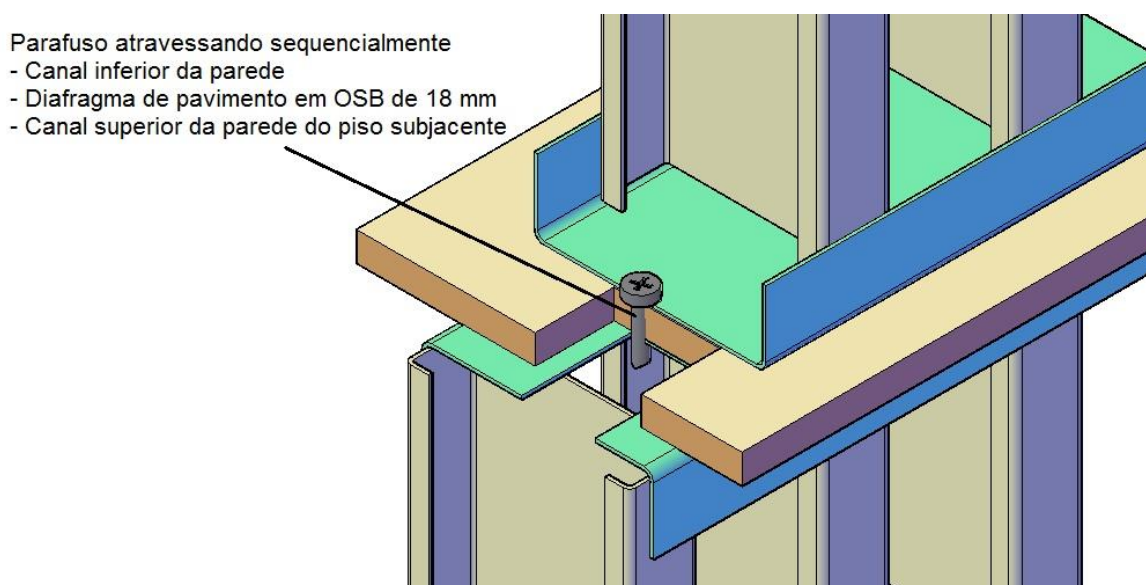
No caso dos ventos fortes, deverá garantir-se que as ligações entre paredes e cobertura suportam os esforços da tabela 6.48. Relativamente às ligações entre vergas e montantes de ombreira “jack stud”, deverão ser também usados os valores desta tabela.

Esta ligação também pode ser assegurada por fita metálica de acordo com a tabela 6.49. A posição exata da fita metálica não é especificada; no entanto deverá cumprir-se o esquema da figura 6.19.



**Figura 6.19** – Pormenor da junção entre parede, teto e cobertura

Aplicam-se as mesmas disposições às ligações entre painéis de paredes de dois pisos consecutivos (ver figura 6.20) e com as devidas adaptações, à fixação das paredes à fundação.



**Figura 6.20** – Pormenor da fixação de diafragma de pavimento

Neste caso deverá ser usado a tabela 6.50, tanto para os parafusos como para a fita metálica.

**Tabela 6.48** – Força (kN) a mobilizar na ligação entre paredes e vigas/treliças de cobertura

Espaçamento in-line framing	Vão da cobertura	Velocidade do vento		
		145 km/h	161 km/h	177 km/h
		Ligação		
		Parede / cobertura		
30 cm	7,3	1,08	1,48	1,91
	8,5	1,23	1,68	2,18
	9,8	1,37	1,88	2,44
	11,0	1,52	2,09	2,71
40 cm	7,3	1,44	1,97	2,55
	8,5	1,63	2,24	2,90
	9,8	1,83	2,51	3,26
	11,0	2,03	2,78	3,61
48 cm	7,3	1,72	2,36	3,06
	8,5	1,96	2,68	3,48
	9,8	2,20	3,01	3,91
	11,0	2,43	3,34	4,33
60 cm	7,3	2,16	2,95	3,82
	8,5	2,45	3,36	4,36
	9,8	2,75	3,76	4,88
	11,0	3,04	4,17	5,41
		Parede / parede		
30 cm	7,3	0,81	1,21	1,65
	8,5	0,96	1,42	1,91
	9,8	1,11	1,62	2,18
	11,0	1,26	1,82	2,44
40 cm	7,3	1,06	1,59	2,18
	8,5	1,26	1,87	2,53
	9,8	1,46	2,13	2,88
	11,0	1,65	2,41	3,23
48 cm	7,3	1,26	1,90	2,60
	8,5	1,50	2,22	3,02
	9,8	1,73	2,55	3,45
	11,0	1,97	2,87	3,87
60 cm	7,3	1,56	2,36	3,23
	8,5	1,86	2,76	3,76
	9,8	2,15	3,17	4,29
	11,0	2,45	3,57	4,82



**Tabela 6.49** – Equivalente da tabela anterior em parafusos #8 e fita metálica

Espaçamento in-line framing	Vão da cobertura	Velocidade do vento		
		145 km/h	161 km/h	177 km/h
		Ligação		
		Parede / cobertura		
30 cm	7,3	2	2	2
	8,5	2	2	3
	9,8	2	2	3
	11,0	2	3	3
40 cm	7,3	2	3	3
	8,5	2	3	3
	9,8	2	3	4
	11,0	3	3	4
48 cm	7,3	2	3	4
	8,5	3	3	4
	9,8	3	4	5
	11,0	3	4	5
60 cm	7,3	3	4	4
	8,5	3	4	5
	9,8	4	4	6
	11,0	4	5	6
		Parede / parede		
30 cm	7,3	2	2	2
	8,5	2	2	2
	9,8	2	2	3
	11,0	2	2	3
40 cm	7,3	2	2	3
	8,5	2	2	3
	9,8	2	3	3
	11,0	2	3	4
48 cm	7,3	2	2	3
	8,5	2	3	4
	9,8	2	3	4
	11,0	3	3	4
60 cm	7,3	2	3	4
	8,5	2	3	4
	9,8	3	4	5
	11,0	3	4	5

**Tabela 6.50** – Força (kN) e nº de parafusos na ligação entre parede e fundação/pavimento

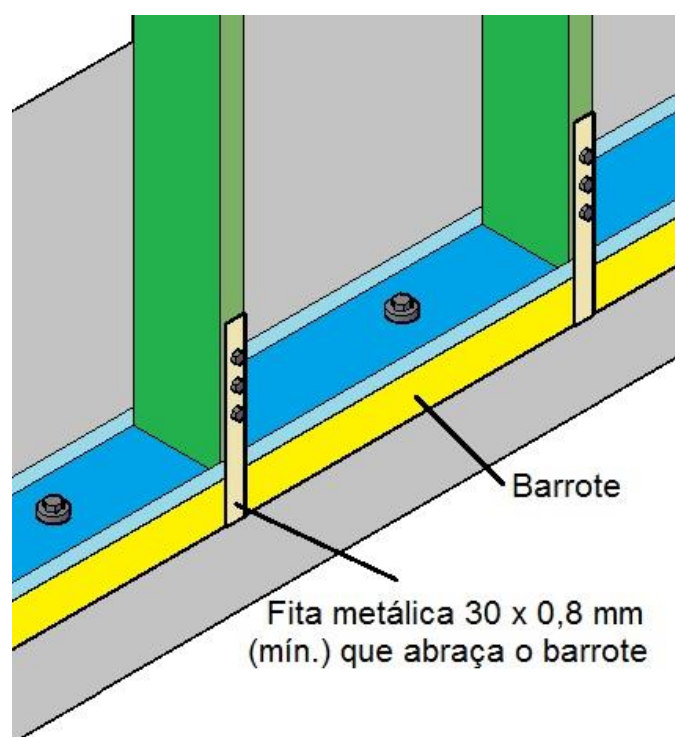
Espaçamento in-line framing	Vão da cobertura	Velocidade do vento		
		145 km/h	161 km/h	177 km/h
		Ligação parede/fundação ou parede/pavimento		
		Força (kN)		
30 cm	7,3	0,75	1,15	1,58
	8,5	0,90	1,35	1,85
	9,8	1,04	1,55	2,11
	11,0	1,19	1,76	2,38
40 cm	7,3	1,00	1,53	2,11
	8,5	1,19	1,80	2,46
	9,8	1,39	2,07	2,82
	11,0	1,59	2,34	3,17
48 cm	7,3	1,20	1,83	2,53
	8,5	1,43	2,16	2,96
	9,8	1,67	2,48	3,38
	11,0	1,91	2,81	3,80
60 cm	7,3	1,50	2,29	3,16
	8,5	1,79	2,70	3,70
	9,8	2,09	3,10	4,22
	11,0	2,38	3,51	4,75

Espaçamento in-line framing	Vão da cobertura	Velocidade do vento		
		145 km/h	161 km/h	177 km/h
		Ligação parede/fundação ou parede/pavimento		
		Equivalente em parafusos #8 e fita metálica		
30 cm	7,3	1	1	1
	8,5	1	1	1
	9,8	1	2	2
	11,0	1	2	2
40 cm	7,3	1	1	2
	8,5	1	1	2
	9,8	1	2	2
	11,0	1	2	2
48 cm	7,3	1	1	2
	8,5	1	2	2
	9,8	1	2	2
	11,0	1	2	2
60 cm	7,3	1	2	2
	8,5	1	2	2
	9,8	2	2	3
	11,0	2	2	3

Deverão ser consideradas ligações entre vigas de cobertura e cumeeira capazes de suportar as cargas lineares por metro de cumeeira conforme a tabela 7.14, devidamente ponderadas pelo espaçamento entre vigas.

### Ligações entre canal inferior e fundação

É sugerido na figura 6.25 o uso de um barrote de madeira com ligações pouco espaçadas ao canal inferior, possivelmente para evitar a flexão do mesmo. Depreende-se da figura que tem aproximadamente as mesmas dimensões do canal inferior, mas dada a ausência de prescrições a esse respeito, e sendo pouco provável encontrar formatos comerciais com estas dimensões em Portugal, acho mais apropriado considerar o reforço com perfil “C” entre montantes; o efeito é o mesmo.



**Figura 6.25** – Reforço de fita metálica contra o impulso do vento (para cima)

O canal inferior deve ser fixo à fundação com buchas M12, sendo os espaçamentos máximos os permitidos pela tabela 6.41 ou 90 cm (o menor destes valores). As buchas comuns devem entrar 38 cm em alvenaria e 18 cm em betão, e as das esquinas não devem estar a mais de 30 cm do extremo do canal.

Quando a velocidade do vento exceda 161 km/h, os 90 cm anteriormente mencionados deverão ser reduzidos a 60 cm.

## Fachadas

A altura máxima das fachadas deve respeitar os limites das tabelas 6.51 e 6.52.

**Tabela 6.51** – Altura máxima de paredes (m) em perfil C90 contraventadas a 1,20 m e/e ou completamente revestidas a OSB

Velocidade do vento (km/h)		Espaçamento (cm)	Espessura dos perfis (mm)				
			0,8	1,1	1,4	1,7	2,5
Exp A	Exp B		Perfil simples				
113			40	3,58	3,91	4,19	4,47
		60	3,15	3,40	3,66	3,91	4,29
129	113	40	3,25	3,56	3,81	4,06	4,47
		60	2,84	3,10	3,33	3,56	3,91
145	129	40	3,02	3,30	3,53	3,78	4,14
		60	2,64	2,87	3,07	3,30	3,63
161	145	40	2,79	3,02	3,25	3,48	3,84
		60	2,13	2,64	2,84	3,02	3,33
177	161	40	2,39	2,74	2,95	3,15	3,45
		60	1,60	2,39	2,57	2,74	3,02
	177	40	1,98	2,57	2,77	2,95	3,25
		60	1,32	2,26	2,41	2,57	2,84
			Perfil duplo back-to-back				
113		40	4,52	4,93	5,28	5,64	6,20
		60	3,96	4,29	4,60	4,93	5,44
129	113	40	4,11	4,47	4,80	5,13	5,64
		60	3,58	3,91	4,19	4,47	4,93
145	129	40	3,81	4,17	4,45	4,75	5,23
		60	3,33	3,63	3,89	4,17	4,57
161	145	40	3,51	3,84	4,09	4,37	4,83
		60	3,76	4,75	5,11	5,46	6,05
177	161	40	3,18	3,45	3,71	3,96	4,37
		60	2,77	3,02	3,25	3,45	3,81
	177	40	3,00	3,25	3,48	3,73	4,09
		60	2,62	2,84	3,05	3,25	3,58

**Tabela 6.52** – Altura máxima de paredes (m) em perfil C140 contraventadas a 1,20 m e/e ou completamente revestidas a OSB

Velocidade do vento (km/h)		Espaçamento (cm)	Espessura dos perfis (mm)				
Exp A	Exp B		0,8	1,1	1,4	1,7	2,5
			<b>Perfil simples</b>				
113		40	5,11	5,56	5,97	6,40	7,06
		60	3,99	4,85	5,21	5,59	6,17
129	113	40	4,50	5,05	5,44	5,82	6,43
		60	3,00	4,42	4,72	5,08	5,61
145	129	40	3,61	4,70	5,03	5,38	5,97
		60	2,39	4,09	4,39	4,70	5,21
161	145	40	2,82	4,32	4,62	4,95	5,49
		60	1,88	3,71	4,04	4,34	4,80
177	161	40	2,08	3,91	4,19	4,50	4,98
		60	1,40	2,77	3,66	3,94	4,34
	177	40	1,73	3,43	3,94	4,22	4,67
		60	1,14	2,29	3,38	3,68	4,06
			<b>Perfil duplo back-to-back</b>				
113		40	6,45	7,01	7,52	8,05	8,92
		60	5,64	6,12	6,58	7,04	7,77
129	113	40	5,84	6,38	6,83	7,32	8,10
		60	5,11	5,56	5,97	6,40	7,06
145	129	40	5,44	5,92	6,35	6,81	7,52
		60	4,75	5,16	5,54	5,94	6,55
161	145	40	5,00	5,44	5,84	6,25	6,91
		60	3,76	4,75	5,11	5,46	6,05
177	161	40	4,19	4,93	5,28	5,66	6,27
		60	2,79	4,32	4,62	4,95	5,49
	177	40	3,45	4,62	4,98	5,33	5,89
		60	2,31	4,04	4,34	4,65	5,13

### Paredes não estruturais

As paredes não estruturais revestidas a gesso cartonado são comuns à construção em aço leve e à tradicional, pelo que estas recomendações deverão ser usadas apenas na ausência de informação mais fidedigna do fabricante ou instalador.

Os perfis metálicos de paredes não estruturais deverão ter uma espessura mínima de 0,4 mm. As alturas máximas destas paredes, em função do perfil escolhido, estão na tabelas 6.53 e 6.54. É considerada neste dimensionamento apenas uma carga lateral de 0,24 kN/m<sup>2</sup>

**Tabela 6.53** – Altura máxima de paredes não estruturais, contraventadas apenas a ½ da altura

Perfil	Espaçamento	
	40 cm	60 cm
C90 / 0,4 mm	3,25	2,34
C90 / 0,6 mm	3,76	3,33
C90 / 0,8 mm	3,96	3,86

**Tabela 6.54** – Altura máxima de paredes não estruturais, com diafragma em gesso cartonado em função da flecha máxima admissível (varia consoante o uso)

Perfil	Espaçamento / Flecha					
	40 cm, L/120	60 cm, L/120	40 cm, L/180	60 cm, L/180	40 cm, L/240	60 cm, L/240
C90 / 0,4 mm	3,51	2,34	3,51	2,34	3,51	2,34
C90 / 0,6 mm	5,16	4,22	4,83	4,22	4,39	3,84
C90 / 0,8 mm	5,89	4,80	5,18	4,52	4,72	4,11





---

## Capítulo 7 – Coberturas

---

As coberturas deverão ser executados com recurso a vigas conforme as figuras 7.1 a 7.7, ou treliças que cumpram os requisitos definidos mais adiante, e em ambos os casos dentro dos limites do capítulo 1 e tabelas 1.1 e 1.2.

### Vãos admissíveis de vigas de teto

Os vãos máximos deverão ser determinados com recurso à figura 7.1 e às tabelas 7.1 a 7.11. As vigas de teto deverão ter no mínimo 4 cm de largura apoiada nos montantes, e para apoio das vigas da cobertura.

Quando haja apoios intermédios, deverão situar-se a um máximo de 60 cm do  $\frac{1}{2}$  vão, devendo cada um dos vãos individuais cumprir os limites estabelecidos para o vão único. Em cada apoio, e quando assim considerado nas tabelas, deverão ser aplicados reforços de apoio. Se o sótão for habitável ou sujeito a cargas acima de 0,24 kN/m<sup>2</sup>, deverá ser tratado como um piso independente, sendo as vigas de teto consideradas vigas de pavimento e definidas de acordo com o capítulo 5.

### Contraventamento das vigas do teto

O contraventamento da face inferior está garantido pela aplicação do gesso cartonado; na face superior deverá ser usada fita metálica. Quando seja necessário criar um “plenum” entre as vigas e o teto falso, deverá também ser aplicada fita.

### Vãos admissíveis de vigas de cobertura

Deverá ser considerada o comprimento da projeção horizontal, não o real. Não deverão ser excedidos os limites da tabela 7.12, e a ação do vento deverá ser convertida num valor equivalente de carga de neve de acordo com a tabela 7.13.

Poderá ser considerado o apoio de vigas diagonais com secção mínima C90/0,8 mm, comprimento máximo de 2,4 m, e fixas com pelo menos 4 parafusos #10 em cada extremo.

### Treliças compostas por vigas de teto e cobertura

Deverão ser cumpridos os requisitos mínimos de ligação entre estas treliças e a cumeeira, nomeadamente pela aplicação de “clips” ou troços de cantoneira, de acordo com a tabela 7.2. Estes elementos deverão ter uma espessura não inferior à dos perfis metálicos que ligam.

### Requisitos extra em zonas ventosas (esforços nas ligações à cumeeira)

Há requisitos adicionais nestas ligações quando a velocidade do vento exceda 145 km/h. Deverão ser cumpridos os limites da tabela 7.14, devidamente ponderado com um coeficiente relativo ao espaçamento. Os requisitos da fita metálica são também acautelados na tabela 7.15.

O impulso do vento (para cima) está previsto na tabela 6.48. Podem ser utilizados parafusos capazes de resistir a estas forças, ou fita metálica a unir as vigas às paredes conforme a tabela 6.49.

### Beirados

Os beirados não deverão exceder 0,6 m em consola.

### Contraventamento das vigas de cobertura

O contraventamento da face inferior deverá ser obtido pela aplicação de um perfil C ou U de, no mínimo, 0,8 mm, ou fita metálica.

### Juntas longitudinais de vigas

Tanto quanto possível, estas juntas devem ser executadas sobre as paredes interiores. O número de parafusos é idêntico ao da ligação às vigas da cobertura.

### Aberturas no teto e cobertura

As vigas que se apoiem sobre portas e janelas deverão dispor de vergas sobre esses vãos, já definidas no capítulo 6. As vigas de teto e cobertura que forem interrompidas deverão ter vergas e peitoris com comprimentos não superiores a 1,20 m.

