



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Engenharia

## Estudo de Coordenação Modular em Projetos de Reciclagem de Contentores

Ana Raquel Araújo Marques

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Arquitetura**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Luiz António Pereira de Oliveira

Covilhã, Junho de 2011



*Trabalho escrito ao abrigo do novo acordo ortográfico de 1990,  
em vigor desde 2009*

*Architecture is basically a container of something.  
I hope they will enjoy not so much the teacup, but the tea.*

Yoshi Taniguchi

# DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho àqueles que me motivam a fazer sempre melhor e que nunca me deixam desistir dos meus sonhos, aos meus Pais e ao Nuno.

# AGRADECIMENTOS

Embora uma dissertação, devido à sua finalidade académica, seja um trabalho individual, há contributos que não podem deixar de ser destacados. Por essa mesma razão, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço aos meus Pais, pelo apoio incondicional ao longo destes anos, por acreditarem em mim e apoiarem todas as minhas decisões.

Gostaria de agradecer também ao professor Luiz Oliveira, que me sugeriu este tema e que me despertou para a sustentabilidade na Arquitetura. Pela disponibilidade revelada ao longo do trabalho, pelas críticas e sugestões relevantes feitas durante a orientação.

Agradeço também ao professor Miguel Nepomuceno, pela disponibilidade demonstrada e pelas suas indicações técnicas, embora breves foram bastante úteis.

Ao Nuno, a *dimidium animae meae*, pelas inúmeras trocas de impressões e pelos comentários ao trabalho. Pelo inestimável apoio, pela paciência e pelas “injeções de motivação” quando por força das circunstâncias, ela faltava.

A todos os meus amigos pelo apoio e incentivo, desde aqueles mais próximos até aqueles mais distantes, os meus sinceros agradecimentos

## RESUMO

A elaboração desta tese tem como objetivo o estudo da coordenação modular a partir de unidades de contentores marítimos, a análise da sua viabilidade técnica e económica, bem como a sua reutilização e posterior conversão num espaço arquitetónico.

Numa abordagem inicial do tema, o estudo será desenvolvido com a caracterização das diversas tipologias de contentores existentes, da sua dimensão e disponibilidades ou seja na identificação de como se pode dispor destas unidades para fins construtivos.

Em seguida, um estudo de modulação será realizado tendo em conta as teorias que o governam. Para finalmente se expor as propostas de coordenação modular possíveis nos vários arranjos a fim de obter um conjunto arquitetónico de unidades que satisfaçam as exigências atuais de habitabilidade.

Espera-se que este estudo sirva exactamente como um caso-estudo destinado a contribuir para a viabilização da reciclagem de unidades modulares, contribuição esta que indiretamente se relaciona com a preservação de recursos naturais com a proteção ambiental possibilitando vantagens económicas substanciais.

**Palavras-chave:** coordenação modular, contentores, reciclagem, sustentabilidade

# ABSTRACT

This thesis aims to study the modular coordination of shipping containers as modular units, the analysis of technical and economic feasibility, and its reuse and subsequent conversion into an architectural space.

As an initial approach to the subject, the study will be developed with the characterization of different types of existing containers, its size and availability, to identify the possibilities of disposal to these units for construction purposes.

Then, a study of modulation will be made taking into account its theories. Finally it will be exposed the different proposals of modular coordination and the possible arrangements in order to obtain an architectural composition of units that meet the current requirements for habitability.

It's expected that this study serves exactly like a case study to contribute to the viability of recycling modular units, contributing indirectly to natural resources preservation and environmental protection providing substantial economic benefits.

**Keywords:** modular coordination, containers, recycling, sustainability

# ÍNDICE

DEDICATÓRIA	II
AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
INDICE	VI
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABELAS	XVI
LISTA DE ACRÓNIMOS	XVII
LISTA DE CONVERSÕES	XVIII

---

## CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

---

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.2 JUSTIFICAÇÃO DO TEMA PROPOSTO	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	3
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	3

## CAPÍTULO II - CARATERIZAÇÃO DOS CONTENTORES MARÍTIMOS

---

2.1 INTRODUÇÃO	4
2.2 A HISTÓRIA DO CONTENTOR MARÍTIMO	4
2.3 A IMPORTÂNCIA DO CONTENTOR	7
2.4 CONTENTORES COMO MÓDULOS DE CONSTRUÇÃO	8
2.4.1 Definição	8
2.4.2 Princípios	8
2.4.3 Fundações	11
2.4.4 Isolamento térmico	13
2.4.5 Aspetos legais	14
2.4.6 Aspetos económicos	15
2.4.7 Aspetos ecológicos	15
2.4.8 Aspetos internacionais	16

<b>2.5 TIPOS DE CONTENTORES</b>	<b>18</b>
<b>2.5.1 Contentores marítimos</b>	<b>18</b>
2.5.1.1 A aceitação do contentor	19
2.5.1.2 O contentor como acessório e/ou equipamento	19
2.5.1.3 Conjugação do contentor com elementos construtivos	20
2.5.1.4 A normalização ISO	21
2.5.1.5 Dimensões dos contentores marítimos	22
2.5.1.6 Pesos e cargas	24
2.5.1.7 Tipos de contentores marítimos	25
2.5.1.8 Custos	29
2.5.1.9 Transporte	31
2.5.1.10 Produção	32
2.5.1.11 Construção	32
2.5.1.12 Segurança	35
<b>2.5.2 Contentores pré-fabricados</b>	<b>38</b>
2.5.2.1 Definição	38
2.5.2.2 Normalização	38
2.5.2.3 Usos	39
2.5.2.4 Tipos de contentores pré-fabricados	41
2.5.2.5 Dimensões	42
2.5.2.6 Construção	44
2.5.2.7 Produção	45
2.5.2.8 Transporte	47
2.5.2.9 Variantes	47
2.5.2.10 Isolamento térmico	50
2.5.2.11 Aspetos económicos	50
2.5.2.12 Formas especiais	51
<b>2.5.3 Estruturas de contentores</b>	<b>53</b>
<b>2.5.3.1 Sistemas de módulos estruturais</b>	<b>53</b>
2.5.3.1.1 Definição	53
2.5.3.1.2 Desenvolvimento	54
2.5.3.1.3 Usos	55
2.5.3.1.4 Dimensões	56
2.5.3.1.5 Produção	57
2.5.3.1.6 Construção	58
2.5.3.1.7 Transporte	59
2.5.3.1.8 Isolamento térmico	60
2.5.3.1.9 Aspetos económicos	60