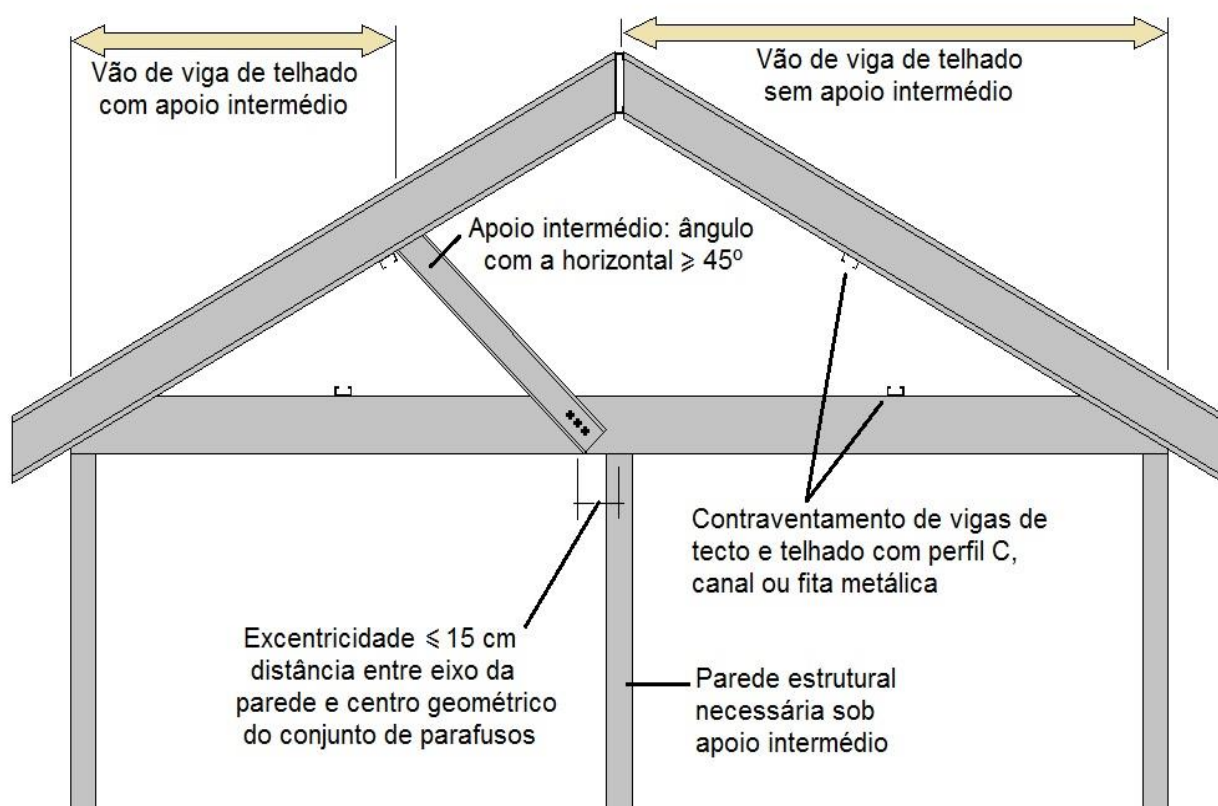


Figura 7.1 – Cobertura-tipo

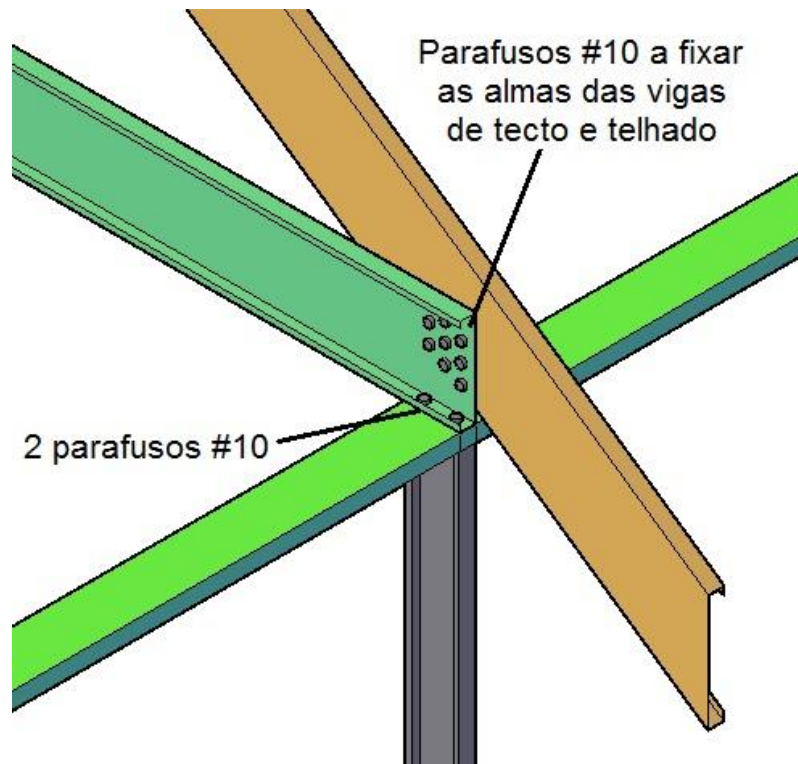


Figura 7.2 – Pormenor da ligação entre vigas no beirado

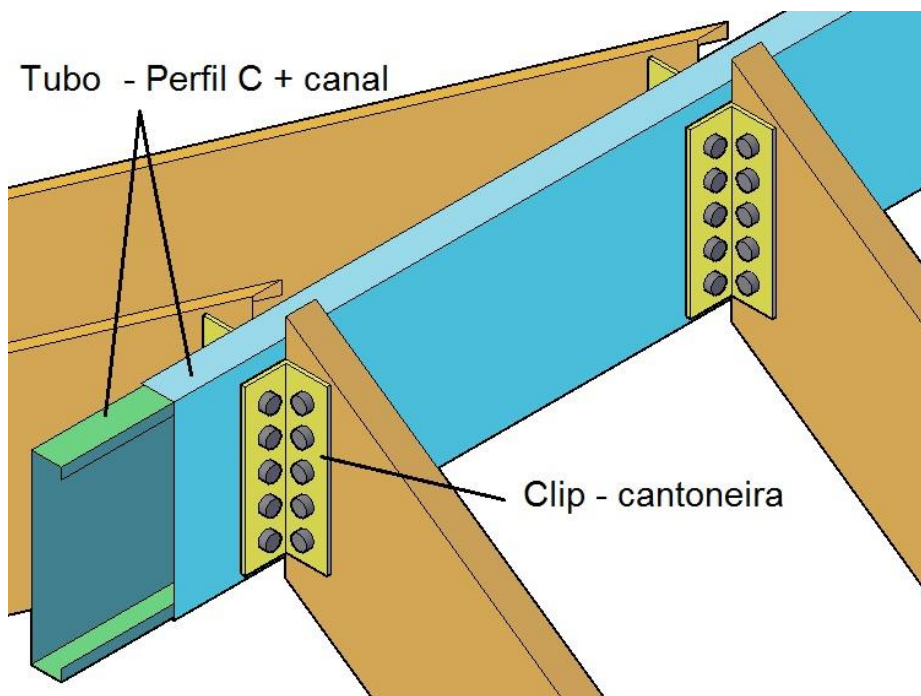
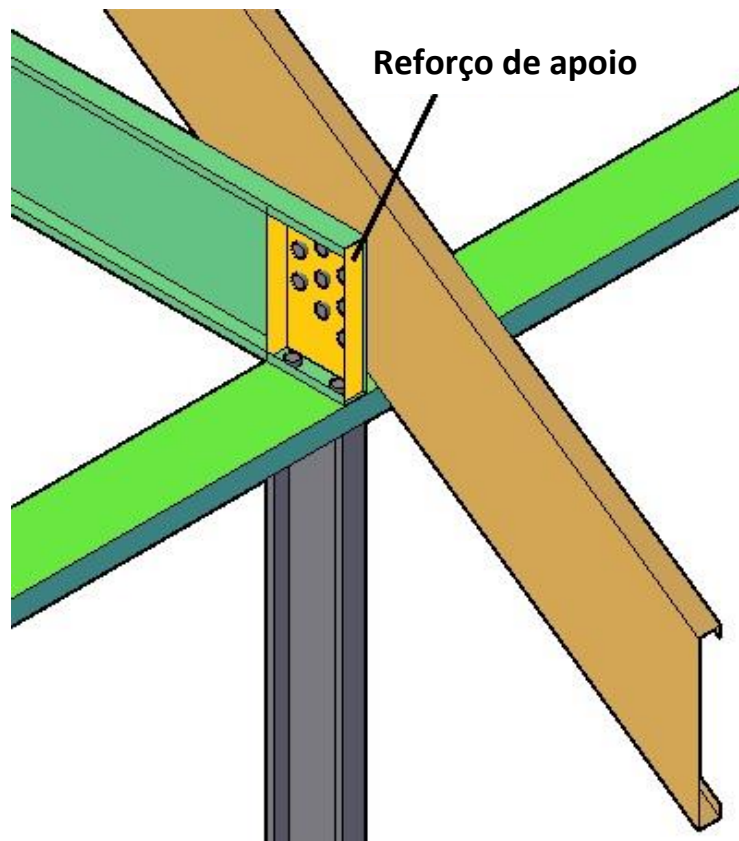
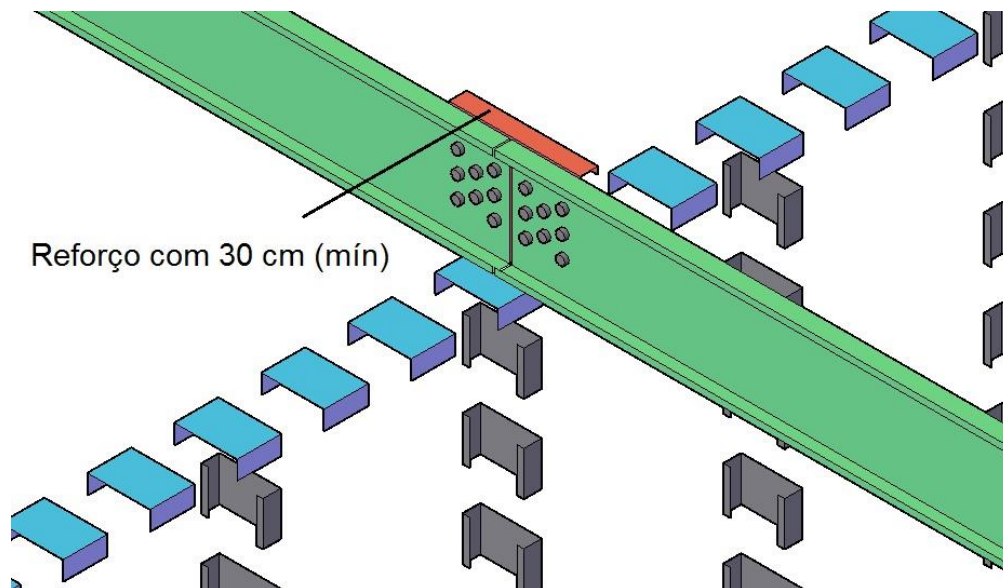


Figura 7.3 – Pormenor da ligação entre vigas na cumeeira



**Figura 7.4** – Pormenor da ligação entre vigas no beirado, com reforço de apoio



**Figura 7.5** – Emenda de viga de teto, sempre que possível, sobre parede estrutural (a tracejado) e alinhada com um dos montantes

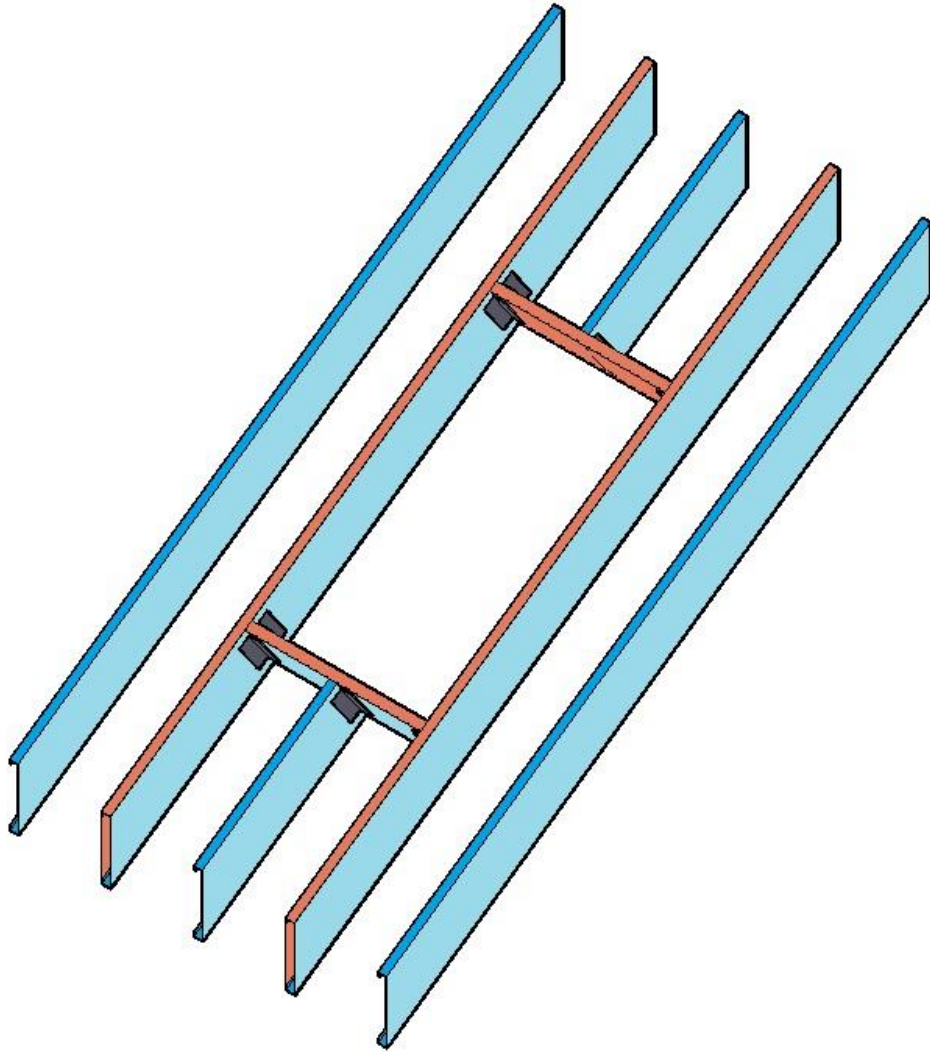


Figura 7.6 – Abertura na cobertura

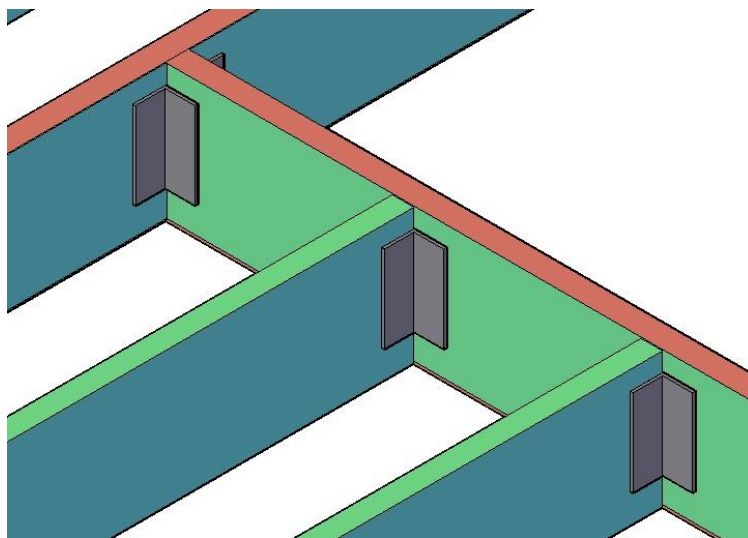


Figura 7.7 – Pormenor de abertura na cobertura (idêntico a 5.17)

**Tabela 7.1** – Requisitos de fixação dos vários elementos da cobertura

Interface	Parafusos	Espaçamento
Viga de teto / canal superior da parede subjacente	2 x #10	Em cada viga
Revestimento da cobertura (OSB 11 mm)	#8	15 cm no contorno, 30 cm em apoios intermédios
Treliça / Parede subjacente	2 x #10	Em cada treliça
Treliça da empena / canal superior da parede subjacente	#10	30 cm
Viga de cobertura / Viga de teto	#10 (ver tabela 7.2)	Regular, a menos de 13 mm de qualquer aresta

**Tabela 7.2** – Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas de cobertura e de teto

Inclinação da cobertura	Largura do edifício (m) / Sobrecarga de neve (kN)															
	7,3				8,5				9,8				11,0			
	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
3/12	5	6	9	12	6	7	10	13	7	8	12	15	8	9	13	17
4/12	4	5	7	9	5	6	8	10	6	6	9	12	6	7	10	13
5/12	4	4	6	7	4	5	7	9	5	5	8	10	5	6	9	11
6/12	3	4	5	7	4	4	6	8	4	5	7	9	4	5	7	10
7/12	3	3	5	6	3	4	5	7	4	4	6	8	4	5	7	9
8/12	3	3	4	5	3	3	5	6	3	4	5	7	4	4	6	8
9/12	2	3	4	5	3	3	4	6	3	4	5	6	3	4	6	7
10/12	2	3	4	5	3	3	4	5	3	3	5	6	3	4	5	7
11/12	2	3	4	4	3	3	4	5	3	3	5	6	3	4	5	6
12/12	2	3	3	4	2	3	4	5	3	3	4	6	3	4	5	6

**Tabela 7.3** – Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas de cobertura e de cumeeira

Largura do edifício	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )			
	≤ 1,0	≤ 1,4	≤ 2,4	≤ 3,4
7,3	2	3	4	4
8,5	2	3	4	5
9,8	3	3	4	5
11,0	3	4	5	6



**Tabela 7.4** – Vãos máximos em vigas de teto de vão único com reforços de apoio, sótão inacessível.

Perfil	Contraventamento lateral da aba superior					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C90 / 0,8	2,79	2,51	3,58	3,07	3,58	3,15
C90 / 1,1	3,02	2,69	3,91	3,40	3,91	3,40
C90 / 1,4	3,25	2,90	4,19	3,66	4,19	3,66
C90 / 1,7	3,53	3,15	4,47	3,91	4,47	3,91
C90 / 2,5	4,14	3,66	4,93	4,29	4,93	4,29
C140 / 0,8	3,18	2,87	4,39	3,86	4,98	4,22
C140 / 1,1	3,40	3,07	4,75	4,22	5,49	4,70
C140 / 1,4	3,66	3,28	5,05	4,50	5,92	5,08
C140 / 1,7	3,94	3,53	5,38	4,83	6,38	5,51
C140 / 2,5	4,55	4,01	6,05	5,38	7,06	6,17
C200 / 0,8	3,56	3,20	5,00	4,50	5,92	5,05
C200 / 1,1	3,81	3,43	5,33	4,83	6,45	5,66
C200 / 1,4	4,06	3,63	5,66	5,11	6,88	6,10
C200 / 1,7	4,34	3,89	5,99	5,38	7,29	6,50
C200 / 2,5	4,93	4,39	6,65	5,94	8,00	7,16
C250 / 1,1	4,06	3,68	5,72	5,16	6,99	6,25
C250 / 1,4	4,32	3,89	6,05	5,44	7,37	6,63
C250 / 1,7	4,62	4,14	6,40	5,77	7,77	7,01
C250 / 2,5	5,21	4,62	7,06	6,32	8,51	7,65
C300 / 1,1	4,29	3,86	6,05	5,46	7,39	6,55
C300 / 1,4	4,57	4,09	6,38	5,77	7,80	7,04
C300 / 1,7	4,85	4,37	6,76	6,07	8,23	7,42
C300 / 2,5	5,44	4,85	7,42	6,65	8,94	8,05



**Tabela 7.5** – Vãos máximos em vigas de teto de dois vãos com reforços de apoio, sótão inacessível.

Perfil	Contraventamento lateral da aba superior					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C90 / 0,8	3,76	3,33	4,09	3,33	4,09	3,33
C90 / 1,1	4,11	3,68	4,98	4,06	4,98	4,06
C90 / 1,4	4,50	3,99	5,59	4,57	5,59	4,57
C90 / 1,7	4,98	4,39	5,99	5,11	5,99	5,11
C90 / 2,5	5,94	5,23	6,60	5,77	6,60	5,77
C140 / 0,8	4,27	3,84	5,54	4,52	5,54	4,52
C140 / 1,1	4,62	4,14	6,38	5,51	6,73	5,51
C140 / 1,4	5,00	4,47	6,83	5,92	7,59	6,20
C140 / 1,7	5,46	4,85	7,34	6,53	8,53	6,96
C140 / 2,5	6,45	5,69	8,41	7,44	9,47	8,28
C200 / 0,8	4,75	4,29	6,48	4,83	6,48	4,83
C200 / 1,1	5,13	4,60	7,16	6,45	8,38	6,83
C200 / 1,4	5,51	4,93	7,59	6,83	9,19	8,08
C200 / 1,7	5,97	5,33	8,13	7,29	9,80	8,71
C200 / 2,5	6,96	6,15	9,19	8,18	10,92	9,73
C250 / 1,1	5,46	4,93	7,65	6,88	9,30	7,54
C250 / 1,4	5,87	5,26	8,10	7,29	9,86	8,86
C250 / 1,7	6,32	5,64	8,66	7,77	10,46	9,40
C250 / 2,5	7,29	6,45	9,70	8,64	11,58	10,36
C300 / 1,1	5,77	5,18	8,08	7,26	9,86	7,44
C300 / 1,4	6,15	5,51	8,56	7,70	10,41	9,37
C300 / 1,7	6,63	5,92	9,09	8,18	11,02	9,93
C300 / 2,5	7,57	6,73	10,16	9,07	12,14	10,87

**Tabela 7.6** – Vãos máximos em vigas de teto de vão único com reforços de apoio, sótão acessível.

Perfil	Contraventamento lateral da aba superior					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C90 / 0,8	2,44	2,13	2,95	2,46	3,02	2,51
C90 / 1,1	2,64	2,34	3,28	2,77	3,30	2,87
C90 / 1,4	2,82	2,51	3,53	3,02	3,53	3,07
C90 / 1,7	3,05	2,72	3,78	3,30	3,78	3,30
C90 / 2,5	3,53	3,12	4,14	3,63	4,14	3,63
C140 / 0,8	2,79	2,51	3,71	3,18	4,04	3,35
C140 / 1,1	3,00	2,69	4,06	3,51	4,50	3,78
C140 / 1,4	3,18	2,87	4,37	3,81	4,90	4,14
C140 / 1,7	3,43	3,05	4,67	4,09	5,31	4,52
C140 / 2,5	3,89	3,45	5,21	4,60	5,97	5,11
C200 / 0,8	3,12	2,82	4,37	3,78	4,85	4,06
C200 / 1,1	3,33	3,00	4,70	4,17	5,46	4,70
C200 / 1,4	3,56	3,20	4,95	4,45	5,87	5,08
C200 / 1,7	3,78	3,40	5,26	4,72	6,27	5,49
C200 / 2,5	4,24	3,78	5,66	5,18	6,93	6,12
C250 / 1,1	3,58	3,23	5,03	4,52	6,05	5,21
C250 / 1,4	3,78	3,40	5,31	4,78	6,43	5,66
C250 / 1,7	4,04	3,61	5,61	5,05	6,81	6,07
C250 / 2,5	4,50	4,01	6,15	5,51	7,42	6,65
C300 / 1,1	3,78	3,40	5,31	4,78	6,32	5,49
C300 / 1,4	3,99	3,58	5,61	5,05	6,83	6,12
C300 / 1,7	4,24	3,81	5,92	5,33	7,21	6,48
C300 / 2,5	4,70	4,22	6,45	5,79	7,82	7,04

**Tabela 7.7** – Vãos máximos em vigas de teto de dois vãos com reforços de apoio, sótão acessível.

Perfil	Contraventamento lateral da aba superior					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C90 / 0,8	3,18	2,59	3,18	2,59	3,18	2,59
C90 / 1,1	3,56	3,15	3,86	3,15	3,86	3,15
C90 / 1,4	3,89	3,43	4,34	3,53	4,34	3,53
C90 / 1,7	4,27	3,76	4,85	3,96	4,85	3,96
C90 / 2,5	5,05	4,39	5,56	4,70	5,56	4,70
C140 / 0,8	3,73	3,35	4,29	3,35	4,29	3,35
C140 / 1,1	4,04	3,61	5,23	4,27	5,23	4,27
C140 / 1,4	4,34	3,89	5,84	4,80	5,89	4,80
C140 / 1,7	4,72	4,19	6,32	5,38	6,60	5,38
C140 / 2,5	5,49	4,85	7,19	6,25	7,90	6,43
C200 / 0,8	4,17	3,28	4,47	3,28	4,47	3,28
C200 / 1,1	4,50	4,04	6,25	5,31	6,48	5,31
C200 / 1,4	4,80	4,29	6,65	5,94	7,67	6,25
C200 / 1,7	5,18	4,62	7,09	6,35	8,43	7,06
C200 / 2,5	5,94	5,26	7,92	7,06	9,42	8,23
C250 / 1,1	4,80	4,32	6,71	5,26	7,01	5,26
C250 / 1,4	5,11	4,57	7,11	6,40	8,51	6,96
C250 / 1,7	5,49	4,90	7,54	6,78	9,14	8,10
C250 / 2,5	6,25	5,54	8,38	7,49	10,06	8,99
C300 / 1,1	5,05	4,55	6,88	5,05	6,88	5,05
C300 / 1,4	5,36	4,83	7,49	6,76	9,14	7,54
C300 / 1,7	5,74	5,16	7,95	7,14	9,65	8,66
C300 / 2,5	6,53	5,79	8,79	7,87	10,57	10,39

**Tabela 7.8** – Vãos máximos em vigas de teto de vão único sem reforços de apoio, sótão inacessível.

Perfil	Contraventamento lateral da aba superior					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C90 / 0,8	2,79	2,51	3,58	3,05	3,58	3,05
C90 / 1,1	3,02	2,69	3,91	3,40	3,66	3,40
C90 / 1,4	3,25	2,90	4,19	3,66	4,19	3,66
C90 / 1,7	3,53	3,15	4,47	3,91	4,47	3,91
C90 / 2,5	4,14	3,66	4,93	4,29	4,93	4,29
C140 / 0,8	3,18	2,87	4,39	3,05	4,60	3,05
C140 / 1,1	3,40	3,07	4,75	4,22	5,49	4,70
C140 / 1,4	3,66	3,28	5,05	4,50	5,92	5,08
C140 / 1,7	3,94	3,53	5,38	4,83	6,38	5,51
C140 / 2,5	4,55	4,01	6,05	5,38	7,06	6,17
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-
C200 / 1,1	3,81	3,43	5,33	4,83	6,45	5,41
C200 / 1,4	4,06	3,63	5,66	5,11	6,88	6,10
C200 / 1,7	4,34	3,89	5,99	5,38	7,29	6,50
C200 / 2,5	4,93	4,39	6,65	5,94	8,00	7,16
C250 / 1,1	-	-	-	-	-	-
C250 / 1,4	4,32	3,89	6,05	5,44	7,37	6,63
C250 / 1,7	4,62	4,14	6,40	5,77	7,77	7,01
C250 / 2,5	5,21	4,62	7,06	6,32	8,51	7,65
C300 / 1,1	-	-	-	-	-	-
C300 / 1,4	-	-	-	-	-	-
C300 / 1,7	4,85	4,37	6,76	6,07	8,23	7,42
C300 / 2,5	5,44	4,85	7,42	6,65	8,94	8,05

**Tabela 7.9** – Vãos máximos em vigas de teto de dois vãos sem reforços de apoio, sótão inacessível.

Perfil	Contraventamento lateral da aba superior					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C90 / 0,8	3,51	2,67	3,51	2,67	3,51	2,67
C90 / 1,1	4,11	3,56	4,62	3,56	4,62	3,56
C90 / 1,4	4,50	3,99	5,54	4,32	5,54	4,32
C90 / 1,7	4,98	4,39	5,99	5,05	5,99	5,05
C90 / 2,5	5,94	5,23	6,60	5,77	6,60	5,77
			0			
C140 / 0,8	4,17	3,07	4,17	3,07	4,17	3,07
C140 / 1,1	4,62	4,14	5,69	4,27	5,69	4,27
C140 / 1,4	5,00	4,47	6,83	5,33	6,99	5,33
C140 / 1,7	5,46	4,85	7,34	6,53	8,46	6,58
C140 / 2,5	6,45	5,69	8,41	7,44	9,47	8,28
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-
C200 / 1,1	5,13	4,60	6,27	4,65	6,27	4,65
C200 / 1,4	5,51	4,93	7,59	6,17	8,20	6,17
C200 / 1,7	5,97	5,33	8,13	7,29	9,80	7,90
C200 / 2,5	6,96	6,15	9,19	8,18	10,92	9,73
C250 / 1,1	-	-	-	-	-	-
C250 / 1,4	5,87	5,26	8,10	6,38	8,56	6,38
C250 / 1,7	6,32	5,64	8,66	7,77	10,46	8,66
C250 / 2,5	7,29	6,45	9,70	8,64	11,58	10,36
C300 / 1,1	-	-	-	-	-	-
C300 / 1,4	-	-	-	-	-	-
C300 / 1,7	6,63	5,92	9,09	8,18	11,02	8,84
C300 / 2,5	7,57	6,73	10,16	9,07	12,14	10,87

**Tabela 7.10** – Vãos máximos em vigas de teto de vão único sem reforços de apoio, sótão acessível.

Perfil	Contraventamento lateral da aba superior					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C90 / 0,8	2,79	2,51	3,58	3,05	3,58	3,05
C90 / 1,1	3,02	2,69	3,91	3,40	3,66	3,40
C90 / 1,4	3,25	2,90	4,19	3,66	4,19	3,66
C90 / 1,7	3,53	3,15	4,47	3,91	4,47	3,91
C90 / 2,5	4,14	3,66	4,93	4,29	4,93	4,29
C140 / 0,8	3,18	2,87	4,39	3,05	4,60	3,05
C140 / 1,1	3,40	3,07	4,75	4,22	5,49	4,70
C140 / 1,4	3,66	3,28	5,05	4,50	5,92	5,08
C140 / 1,7	3,94	3,53	5,38	4,83	6,38	5,51
C140 / 2,5	4,55	4,01	6,05	5,38	7,06	6,17
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-
C200 / 1,1	3,81	3,43	5,33	4,83	6,45	5,41
C200 / 1,4	4,06	3,63	5,66	5,11	6,88	6,10
C200 / 1,7	4,34	3,89	5,99	5,38	7,29	6,50
C200 / 2,5	4,93	4,39	6,65	5,94	8,00	7,16
C250 / 1,1	-	-	-	-	-	-
C250 / 1,4	4,32	3,89	6,05	5,44	7,37	6,63
C250 / 1,7	4,62	4,14	6,40	5,77	7,77	7,01
C250 / 2,5	5,21	4,62	7,06	6,32	8,51	7,65
C300 / 1,1	-	-	-	-	-	-
C300 / 1,4	-	-	-	-	-	-
C300 / 1,7	4,85	4,37	6,76	6,07	8,23	7,42
C300 / 2,5	5,44	4,85	7,42	6,65	8,94	8,05

**Tabela 7.11** – Vãos máximos em vigas de teto de dois vãos sem reforços de apoio, sótão acessível.

Perfil	Contraventamento lateral da aba superior					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C90 / 0,8	2,46	1,83	2,46	1,83	2,46	1,83
C90 / 1,1	3,30	2,51	3,30	2,51	3,30	2,51
C90 / 1,4	3,89	3,10	4,04	3,10	4,04	3,10
C90 / 1,7	4,27	3,76	4,80	3,78	4,80	3,78
C90 / 2,5	5,05	4,39	5,56	4,62	5,56	4,62
C140 / 0,8	2,82	2,06	2,82	2,06	2,82	2,06
C140 / 1,1	3,96	2,95	3,96	2,95	3,96	2,95
C140 / 1,4	4,34	3,76	4,98	3,76	4,98	3,76
C140 / 1,7	4,72	4,19	6,17	4,75	6,17	4,75
C140 / 2,5	5,49	4,85	7,19	6,25	7,87	6,40
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-
C200 / 1,1	4,27	3,10	4,27	3,10	4,27	3,10
C200 / 1,4	4,80	4,22	5,72	4,22	5,72	4,22
C200 / 1,7	5,18	4,62	7,09	5,56	7,37	5,56
C200 / 2,5	5,94	5,26	7,92	7,06	9,42	7,90
C250 / 1,1	-	-	-	-	-	-
C250 / 1,4	5,11	4,29	5,89	4,29	5,89	4,29
C250 / 1,7	5,49	4,90	7,54	5,99	8,03	5,99
C250 / 2,5	6,25	5,54	8,38	7,49	10,06	8,84
C300 / 1,1	-	-	-	-	-	-
C300 / 1,4	-	-	-	-	-	-
C300 / 1,7	5,74	5,16	7,95	6,05	7,95	6,05
C300 / 2,5	6,53	5,79	8,79	7,87	10,57	9,47



**Tabela 7.12** – Vãos máximos, em planta, em vigas de cobertura.

Perfil	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )							
	1,0		1,4		2,4		3,4	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C140 / 0,8	3,86	3,15	3,58	2,92	3,02	2,46	2,69	2,18
C140 / 1,1	4,70	3,84	4,34	3,56	3,68	3,00	3,25	2,67
C140 / 1,4	3,96	4,32	4,90	3,99	4,17	3,40	3,68	3,00
C140 / 1,7	5,51	4,83	5,26	4,50	4,67	3,81	4,11	3,38
C140 / 2,5	6,12	5,33	5,82	5,08	5,21	4,27	4,75	4,01
C200 / 0,8	4,70	3,48	4,37	3,00	3,23	2,16	2,51	1,68
C200 / 1,1	5,82	4,75	5,41	4,42	4,60	3,73	4,04	3,28
C200 / 1,4	6,88	5,61	6,40	5,21	5,41	4,42	4,80	3,91
C200 / 1,7	7,49	6,32	7,11	5,87	6,10	4,98	5,38	4,39
C200 / 2,5	8,31	7,24	7,92	6,91	7,09	5,97	6,48	5,28
C250 / 1,1	6,45	5,26	5,99	4,88	5,08	3,99	4,50	3,12
C250 / 1,4	7,65	6,25	7,09	5,79	6,02	4,29	5,31	4,34
C250 / 1,7	8,99	7,47	8,46	6,93	7,21	5,87	6,40	5,21
C250 / 2,5	9,75	8,74	9,53	8,31	8,53	7,06	7,65	6,25
C300 / 1,1	7,01	5,54	6,50	4,75	5,11	3,43	4,01	2,67
C300 / 1,4	8,31	6,78	7,70	6,27	6,53	5,33	5,77	4,70
C300 / 1,7	9,78	7,98	9,07	7,39	7,70	6,27	6,81	5,54
C300 / 2,5	11,68	10,21	11,13	9,60	9,96	8,15	8,84	7,19

**Tabela 7.13** – Equivalência entre velocidade do vento e sobrecarga de neve (kN/m<sup>2</sup>)

Velocidade do vento e exposição		Inclinação da cobertura									
A	B	3:12	4:12	5:12	6:12	7:12	8:12	9:12	10:12	11:12	12:12
113		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,4	1,4
129	113	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,4	1,4	2,4	2,4
145	129	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
161	145	1,4	1,4	1,4	2,4	2,4	2,4	3,4	3,4	3,4	-
177	161	1,4	2,4	2,4	2,4	3,4	3,4	3,4	-	-	-
	177	2,4	2,4	2,4	3,4	3,4	-	-	-	-	-

**Tabela 7.14 – Requisitos da ligação à viga de cumeeira**

Cobertura		Velocidade do vento					
Declive	Largura	145	161	177	145	161	177
		Parafusos #8 necessários			Resistência necessária (kN/m)		
3:12	7,3	2	2	3	6,86	9,01	11,38
	8,5	2	3	3	8,00	10,49	13,27
	9,8	2	3	3	9,14	12,00	15,17
	11,0	3	3	4	10,28	13,50	17,06
4:12	7,3	2	2	3	5,46	7,15	11,04
	8,5	2	2	3	6,37	8,33	10,49
	9,8	2	2	3	7,28	9,51	12,00
	11,0	2	3	3	8,19	10,71	13,50
5:12	7,3	1	2	2	4,17	5,49	6,93
	8,5	1	2	2	4,88	6,40	8,08
	9,8	2	2	2	5,57	7,32	9,24
	11,0	2	2	3	6,27	8,23	10,39
6:12	7,3	1	1	2	3,78	4,94	6,22
	8,5	1	2	2	4,42	5,76	7,26
	9,8	2	2	2	5,05	6,60	8,30
	11,0	2	2	2	5,67	7,42	9,34
7:12 - 12:12	7,3	1	1	2	3,55	4,62	5,79
	8,5	1	2	2	4,14	5,38	6,76
	9,8	2	2	2	4,73	6,15	7,72
	11,0	2	2	2	5,33	6,93	8,69

**Tabela 7.15 – Espessura mínima da fita metálica da ligação**

Largura da fita (mm)	Espessura mínima da fita / número de parafusos necessário					
	4 ou menos	5	6	7	8	9
32	1,1	1,4	1,4	-	-	-
38	1,1	1,1	1,4	1,4	-	-
44	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4	-
51	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,4

---

## Capítulo 8 – Instalações e algumas recomendações

---

Neste capítulo resumem-se algumas regras gerais sobre instalações, tais como canalizações, quadros eléctricos, roupeiros e armários, rodapés e lambris, isolamento térmico, isolamento acústico, e resistência ao fogo)

### Canalizações

A maior parte dos materiais utilizados nas canalizações (PEAD, PEX, PVC) é tão compatível com a construção em aço leve como com a tradicional. Apenas nas canalizações metálicas (aço galvanizado, inox, cobre, acessórios em bronze e FFD) deverão ser tomadas precauções adicionais, para que os metais da canalização e estrutura não entrem em contacto.

As instalações eléctricas deverão ser encerradas em tubo plástico como habitualmente. Embora haja a possibilidade de o fazer apenas nos pontos em que se atravessam os perfis metálicos, isso impede que os tubos sejam enfiados já após o acabamento das paredes, obrigando assim a antecipar gastos significativos e ficando nesse intervalo particularmente sujeitos a roubos.

Os esgotos são os tubos de maior diâmetro, e podem requerer o reforço de algumas vigas de pavimento; é raro surgir este problema quando são usadas treliças.

### Quadros eléctricos

Os quadros devem ser fixos lateralmente, nos montantes adjacentes, para evitar que o peso se transmita ao gesso cartonado

### AVAC

Estas instalações também têm tubos de grande secção (frequentemente maior que a do esgoto) mas não há diâmetros mínimos ou gradientes a cumprir, pelo que a execução é semelhante e até mais simples.

### Roupeiros e armários

O método prescritivo original não acrescenta muito ao que é comum fazer-se na construção em madeira, aliás sugere o uso de peças de madeira maciça entre os montantes para fixação dos roupeiros e armários embutidos. De um modo geral, as ferramentas do carpinteiro não permitem fixar directamente aos perfis metálicos.

Não são prescritas quaisquer secções de madeira, e na ausência de outras construções em madeira na mesma obra, é possível que seja mais prático usar o OSB das paredes exteriores, mesmo que seja necessária mais de uma camada.

A abordagem da construção tradicional – o uso de poliuretano ou pré-aros – é totalmente impraticável, já que a maior parte do interior da parede está vazia.

---

## **Rodapés e lambrins**

Propõe-se que os rodapés e lambrins sejam pregados ao gesso cartonado, mas o acabamento, e provavelmente a própria solidez da fixação, serão certamente melhores se for colado.

Dado que as placas costumam ter 1,35 m de comprimento, quando o pé-direito exceder 2,7 m (e é bastante comum acontecer no R/C e na reabilitação de edifícios antigos) pode ser apropriado que a faixa mais próxima do pavimento seja de OSB e não gesso cartonado, sendo assim apropriado pregar o rodapé.

## **Isolamento térmico**

O isolamento de um edifício em aço leve é muito fácil de conseguir, dado que a maior parte do espaço ocupado pela parede está vazio – não sendo portanto necessário criar qualquer caixa-de-ar. Basta apenas corrigir as pontes térmicas existentes nos montantes e canais.

A aplicação de OSB no exterior (e frequentemente isolamentos contínuos em EPS tipo “capotto”) garante o cumprimento, com uma margem significativa, das exigências do RCCTE. Também costuma ser aplicada lã de rocha no interior da parede, embora este isolamento não seja contínuo. Há ainda a certificação energética do edifício, que em caso de construção nova ou reabilitação deverá alcançar pelo menos a classe B.

Este requisito é mais exigente, mas também menos dependente do comportamento da parede – está muito centrado na eficiência da produção de uma dada quantidade (l/pax/ano) de “água quente sanitária”. Em todo o caso, um dos maiores nichos de mercado do aço leve é a construção de casas de férias, as quais, na sua maioria, são ocupadas um mês por ano, ou pouco mais.

A seguir cegamente as recomendações da certificação, a obrigatoriedade de manter esta eficiência, para um volume de AQS possivelmente 12 vezes inferior, bem como de cumprir com “necessidades de aquecimento” no Inverno que nunca se verificam, levaria a que se tomassem decisões que economicamente não fazem qualquer sentido.

## **Resistência ao fogo e isolamento acústico**

O método prescritivo original não entra em detalhes nestes aspectos, e remete para regulamentos americanos, provavelmente muito semelhantes ao RSIE e RGR.

Curiosamente, menciona que as moradias isoladas, desde que sem garagem contígua, não têm quaisquer requisitos de resistência ao fogo. Isto deve simplificar bastante o projeto e licenciamento da (provavelmente) esmagadora maioria das casas americanas em aço leve.

De um modo geral, ainda que tal deva ser verificado caso a caso, a resistência ao fogo de casas em aço leve é muito boa. O OSB é praticamente auto-extinguível (e pode-o ser de todo, se assim for prescrito), pelo que não propaga o incêndio, e é também possível obter EPS, poliuretano, “wallmate” e “roofmate” com idênticas características. A lã de rocha e o gesso cartonado são incombustíveis, e no caso do gesso, há ainda uma inércia térmica significativa e calor “latente” de

---

evaporação – mesmo quando perfeitamente seco ao toque, o gesso tem sempre alguma humidade intrínseca, que só é libertada com temperaturas próprias de um incêndio.

Por fim, uma estrutura de aço leve sujeita a um incêndio é tão dúctil como quando sujeita a qualquer outro modo de rotura – a estrutura “avisa” com bastante antecedência que vai ceder.