2.5.3.1.10	Aspetos ecológicos	61
2.5.3.2	Sistemas de contentores estruturais	62
2.5.3.2.1	Definição	62
2.5.3.2.2	Dimensões	63
2.5.3.2.3	Usos	63
2.5.3.2.4	Construção	63
2.5.3.2.5	Elementos técnicos	65
2.5.3.2.6	Aspetos económicos	65
2.5.3.2.7	Aspetos ecológicos	65
2.6	VIABILIDADE ESTRUTURAL DOS CONTENTORES	67
2.6.1	Introdução	67
2.6.2	A construção com unidades	67
2.6.3	Contentores marítimos	67
2.6.4	Ensaio de cargas ISO e cálculos estruturais	68
2.6.5	Composição estrutural de contentores	68
2.6.6	Adaptação dos contentores	69
2.6.7	Conclusão	69
2.7	O CONTENTOR E A ARQUITETURA	70
2.7.1	Introdução	70
2.7.2	Firmitas, Utilitas, Venustas?	70
2.7.3	O uso dos contentores	70
2.7.3.1	Edifícios públicos	71
	<i>Cruise Center, Renner Hainke Wirth Architekten</i>	
2.7.3.2	Escritórios e edifícios administrativos	72
	<i>Bornack Drop Stop Training Center, Patzner Architekten</i>	
2.7.3.3	Habitação	73
	<i>Chalet du Chemin Brochu, Pierre Morency Architecte</i>	
	<i>Infiniski Manifesto House, James &amp; Mau Architects</i>	
	<i>Qubic Amsterdam, HVDN Architecten</i>	
2.7.3.4	Edifícios sociais	74
	<i>Bed by Night, Han Slawik</i>	
2.7.3.5	Edifícios comerciais	75
	<i>Puma City, LOT-EK</i>	
	<i>Uniqlo Flagship e Uniqlo Pop-Up Stores, LOT-EK</i>	
2.7.3.6	Eventos e exposições	76
	<i>Platoon Kunsthalle Seoul, Platoon and Graft Architects</i>	
	<i>Bohen Foundation, LOT-EK</i>	
2.7.3.7	Arte e elementos marcantes	77
	<i>Self Contained, Michael Johansson</i>	

	<i>Container Origami</i> , Roeterink + Nout + Bijlsma + Roeterink	
	<i>OceanScope</i> , AnL Studio	
<b>2.7.3.8</b>	<b>Contentores aparentes</b>	<b>78</b>
	<i>Sjakket Youth Centre</i> , PLOT = JDS + BIG	
	<i>Wismar Technology and Research Center</i> , Nouvel + Z Partner	
<b>2.7.3.9</b>	<b>Projetos conceptuais</b>	<b>79</b>
	<i>Containing Light Mobile Unit</i> , Eer Architectural Design	
	<i>Mobile Dwelling Unit/MDU</i> , LOT-EK	
	<i>PROgram CONtainers (Pro/CON)</i> , Jones Partners	
<b>2.8</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>82</b>
<b>CAPÍTULO III - A TEORIA DA COORDENAÇÃO MODULAR</b>		
<hr/>		
<b>3.1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>83</b>
<b>3.2</b>	<b>ASPETOS HISTÓRICOS DA COORDENAÇÃO MODULAR</b>	<b>83</b>
	3.2.1 Os gregos	84
	3.2.2 Os romanos	85
	3.2.3 A Revolução Industrial à aplicação da Coordenação Modular	86
	3.2.4 O século XX	87
	3.2.5 Da primeira norma de Coordenação Modular à atualidade	89
<b>3.3</b>	<b>DEFINIÇÕES</b>	<b>93</b>
	3.3.1 Coordenação dimensional	93
	3.3.2 Módulo	93
	3.3.3 Coordenação modular	94
<b>3.4</b>	<b>OBJETIVOS DA COORDENAÇÃO MODULAR</b>	<b>95</b>
<b>3.5</b>	<b>BENEFÍCIOS DO USO DA COORDENAÇÃO MODULAR</b>	<b>96</b>
<b>3.6</b>	<b>A COORDENAÇÃO MODULAR E A ARQUITETURA</b>	<b>97</b>
<b>3.7</b>	<b>PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA COORDENAÇÃO MODULAR</b>	<b>98</b>
	3.7.1 Sistema de Referência	98
	3.7.1.1 Reticulado modular espacial de referência	98
	3.7.1.2 Quadriculado modular de referência	99
	3.7.2 O Módulo	100
	3.7.3 Ajuste modular	100
<b>3.8</b>	<b>O PROJETO MODULAR</b>	<b>101</b>
	3.8.1 Quadriculado multimodular de referência	101
	3.8.2 Multimódulos	102

3.8.3 Submódulos	102
3.9 CONCLUSÕES	103
<b>CAPÍTULO IV - ESTUDO E APLICAÇÃO DA MODULAÇÃO DO CONTENTOR MARÍTIMO</b>	
4.1 INTRODUÇÃO	104
4.2 A HABITAÇÃO E O HABITAT	104
4.2.1 Análise funcional do uso da habitação	106
4.2.2 Tipologias de ocupação	108
4.2.3 Análise espacio-funcional	109
4.2.4 O indivíduo e a família	111
4.2.4.1 Características de conjunto de habitantes	111
4.2.4.2 Personalização e adaptabilidade	112
4.3 ESTUDO DA MODULAÇÃO	113
4.3.1 A escolha do módulo	113
4.3.2 Modulação e coordenação modular	114
4.4 APLICAÇÃO DA MODULAÇÃO	118
4.4.1 Tipologias modulares de ocupação	119
4.4.1.1 Tipologia "VIVER" e variantes A1, A2 e A3	119
4.4.1.2 Tipologia "DORMIR" e variantes B1, B2 e B3	120
4.4.1.3 Tipologia "CIRCULAR" e variantes C1, C2 e C3	121
4.4.1.4 Tipologia "CULTIVAR" e variantes D1, D2 e D3	122
4.4.1.5 Tipologia "TRABALHAR" e variantes E1, E2 e E3	123
4.4.2 Coordenação modular	124
4.4.2.1 Coordenação modular vertical e horizontal	126
4.4.2.2 Estudo dos elementos verticais de ligação entre módulos	127
4.4.2.3 Pormenores técnicos	128
4.5 CONCLUSÕES	128
<b>CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	
5.1 CONCLUSÕES	130

<b>5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>130</b>
<hr/>	
REFERENCIAS ELETRÓNICAS	132
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136
FONTE DE IMAGENS	138
ANEXOS	141
Anexo I: Conteúdos das normas ISO	142
Anexo II: Tabela de dimensões dos contentores marítimos	144

# LISTA DE FIGURAS

[FIG. 1] Malcom McLean, o pai do contentor	5
[FIG. 2] Navio Ideal-X, primeiro navio adaptado para receber os primeiros contentores	5
[FIG. 3] O contentor como módulo e a flexibilidade multi-modular	9
[FIG. 4   5   6] <i>Consumer Temple - Broken Icon</i> , de Gary Deirmendjian	9
[FIG. 7   8] Ligações espaciais entre contentores	10
[FIG. 9] Grelha modular	10
[FIG. 10   11] <i>Volvo C30 Experience Pavilion</i> , de Knock.Se	11
[FIG. 12   13] Contentores com telhado de proteção e com estrutura/involúcro	11
[FIG. 14] Fundação em laje	12
[FIG. 15] Relação do contentor com a fundação	12
[FIG. 16] Fundação em parafuso	12
[FIG. 17] Sistema de fundação com pinos enterrados no solo	12
[FIG. 18] Aplicação de painéis de isolamento por vácuo	13
[FIG. 19   20   21] Aplicação da espuma de poliuretano projetada	14
[FIG. 22   23   24   25] O projeto <i>Future Shack</i> de Sean Godsell	16
[FIG. 26] Contentor marítimo, visto pelo exterior e interior	18
[FIG. 27] <i>Construction X</i> de Luc Deleu	19
[FIG. 28] <i>Speybank</i> de Luc Deleu	19
[FIG. 29] Exterior do <i>ContainR Cinema</i> de Robert Duke	20
[FIG. 30] Interior do <i>ContainR Cinema</i> , superfícies cortadas para criar dupla altura	20
[FIG. 31] Exterior do <i>Containerart</i> de Artur Lescher, Bernardes+Jacobsen	20
[FIG. 32] Interior de uma das salas do <i>Containerart</i>	20
[FIG. 33] Exterior do <i>Nomadic Museum</i> de Shigeru Ban Architects	21
[FIG. 34] Nave de circulação no interior do <i>Nomadic Museum</i>	21
[FIG. 35] Exterior da <i>12 Container House</i> de Adam Kalkin	21
[FIG. 36] Interior da <i>12 Container House</i>	21
[FIG. 37] Princípio das dimensões do sistema ISO	22
[FIG. 38] Dimensões do sistema de contentores marítimos de acordo com as normas ISO	23
[FIG. 39] Contentor de 45' sobre dois contentores ISO de 20'	24
[FIG. 40] Contentor de 45' e de 40'. De notar as peças de canto coincidentes	24
[FIG. 41] Tipos de contentores marítimos	25
[FIG. 42   43   44] Contentor Standard de 20': perspectiva frontal, lateral e posterior	25
[FIG. 45   46] Contentor Hard Top de 40': perspectiva frontal e pormenor	26
[FIG. 47   48] Contentor Open Top de 20': perspectiva frontal e vista lateral	26

[FIG. 49   50] Contentor Open Side de 20': perspectiva lateral fechado e aberto	27
[FIG. 51] Contentores Platform empilhados	27
[FIG. 52] Contentor Flat empilhado	27
[FIG. 53] Pormenor das aberturas de ventilação superior de um contentor ventilado	28
[FIG. 54] Contentor refrigerado ou <i>Reefer</i>	28
[FIG. 55] Contentor do tipo Tank de 20'	28
[FIG. 56] Contentor do tipo Tank em cima de reboque de 3 eixos	28
[FIG. 57] Contentores Open Side empilhados	29
[FIG. 58] Contentor não normalizado mas bastante original no seu desenho	29
[FIG. 59] Conversão de um contentor Triton na <i>Old Lady House</i> , de Adam Kalkin	30
[FIG. 60   61] Navio porta-contentores "Emma Maersk"	31
[FIG. 62] Elementos estruturais do contentor marítimo	33
[FIG. 63] Elementos constituintes do contentor	34
[FIG. 64   65] Localização dos cantos de montagem ISO e canto superior de contentor	34
[FIG. 66] Contentores empilhados	35
[FIG. 67] Navio porta-contentores da OOCL (Roterdão)	35
[FIG. 68   69   70] <i>Freitag Flagship Store</i> de Spillmann Echsle	35
[FIG. 71] <i>Twistlock</i> aberto	36
[FIG. 72] Distribuição de cargas verticais	36
[FIG. 73] <i>Bridge fitting</i>	36
[FIG. 74] Distribuição de cargas horizontais	36
[FIG. 75] Lashing e fixação dos contentores	37
[FIG. 76] Sistema modular de contentores pré-fabricados	38
[FIG. 77   78   79] Estrutura base e secundária, aplicação de isolamento e revestimento	39
[FIG. 80   81   82] <i>Projeto derCube</i> de LHVH Architekten com contentores pré-fabricados	40
[FIG. 83   84   85] <i>Projeto Seven-Day Architecture</i> de LHVH Architekten	40
[FIG. 86   87   88] Contentores militares: checkpoint, posto de comando e torre vigia	40
[FIG. 89   90] Plantas e uma possível conjugação de contentores numa composição	41
[FIG. 91   92] Exemplos de contentores pré-fabricados de alta qualidade	42
[FIG. 93] Dimensões do sistema de contentores pré-fabricados	43
[FIG. 94   95] Construção dos contentores pré-fabricados	44
[FIG. 96   97] Pormenor das paredes dos contentores pré-fabricados ainda em fábrica	45
[FIG. 98] Base estrutural de suporte dos contentores pré-fabricados: a 1ª etapa	46
[FIG. 99   100] Aplicação de enchimentos do contentor pré-fabricado: a 2ª etapa	46
[FIG. 101   102   103] Transporte dos contentores pré-fabricados e posterior instalação	47
[FIG. 104   105] Exemplo de um posto de enfermagem constituído por contentores <i>light</i>	48
[FIG. 106   107] Exemplo de contentores de acampamento militar	48
[FIG. 108   109   110   111] Etapas de montagem do <i>Flexotel</i>	49
[FIG. 112   113] Exemplos de contentores extensíveis	49
[FIG. 114   115   116   117   118] Imagens do projeto <i>HomeBox</i> de Han Slawik	52

[FIG.119   120] Imagens de um parque de <i>trailers</i> nos EUA	52
[FIG.121] Exemplo de sistema de módulos estruturais	53
[FIG.122   123] Exemplos de projetos com módulos estruturais	54
[FIG.124   125   126   127] Construção de casa modular <i>Heim M1</i> , da empresa Sekisui	54
[FIG.128   129   130] Catálogo original do sistema modular <i>Heim M1</i> da empresa Sekisui	55
[FIG.131   132] Exemplo de uma escola construída com módulos estruturais	55
[FIG.133   134] Exemplo de um laboratório com módulos estruturais	56
[FIG.135] Sistema de dimensões dos módulos estruturais	57
[FIG.136] Montagem de um módulo	58
[FIG.137] Sistema de construção com módulos estruturais	58
[FIG.138] Exemplo do sistema com um contentor estrutural	62
[FIG.139] Fachada à frente da estrutura (variante I)	64
[FIG.140] Fachada ao nível da superfície com isolamento na estrutura (variante II)	64
[FIG.141   142] Especificações do contentor: peso próprio e capacidade de carga	67
[FIG.143   144   145] Ensaios de carga ISO e medição das eventuais deformações	68
[FIG.146   147] As construções com contentores e as construções com Legos	69
[FIG.148   149   150] Contentor Maersk e o projeto <i>Children's Activity Centre</i>	71
[151   152] <i>Cruise Center</i> de Renner Hainke Wirth Architekten	72
[153   154   155] <i>Bornack Drop Stop Training Center</i> dos Patzner Architekten	72
[156   157   158] <i>Chalet du Chemin Brochu</i> de Pierre Morency Architecte	73
[159   160   161] <i>Infiniski Manifesto House</i> de James & Mau Architects	73
[162   163   164] <i>Qubic Amsterdam</i> de HVDN Architecten	74
[165   166] <i>Bed by Night</i> de Han Slawik	74
[167-172] Puma City, dos LOT-EK	75
[173   174   175] <i>Uniqlo Pop-Up Stores</i> , LOT-EK	75
[176   177   178] <i>Platoon Kunsthalle</i> , Platoon and Graft Architects	76
[179   180   181] <i>Bohen Foundation</i> , LOT-EK	76
[182   183   184] Instalação <i>Self Contained</i> , de Michael Johansson	77
[185   186   187] <i>Container Origami</i> , de Roeterink + Nout + Bijlsma + Roeterink	77
[188   189   190] <i>OceanScope</i> , do AnL Studio	78
[191-197] <i>Sjakket Youth Centre</i> , PLOT = JDS + BIG	78
[198   199] <i>Wismar Technology and Research Center</i> , de Jean Nouvel + Ziebell & Partner	79
[200   201   202] <i>Containing Light Mobile Unit</i> , da Eer Architectural Design	79
[203   204   205] <i>Mobile Dwelling Unit/ MDU</i> , dos LOT-EK	80
[206   207] <i>Package Home Tower</i> , Jones Partners	81
[208   209] Fachada principal do Parthenon e planta térrea	84
[210] Vãos normais e de esquina na Arquitetura Grega	84
[211] As ordens gregas segundo Viñola	84
[212] Cidade de Emona	85
[213   214   215] Palácio de Cristal, de Joseph Paxton	87