### **Recomendações gerais**

As recomendações seguintes são apenas boas práticas construtivas, que não dispensam a consulta de recomendações específicas (normas, catálogos, fichas técnicas e de aplicação...) dos materiais e processos utilizados em cada obra:

- Deverão ser seguidas as recomendações do PSS, ou na sua ausência, as normas aplicáveis
- Deverão ser usadas luvas sempre que as mãos entrem em contacto com o aço, dado que os perfis abertos têm sempre arestas vivas.
- Deverão ser usados tampões de ouvido para todas as operações de corte com rebarbadora ou ferramentas afins
- Deverão ser usados óculos de proteção no corte, e quando o aparafusamento dos perfis seja feito acima do trabalhador
- O corte com rebarbadora deverá ser efectuado em locais bem ventilados
- Deverá ser redobrada a atenção em trabalhos à chuva, ou mesmo quando há orvalho nos perfis, pois tornam-se escorregadios
- Os perfis podem também estar ligeiramente gordurosos após a conformação a frio (e ao contrário da água, este óleo nunca escorre ou evapora). Isto deverá ser tido em conta se forem usados temporariamente como pranchas de andaime ou rampas. Os perfis deitados têm um momento de inércia muito baixo e podem flectir subitamente com cargas pequenas.
- Deverá prestar-se atenção à posição dos cabos eléctricos. As arestas vivas dos perfis cortam facilmente o isolamento, podendo ocorrer electrocussão
- Os perfis só se tornam resistentes com a fixação adequada entre si. Deverão ser fixos imediatamente após colocação, para reduzir o risco de acidentes
- Podem ocorrer graves acidentes se os perfis forem mal armazenados ou montados, ou não seguirem as prescrições deste método (e/ou do fabricante, outros regulamentos, etc.) a respeito de cargas e sobrecargas admissíveis, dimensões de furos, reforços de apoio, entre outros.
- Deverão ser estritamente cumpridas as tolerâncias respeitantes ao in-line framing e nivelamento, a fim de garantir uma efetiva fixação e eliminar quaisquer esforços parasitas. A melhor ferramenta para este fim é o nível magnético, mas podem ser usados níveis normais e fios-de-prumo.
- Os perfis deverão manter as suas marcações legíveis, mesmo depois de aplicados.
- Não deverão ser usados canais em quaisquer elementos estruturais sem um cálculo ou projeto específico para essa aplicação.
- Deverão ser rejeitados quaisquer perfis em mau estado (flectidos, empenados, ou com encurvadura local)

- 
- Todas as superfícies onde se apoiem vigas ou treliças, de pavimento e cobertura, deverão estar perfeitamente niveladas
  - Deverá ser usada fixação temporária apropriada até se poder executar a fixação definitiva dos perfis

### **Armazenamento**

- Os perfis de aço deverão ser armazenados na horizontal, sobre uma superfície plana.
- Tanto quanto possível, deverão estar ao abrigo das intempéries.
- Não se deverão abrir lotes de perfis antes de serem necessários, i.e. até ao fabrico ou instalação
- Os perfis individuais deverão ser manipulados com cuidado, dado o baixo momento de inércia quando deitados e/ou submetidos à torsão.

### **Corte e aparafusamento**

- Deverão ser evitados métodos de corte que aqueçam excessivamente os perfis ou causem danos na galvanização
- Pode ser utilizada soldadura, sempre que iguale ou exceda a capacidade resistente dos parafusos prescritos para a mesma união. Deverão ser removidos quaisquer resíduos do processo de soldadura, e aplicada zincagem e/ou pintura anti corrosão.
- Os parafusos deverão perfurar chapas da mais fina para a mais espessa, e expor três roscas completas após a união
- As aparafusadoras deverão ter embraiagem e não exceder 2.500 rpm
- Os furos para posterior aplicação de parafusos até 13 mm não deverão exceder o diâmetro dos mesmos em mais de 1,6 mm, ou 3,2 mm para diâmetros superiores. Deverão ser colocadas anilhas entre as cabeças dos parafusos e o perfis metálicos.

### **Vigas de pavimento**

- Deverá ser feito um nivelamento cuidado (mesmo que já tenha sido feito no caso de fundações em betão) para garantir que não há erros na aplicação do revestimento do pavimento. Pode ser apropriado criar um “plenum” com eventuais apoios intermédios, caso a laje de fundação não seja aceitável.
- Não deverão ser usados canais em quaisquer elementos estruturais sem um cálculo ou projeto específico para essa aplicação.
- Os pontos de apoio de vigas de pavimento deverão ser uniforme e perfeitamente nivelados
- Deverá ser executado o contraventamento temporário das vigas de pavimento, até que o definitivo possa ser aplicado. A remoção do temporário é opcional.
- Não devem ser montadas vigas de pavimento antes de fixar definitivamente às fundações, todas as ancoragens e/ou buchas.
- Devem ser aplicados reforços de apoio nos pontos onde haja cargas concentradas. Podem ser aplicados em qualquer das faces da viga

- 
- Não deverão ser aplicadas cargas ao pavimento sem estar revestido ou contraventado, incluindo colocação de paletes e trânsito de pessoas e/ou outras cargas. Podem facilmente ocorrer quedas perigosas.
  - O ranger do revestimento do pavimento em OSB deverá ser corrigido antes da aplicação de quaisquer outros revestimentos.
  - Poderá também verificar-se o ranger das vigas de pavimento. Prever um pequeno espaço entre vigas de pavimento e viga no contorno para eliminar este ruído.

### **Montantes das paredes**

- A folga máxima entre montantes e canais é de 3 mm. Poderá ser difícil chegar a este valor se a quinagem for feita com raios de curvatura superiores; no entanto a chapa de 1,5 mm aguenta perfeitamente este raio de curvatura sem danos na galvanização da face exterior
- As paredes deverão ser contraventadas a cada 3,6 m, no máximo. Este contraventamento é dispensável quando for colocado revestimento estrutural em ambas as faces
- Deverá ser executada fixação temporária dos montantes, até que a definitiva possa ser aplicada. A remoção da fixação temporária (quando no interior da parede) é opcional.
- Deverá ser aplicado um selante entre lajes de betão e canal inferior, na ausência de outros elementos metálicos no meio.

### **Treliças**

- As treliças de pavimento e/ou cobertura deverão ser feitas apenas conforme projecto ou cálculo específico para essa aplicação
- Deverão verificar-se as dimensões dos vãos e posições dos apoios antes da montagem de treliças
- Deverá ser executada fixação temporária das treliças até à conclusão do pavimento ou cobertura. A remoção da fixação temporária é opcional.
- As treliças são particularmente sensíveis à flexão transversal, pelo que se deverá ter um cuidado acrescido com a sua instalação
- Não deverão ser aplicadas cargas antes de as treliças terem o revestimento final em OSB, em particular cargas pesadas como paletes de materiais de construção ou equipamentos AVAC. As treliças são normalmente dimensionadas para cargas estáticas, pelo que deverão ser colocados aparelhos de apoio em todo o equipamento mecânico e/ou apoios de treliças sujeitas a essas cargas.
- Todas as alterações de uma treliça que envolvam corte, perfuração ou mudança de posição de elementos estruturais deverão ser sujeitas a novo cálculo.
- Não deverão ser colocadas treliças sobre quaisquer elementos que não estejam solidamente fixos à estrutura, aqui se incluindo lintéis, esquadros, vergas ou vigas soltos ou insuficientemente apoiados.
- Deverá ser acautelada a deformação de treliças que não se apoiem em quaisquer paredes interiores estruturais (bem como a das que se apoiam em paredes não estruturais, às quais não deverão transmitir cargas), principalmente quando adjacentes a treliças com condições de apoio diferentes.

- 
- As treliças não deverão ser puxadas para baixo para chegar a qualquer compartimento interior. O transporte deverá ser feito com as treliças permanentemente suspensas, seja manualmente ou da grua.

## **Ferramentas**

### Corte e perfuração:

- Tesoura de chapa
- Cisalha eléctrica
- Cisalha hidráulica
- Serra circular
- Rebarbadora
- “Nibbler” (serra tico-tico)
- Plasma (maçarico)
- Alicate vazador (normal / “stud crimper”)
- Broca cónica

### Quinagem e colocação em obra:

- Alicate plano
- Prensa / quinadeira
- Alicate de pressão

### Fixação:

- Aparafusadora eléctrica
- Aparafusadora pneumática
- Pistola de pregos



## Capítulo 9 – Exemplos Ilustrativos

Neste capítulo apresentam-se dois exemplos ilustrativos da aplicação do método prescritivo, exemplos A e B. Em primeiro lugar, descrevem-se os dados gerais do edifício a analisar, depois apresentam-se as dimensões dos elementos estruturais (vigas, montantes, vergas, parafusos).

### Exemplo A

Neste primeiro exemplo ilustrativo, pretende-se dimensionar a estrutura metálica de um edifício de dois pisos, sobre cave uma cave não habitável, com uma viga a  $\frac{1}{2}$  vão (considera-se  $\frac{1}{2}$  do menor vão) sob o R/C e parede resistente no mesmo alinhamento sob o 1º piso. Na figura 9.1 apresentam-se os perfis de frente, tardo e empenas, bem como uma perspectiva do edifício.

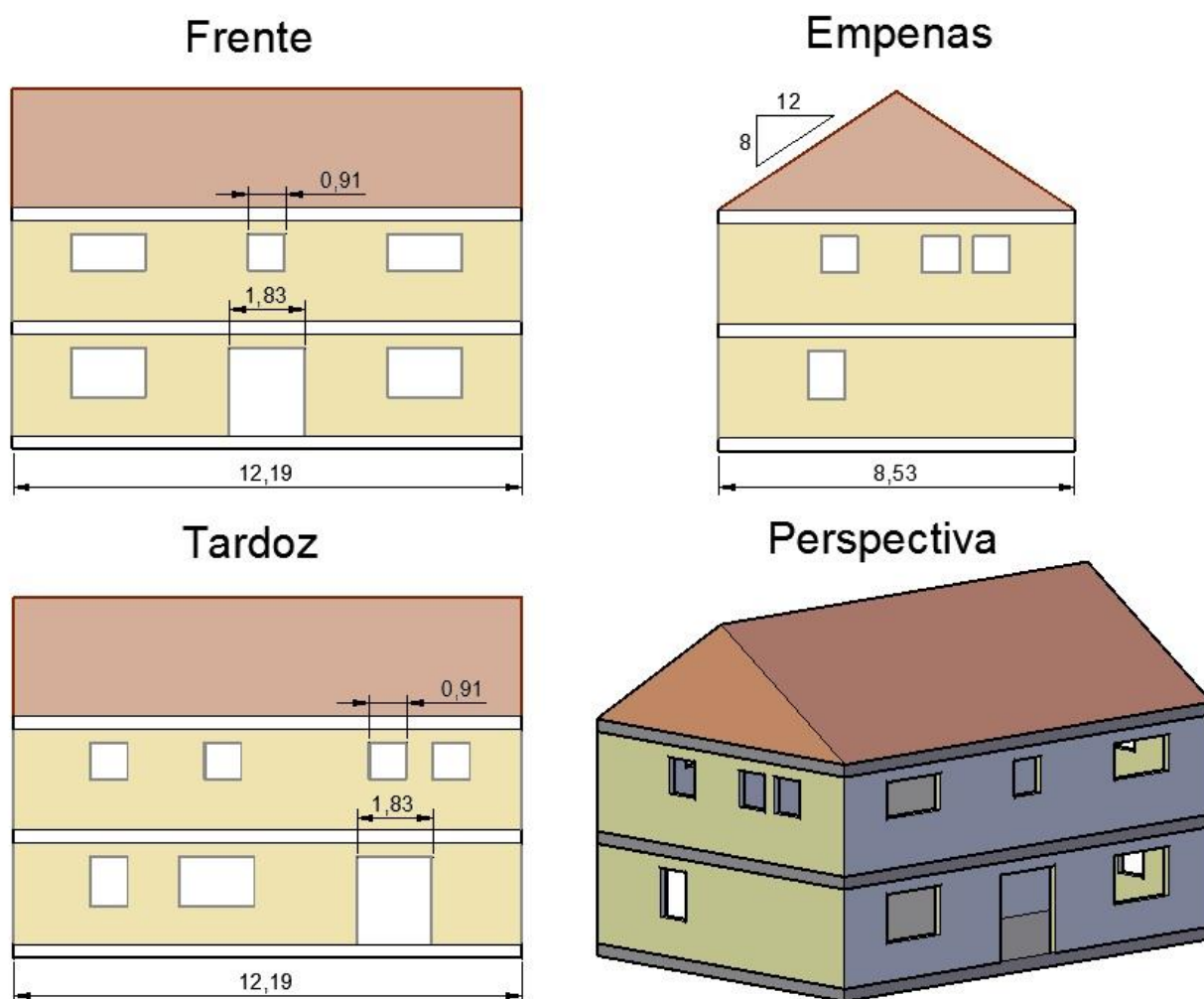


Figura 9.1 – Moradia de dois pisos (exemplo A)

## Dados gerais

Dimensões:	8,5 x 12,2 m (103,7 m <sup>2</sup> ) Viga a ½ vão → menor vão 8,5/2 = 4,25 m
Pé-direito:	2,44 m, em ambos os pisos
Espaçamento dos montantes e vigas:	60 cm
Cobertura:	Vigas de teto e de cobertura Inclinação 8:12 (aprox. 34°)
Beirado:	30 cm
Carga de neve:	2,4 kN/m <sup>2</sup>
Exposição ao vento:	113 km/h, exposição B
Exposição sísmica:	categoria D
Sobrecargas:	R/c: 1,92 kN/m <sup>2</sup> ; 1º piso: 1,44 kN/m <sup>2</sup>
Carga morta	1º piso: 0,48 kN/m <sup>2</sup>

## Dimensionamento dos elementos (aço S235)

### R/C:

Vigas de pavimento:	C200/1,5 mm // 60 cm	(tabela 5.1)
Montantes:	C90/1,5 mm // 60 cm	(tabela 6.3)
Vergas:	2xC90/1,5 mm ou 2xL150x40/1,5 mm nos vãos de 0,9 m 2xC200/1,7 mm nos vãos de 1,8 m	(tabela 6.15b) (tabela 6.27) (tabela 6.17b)
Montantes de ombreira	C90/1,5 mm x 1, em ambos os vãos	(tabela 6.18)
Montantes	C90/1,5 mm x 1, nos vãos de 0,9 m C90/1,5 mm x 2, nos vãos de 1,8 m	(tabela 6.18) (tabela 6.18)
Revestimento do pavimento	OSB-3 de 18 mm	
Revestimento das paredes	OSB-3 de 11 mm ou contraplacado de 12 mm	
Requisitos de paredes de corte		(tabela 6.36)

### 1º piso

Vigas de pavimento:	C200/1,1 mm // 60 cm	(tabela 5.1)
Montantes:	C90/0,8 mm // 60 cm	(tabela 6.2)
Vergas:	2xC90/1,1 mm ou 2xL150x40/1,5 mm nos vãos de 1,1 m	(tabela 6.15b) (tabela 6.21)
Montantes de ombreira	C90/0,8 mm x 1, em ambos os vãos	(tabela 6.18)
Montantes	C90/0,8 mm x 1, nos vãos de 1,1 m	(tabela 6.18)
Revestimento do pavimento	OSB-3 de 18 mm	
Revestimento das paredes	OSB-3 de 11 mm ou contraplacado de 12 mm	
Requisitos de paredes de corte		(tabela 6.36)

## Cobertura

Vigas de teto:	C200/1,1 mm	(tabela 7.9)
Vigas de cobertura:	C90/0,8 mm	(tabela 7.12)
Revestimento da cobertura	Contraplacado de 12 mm	

## Escolha das vigas de pavimento

A casa tem 8,5 m de largura e uma viga a ½ vão, pelo que, tendo em conta a espessura das paredes de fachada, haverá um vão livre de aproximadamente 4,0 m no R/c e 4,1 m no 1º piso. Em conjunto com as sobrecargas (1,92 kN/m<sup>2</sup> no R/C e 1,44 kN/m<sup>2</sup> no 1º piso) e espaçamento de 60 cm, é possível obter as características das vigas de pavimento.

**Tabela 9.1** (Tabela 5.1 – Vãos máximos (m) – vão simples, com reforços de apoio)

Viga de pavimento	Sobrecarga 1,44 kN/m <sup>2</sup> espaçamento (cm)				Sobrecarga 1,92 kN/m <sup>2</sup> espaçamento			
	30	40	48	60	30	40	48	60
C140/0,8 mm	3,5	3,2	3,0	2,8	3,2	2,9	2,7	2,5
C140/1,1 mm	3,9	3,5	3,3	3,0	3,5	3,2	3,0	2,8
C140/1,5 mm	4,1	3,8	3,5	3,3	3,8	3,4	3,2	3,0
C140/1,7 mm	4,4	4,0	3,8	3,5	4,0	3,7	3,5	3,2
C140/2,5 mm	4,9	4,5	4,2	3,9	4,5	4,1	3,8	3,6
C200/0,8 mm	4,8	4,1	3,7	3,4	4,3	3,7	3,4	2,8
<b>C200/1,1 mm</b>	5,2	4,7	4,4	<b>4,1</b>	4,7	4,3	4,0	3,7
<b>C200/1,5 mm</b>	5,6	5,1	4,8	4,4	5,1	4,6	4,3	<b>4,0</b>
C200/1,7 mm	6,0	5,5	5,1	4,7	5,5	5,0	4,7	4,3
C200/2,5 mm	6,7	6,1	5,7	5,3	6,1	5,5	5,2	4,8

Da tabela 5.6 resulta também que deverá ser usado um parafuso #8 em cada aba do perfil e dois em cada reforço de apoio. Os reforços de apoio deverão ser dispostos de acordo com as figuras 2.7 e 5.1.

O contraventamento lateral pode ser conseguido à custa do revestimento do pavimento, fitas metálicas ou gesso cartonado. Caso seja usado contraplacado, deverão ser usadas as prescrições da última linha do mesma tabela 5.6: parafusos #8 espaçados a 0,15 m ou 0,25 m, dependendo do tipo de apoio.

Considerando que a cave não é habitável, pode considerar-se o uso de fita metálica, dispensado o gesso cartonado, e que deverá ser fixa com parafusos #8. Esta solução requer o uso de contraventamento extra conforme a secção “contraventamento” do capítulo 5 e figuras 5.1 e 5.11. No caso das vigas de pavimento do 1º piso, dado que estão sobre um espaço habitável, será considerado gesso cartonado.

## Escolha dos montantes

Intervêm neste dimensionamento os seguintes parâmetros: velocidade do vento 113 km/h, exposição B e sobrecarga de neve de 2,4 kN/m<sup>2</sup>. Na página seguinte, as tabelas 6.2 e 6.3 mostram como obter os montantes, para o 1º piso e R/c, respectivamente. Após a tabela 6.3, faz-se notar que a espessura do aço poderá ser reduzida, daí resultando a espessura de 1,1 em vez de 1,4 mm. Considerou-se toda a área disponível na face interior destas paredes revestida a gesso cartonado.

**Tabela 9.2** – (Tabela 6.2 – Espessura mínima dos montantes (mm). Parede de 2,4 m de altura sujeita apenas a carga do teto e cobertura, edifício térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos. Aço S235)

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

**Tabela 9.3** – (Tabela 6.3 – Espessura mínima dos montantes (mm). Parede de 2,4 m de altura sujeita à carga de 1 piso, teto e cobertura; piso térreo de edifício de 2 pisos. Aço S235)

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício															
				7,3				8,5				9,8				11,0			
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )			
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	1,1	1,1	1,4
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1
			60	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4

## Escolha das vergas

Neste exemplo há apenas dois vãos, de 0,9 e 1,8 m. Serão usadas três tabelas (6.15b, 6.17b e 6.18) para determinar o tipo de vergas e o número de montantes, normais e de ombreira, utilizados para

suportar as vergas. Recapitulando, o edifício tem 8,5 m de largura, a sobrecarga de neve é de 2,4 kN/m<sup>2</sup>, e as vergas suportam um piso, teto e cobertura, com uma parede resistente a ½ vão.

**Tabela 9.4** – (Tabela 6.17b – Vãos admissíveis em vergas que suportam cargas de 1 piso, teto e cobertura. Piso térreo de edifício de 2 pisos. Carga aplicada nas paredes e em viga a 1/2 vão. Aço S235)

Verga	sobrecarga de neve 2,4 kN/m <sup>2</sup>				sobrecarga de neve 3,4 kN/m <sup>2</sup>			
	largura do edifício (m)				largura do edifício (m)			
	7,3	8,5	9,8	11	7,3	8,5	9,8	11
C90 / 0,8	0,66	-	-	-	-	-	-	-
<b>C90 / 1,1</b>	0,99	<b>0,94</b>	0,89	0,81	0,91	0,84	0,76	0,69
C90 / 1,4	1,12	1,04	0,99	0,94	1,04	0,97	0,91	0,86
C90 / 1,7	1,24	1,17	1,12	1,07	1,14	1,09	1,02	0,97
C90 / 2,5	1,47	1,40	1,32	1,24	1,37	1,30	1,22	1,17
C140 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C140 / 1,1	1,22	1,09	0,97	0,89	1,04	0,94	0,84	0,76
C140 / 1,4	1,50	1,42	1,35	1,27	1,40	1,32	1,24	1,19
C140 / 1,7	1,70	1,60	1,50	1,45	1,57	1,47	1,40	1,32
C140 / 2,5	2,03	1,91	1,80	1,70	1,88	1,75	1,68	1,57
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
C200 / 1,1	0,94	0,84	0,74	-	0,81	0,71	-	-
C200 / 1,4	1,88	1,65	1,50	1,35	1,60	1,42	1,27	1,14
<b>C200 / 1,7</b>	2,21	<b>2,08</b>	1,98	1,88	2,06	1,93	1,83	1,73
C200 / 2,5	2,64	2,49	2,36	2,26	2,46	2,31	2,18	2,08

**Tabela 9.5** – (Tabela 6.15b – Vãos admissíveis em vergas que suportem apenas cargas do teto e cobertura. Aço S235)

Verga	sobrecarga de neve 2,4 kN/m <sup>2</sup>				sobrecarga de neve 3,4 kN/m <sup>2</sup>			
	largura do edifício (m)				largura do edifício (m)			
	7,3	8,5	9,8	11	7,3	8,5	9,8	11
C90 / 0,8	0,91	0,79	0,71	0,64	0,71	0,64	-	-
<b>C90 / 1,1</b>	1,17	<b>1,09</b>	1,02	0,97	1,04	0,97	0,91	0,84

De acordo com a tabela 6.18, será necessário um montante normal e um de ombreira para suportar a verga de 0,9 m, e um montante extra no caso da verga de 1,8 m.