[216] A máquina de habitar	88
[217] Vista do bairro operário Weissenhof	88
[218   219] Casas projetadas por Walter Gropius, Weissenhof Siedlung	88
[220] As diferentes encadernações dos estudos dimensionais de E. Neufert	90
[221   222] O Modulor, de Le Corbusier	91
[223] Proporção de um ângulo do frontão o <i>Modulor</i> de Le Corbusier	97
[224] Triedro, reticulado espacial e quadriculado modular de referência	98
[225] Reticulado espacial de referência do contentor 40' HC	99
[226] Quadriculado modular de referência do contentor 40' HC	99
[227] Módulos tridimensionais com dimensões dos contentores marítimos	100
[228] Exemplos de quadriculados multimodulares M, 3M e 24M e 48M	101
[229] O módulo M e os seus multimódulos 2M, 3M, 4M, 5M e 6M	102
[230] Os submódulos de M	102
[231] O conceito de habitar: o habitat e a habitação	105
[232] Habitação, uma inter-influência do indivíduo com o habitat	105
[233] Esquema de funções habitacionais	106
[234   235] Os módulos e as suas respetivas dimensões e relações	114
[236   237] Grelhas modulares 40' HC e 20' HC	115
[238] Grelha modular A+B, resultante da junção das grelhas modulares A e B	116
[239] Grelha modular C que representa o módulo na transversal	116
[240   241] Grelha modular A+C e esquema da relação transversal	117
[242] Grelha modular A+B+C e as suas relações	117
[243] A grelha A+B+C como ferramenta para a coordenação modular	118
[244] Tipologias modulares de ocupação	119
[245] Tipologia "VIVER": as três variantes A1, A2 e A3	120
[246] Tipologia "DORMIR": as três variantes B1, B2 e B3	121
[247] Tipologia "CIRCULAR": as três variantes C1, C2 e C3	122
[248] Tipologia "CULTIVAR": as três variantes D1, D2 e D3	123
[249   250] Tipologia "TRABALHAR": as duas variantes E1 e E2	123
[251] Esquema com as diferentes tipologias modulares de ocupação	124
[252] Coordenação modular através das diferentes tipologias	125
[253] Possíveis disposições e combinações espaciais	125
[254   255] Coordenação dos conjuntos modulares através da grelha tridimensional	126
[256] Coordenação modular horizontal de vários módulos	126
[257] Coordenação modular vertical do módulo azul	127
[258] Exemplo de habitação unifamiliar através da coordenação modular	127
[259] Exemplo de aberturas de vãos e ligações entre módulos para uma habitação	128

## LISTA DE TABELAS

[TABELA 1] Tabela com pesos próprios e capacidades de carga dos contentores ISO	24
[TABELA 2] Movimentos de contentores nos 20 maiores portos	31
[TABELA 3] Dimensões, áreas e peso vazio dos diferentes contentores pré-fabricados	43
[TABELA 4] Classificação de atividades e funções habitacionais	107
[TABELA 5] Tipologias de ocupação conforme a análise funcional do uso da habitação	108
[TABELA 6] Dimensões e áreas mínimas para espaços de dormir	110
[TABELA 7] Designação dos contentores escolhidos e respetivas dimensões	114

# LISTA DE ACRÓNIMOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEP - Agência Europeia para a Produtividade

AFNOR - *Association Française de Normalisation*

ASA - *American Standard Association*

DIN - *Deutsches Institut für Normung*

EUA - Estados Unidos da América

ISO - *International Standard Organization*

MDU - *Mobile Dwelling Unit*

NBR - Norma Brasileira Registrada

PMR - Plano Modular de Referência

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RGEU - Regulamento Geral de Edificações Urbanas

TEU - *Twenty-foot Equivalent Unit*

URSS - União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

VIP - *Vacuum Insulated Panel*

# LISTA DE CONVERSÕES

1 Pé = 0,3048 metros

1 Polegada = 25,4000 milímetros

# CAPÍTULO I

---

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações gerais

Os contentores marítimos, antigamente utilizados apenas para o transporte e armazenamento de mercadorias, têm agora um lugar de destaque no setor da construção. Com uma imagem formal facilmente reconhecível e com o seu inevitável caráter modular, permitem a sua multiplicação e conjugação. Podem ser equipados com iluminação, aquecimento, rede interna de água canalizada, possibilidade de ligação telefónica, e até mesmo divisórias interiores móveis com algum mobiliário, de modo a permitir a sua habitabilidade mínima. Para além disso, têm a vantagem de serem facilmente transportáveis e de terem a capacidade de conjugar-se entre si, formando composições mais elaboradas e complexas, conforme a necessidade. A sua flexibilidade construtiva, a segurança estrutural e a sua utilização imediata após serem descarregados no lugar de destino, suportam a ideia de uma construção altamente nómada, onde a flexibilidade é palavra de ordem.

Além disso, a sustentabilidade na construção civil é atualmente um tema de extrema importância, devido ao impacto ambiental que causa ao longo de toda a sua cadeia produtiva. A racionalização da construção é urgente e só é possível se existir um maior nível de eficiência no aproveitamento dos recursos já disponíveis. Portanto, os contentores marítimos conjugados com a sua eficiência estrutural, tornam-nos um sistema construtivo bastante interessante e sustentável, evitando desperdício de recursos naturais e energéticos.

### 1.2 Justificação do tema proposto

Com a crise económica mundial e o significativo abrandamento no fluxo do transporte marítimo, aumenta o número de contentores marítimos vazios parquados nos portos. Esta situação é mais grave nos principais países importadores, já que estes mesmos contentores deixaram de ser reenviados com novas mercadorias para outros países. Particularmente atrativos são os contentores baratos fabricados na China que em média, são somente usados duas ou três vezes <sup>[1]</sup>. A priori, os preços são superiores aos contentores mais antigos mas, devido às empresas terem a necessidade de libertar espaço para os novos contentores que chegarão num futuro próximo, conseguem-se contentores a um preço muito interessante <sup>[2]</sup>.

Num ambiente de crise a nível do imobiliário, a construção baseada no reaproveitamento de contentores marítimos poderá ser uma escolha bastante económica e ecológica. Trata-se de um exercício de conformação do espaço habitável, não desconsiderando o seu entorno, a partir do elemento “contentor”, como unidade modular. Mais importante do que nunca, é necessário que a Arquitetura funcione como um elemento de equilíbrio dos ecossistemas e confira ao ambiente construído um novo carácter, perante a preservação e a recuperação ambiental.

E é aqui que a Coordenação Modular entra, como ferramenta para o desenvolvimento de arranjos espaciais que contribuam para a sustentabilidade da construção, tendo em conta o contentor marítimo como unidade/módulo. A Coordenação Modular estabelece fortes ligações com a ótica da sustentabilidade, pois graças à racionalização da construção, é possível uma aplicação racional de recursos e eliminação do desperdício o que resulta num aumento de eficiência dos fatores de produção, da mão de obra e dos equipamentos.