**Tabela 9.6** – (Tabela 6.18 – Montantes necessários nos extremos de um vão (normais e de ombreira))

Vão	Espaçamento 60 cm		Espaçamento 40 cm	
	Ombreira	Normais	Ombreira	Normais
Até 1,07 m	1	1	1	1
De 1,08 até 1,52 m	1	2	1	2
De 1,53 até 1,68 m	1	2	2	2
<b>De 1,69 até 2,44 m</b>	1	2	2	2

Das tabelas 6.21 e 6.27 poderiam obter-se vergas equivalentes em dupla cantoneira.

**Tabela 9.7** – (Tabela 6.21 – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas submetidas apenas a cargas de teto e cobertura. Edifício de 8,5 m)

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	1,37	1,32	1,22	1,14	1,04	0,97	0,91
<b>2 x L150x40 / 1,4</b>	1,57	1,50	1,37	1,27	<b>1,17</b>	1,09	1,04

**Tabela 9.8** – (Tabela 6.27 – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas. Cargas de 1 piso, teto e cobertura (piso térreo de edifício de 2 pisos). Edifício de 8,5 m)

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
2 x L150x40 / 1,1	0,91	0,91	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76
<b>2 x L150x40 / 1,4</b>	1,04	1,02	0,99	0,94	<b>0,91</b>	0,89	0,86

### Área mínima de revestimento estrutural necessária

Considerou-se até aqui que o revestimento estrutural cobre toda a área disponível nas paredes. No entanto, os troços em que existem vãos não contribuem significativamente para o funcionamento do diafragma de OSB, pelo que há que verificar se a arquitetura proposta cumpre os requisitos, considerando apenas os painéis que abrangem todo o pé-direito. Para determinar este valor, há que considerar os seguintes parâmetros da casa: dois pisos, 8,5 x 12,2 m, inclinação da cobertura 8:12, velocidade do vento 113 km/h e exposição B. Para o caso da inclinação da cobertura, é permitida a interpolação linear entre os valores para 6:12 (40% no R/C e 20% no 1º piso) e 9:12 (55% no R/C e 30% no 1º piso), pelo que são prescritas áreas 50% e 26,7%, respectivamente.

**Tabela 9.9** – (Tabela 6.36 – % mínima de painéis de parede ext. com revestimento em todo o pé-direito)

Carga aplicada na parede	Declive da cobertura	Ângulo da cobertura (°)	Velocidade do vento (km/h) e exposição				
			113 A	129 A	145 A	129 B	145 B
					113 B		
Apenas teto e cobertura (piso térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos)	3:12	14	8	9	12	16	20
	<b>6:12</b>	<b>27</b>	12	15	<b>20</b>	26	35
	<b>9:12</b>	<b>37</b>	21	25	<b>30</b>	50	58
	12:12	45	30	35	40	66	75
1 piso, teto e cobertura (piso térreo de edifício de 2 pisos)	3:12	14	24	30	35	50	66
	<b>6:12</b>	<b>27</b>	25	30	<b>40</b>	58	74
	<b>9:12</b>	<b>37</b>	35	40	<b>55</b>	74	91
	12:12	45	40	50	65	100	115

Como a inclinação da cobertura é 8:12 (aproximadamente 34°), deve-se interpolar entre os valores anteriores para se obter os comprimentos de parede necessários, com painéis que abranjam todo o pé-direito:

- Empena do R/C:  $8,5 \times 50\% = 4,3$  m
- Empena do 1º piso:  $8,5 \times 26,7\% = 2,3$  m
- Fachada do R/C:  $12,2 \times 50\% = 6,1$  m
- Fachada do 1º piso:  $12,2 \times 26,7\% = 3,3$  m

São sempre prescritos (na secção “revestimento estrutural / diafragma” do capítulo 6) painéis de 1,1 m de comprimento nos cantos, pelo que não poderiam ser usados menos de 2,2 m em qualquer das paredes. No entanto, excepto em casas particularmente pequenas (ou percentagens particularmente baixas), este requisito é facilmente excedido ao cumprir o anterior. Quando a relação entre empena e fachada for particularmente assimétrica (consideram-se os limites >1,5:1 e >2:1), é necessário multiplicar a percentagem da área na parede mais curta (regra geral, a empena) pelo quociente correspondente (1,5 e 2). Neste caso, a relação é  $12,2/8,5 = 1,44 < 1,5$  pelo que não é necessária qualquer correção.

### Escolha de vigas de teto

A largura da casa é 8,5 m, pelo que o vão a considerar nestas vigas, já descontando a espessura das paredes estruturais (exteriores e a ½ vão) será de 4,2 m. Considera-se que o sótão tem um acesso limitado e portanto alguma carga aplicada:  $0,96 \text{ kN/m}^2$ . Caso contrário, considerar-se-ia apenas metade deste valor, como carga morta. Sempre que o sótão seja acessível sem restrições deverá ser considerado como um piso normal.

**Tabela 9.10** – (Tabela 7.9) Vãos máximos em vigas de teto de dois vãos sem reforços de apoio, sótão inacessível.

Perfil	Contraventamento lateral da aba superior					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C200 / 0,8	-	-	-	-	-	-
<b>C200 / 1,1</b>	5,13	<b>4,60</b>	6,27	4,65	6,27	4,65
C200 / 1,4	5,51	4,93	7,59	6,17	8,20	6,17
C200 / 1,7	5,97	5,33	8,13	7,29	9,80	7,90
C200 / 2,5	6,96	6,15	9,19	8,18	10,92	9,73

### Escolha das vigas de cobertura

A largura da casa é 8,5 m, pelo que o vão a considerar nestas vigas (numa cobertura de duas águas, o mais comum) é 4,25 m. Note-se que o vão da viga não depende da presença de qualquer apoio na cumeeira, e de facto ele não existe neste exemplo. A sobrecarga de neve é  $2,4 \text{ kN/m}^2$ , a velocidade do vento 113 km/h e a exposição B. No primeiro passo, converte-se o vento em sobrecarga de neve equivalente, de acordo com a tabela 7.13

**Tabela 9.11** – (Tabela 7.13 – Equivalência entre velocidade do vento e sobrecarga de neve (kN/m<sup>2</sup>))

Velocidade do vento		Sobrecarga de neve equivalente (kN/m <sup>2</sup> ) em função do declive									
Exp A	Exp B	3:12	4:12	5:12	6:12	7:12	8:12	9:12	10:12	11:12	12:12
113		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,4	1,4
129	113	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,4	1,4	2,4	2,4
145	129	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4

De seguida usa-se o maior dos dois valores (2,4 e 1,4 kN/m<sup>2</sup>) para obter a viga de cobertura apropriada (i.e., com vão máximo superior a 4,25 m), de acordo com a tabela 7.12. Posteriormente, podem obter-se os parafusos necessários para as ligações, a partir das tabelas 7.2 e 7.3.

**Tabela 9.12** – (Tabela 7.12 – Vãos máximos, em planta, em vigas de cobertura)

Perfil	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )							
	1,0		1,4		2,4		3,4	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C200 / 0,8	4,70	3,48	4,37	3,00	3,23	2,16	2,51	1,68
C200 / 1,1	5,82	4,75	5,41	4,42	4,60	3,73	4,04	3,28
<b>C200 / 1,4</b>	6,88	5,61	6,40	5,21	5,41	<b>4,42</b>	4,80	3,91
C200 / 1,7	7,49	6,32	7,11	5,87	6,10	4,98	5,38	4,39
C200 / 2,5	8,31	7,24	7,92	6,91	7,09	5,97	6,48	5,28

**Tabela 9.13** – (Tabela 7.2 – Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas de cobertura e de teto)

Inclinação da cobertura	Largura do edifício (m) / Sobrecarga de neve (kN)															
	7,3				8,5				9,8				11,0			
	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
3/12	5	6	9	12	6	7	10	13	7	8	12	15	8	9	13	17
4/12	4	5	7	9	5	6	8	10	6	6	9	12	6	7	10	13
5/12	4	4	6	7	4	5	7	9	5	5	8	10	5	6	9	11
6/12	3	4	5	7	4	4	6	8	4	5	7	9	4	5	7	10
7/12	3	3	5	6	3	4	5	7	4	4	6	8	4	5	7	9
<b>8/12</b>	3	3	4	5	3	3	<b>5</b>	6	3	4	5	7	4	4	6	8

**Tabela 9.14** – (Tabela 7.3 – Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas de cobertura e de cumeeira)

Largura do edifício	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )			
	≤ 1,0	≤ 1,4	≤ 2,4	≤ 3,4
7,3	2	3	4	4
<b>8,5</b>	2	3	<b>4</b>	5
9,8	3	3	4	5



## Exemplo B

No segundo exemplo ilustrativo, considera-se uma casa mais próxima da tipologia típica em Portugal, com menores inclinações na cobertura e/ou terraço, apenas um piso, janelas mais amplas e um pé-direito maior. Acrescenta-se um claustro para que se perceba o impacto tremendo nos vãos – se for possível criar um claustro, provavelmente é escusada qualquer preocupação com paredes interiores resistentes. Assim, considera-se um edifício térreo, quadrado, com 15 m de dimensão em planta, com claustro de 1,2 x 1,2 m no centro e viga contínua na fundação sobre a linha média, entre os contornos interior e exterior, contendo uma garagem e terraço de 4 x 4 m. Na figura 9.2 apresentam-se os perfis de frente, tardoz e empenas, bem como uma perspectiva do edifício.

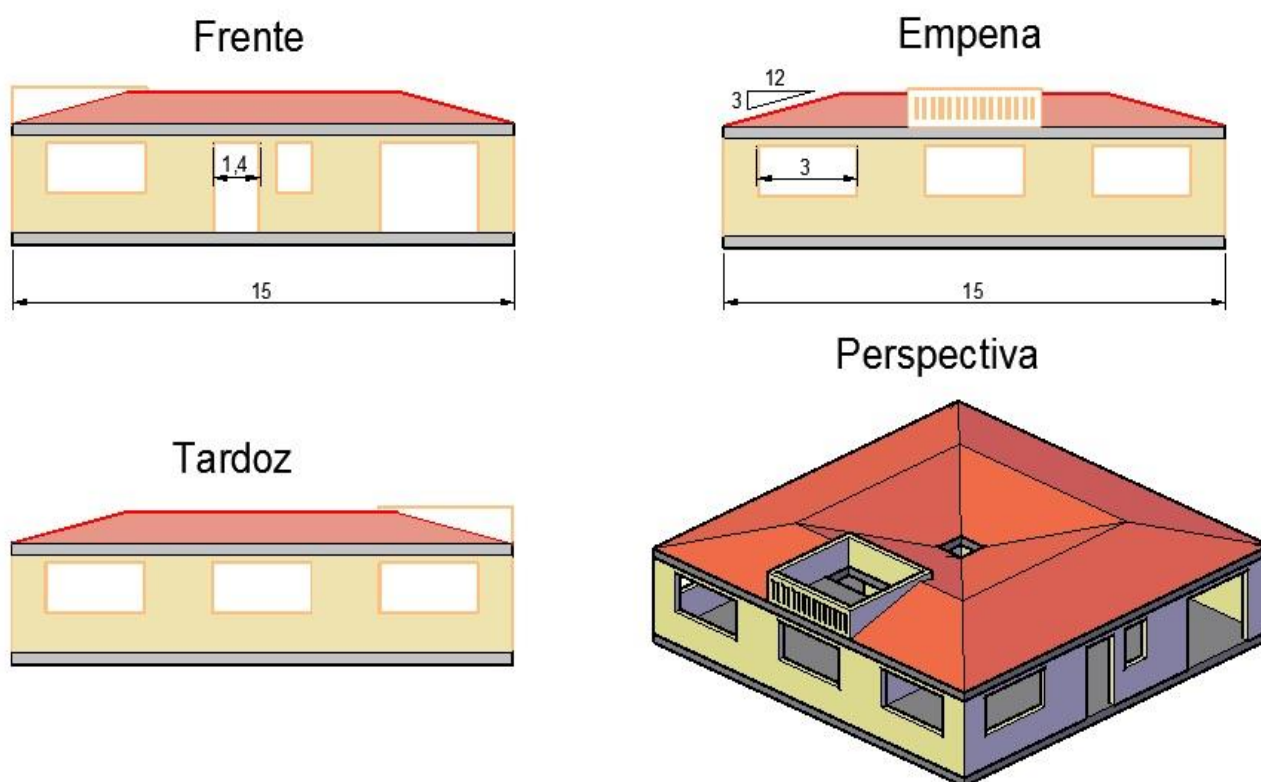


Figura 9.2 – Moradia de um piso (exemplo B)

### Dados gerais

Dimensões:	15 x 15 m (225 m <sup>2</sup> ) 223,5 m <sup>2</sup> descontando o claustro Vão $(15 - 1,2) / 2 = 6,9$ m 9,8 m entre vértices interiores e exteriores
Pé-direito:	2,7 m
Espaçamento dos montantes e vigas:	60 cm
Cobertura:	Vigas de teto e de cobertura Inclinação 3:12 (aprox. 14°)

Beirado:	30 cm
Altitude <200 m	Sem carga de neve
Exposição ao vento:	113 km/h, exposição B
Exposição sísmica:	categoria A
Sobrecargas:	R/c: 1,92 kN/m <sup>2</sup> ; terraço: 1,44 kN/m <sup>2</sup>

### Dimensionamento dos elementos (aço S235)

#### R/C:

Vigas de pavimento:	C200/1,1 mm // 60 cm	(tabela 5.1)
Montantes:	C90/0,8 mm // 60 cm – geral	(tabela 6.4)
	C90/1,1 mm // 60 cm – sob o terraço	(tabela 6.5)
Vergas:	2xC90/1,1 mm ou	(tabela 6.15a)
	2xL150x40/1,1 mm nos vãos de 1,4 m	(tabela 6.20)
	2xC200/1,7 mm ou	(tabela 6.15a)
	2xL250/1,7 mm nos vãos de 3,0 m	(tabela 6.20)
	2xC250/2,5 mm no vão sob terraço	(tabela 6.16a)
	Sem alternativa em dupla cantoneira	(tabela 6.26 – máx. 1,83 m)
Montantes de ombreira	C90/1,5 mm x 1, em ambos os vãos	(tabela 6.18)
Montantes	C90/1,5 mm x 1, nos vãos de 0,9 m	(tabela 6.18)
	C90/1,5 mm x 2, nos vãos de 1,8 m	(tabela 6.18)
Revestimento do pavimento	OSB-3 de 18 mm	
Revestimento das paredes	OSB-3 de 11 mm	
Requisitos de paredes de corte		(tabela 6.36)

#### Terraço:

Vigas de pavimento:	C200/1,1 mm // 60 cm	(tabela 5.1)
Revestimento do pavimento	OSB-3 de 18 mm	

#### Cobertura

Vigas de teto:	C200/1,1 mm	(tabela 7.4)
Vigas de cobertura:	C140/1,1 mm	(tabela 7.12)
Revestimento da cobertura	OSB-3 de 11 mm	

### Escolha das vigas de pavimento

A casa tem 6,9 m de largura e uma viga a ½ vão, pelo que haverá um vão livre de aproximadamente 3,5 m. Em conjunto com as sobrecargas (1,92 kN/m<sup>2</sup> no R/c e 1,44 kN/m<sup>2</sup> no terraço) e espaçamento de 60 cm, é já possível obter as características das vigas de pavimento. Ressalva-se que estas vigas não podem ser usadas na garagem, dado que é um pavimento rodoviário, e portanto fora do âmbito do método prescritivo.

**Tabela 9.15** – (Tabela 5.1 – Vãos máximos (m) – vão simples, com reforços de apoio)

Viga de pavimento	Sobrecarga 1,44 kN/m <sup>2</sup> espaçamento (cm)				Sobrecarga 1,92 kN/m <sup>2</sup> espaçamento			
	30	40	48	60	30	40	48	60
C140/0,8 mm	3,5	3,2	3,0	2,8	3,2	2,9	2,7	2,5
C140/1,1 mm	3,9	3,5	3,3	3,0	3,5	3,2	3,0	2,8
C140/1,5 mm	4,1	3,8	3,5	3,3	3,8	3,4	3,2	3,0
C140/1,7 mm	4,4	4,0	3,8	3,5	4,0	3,7	3,5	3,2
C140/2,5 mm	4,9	4,5	4,2	3,9	4,5	4,1	3,8	3,6
C200/0,8 mm	4,8	4,1	3,7	3,4	4,3	3,7	3,4	2,8
<b>C200/1,1 mm</b>	5,2	4,7	4,4	<b>4,1</b>	4,7	4,3	4,0	<b>3,7</b>
C200/1,5 mm	5,6	5,1	4,8	4,4	5,1	4,6	4,3	4,0
C200/1,7 mm	6,0	5,5	5,1	4,7	5,5	5,0	4,7	4,3
C200/2,5 mm	6,7	6,1	5,7	5,3	6,1	5,5	5,2	4,8

### Escolha dos montantes

Intervêm neste dimensionamento os seguintes parâmetros: velocidade do vento 113 km/h, exposição B e sobrecarga de neve nula (será usada a 1ª coluna, de 1,0 kN/m<sup>2</sup>). Na página seguinte, as tabelas 6.4 e 6.5 mostram como obter os montantes, no contorno geral e sob o terraço, respectivamente. Note-se que “sob o terraço” inclui montantes numa das paredes do claustro, e um possível reforço das vigas de teto complanares com essa parede. Da nota de rodapé da tabela 6.5 verifica-se que a espessura do aço poderia eventualmente ser reduzida, daí resultando a espessura de 0,8 em vez de 1,1 mm. Dada a natureza excepcional das condições de apoio não foi considerada esta redução. Considerou-se toda a área disponível na face interior destas paredes revestida a gesso cartonado.

**Tabela 9.16** – (Tabela 6.4 – Espessura mínima dos montantes (mm). Parede de 2,7 m de altura sujeita apenas a carga do teto e cobertura, edifício térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos. Aço S235)

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício																	
				7,3				8,5				9,8				11,0					
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )					
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4		
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
			60	<b>0,8</b>	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

**Tabela 9.17** – (Tabela 6.5 – Espessura mínima dos montantes (mm). Parede de 2,7 m de altura sujeita à carga de 1 piso, teto e cobertura; piso térreo de edifício de 2 pisos. Aço S235)

velocidade do vento		Perfil	// (cm)	Largura do edifício																	
				7,3				8,5				9,8				11,0					
Exp A	Exp B			Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )				Neve (kN/m <sup>2</sup> )					
				1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4		
113		C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
			60	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	0,8
129	113	C90	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
			60	1,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7	
		C140	40	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
			60	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Da tabela 5.2 resulta também que deverá ser usado um parafuso #8 em cada aba do perfil e dois em cada reforço de apoio. Os reforços de apoio deverão ser dispostos de acordo com as figuras 2.7 e 5.1 O contraventamento lateral pode ser conseguido à custa do revestimento do pavimento, fitas metálicas ou gesso cartonado. Caso seja usado contraplacado, deverão ser usadas as prescrições da última linha do mesma tabela 5.2: parafusos #8 espaçados a 0,15 m ou 0,25 m, dependendo do tipo de apoio.

### Escolha das vergas

Neste exemplo, desprezando a janela pequena ao lado da porta principal, há dois vãos, de 1,4 e 3,0 m. Serão usadas várias tabelas para determinar o tipo de vergas e o número de montantes, normais e de ombreira, utilizados para suportar as vergas. Recapitulando, o edifício tem 6,9 m de largura, a sobrecarga de neve é nula, e as vergas suportam apenas teto e cobertura, exceptuando a da janela sob o terraço.