Por isso, é importante conjugar a reciclagem de contentores marítimos em fim de vida, com as teorias da Coordenação Modular, de modo a obter um conjunto arquitetónico eficiente e duplamente sustentável.

### 1.3 Objetivos

Esta dissertação tem como tema principal a “Coordenação Modular em Projetos de Reciclagem de Contentores” e propõe-se o desenvolvimento de um estudo de coordenação modular de unidades de contentores marítimos, cuja reciclagem para fins de conformar espaços arquitetónicos, possam responder as exigências vigentes de habitabilidade. Do ponto de vista prático objetiva-se com este estudo demonstrar os possíveis arranjos espaciais com resultados que contribuam para a sustentabilidade da construção.

Concluindo, os objetivos principais deste trabalho são:

- a) Análise e caracterização do contentor marítimo, tendo em conta as suas tipologias e dimensões; estudo sobre viabilidade técnica e económica da sua reciclagem;
- b) Estudo e aplicação das Teorias de Coordenação Dimensional e Modular;
- c) Estudo de modulação a partir da unidade contentor e;
- d) Elaboração de uma proposta de arranjos espaciais e modulares no projeto de arquitetura de edifícios envolvendo a reciclagem de contentores.

## 1.4 Resultados esperados

Espera-se que este resulte numa ferramenta de apoio ao projeto quando a reciclagem de contentores for considerada em termos do desenho espacial, funcional e racional. Em outras palavras vale especular que o resultado deste estudo possa contribuir no sentido da procura de soluções sustentáveis em projetos de arquitetura, contribuição esta que indiretamente se relaciona com a preservação dos recursos naturais, com a proteção ambiental e que possibilitará vantagens económicas substanciais.

## 1.5 Organização do trabalho

Estruturalmente esta dissertação está dividida em cinco capítulos, sendo que neste **primeiro capítulo**, que serve de introdução, realiza-se uma reflexão geral acerca da problemática em estudo, definem-se os objetivos gerais, o interesse e a fundamentação, bem como se estabelecem os resultados que se pretendem atingir com esta investigação.

No **segundo capítulo**, procede-se à análise e caracterização dos diversos tipos de contentores, tendo em conta as suas dimensões, formatos, produção e construção; é ainda feita uma investigação sobre a viabilidade técnica e económica da sua reciclagem; além disso, é analisada a sua viabilidade estrutural na construção e ainda uma comparação entre o contentor e a Arquitetura onde se analisam alguns projetos de Arquitetura conforme o uso.

No **terceiro capítulo**, é feita uma investigação das Teorias de Coordenação Dimensional e Modular de modo a poder aplicá-las numa proposta de um conjunto arquitetónico modular; são ainda considerados os seus aspetos históricos; definições; princípios fundamentais, objetivos e a importância da Coordenação Modular na Arquitetura.

No **quarto capítulo**, é feito um estudo de modulação a partir da unidade contentor tendo em conta as teorias do capítulo anterior. Esses estudos são posteriormente utilizados para apresentar uma proposta de arranjos espaciais e modulares num projeto de arquitetura, envolvendo a reciclagem de contentores.

Finalmente no **quinto capítulo**, expõem-se as conclusões obtidas com esta investigação e sugere-se também alguns tópicos a serem explorados em futuras pesquisas nesta temática. De facto muito trabalho de investigação e de aplicação ficará em aberto, para desenvolvimento futuro.

# CAPÍTULO II

---

## CARATERIZAÇÃO DOS CONTENTORES

### 2.1 Introdução

Os contentores têm várias características que tornam o seu uso conveniente na Arquitetura. São pré-fabricados, resistentes, relativamente baratos, flexíveis e estão acessíveis em qualquer parte do mundo. Segundo Vitruvio e os seus três elementos fundamentais da Arquitetura, o contentor possui *firmitas* (solidez e durabilidade), *utilitas* (utilidade), e quanto à *venustas* (beleza), é onde entra o arquiteto.

### 2.2 A história do contentor marítimo

Enquanto o jovem Malcom McLean esperava com impaciência que descarregassem a mercadoria do seu camião, não parava de pensar numa forma mais eficiente e rápida para carregar e descarregar mercadoria e assim poupar muito tempo, trabalho e consequentemente, dinheiro. Nesse dia, McLean teve uma ideia que futuramente teria impacto mundialmente, tanto no crescimento económico como na própria globalização <sup>[3]</sup>.

Malcom Purcell McLean nasceu na Carolina do Norte (EUA), em 1913 e cresceu numa quinta durante o período da Grande Depressão [FIG.1]. Cedo percebeu que queria fazer algo diferente da sua vida e com a conclusão do ensino secundário, deixou a quinta e começou a trabalhar num posto de gasolina. Quando um encarregado de obras lhe perguntou se conhecia alguém que conduzisse um camião, McLean comprou uma pick-up e começou a trabalhar para este. Rapidamente percebeu que ganharia bastante dinheiro se possuísse uma companhia de transportes e começou a desenvolver uma frota de camiões. Nessa altura, era difícil imaginar que a “McLean Trucking Co.” se tornaria a segunda maior companhia de transportes nos EUA, com 1770 veículos e 32 terminais. Com as tempestades de gelo em 1936 surgiram vários acidentes e com o cancelamento de várias encomendas, McLean viu-se obrigado a voltar ao volante. No ano seguinte, ele teve uma ideia revolucionária enquanto esperava que descarregassem o seu camião e enquanto carregavam o navio, caixote por caixote <sup>[4]</sup>.

Não seria mais fácil se se pudesse transferir a carga do camião diretamente para o navio e posteriormente do navio para o camião? A ideia de transportar mercadorias de maneira a facilitar o processo de carga e descarga, criando contentores estandardizados foi o

primeiro passo de um longo e árduo caminho até à implementação deste sistema. Nenhum dos setores intervenientes estava disposto a aceitar a caixa de aço. Além de não acreditarem no conceito da carga e descarga feita exclusivamente por meios mecânicos, não estavam interessados em mudar o sistema tradicional. As mercadorias embaladas individualmente eram bastante lucrativas para as companhias de transporte marítimo pois o seu preço dependia de vários parâmetros como por exemplo a quantidade, tamanho, peso ou o valor da mercadoria. Basicamente, não havia transparência nos preços nem outro transporte alternativo. É então que surge McLean afirmando que com o seu sistema os navios não necessitavam de parar nas docas mais do que duas horas e que em vez de 20 homens, era preciso apenas um para manobrar a maquinaria. Os preços do transporte tornar-se-iam mais justos e transparentes e o frete seria feito em caixas fechadas de modo a minimizar os riscos de roubo ou perda de mercadoria [5].

Foram necessários cerca de 20 anos para Malcom McLean pôr a sua ideia em prática. Em 1956, McLean tinha dinheiro suficiente para tornar o seu sonho em realidade: desenvolver um contentor para transporte de mercadorias, adaptado a navios, camiões e comboios. Como continuava a não ter o apoio das companhias de transporte marítimo, decidiu que ele mesmo compraria uma companhia, a “Pan-Atlantic Steamship Corporation”. Quando o seu primeiro navio porta-contentores, o “Ideal-X”, com pontes de embarque a bordo, deixou o porto de Newark (New Jersey), os peritos estavam certos de que este era apenas um sonho excêntrico, longe de alcançar o sucesso [FIG.2].

Em 1960, a “Pan-Atlantic Steamship Corporation” mudou de nome para “Sealand Services”. Este novo nome simples e direto, espelhava a filosofia de McLean e a sua busca pela eficiência e sucesso. McLean transformava os navios em navios porta-contentores, poupando assim tempo e dinheiro. Os primeiros tempos da “Sealand Services” foram difíceis mas graças à motivação dos seus empregados, superaram todas as expectativas, tanto nos EUA como do outro lado do Atlântico e como posteriormente no mundo inteiro [6].



FIG. 1 Malcom McLean, o pai do contentor [Maersk, 1960] [i1]

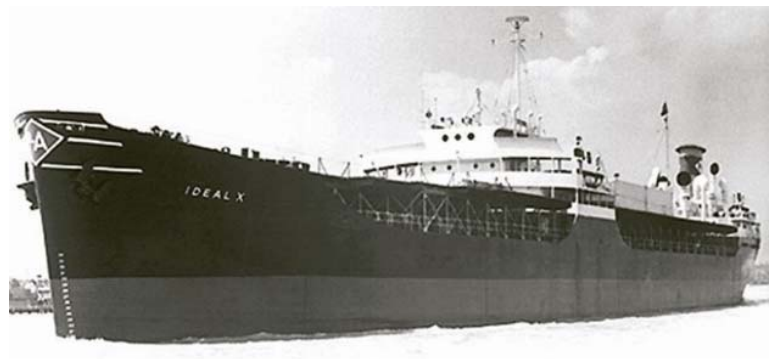


FIG. 2 Navio Ideal-X, primeiro navio adaptado para receber os primeiros contentores [Maersk-Sealand, 1956] [i1]

Graças ao interesse que o exército militar demonstrou pelo contentor, foi uma questão de tempo até à sua aceitação e utilização no setor dos transportes. Nos anos 60, o exército militar utilizava-os como solução para problemas logísticos em áreas de crise e começaram assim a desenvolver contentores que pudessem ser transportados por água ou por terra e que tivessem as condições de habitabilidade mínimas.

Na década de 70, a ISO (*International Standards Organization*) regularizou os vários requisitos, os detalhes técnicos e as dimensões para a utilização dos contentores, a nível mundial. As dimensões máximas dos contentores foram determinadas principalmente pelas condições de transporte terrestre e são os contentores de 20 pés (6 metros) e de 40 pés (12 metros), os mais utilizados. Têm uma largura de 8 pés (aproximadamente 2,4 metros) e as alturas variam conforme a tipologia (*Standard Cube, Low Cube e High Cube*). Além das várias dimensões, existem contentores com outras finalidades: ventilados, refrigerados, abertos, de granel, tanques e plataformas <sup>[7]</sup>.

Muitas pessoas ainda não têm noção de como o contentor influenciou drasticamente o comportamento do consumidor e a sua vida atual. Por exemplo, o bacalhau proveniente da Noruega, chega a Portugal em contentores refrigerados. A operação para retirar a cabeça e as vísceras é efetuada a bordo dos navios logo que o peixe é capturado e de seguida é congelado no barco para manter intactas as qualidades do peixe <sup>[8]</sup>. Este tipo de transporte marítimo é o mais célere e económico o que naturalmente torna o preço final dos produtos, mais apetecível. Não há rota de transporte mais económica do que a feita por mar, podendo afirmar-se que a introdução do contentor transformou os oceanos em autênticas autoestradas marítimas e atualmente não há quase nada que não possa ser transportado dentro de um contentor <sup>[48]</sup>.

## 2.3 A importância do contentor

O contentor (ou em inglês o *container*), deriva do verbo o verbo “conter” que vem do latim “*contineo, -ere*”, remetendo à sua função principal - conter (e transportar) mercadoria. Devido à sua estrutura resistente é muitas vezes apelidado de “caixa de aço”, sendo utilizado para o transporte de mercadorias, certificando a sua inviolabilidade e rapidez, sempre atendendo às condições técnicas e de segurança normalizadas <sup>[48]</sup>.

É o melhor meio de proteger as mercadorias das ações das intempéries, dos roubos, do ataque de parasitas (em especial ratos) e do molestarmento. Aliás, o contentor foi tão bem concebido que pode armazenar toneladas de carga no seu interior e suportar o peso de vários contentores carregados <sup>[9]</sup>.

Graças à resistência e à estrutura modular do contentor, rapidamente lhe atribuíram novas funções, nomeadamente como elemento estrutural no projeto de Arquitetura. Aliás, os contentores marítimos têm muitas características que tornam conveniente o seu uso na Arquitetura.

Além do mais, a construção com recurso a contentores marítimos tem um enorme potencial no domínio da construção sustentável e num ambiente de crise a nível do imobiliário, o reaproveitamento de contentores marítimos poderá fazer parte do futuro da construção ecológica.

## 2.4 Contentores como módulos de construção

### 2.4.1 Definição

Os contentores foram originalmente concebidos como recipientes para mercadorias, mas também são utilizados como módulos espaciais, em Arquitetura. Como anteriormente foi mencionado, o verbo “conter” vem do latim “*contineo*, -ere”, e significa manter unido, conservar, encerrar ou reter. Um contentor é um recipiente que circunda um volume útil de espaço, ou seja, define o limite espacial entre o interior e o exterior.

Geometricamente, um contentor é um paralelepípedo com pelo menos uma abertura, numa das extremidades. As suas dimensões são especificadas nas normas ISO, relativas aos contentores marítimos. Estas normas têm tido uma grande influência sobre o uso de contentores em todo o mundo e fornece a base para o dimensionamento dos contentores. Estas dimensões são determinadas principalmente pelas medidas limite dos transportes.

A estrutura de um contentor é uma combinação de uma armação principal com chapas metálicas. A estrutura suporta os restantes elementos que delimitam o contentor; esses elementos também funcionam como suporte de cargas e proporcionam um reforço para o edifício. Tanto as cargas estáticas como as cargas dinâmicas devem ser tomadas em consideração quando se utilizam contentores; as cargas estáticas dependem do peso próprio e das mercadorias, enquanto as cargas dinâmicas ocorrem durante o transporte e empilhamento [9].

O contentor está munido nos seus oito cantos, por peças de montagem, que têm como função auxiliar o seu transporte, fixando e distribuindo as cargas uniformemente. Estas peças de montagem são também utilizadas para elevar os contentores e fixá-los entre eles.

### 2.4.2 Princípios

Os contentores são concebidos como um módulo individual, podendo formar um sistema multimodular flexível, uma vez combinados entre si. Este sistema espacial assente em contentores é um sistema modular, que permite alguma liberdade na combinação dos contentores. No entanto, deve-se ter em atenção que as cargas verticais são distribuídas exclusivamente por meio dos cantos. Quando os contentores são combinados, as cargas horizontais também são suportadas e transmitidas pelos dispositivos de ligação entre contentores [FIG.3].