**Tabela 9.18** – (Tabela 6.15a – Vãos admissíveis em vergas que suportem apenas cargas do teto e cobertura. Aço S235)

Verga	sobrecarga de neve 1,0 kN/m <sup>2</sup>				sobrecarga de neve 1,4 kN/m <sup>2</sup>			
	largura do edifício (m)				largura do edifício (m)			
	7,3	8,5	9,8	11	7,3	8,5	9,8	11
C90 / 0,8	1,19	1,12	1,04	0,99	1,12	1,04	0,97	0,86
<b>C90 / 1,1</b>	<b>1,45</b>	1,35	1,27	1,22	1,35	1,27	1,19	1,14
C90 / 1,4	1,63	1,52	1,45	1,37	1,52	1,42	1,35	1,27
C90 / 1,7	1,83	1,70	1,60	1,52	1,70	1,60	1,50	1,42
C90 / 2,5	2,16	2,03	1,91	1,80	2,03	1,88	1,78	1,70
C200 / 0,8	0,91	0,81	0,71	0,64	0,79	0,69	-	-
C200 / 1,1	2,03	1,78	1,57	1,42	1,78	1,55	1,37	1,24
C200 / 1,4	2,90	2,69	2,54	2,41	2,69	2,51	2,36	2,26
<b>C200 / 1,7</b>	<b>3,25</b>	3,05	2,87	2,72	3,02	2,84	2,67	2,54
C200 / 2,5	3,91	3,63	3,43	3,25	3,63	3,40	3,20	3,05

**Tabela 9.19** – (Tabela 6.16a – Vãos admissíveis em vergas que suportam cargas de 1 piso, teto e cobertura. Piso térreo de edifício de 2 pisos. Carga aplicada apenas nas paredes. Aço S235)

Verga	sobrecarga de neve 1,0 kN/m <sup>2</sup>				sobrecarga de neve 1,4 kN/m <sup>2</sup>			
	largura do edifício (m)				largura do edifício (m)			
	7,3	8,5	9,8	11	7,3	8,5	9,8	11
C250 / 1,1	0,81	0,74	0,66	0,61	0,81	0,71	0,64	0,61
C250 / 1,4	1,63	1,45	1,30	1,17	1,60	1,42	1,27	1,14
C250 / 1,7	2,67	2,51	2,39	2,26	2,64	2,49	2,34	2,24
<b>C250 / 2,5</b>	<b>3,20</b>	3,02	2,84	2,72	3,18	2,97	2,82	2,69

**Tabela 9.20** – (Tabela 6.18 – Montantes necessários nos extremos de um vão (normais e de ombreira))

Vão	Espaçamento 60 cm		Espaçamento 40 cm	
	Ombreira	Normais	Ombreira	Normais
Até 1,07 m	1	1	1	1
<b>De 1,08 até 1,52 m</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	1	2
De 1,53 até 1,68 m	1	2	2	2
De 1,69 até 2,44 m	1	2	2	2
<b>De 2,45 até 3,2 m</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	2	3
De 3,21 até 3,66 m	2	2	3	3
De 3,67 até 3,96 m	2	3	3	3

**Tabela 9.21** – (Tabela 6.20 – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas submetidas apenas a cargas de teto e cobertura. Edifício de 7,3 m)

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
<b>2 x L150x40 / 1,1</b>	<b>1,47</b>	1,42	1,32	1,22	1,12	1,04	0,97
2 x L150x40 / 1,4	1,68	1,63	1,47	1,37	1,27	1,17	1,12
2 x L150x40 / 1,7	1,91	1,85	1,70	1,55	1,45	1,35	1,27
2 x L200x40 / 1,1	1,93	1,88	1,63	1,57	1,45	1,35	1,27
2 x L200x40 / 1,4	2,21	2,11	2,03	1,80	1,65	1,55	1,45
2 x L200x40 / 1,7	2,49	2,41	2,21	2,03	1,88	1,75	1,65
2 x L250x40 / 1,1	2,13	2,06	1,88	1,75	1,60	1,50	1,40
2 x L250x40 / 1,4	2,72	2,62	2,13	1,98	1,83	1,70	1,60
<b>2 x L250x40 / 1,7</b>	<b>3,07</b>	2,95	2,72	2,24	2,06	1,93	1,80

**Tabela 9.22** – (Tabela 6.26 – Vãos admissíveis em vergas em dupla cantoneira de abas assimétricas. Cargas de 1 piso, teto e cobertura (piso térreo de edifício de 2 pisos). Edifício de 7,3 m)

Vão	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )						
	0,8	1,0	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4
<b>2 x L250x40 / 1,7</b>	<b>1,83</b>	1,78	1,73	1,65	1,60	1,55	1,50

Da tabela 6.20 poderiam obter-se vergas equivalentes em dupla cantoneira, exceto no caso do vão de 3 m sob o terraço (verifica-se na tabela 6.26 que o máximo é 1,83 m).

## Área mínima de revestimento estrutural necessária

Considerou-se até aqui que o revestimento estrutural cobre toda a área disponível nas paredes. No entanto, os troços em que existem vãos não contribuem significativamente para o funcionamento do diafragma de OSB, pelo que há que verificar se a arquitetura proposta cumpre os requisitos, considerando apenas os painéis que abrangem todo o pé-direito.

Para determinar este valor, há que considerar os seguintes parâmetros da casa: um piso, 15 x 15 m, inclinação da cobertura 3:12, velocidade do vento 113 km/h e exposição B. Como a ação subjacente a esta verificação é a do vento, dispensa-se o uso da parte da tabela referente a dois pisos, uma vez que no terraço a parede existente – platibanda – é muito baixa e pode até ser perfurada, caso em que diminui ainda a mais a resistência ao vento. Esta suposição já não seria adequada caso houvesse paredes com alturas iguais ou próximas do pé-direito do piso térreo.

**Tabela 9.23** – (Tabela 6.36 – Percentagem mínima de painéis de parede exterior com revestimento em todo o pé-direito)

Carga aplicada na parede	Declive da cobertura	Ângulo da cobertura (°)	Velocidade do vento (km/h) e exposição				
			113 A	129 A	145 A	129 B	145 B
					113 B		
Apenas teto e cobertura (piso térreo ou 2º piso de edifício de 2 pisos)	3:12	14	8	9	12	16	20
	6:12	27	12	15	20	26	35
	9:12	37	21	25	30	50	58
	12:12	45	30	35	40	66	75

Dado que a casa é quadrada, tanto na fachada como na empena bastariam  $15 \times 12\% = 1,8$  m.

São sempre prescritos (na secção “revestimento estrutural / diafragma” do capítulo 6) painéis de 1,1 m de comprimento nos cantos, pelo que não poderiam ser usados menos de 2,2 m em qualquer das paredes. De facto, descontando os 3 vãos de 3 m, são usados 6 m – quase o triplo. Além disso, foi desprezada a contribuição do claustro, onde existem paredes estruturais paralelas às fachadas e empenas (e nas quais nem sequer atua o vento)

Quando a relação entre empena e fachada for particularmente assimétrica (consideram-se os limites  $>1,5:1$  e  $>2:1$ ), é necessário multiplicar a percentagem da área na parede mais curta (regra geral, a empena) pelo quociente correspondente (1,5 e 2). Neste caso, a relação é  $12,2/8,5 = 1,44 < 1,5$  pelo que não é necessária qualquer correção.

### Escolha de vigas de teto

A largura da casa é 6,9 m, pelo que *a priori* seria este o vão a considerar nestas vigas. Ao contrário do primeiro exemplo, e excepto sob o terraço, não será considerada parede resistente a  $\frac{1}{2}$  vão – as divisões ficariam demasiado pequenas, se tivessem uma largura máxima de 3,45 m. No entanto, a presença do claustro torna praticamente obrigatório um corredor em redor do mesmo, sendo que será assim considerado um vão inferior em 1,1 m ao original, ou seja 5,8 m. Este tipo de

considerações é útil para reduzir custos, desde que não tenham de ser abertas demasiadas exceções.

O sótão é inacessível, sendo considerada uma carga morta mínima de  $0,48 \text{ kN/m}^2$ . Este valor é até bastante elevado para coberturas de inclinação inferior a  $14^\circ$  (3:12), que podem ser usados sem problemas no clima português.

Note-se que a presença do terraço, no qual serão aplicadas vigas de pavimento de 200 mm, torna mais adequada a escolha de vigas da mesma altura, para evitar a criação de desníveis.

**Tabela 9.24** – (Tabela 7.4 – Vãos máximos em vigas de teto de vão único com reforços de apoio, sótão inacessível)

Largura do edifício	Contraventamento lateral da aba superior					
	Inexistente		1/2 vão		3 pontos	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C200 / 0,8	3,56	3,20	5,00	4,50	5,92	5,05
C200 / 1,1	3,81	3,43	5,33	4,83	6,45	5,66
<b>C200 / 1,4</b>	4,06	3,63	5,66	5,11	6,88	<b>6,10</b>
C200 / 1,7	4,34	3,89	5,99	5,38	7,29	6,50
C200 / 2,5	4,93	4,39	6,65	5,94	8,00	7,16

### Escolha das vigas de cobertura

A largura da casa é 6,9 m, pelo que o vão a considerar nestas vigas é 3,45 m. Novamente, não existe qualquer apoio na cumeeira. De acordo com o RSA não existe qualquer sobrecarga de neve em altitudes até 200 m. De qualquer modo a sobrecarga mais baixa considerada é de  $1,0 \text{ kN}$  – correspondente a uma altitude de 450 m – pelo que está abrangida quase toda a área urbana nacional, no litoral. Em zonas interiores, mais elevadas, poderá ter de considerar-se uma sobrecarga de neve superior a  $1,0 \text{ kN}$ .

**Tabela 9.25** – (Tabela 7.13 – Equivalência entre velocidade do vento e sobrecarga de neve ( $\text{kN/m}^2$ ))

Velocidade do vento		Sobrecarga de neve equivalente ( $\text{kN/m}^2$ ) em função do declive									
Exp A	Exp B	3:12	4:12	5:12	6:12	7:12	8:12	9:12	10:12	11:12	12:12
113		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,4	1,4
129	<b>113</b>	<b>1,0</b>	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,4	1,4	2,4	2,4
145	129	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4

Usa-se este valor de  $1,0 \text{ kN/m}^2$  para obter a viga de cobertura apropriada (i.e., com vão máximo superior a 3,45 m), de acordo com a tabela 7.12

**Tabela 9.26** – (Tabela 7.12 – Vãos máximos, em planta, em vigas de cobertura)

Perfil	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )							
	1,0		1,4		2,4		3,4	
	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm	// 40 cm	// 60 cm
C140 / 0,8	3,86	3,15	3,58	2,92	3,02	2,46	2,69	2,18
<b>C140 / 1,1</b>	4,70	<b>3,84</b>	4,34	3,56	3,68	3,00	3,25	2,67
C140 / 1,4	3,96	4,32	4,90	3,99	4,17	3,40	3,68	3,00

Note-se que parte da cobertura é um terraço, pelo que aí deverão ser novamente usadas vigas de pavimento (idênticas às do R/C). Podem agora obter-se os parafusos necessários para as ligações, a partir das tabelas 7.2 e 7.3.

**Tabela 9.27** – (Tabela 8.2 – Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas de cobertura e de teto)

Inclinação da cobertura	Largura do edifício (m) / Sobrecarga de neve (kN)															
	7,3				8,5				9,8				11,0			
	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4	1,0	1,4	2,4	3,4
<b>3/12</b>	<b>5</b>	6	9	12	6	7	10	13	7	8	12	15	8	9	13	17
4/12	4	5	7	9	5	6	8	10	6	6	9	12	6	7	10	13

**Tabela 9.28** – (Tabela 8.3 – Número de parafusos #10 nas ligações entre vigas de cobertura e de cumeeira)

Largura do edifício	Sobrecarga de neve (kN/m <sup>2</sup> )			
	≤ 1,0	≤ 1,4	≤ 2,4	≤ 3,4
<b>7,3</b>	<b>2</b>	3	4	4
8,5	2	3	4	5
9,8	3	3	4	5
11,0	3	4	5	6



---

## Capítulo 10 – Considerações Finais

---

### **Enquadramento no caso português**

Embora a primeira edição do método prescritivo tenha já mais de vinte anos, o mesmo nunca foi amplamente adoptado em Portugal. O facto de construirmos preferencialmente em betão e alvenaria é uma causa, mas dificilmente justificável por si só. Isto é, há razões anteriores, que nos levam a construir assim.

### Tipologia dos edifícios

O âmbito de aplicação, mencionado logo no início do método, abrange uma fracção muito significativa – quiçá a maior parte – das construções americanas, mas em Portugal não é assim. A grande maioria dos edifícios excede os dois pisos e tem um ou mais pisos subterrâneos, e mesmo entre as moradias é frequente construir garagens ou arrecadações subterrâneas, por imposição do PDM e outros regulamentos que limitam a construção à superfície. Por seu lado, o pé-direito excede frequentemente 3 m (10'), principalmente no piso térreo quando dedicado ao comércio ou escritórios.

A geminação ou construção em banda também não ajuda, dado que as dimensões máximas abrangidas são 18,3 x 11 m (60' x 36'), e portanto 201 m<sup>2</sup> de área bruta. Quaisquer duas moradias geminadas, mesmo com áreas modestas, excedem este valor.

Mesmo no caso de obras de ampliação e reabilitação – onde é comum, por exemplo, acrescentar-se um ou dois pisos a edifícios existentes – é frequente esses edifícios terem os 15 m de largura permitidos por lei entre fachadas, excedendo assim os 11 m (36') das tabelas do livro. Terá de se recorrer forçosamente ao cálculo, e quase inevitavelmente, ao betão e/ou perfis pesados (I,H).

É certo que podem construir-se edifícios com mais de 18,3 m de fachada, mais de 11 m de largura, mais de 3 m de pé-direito, e com 3 ou mais pisos, exclusivamente em aço leve – isso já foi feito – mas quanto mais longe do âmbito do método, menos provável é que seja essa a solução mais económica.

### Regulamentação excessiva

Para o licenciamento de qualquer construção é necessária a assunção de responsabilidade por um engenheiro, tanto na fase de projeto como durante a execução. Muito frequentemente são exigidos requisitos semelhantes a arquitetos, técnicos de SHST e/ou qualidade, fiscais e outros.

Dada a quantidade de gente envolvida, é pouco provável que todos conheçam (ou possam ser informados em tempo útil) a construção metálica, quanto mais o método prescritivo. Além disso, as várias normas sobre construção metálica (nacionais e europeias) não colocam a prescrição como alternativa.

---

Mesmo quando a construção não é metálica a hipótese não é colocada – por exemplo, o REBAP aceita apenas o cálculo ou ensaios a escala reduzida. Os poucos exemplos de prescrição limitam-se a orientações (não regulamentares) de alguns fornecedores de pré-fabricados de betão.

#### Mão-de-obra pouco qualificada

Para construir em aço são necessários conhecimentos (não muitos, e podem ser ministrados informalmente) que a construção tradicional dispensa.

As ferramentas do aço leve – aparafusadora, rebarbadora e nível magnético – são muito mais sofisticadas que as da alvenaria de tijolo – talocha, colher, fio-de-prumo... Por outro lado, os riscos são bastante maiores, incluindo electrocussão e corte.

Mesmo dando formação, a experiência é sempre desejável (até porque o ritmo de execução da obra se ressent bastante) e, ao contrário da construção tradicional, é muito difícil recrutar pessoal com experiência prévia. Nos Estados Unidos não só é mais fácil, como a construção em madeira – no caso americano também “tradicional” – é quase idêntica à metálica, e portanto essa experiência é útil.

#### Mão-de-obra barata

Em geral, a mão-de-obra em Portugal é muito barata (pela fraca qualificação, mas não só). Isto favorece processos extremamente intensivos na mesma. Criam-se assim grandes disparidades no volume de trabalho por área construída (cerca de 40 h/m<sup>2</sup> em Portugal, contra 8 h/m<sup>2</sup> nos Estados Unidos)

A construção em aço leve requer pouca mão-de-obra e em termos comparativos sai prejudicada. Acresce o facto de a construção neste nicho de mercado – moradias unifamiliares – não requisitar pessoal suficiente para nomear formalmente um encarregado, na acepção de alguém permanentemente no local, que saiba ler projetos. Essa competência é necessária, claro, mas o “encarregado” terá de ser um dos operários que aparafusa e corta – é impensável ter alguém exclusivamente a dirigir 4-5 pessoas. Em termos comparativos, o encarregado sai caro face à construção tradicional.

#### Pouca concorrência

Dado o reduzido número de empresas que constroem em aço leve (bem como de fornecedores de perfis metálicos, OSB, parafusos auto-perfurantes, etc...) não é muito difícil encontrar propostas mais baixas na construção tradicional: é uma questão de contactar empresas suficientes.

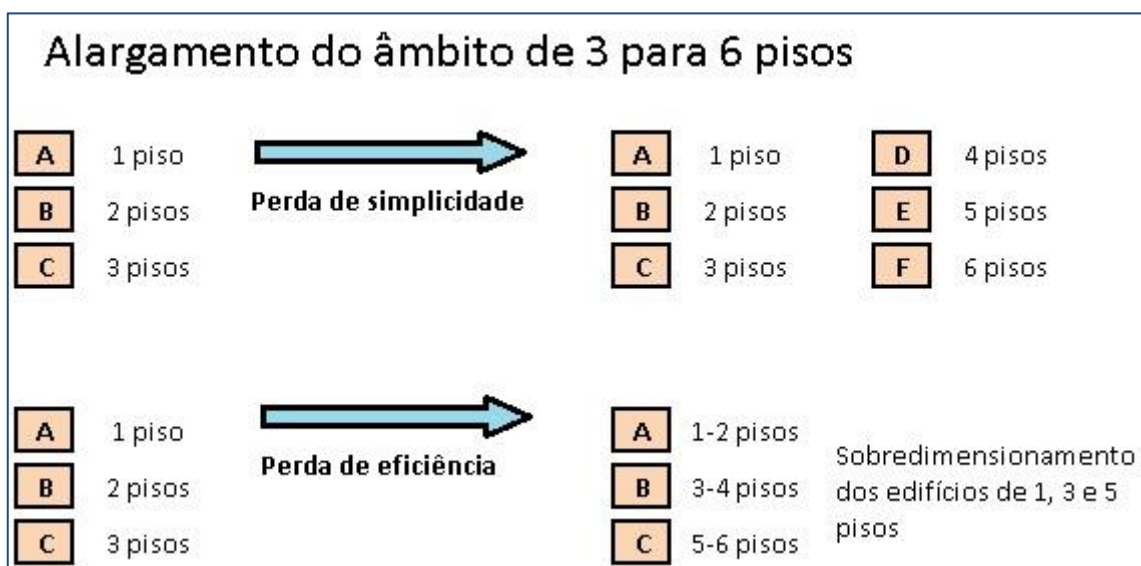
Uma das soluções atualmente testadas é o regime de franchising, em que múltiplos franchisados podem concorrer com diferentes preços, mesmo quando os componentes metálicos são de um único fornecedor. Esta abordagem está ligeiramente limitada pelas regras acordadas entre as partes neste tipo de contratos (exclusividade territorial, de cliente, ou outras) e pelo facto de não haver

qualquer espécie de patente ou segredo comercial em torno do qual criar o produto e o limitar à rede de franchisados.

Note-se que – normalmente por falta de brio profissional, não de experiência – o facto de qualquer empreiteiro poder construir em aço leve não abona em favor deste tipo de construção. Sendo o método prescritivo tão constante em termos de quantidades / rácios / distâncias, é frequente “inventar-se” qualquer coisa para poupar perfis e parafusos, com a desculpa de a casa ser mais baixa, estreita ou outra coisa qualquer. Invariavelmente cometem-se erros e surgem litígios que acabam no tribunal.

### Restrições à utilização do método prescritivo

Como é salvaguardado pela maioria dos textos sobre aço leve – regulamentos, fichas técnicas, até publicidade – não são passíveis de construir estruturas enterradas ou acima de 3-6 pisos. O próprio método aceita um sótão “acessível”, não “habitável” (com a devida ressalva em termos de sobrecargas) mas que frequentemente acaba por ser habitado. Estas limitações têm várias causas: a possível corrosão de perfis enterrados, o impulso lateral exercido sobre as paredes enterradas, os esforços exercidos ao nível do solo quando o edifício cresce em altura. Nada que não se contorne com o apropriado sobredimensionamento – mas isso é cálculo. A meu ver, no que se refere ao método prescritivo, a questão centra-se na simplicidade. O método prescritivo é tão abrangente quanto possível, enquanto se mantiver simples. Digamos que ampliamos o âmbito do método até edifícios de 6 pisos (ver figura 10.1). Muitos destes edifícios seriam construídos de forma mais económica em betão ou perfis metálicos pesados, pelo que com os novos casos (4-6 pisos) acabaria por se ganhar pouco em abrangência. Se aumentarmos o número de classes e respectivas tabelas, perdemos simplicidade. Se as mantivermos, algumas estruturas serão grosseiramente sobredimensionadas.