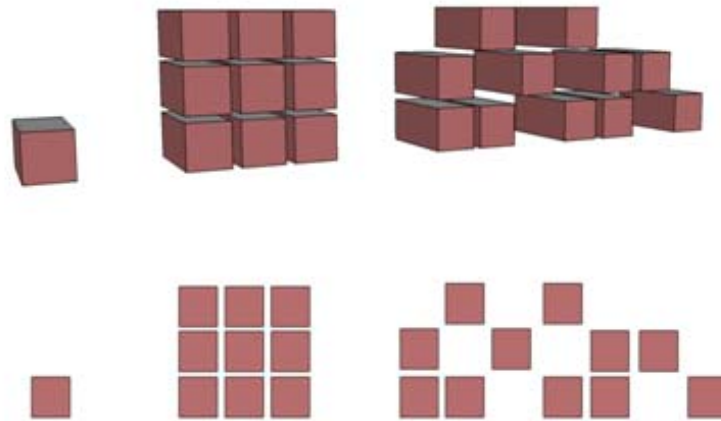


FIG. 3 O contentor como módulo e a flexibilidade multimodular <sup>[160]</sup>

Os contentores são geralmente posicionados horizontalmente e apoiados em quatro pontos, pois foram projetados para este tipo de situações. Alternativamente os contentores podem ser colocados verticalmente para servir como símbolos ou monumentos, mas é um caso especial em termos de conceção estrutural. No entanto, existem também alguns projetos em que os contentores são colocados verticalmente, como elemento marcante ou como acessos verticais [FIG. 4, 5 e 6].



FIG. 4, 5 e 6 *Consumer Temple - Broken Icon*, Gary Deirmendjian (Sidney, Austrália) [Ridou, 2009] <sup>[12]</sup>

As conexões interiores entre contentores podem desenvolver-se igualmente na horizontal como na vertical. Devido a limitações de capacidade de carga, o número de contentores empilhados, varia entre três e oito, dependendo do sistema construtivo em questão <sup>[9]</sup>. De modo a criar ligações espaciais e funcionais entre contentores é necessário ter em conta determinadas restrições, dependendo do sistema [FIG. 7 e 8].

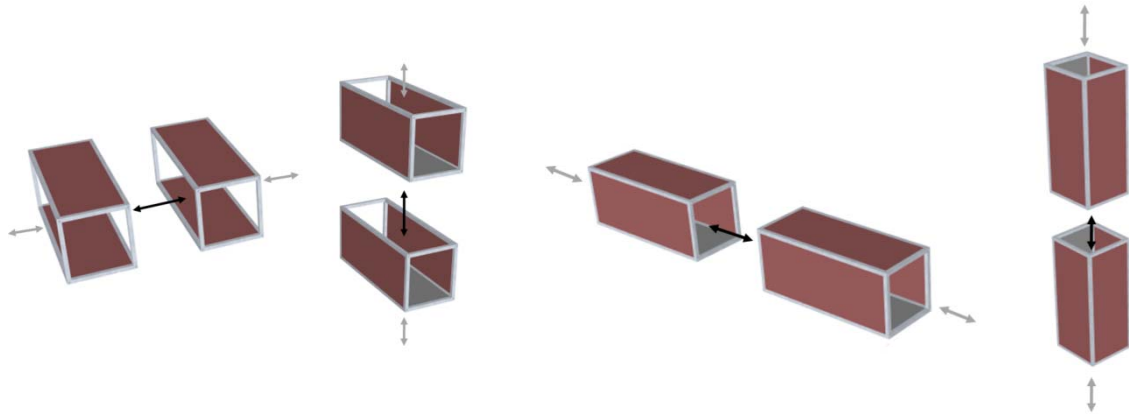


FIG. 7 e 8 Ligações espaciais entre contentores: ligação horizontal/ vertical (longitudinal) e ligação horizontal/ vertical (extremidades) <sup>[160]</sup>

Quando se combinam contentores/módulos, deve ser assegurado que as cargas sejam suportadas e transmitidas eficazmente pelos cantos de montagem, ou seja, os cantos posicionados uns em cima dos outros. Caso os contentores sejam posicionados de modo diferente, por exemplo escalonado ou rodado, é preciso reforçar determinados pontos da estrutura.

Ao construir com contentores, o módulo é estabelecido pelas dimensões do contentor, determinando assim o padrão da grelha modular a utilizar (tanto vertical como horizontalmente). Ao estabelecer uma medida de tolerância entre os contentores, esta também é contabilizada no desenho da grelha [FIG. 9].

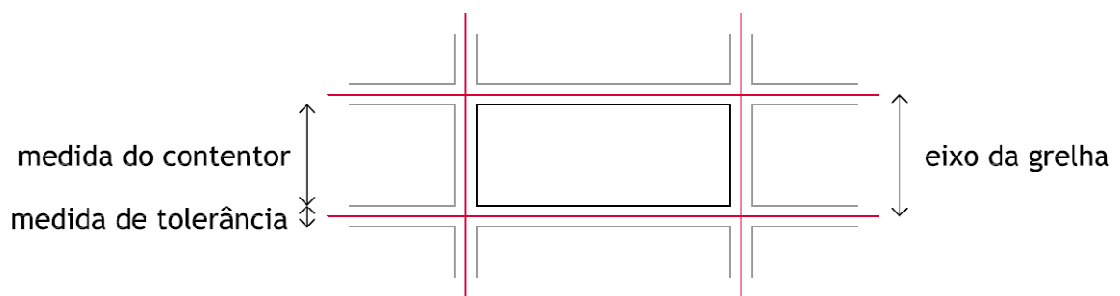


FIG. 9 Grelha modular, o eixo de repetição da grelha é determinado pelas medidas do contentor e a medida de tolerância <sup>[160]</sup>

Em princípio, os contentores podem ser unidos para criar edifícios autoportantes onde os contentores atuam como delimitadores de espaço. No entanto, também é possível a utilização de contentores apenas como uma estrutura de apoio, para empilhá-los de modo a formar uma parede estrutural e criar espaços intermédios, utilizando posteriormente uma estrutura secundária como telhado [FIG. 10 e 11].



FIG. 10 e 11 *Volvo C30 Experience Pavilion*, de Knock.Se (Göteborg, Suécia) [Container Architecture, 2010] <sup>[48]</sup>

No caso dos sistemas construtivos com contentores, é preciso considerar que cada contentor tem fraquezas relativamente às condições de habitabilidade, nomeadamente no isolamento térmico. Uma solução para contornar este problema é colocar os contentores sob um telhado de proteção ou uma solução mais radical, colocar os contentores no interior de uma estrutura/invólucro de modo a isolar e evitar infiltrações de água [FIG. 12 e 13].

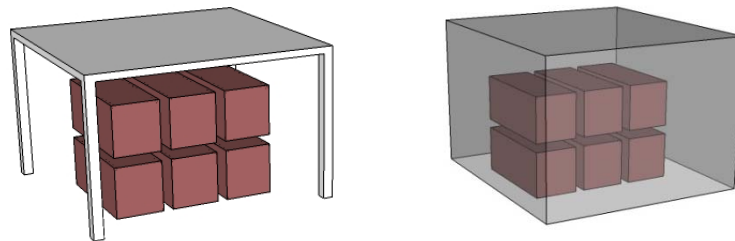


FIG. 12 e 13 Contentores com telhado de proteção e com estrutura/invólucro <sup>[160]</sup>

### 2.4.3 Fundações

A construção com contentores exige sempre fundações de modo a evitar o contato direto do contentor com o solo. O tipo de fundação a ser utilizada depende da geometria mas principalmente da vida útil prevista para o edifício. No caso dos edifícios móveis ou temporários, é preferível uma fundação desmontável e que não deixe vestígios do que uma fundação de betão.

As fundações ideais são aquelas constituídas por grandes placas pré-fabricadas de betão de fácil e rápida instalação. Estas lajes estão disponíveis em tamanhos normalizados de 2x1 metros e 2x2 metros, sendo a espessura destas de aproximadamente 15 centímetros. O solo deve ser preparado conforme as indicações dos fabricantes, antes da instalação ser

realizada. As placas são colocadas sobre uma mistura mineral e uma camada de areia de modo a compensar alguma irregularidade do terreno [FIG. 14 e 15].