**Figura 10.1** – Esquema de ampliação do método para edifícios com mais de 2 pisos

## Novos componentes

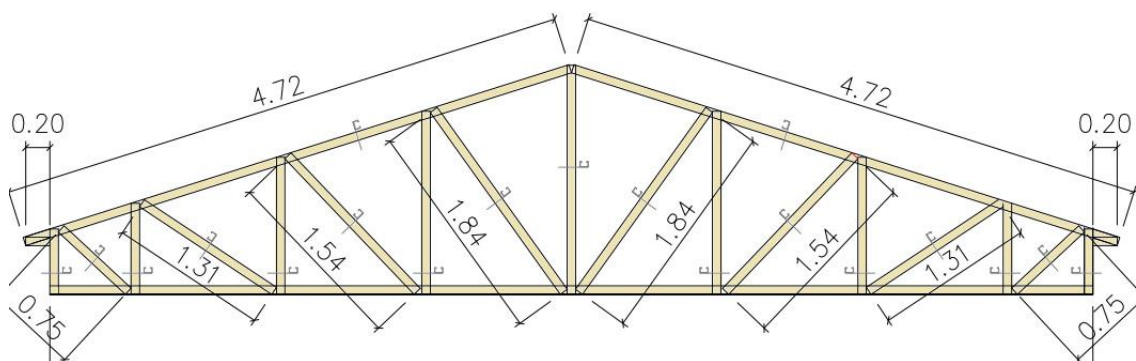
O aço leve pode ser usado de outros modos e em conjunto com outros materiais para contornar algumas limitações que lhe são inerentes. Não são referidos na edição que serviu de base a este livro (a de 2000), embora o sejam em edições posteriores, bem como em documentos afins da *American Steel Alliance* e de outras fontes.

### Treliças

Como se pode ver no capítulo sobre vigas de teto, podem vencer-se vãos simples até 8,94 m (e vãos múltiplos até 12,14 m) com perfis de 300 mm. Não são modo algum vãos pequenos: mantendo uma relação máxima de 2:1 entre dimensões, é possível construir divisões individuais sem apoios intermédios até  $2 \times 8,94 \times 8,94 = 159,8 \text{ m}^2$ , maiores que muitas das casas inteiras que normalmente são construídas. E embora não estejam imediatamente disponíveis, podem ser fabricados por encomenda perfis de mais de 300 mm para vãos maiores. No entanto, o uso de vigas maciças com tão grande altura tem muitos inconvenientes:

- Preço: dada a conformação a frio, desperdiça-se muito aço na alma, uma zona que pouco utiliza. Os perfis conformados a quente têm almas mais finas que os banzos.
- Peso excessivo: são vigas muito difíceis de transportar manualmente
- Complexidade das emendas: os perfis à venda só têm 6 ou 12 m. Com a altura da viga não só cresce o número de parafusos necessários (para tirar partido de todo o momento resistente disponível), como há que alterar a disposição dos mesmos: deverão ainda estar nas abas ou próximos, mas há limites para o número de parafusos colineares numa ligação

O método prescritivo prevê o uso de treliças, mas apenas por questões geométricas – para dar forma à cobertura (ver Figura 10.2). São desprezadas as vantagens mecânicas... que não são poucas.

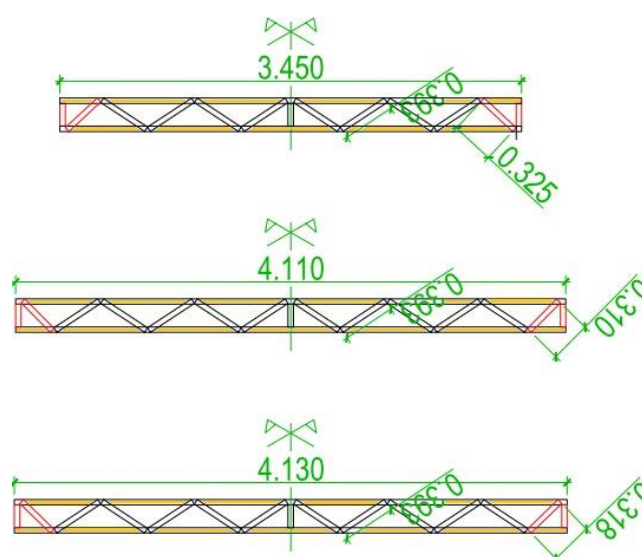


**Figura 10.2** – Treliça (asna) de cobertura

O uso de treliças nos pavimentos – conforme exemplificado na Figura 10.3 – permite solucionar todos os problemas anteriores, e ainda outros:

- O aço fica concentrado nos canais superior e inferior. Variando a inclinação das bielas pode ajustar-se a incidência de aço na “alma” – nem pouco, nem demais.

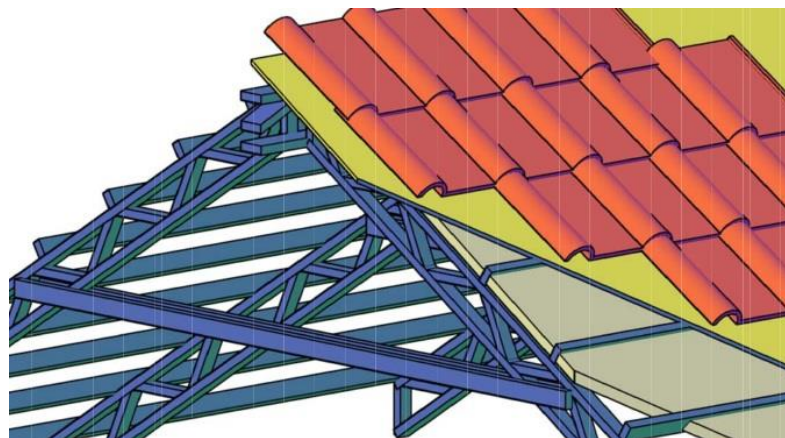
- A redução do quantidade de aço tem um grande impacto no peso final. A partir de 20-25 cm, para a mesma altura, as treliças são sempre mais leves que o perfil único.
- Como os banzos são agora perfis inteiros, pode aparafusar-se em qualquer ponto dos mesmos – abas ou alma. Não são necessários cortes oblíquos ou múltiplos para desalinhar as emendas das “abas” superior e inferior. Na ausência de limitações à altura da treliça, pode-se aumentá-la para reduzir os esforços nas emendas.
- Ao contrário dos perfis individuais, as treliças são simétricas em relação ao plano médio vertical, e o centro geométrico coincide com o centro de corte. Não flectem lateralmente, qualquer que seja o vão ou carga aplicada, pelo que não necessitam de tanto contraventamento.
- Qualquer que seja a altura da treliça, é construída apenas com perfis e canais de uma dada dimensão (por exemplo, 90 mm) não sendo assim necessários stocks de 200, 250 e 300 mm, ou outras dimensões exclusivas de vigas. O stock serve indistintamente para treliças e montantes.
- Dispondo apropriadamente as bielas (e alinhando-as entre treliças sucessivas), ficam automaticamente criados todos os negativos necessários, sem necessidade de perfurar ou reforçar a alma das vigas de pavimento.



**Figura 10.3** – Conjunto de vigas treliçadas

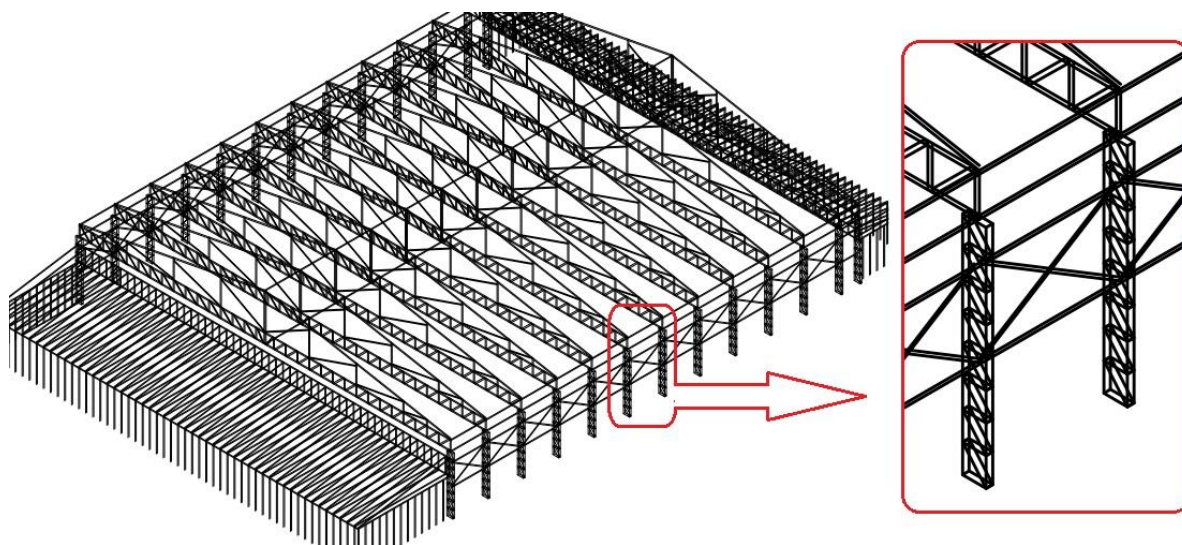
Variando o número/inclinação das bielas pode aumentar-se localmente a capacidade resistente, sem necessidade de pautar todo o piso pela viga mais alta que seria requerida, ou criar quaisquer desníveis no pavimento (ou no teto do piso inferior). Evita-se assim o sobredimensionamento, o recurso a betonilhas ou variação da altura dos montantes. As treliças têm demasiadas variáveis para serem alvo de prescrição, pelo que é sempre necessário cálculo, caso a caso. Uma opção que tem sido explorada é o pré-fabrico aproximadamente contínuo (em tramos de 6 ou 12 m) de treliças equivalentes a uma dada viga (por exemplo, C300/1,5) que depois são cortadas nos comprimentos adequados, i.e. usar a treliça como viga.

Isto exige alguma perícia para ajustar os comprimentos das bielas dos extremos, sem criar folgas. As folgas traduzem-se num excesso de deformação, que pode facilmente exceder os limites de “estado de serviço” do REBAP (este limite não se aplica, dado que não há betão, mas são ainda assim valores de referência comuns – 1/240 ou 1/480 do vão). Note-se que as treliças podem substituir vigas de pavimento, teto, cobertura, contorno e cumeeira (ver Figura 10.4).



**Figura 10.4** – Treliças de cobertura, fixas à treliça de cumeeira (estas treliças não restringem o acesso ao sótão)

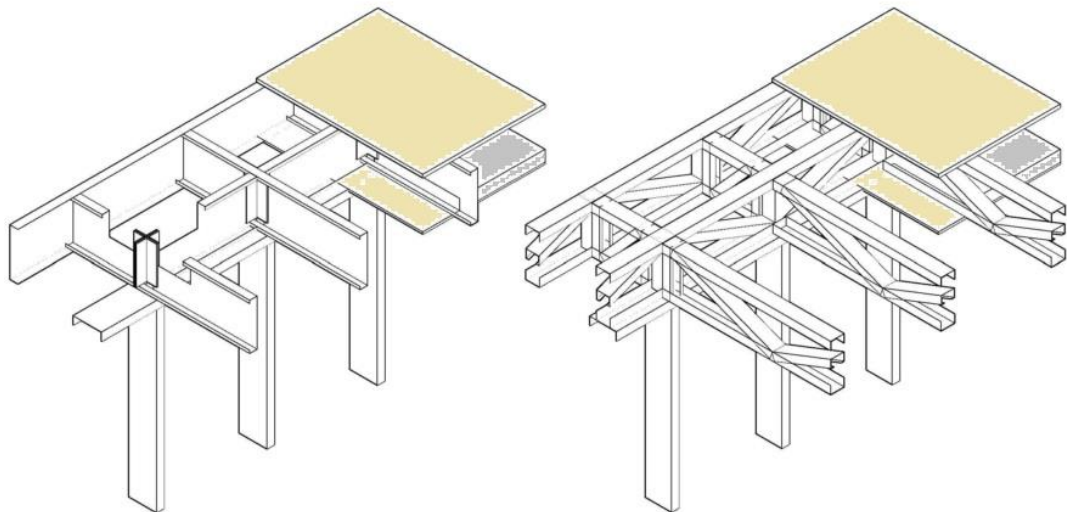
Estas treliças podem também substituir os próprios pilares ou montantes caso o pé-direito seja particularmente alto, tal como se mostra na figura 10.5.



**Figura 10.5** – Utilização de vigas treliçadas em pavilhão (Pormenor de treliças nos pilares)

Todos os pormenores que envolvem vigas – de qualquer tipo – abordados no método prescritivo, têm um equivalente com treliças, como se mostra na Figura 10.6. A bem da clareza dos desenhos, não foram aqui representados, pois são usadas muitas peças mais. No entanto todas as peças são perfis e canais de 70 ou 90 mm – não existem cantoneiras, “clips” ou vigas grandes.

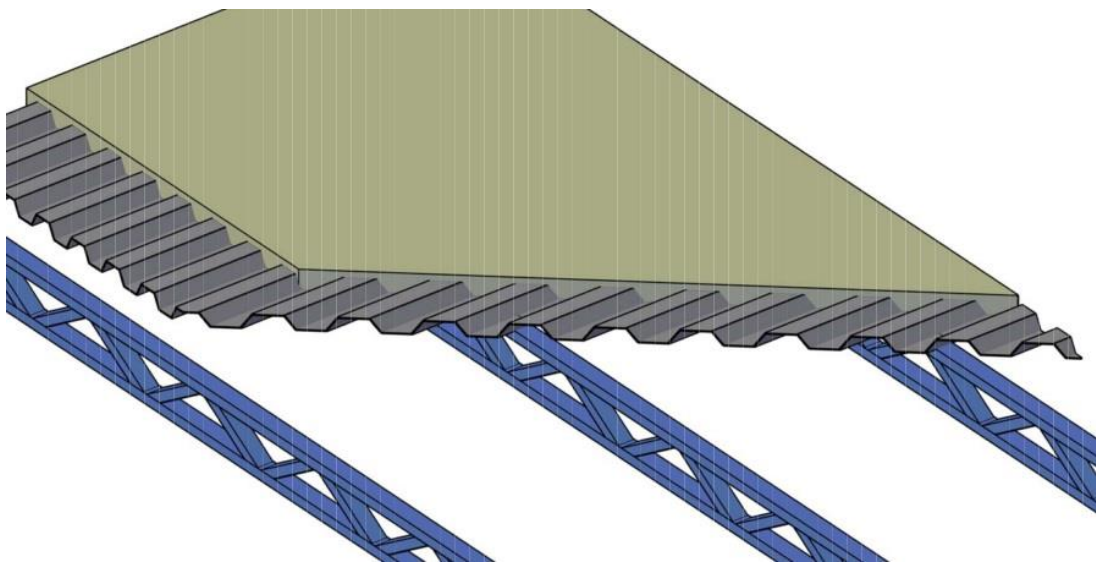




**Figura 10.6** – Pormenores de laje em consola, com vigas (esq.) e com treliças (dir.) de pavimento

### Laje colaborante

Uma laje colaborante é um elemento de betão, betonado contra os perfis de aço leve ou cofragem perdida em aço (ver Figura 10.7). Geralmente serve apenas de lâmina de compressão, sendo os perfis ou a cofragem perdida o elemento em tração.



**Figura 10.7** – Laje colaborante betonada contra cofragem perdida em aço, sobre treliças de aço leve

No caso da betonagem contra os perfis, estes ficam parcialmente embutidos no betão, que lhes confere resistência à corrosão. Este processo aplica-se preferencialmente ao pré-fabrico e os painéis resultantes podem ser utilizados em paredes subterrâneas, já que não existe aço exposto ao terreno.

No caso da cofragem perdida, é mais apropriada para pavimentos e com betonagem *in situ*. Note-se que geralmente a estrutura em aço é suficientemente autoportante para avançar em altura, o que permite que vários pisos sejam betonados de seguida, sem aguardar pela cura do betão. Isto é particularmente útil em prazos curtos ou pequenos volumes de betonagem por piso, que convenha agregar para reduzir custos. As lajes colaborantes são compatíveis com estruturas de aço leve, no sentido em que dá para aparafusar facilmente os elementos entre si. Evidentemente, devido ao seu peso, devem ser colocadas apenas *sob* elementos de aço leve (vigas de pavimento, canais inferiores) e não por cima, a menos que cumpram os limites definidos na tabela 1.2.

### “Structural Insulated Panels” – painéis estruturais isolados (térmica e acusticamente)

Estes painéis pré-fabricados (ver Figura 10.8) têm no seu interior os perfis metálicos – daí serem painéis “estruturais”, e não apenas de enchimento – e o isolamento térmico e acústico apropriado.



**Figura 10.8** – Casa construída com SIPs (Structural Insulated Panel Association (SIPA), [www.sips.org](http://www.sips.org))

As faces têm os diafragmas já aplicados, o que implica algum estudo do projeto e fabrico por encomenda, para que não seja necessário abrir roços. Em Portugal já foram feitos de forma experimental, mas com fraca qualidade. Foi usado um núcleo de 70 mm de EPS (esferovite ligeiramente mais densa), faces em “Magfibra” de 11 mm (gesso cartonado reforçado com fibra de vidro, uma alternativa *low cost* do OSB) e foram colados manualmente com cola de poliuretano, ficando com uma espessura total de 92 mm e quase aptos, em termos de isolamento térmico, para uso como parede exterior.

No entanto, a ausência de diafragmas em OSB ou contraplacado inviabiliza o uso do método prescritivo como referência, independentemente da quantidade de aço no interior. A “Magfibra” usada tinha uma rotura frágil, mesmo que a fibra de vidro não a deixasse propagar muito; mesmo que existissem, a marcação CE e ficha técnica poderiam, na melhor das hipóteses, justificar um uso limitado.



Em mercados onde haja uma forte procura do produto justifica-se o investimento no fabrico mecanizado. Com pequenas variações, são usadas faces em OSB de 11 mm e enchimento do núcleo com poliuretano (o material cola por si, reduzindo o número de interfaces e melhorando o desempenho mecânico).

Neste último caso, consegue-se que os diafragmas em OSB atuem como banzos e o núcleo de EPS como alma de uma “viga” contínua ou plana, elevando drasticamente a rigidez do painel. A estrutura pode não suportar tanta carga como uma parede de tijolo, mas o peso próprio associado é muito baixo e as deformações quase nulas. Isto permite que uma casa se mantenha de pé e funcional já depois de, por exemplo, ser arrancada das fundações... (Figura 10.9)



**Figura 10.8** – Painel SIPS e Casa construída com SIPS arrancada da fundação por um tornado, mas não destruída (Starcraft Custom Builders, [www.starcraftcustombuilders.com](http://www.starcraftcustombuilders.com))

O método prescritivo pode ainda ser usado como referência, desde que existam perfis metálicos (alguns SIP's não têm – deverão ser usados outros manuais para construir), espaçados no máximo 60 cm entre si, um núcleo de 90 ou 140 mm (já que são essas as dimensões a usar em montantes) e pelo menos uma face em OSB ou contraplacado. Como as faces e núcleo impedem o acesso da aparafusadora, deverão ser estudadas formas alternativas de unir painéis adjacentes.



---

## Bibliografia

---

- [1] Stuart A.A. (1928). [Its here - All steel buildings](#), *Popular Science Monthly*, November, pp. 33-34. (Disponível em Google Books e [http://en.wikipedia.org/wiki/Steel\\_frame](http://en.wikipedia.org/wiki/Steel_frame))
- [2] Department of the Navy, Bureau of Yards and Docks (1947). Bases in South America and the Caribbean Area, Including Bermuda, Building the Navy's Bases in World War II: History of the Bureau of Yards and Docks and the Civil Engineer Corps, 1940-1946, Part III – Advanced Bases, Capítulo 18, pp. 1-46. ([http://www.ibiblio.org/hyperwar/USN/Building\\_Bases/bases-18.html](http://www.ibiblio.org/hyperwar/USN/Building_Bases/bases-18.html))
- [3] History of light steel framing in steel homes and metal homes, *Stud Chopper Metal Homes* ([http://www.studchopper.com/steel\\_homes.html](http://www.studchopper.com/steel_homes.html))
- [4] Wikipedia, Hurricane Andrew ([http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane\\_Andrew](http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane_Andrew))
- [5] NAHB Research Center (1993). Alternatives to Lumber and Plywood in Home Construction; Prepared for U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research.
- [6] NAHB Research Center (1994). Alternative Framing Materials in Residential Construction: Three Case Studies; Prepared for U.S. Department of Housing and Urban Development; Office of Policy Development and Research, Washington DC.
- [7] NAHB Research Center (1996). Field Evaluations and Recommendations for Steel Framed Homes, Jordan Commons Project, Prepared for U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research, Washington DC.
- [8] NAHB Research Center (1997). Prescriptive Method for Residential Cold-Formed Steel Framing, prepared for U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research, Washington DC.
- [9] Lawson RM (2009). Sustainability of Steel in Housing and Residential Buildings, The Steel Construction Institute, SCI Publication P370 ([www.steel-sci.org](http://www.steel-sci.org)).
- [10] Corus Construction & Industrial (2004). Facts of living - Comparing the cost of steel and concrete framing options for multi-storey residential buildings ([www.corusgroup.com](http://www.corusgroup.com))
- [11] National Audit Office (2004), Using Modern Methods of Construction to Build Homes More Quickly and Efficiently, UK.
- [12] BRE - Building Research Establishment (2010). Code for Sustainable Homes, Technical Guide, Department for Communities and Local Government, UK ([www.communities.gov.uk](http://www.communities.gov.uk))
- [13] BRE - Building Research Establishment (2007). *The Green Guide to Housing Specification*. Linked to EcoHomes and also sponsored by NHBC, UK ([www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk))
- [14] Zero Carbon Hub: Defining a Fabric Energy Efficiency Standard for Zero Carbon Homes, 2009.

- 
- [15] Residential and mixed-use buildings, The free encyclopedia for UK steel construction information, BCSA TATA Steel SCI Steel Knowledge (<http://www.steelconstruction.info>)
- [16] Santos P, Simões da Silva L, Ungureanu V (2012). Energy Efficiency of Light-weight Steel-framed Buildings, 1st Edition, TC14 - Sustainability & Eco-Efficiency of Steel Construction, ECCS.
- [17] R. Landolfo, L. Fiorino, O. Iuorio (2010). SPECIFIC PROCEDURE FOR SEISMIC DESIGN OF COLD-FORMED STEEL HOUSING, *Advanced Steel Construction*, 6(1), 603-618.
- [18] D. Dubina (2008). Behavior and performance of cold-formed steel-framed houses under seismic action, *Journal of Constructional Steel Research* 64(7-8), 896-913.
- [19] Serrete, R. (1996), "Shear Wall Values for Light Weight Steel Framing", prepared for the American Iron and Steel Institute, Washington, DC, by Santa Clara University, Santa Clara, CA.
- [20] L. Fiorino, O. Iuorio, R. Landolfo (2012). Seismic analysis of sheathing-braced cold-formed steel structures, *Engineering Structures* 34, 538-547.
- [21] Cheng Yu (2010). Shear resistance of cold-formed steel framed shear walls with 0.686 mm, 0.762 mm, and 0.838 mm steel sheet sheathing, *Engineering Structures*, 32(6), 1522–1529
- [22] Arrais FAM (2012). Comportamento de elementos enformados a frio em situação de incêndio, *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Aveiro.
- [23] BS EN 520:2004 Gypsum plasterboards. Definitions, requirements and test methods, BSI.
- [24] Moreira H (2012). Utilização de perfis enformados a frio em obras de reabilitação, *Dissertação de Mestrado em Construção*, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- [25] Lawson, R.M., 2008. Roof-top extensions using light steel construction. Em *Renovation of Buildings using Steel Technologies (ROBUST)*. RFCS Project. Ascot, Reino Unido, SCI – The Steel Construction Institute.
- [26] SCI – The Steel Construction Institute (2001). Light steel framing in renovation: Roof-top extensions, internal walls and over-cladding, Ascot, Reino Unido: The Steel Construction Institute. (<http://products.ihs.com/cis/Doc.aspx?AuthCode=&DocNum=272945>).
- [27] EN 10147 (2000). Continuously hot-dip zinc coated structural steels strip and sheet. Technical delivery conditions, CEN.
- [28] EN 10326 (2004). Continuously hot-dip coated strip and sheet of structural steels. Technical delivery conditions, CEN.
- [29] EN 300 (1997). Oriented Strand Board (OSB) – Definition, classification and specifications, CEN.
- [30] EN 12369 (2001). Wood-based panels – characteristic values for structural design - Part 1: OSB, particleboards and fibreboards, CEN.
- [31] AISI (1998). Shear Wall Design Guide, Publication RG-9804, American Iron and Steel Institute.
- [32] CFSEI (2008). Shear Wall Design Guide, Cold-Formed Steel Engineers Institute.

---

[33] American Iron and Steel Institute (AISI). North American Specification (NAS) for the design of cold-formed steel structural members. Washington DC, 2004.

[34] Standards of Australia and Standards of New Zealand, Cold-formed steel structures – AS/NZS 4600. Sydney-Wellington, 2005.

[35] Cold-Formed Steel Framing to Insulating Concrete Form Walls in Residential Construction, U.S. Department of Housing and Urban Development Office of Policy Development and Research Washington, DC, February 2003

[36] Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA) - Decreto -Lei n.º 235/83, de 31 de Maio de 1983.

[37] Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-3: General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting, CEN - European Committee for Standardization, Brussels, 2006.

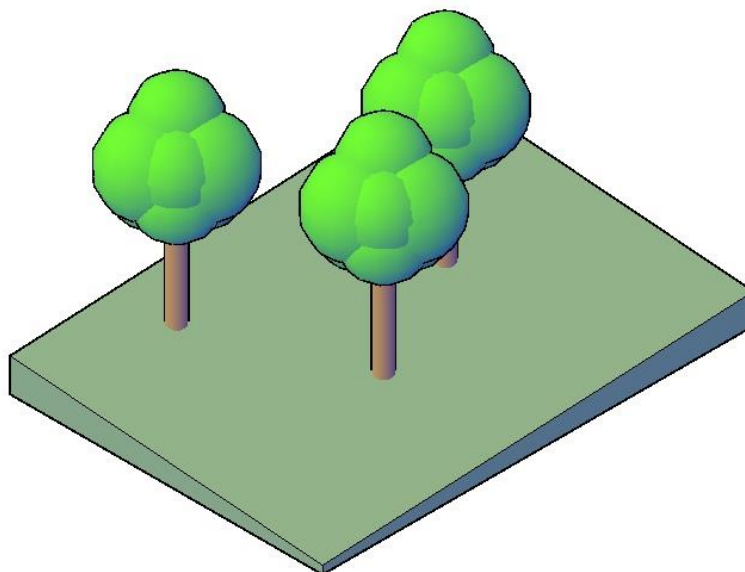


---

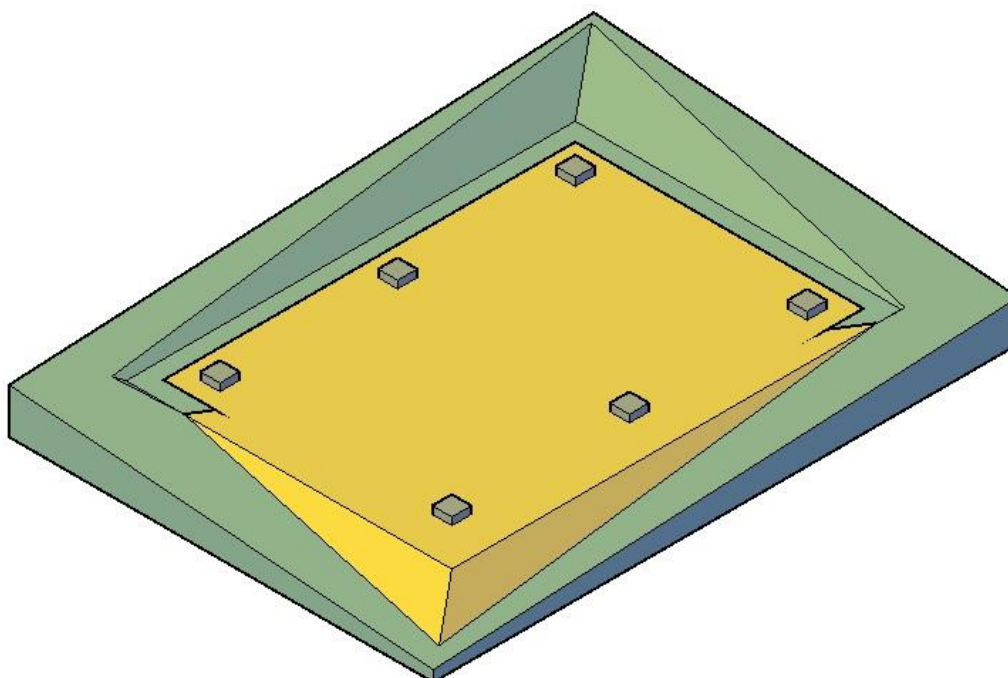
## Anexo I – O método construtivo

---

Dado um terreno no qual se pretenda implantar a construção

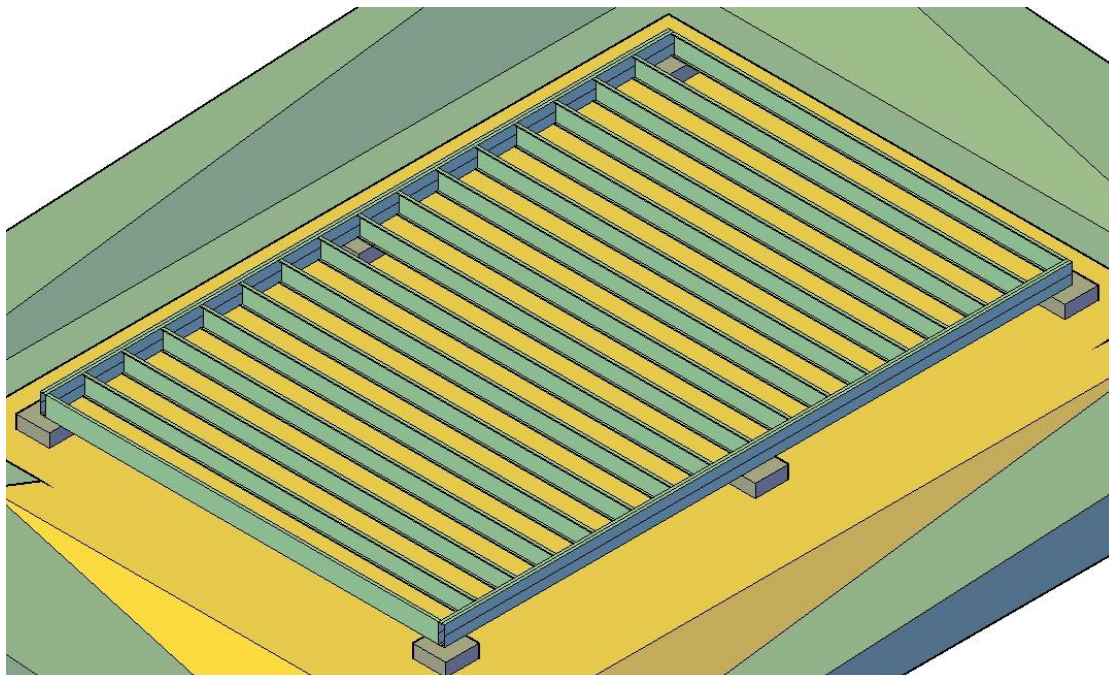


Deverá proceder-se a uma terraplenagem cuidadosa. A base deverá ser nivelada e compactada, embora não necessariamente em betão (a menos que se dispense o pavimento em LSF, claro). Podem ser usadas sapatas individuais, pré-fabricadas, com dimensões aproximadas de 0,5 x 0,5 x 0,3 m, nos cantos e em pontos intermédios (dividindo por 2, 3, 4... ) dos maiores vãos, sem exceder 6 m entre si.

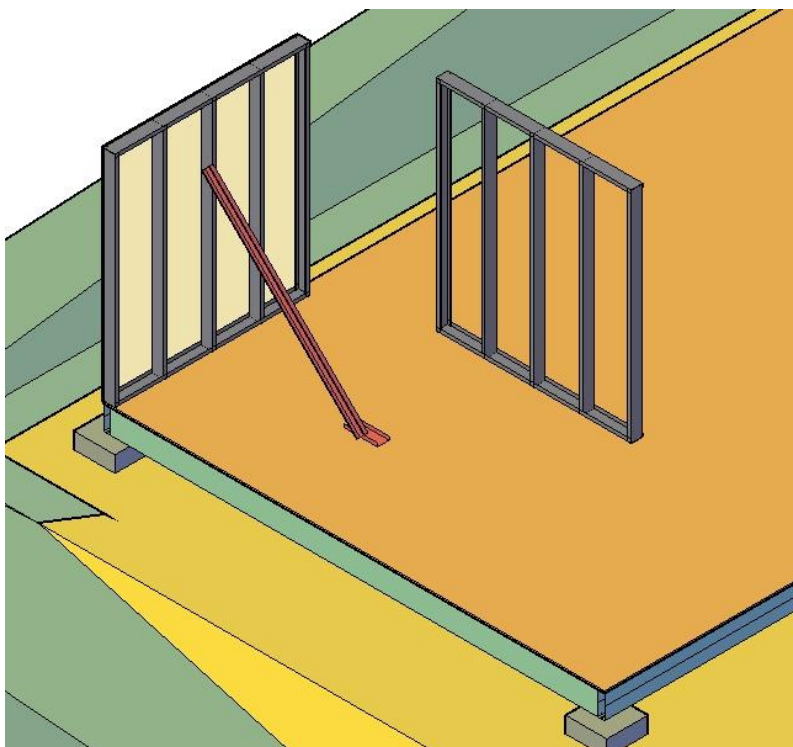


Podem então ser aplicadas as vigas de pavimento. Note-se que ficou imediatamente criado um *plenum*, ou vazio sanitário, sob a construção. Caso se dispense o pavimento em aço, deverão ser tomadas medidas

adicionais que garantam a drenagem e salubridade das fundações, como o saneamento do terreno, execução de base em brita, aplicação de geotêxteis, etc. Embora as vigas possam ser aparafusadas a uma bucha colocada na sapata, é mais frequente usar argamassa, para uma correção final do nivelamento.

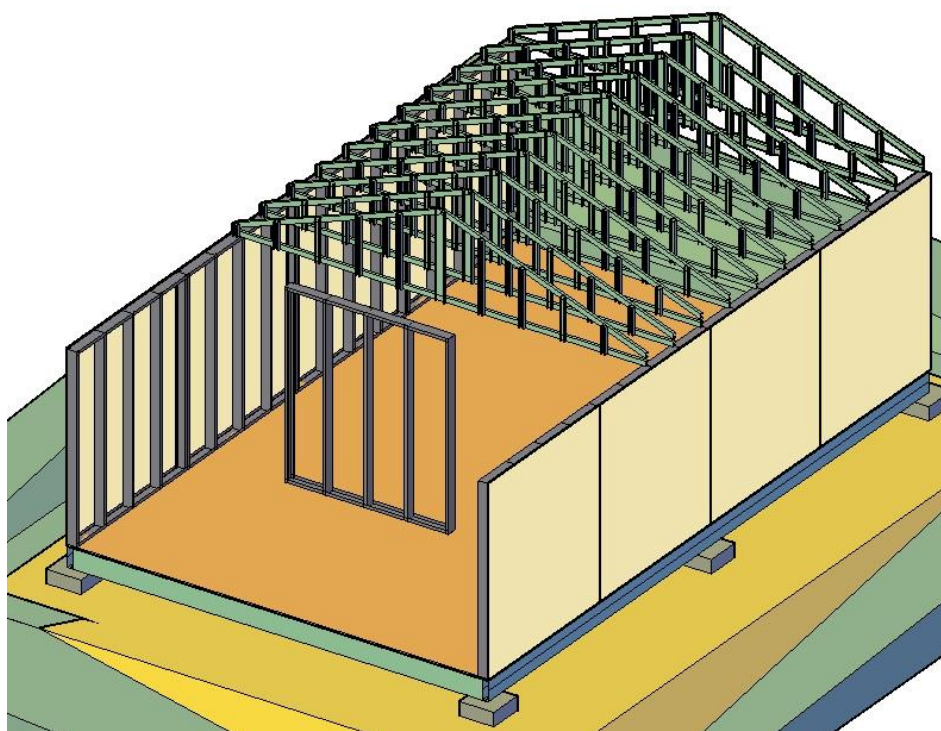


Sobre as vigas de pavimento pode agora ser aplicado OSB-3 de 18 mm ou outro material equivalente, e de seguida os painéis pré-fabricados. No caso dos painéis exteriores, já com OSB de 11 mm na face exterior. Deverão ser escorados provisoriamente enquanto não estiverem todos montados (e fixos entre si).

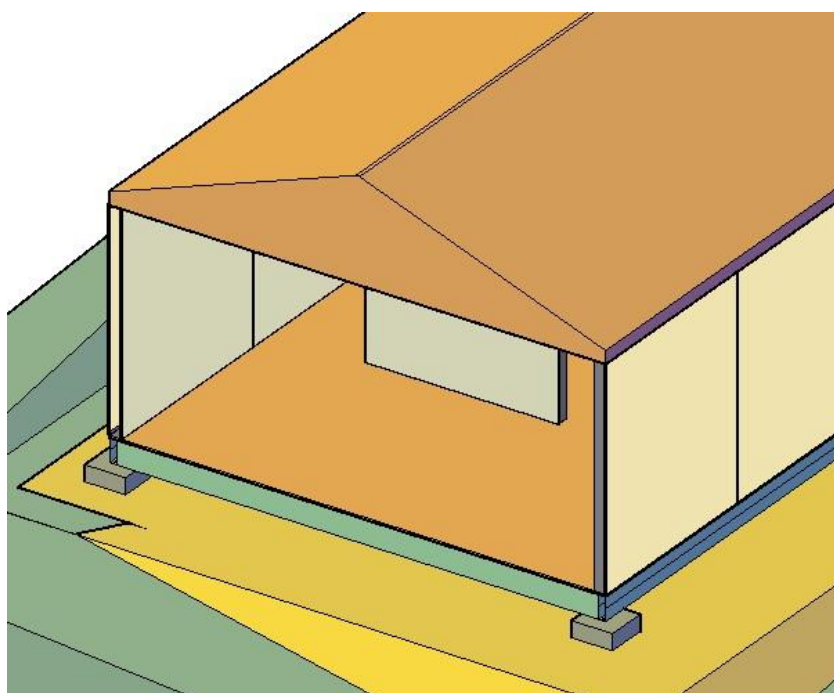




Após a conclusão da estrutura das paredes podem ser aplicadas as treliças de cobertura pré-fabricadas. Estas treliças deverão ser solidarizadas entre si, pelo menos ao longo da cumeeira, e deverão também ser recobertas com OSB de 11 mm.

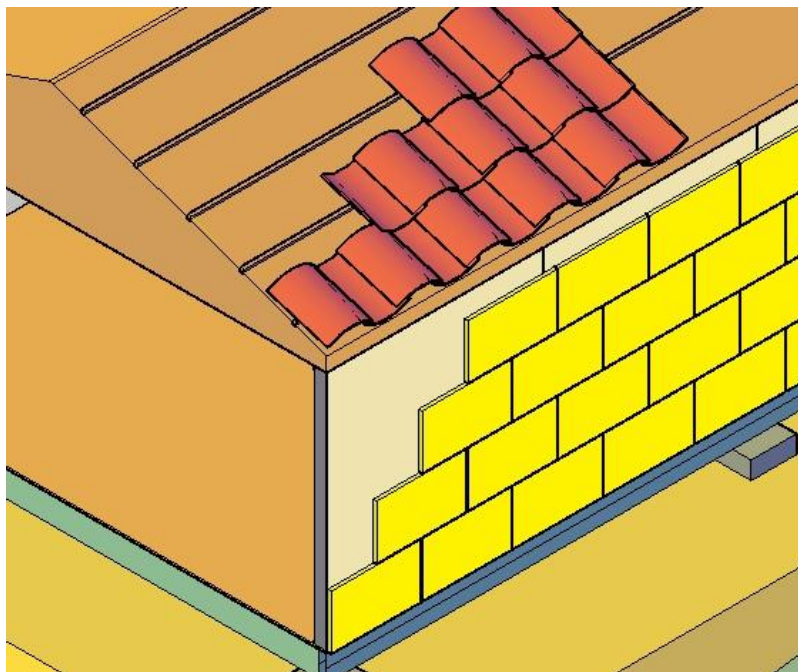


Estando devidamente protegido o interior do edifício, podem prosseguir os acabamentos interiores: pode ser aplicado o isolamento térmico entre os montantes (lã de rocha) e o acabamento da face interior (gesso cartonado). Pode também ser aplicado gesso cartonado no tecto em ambas as faces das paredes interiores e no tecto, com lã de rocha na face superior.



---

Pode também ser executado o acabamento exterior, regra geral com placas de EPS (esferovite) coladas à parede exterior com argamassa-polímero, e aplicadas ripas e telhas sobre a chapa de OSB do telhado. Dada a semelhança, isto é frequentemente chamado “capoto”, pese o facto de Cappotto ser uma marca registada.



Deverá ser também usada argamassa-polímero no reboco (aceita-se um pouco mais de areia que para a colagem), e pintura com tinta acrílica ou afim – costumam haver vários produtos deste tipo na gama da própria argamassa, incluindo argamassas coloridas, que poderão assim dispensar pintura. Não pode ser usada tinta de água ou outra pouco resistente ao calor, já que não existe qualquer inércia térmica significativa entre tinta e isolamento térmico – no verão a tinta chega facilmente aos 70 °C.

Como é bastante difícil criar telhados de quatro águas neste tipo de construção, deverá salvaguardar-se (na chapa de OSB e no comprimento das ripas) um beirado significativo sobre as empenas, para evitar que escorra água do telhado pela parede, e uma ripa ou perfil metálico na face inferior da chapa de OSB, para criar uma pingadeira.