FIG. 14 Fundação em laje [My Shipping Container House, 2009] <sup>[i3]</sup>

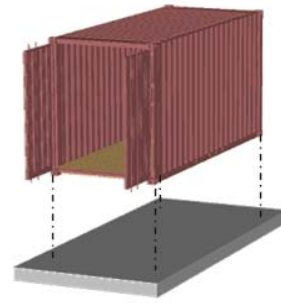


FIG. 15 Relação do contentor com a fundação <sup>[i60]</sup>

Como alternativa, existem as fundações parafuso que são como o próprio nome indica, aparafusadas no solo usando uma máquina específica. Estas fundações podem ser facilmente removidas e posteriormente reutilizáveis [FIG. 16].

Outra solução é o uso de fundações pré-fabricadas em que o corpo principal se assemelha a uma almofada de betão pré-fabricado. Esta parte é fixada ao solo, usando barras de aço enterradas num determinado ângulo [FIG. 17].



FIG. 16 Fundação em parafuso [Shyshade, 2009] <sup>[i4]</sup>

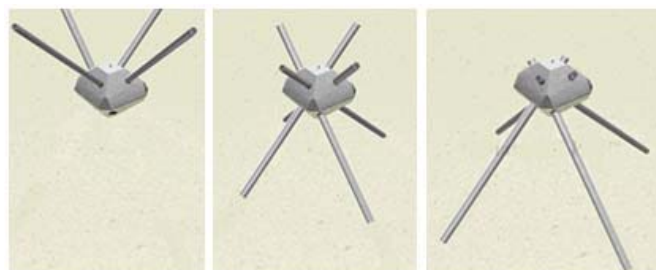


FIG. 17 Sistema de fundação com pinos enterrados no solo [Pinfoundations, 2009] <sup>[i5]</sup>

Em geral, o contentor deve ser fixado ao solo através dos seus quatro cantos de montagem, utilizando apoios em aço ajustáveis, de modo a nivelar o contentor. As fundações têm como função, facilitar a transmissão das cargas e fixar a estrutura ao solo.

Uma vez que os contentores pré-fabricados são relativamente leves, poderá ser necessário um contrapeso nas áreas das fundações ou em certas partes do edifício, no caso de edifícios de grandes alturas.

Também existe a possibilidade de construções flutuantes com contentores. Neste caso, o método é semelhante ao utilizado nos pontões flutuantes.

#### 2.4.4 Isolamento térmico

Normalmente, as fraquezas no isolamento térmico dos vários tipos de contentores só são permitidas para edifícios de uso temporário, uma vez que se manifestam apenas no verão e no inverno. A maior parte dos contentores são caracterizados por uma capacidade térmica baixa, ou seja, uma mudança na temperatura exterior pode levar a um excessivo arrefecimento ou super aquecimento da estrutura.

Dependendo do sistema construtivo ou do tipo de contentores, os módulos espaciais são isolados termicamente durante a produção (contentores pré-fabricados, módulos estruturais) ou então são equipados com isolamento mais tarde (contentores marítimos). Os contentores podem ser equipados com qualquer isolamento térmico, mas deve-se ter em conta que grandes espessuras de material resultam em perdas de espaço interior. Além disso, os contentores têm pontes térmicas nos seus cantos, inerentes à sua conceção, que precisam de ser solucionadas.

Normalmente são utilizados os isolamentos convencionais, no entanto, se houver exigências mais elevadas para isolamento térmico no inverno ou se é necessário aproveitar o máximo do espaço interior disponível, uma solução interessante e inovadora é a utilização de painéis de isolamento por vácuo ou VIP's (*Vacuum Insulated Panel*). Este material requer mais esforço na instalação, é mais caro e não dura tanto tempo (dependendo dos fabricantes, garantia de 20 anos), mas tem um desempenho muito melhor relativamente a outros isolamentos convencionais [FIG. 18].



FIG. 18 Aplicação de painéis de isolamento por vácuo [va-Q-tech, 2010] <sup>[16]</sup>

A espuma de poliuretano projetada é também uma solução que poupa bastante espaço interior, é resistente à umidade, amortece ruídos, aumenta o apoio estrutural, proporciona vedação ao ar e enche vãos de maneira uniforme e eficaz [FIG. 19, 20 e 21].



FIG. 19, 20 e 21 Aplicação da espuma de poliuretano projetada [Shipping Container Homes, 2010] <sup>[17]</sup>

Juntamente com a necessidade de estabilidade estrutural, a proteção contra incêndios é outra questão igualmente importante no planeamento de edifícios com contentores, devendo ser verificada a sua viabilidade segundo o RCCTE.

Mesmo que o aço não incendeie, as construções em aço têm geralmente baixa resistência ao fogo. Devido à sua elevada condutividade térmica, as estruturas de aço sofrem uma perda de resistência às altas temperaturas de um incêndio. Medidas adicionais deverão ser tomadas de modo a verificar todos os requisitos de proteção contra incêndios, como por exemplo, a utilização de placas de gesso cartonado na construção.

#### 2.4.5 Aspetos legais

A legislação que regula as edificações varia de país para país e de distrito para distrito, sendo impossível falar em requisitos universais. Por isso e antes da fase de projeto, convém obter informações junto das autoridades locais competentes acerca da viabilidade da construção com contentores visto ser um sistema construtivo relativamente recente.

A primeira questão a saber é se há ou não necessidade de licença camarária para este tipo de construção e se sim, como abordar a construção segundo a legislação portuguesa. Para isso, existem duas maneiras de entender os contentores: como objeto temporário ou como habitação permanente.

Se o contentor não tiver fundações é compreendido como um objeto, podendo ser facilmente móvel e por isso mesmo entendido como uma estrutura temporária. Por estas razões, não necessita de licença desde que seja entendido como objeto.

O contentor deixa de ser considerado objeto quando passa a ser entendido como habitação, ou seja, quando necessita de ligação à rede pública. Assim, para que a construção seja habitável é necessário requerer uma licença de habitabilidade à autarquia municipal. Sem esta licença, é impossível celebrarem-se contratos junto das empresas fornecedoras de água, gás, eletricidade e telecomunicações.

Sendo Portugal um país onde a construção em betão armado se tornou tradição, é normal que surjam entraves na aceitação de um novo sistema construtivo, até porque muitas vezes os conhecimentos técnicos nesta área são bastante reduzidos. No entanto, estas burocracias terão de ser ultrapassadas e a legislação alterada, à semelhança de outros países europeus que implementaram o sistema construtivo com contentores como um sistema inovador e sustentável.

#### 2.4.6 Aspetos económicos

Normalmente, as construções com contentores exigem um período de construção significativamente menor do que o necessário para um edifício convencional. A facilidade de planeamento projetual e o curto período de execução reduz eficazmente os custos de investimento, tornando este sistema construtivo bastante vantajoso.

Além do mais, os processos industriais produzem contentores pré-fabricados mais baratos do que por métodos de construção convencional. Estes custos devem também ser considerados em relação à vida útil prevista para a estrutura. No entanto, devem também ser considerados os custos adicionais do transporte, das fundações e das ligações à rede pública (água, eletricidade, luz e telecomunicações).

Posteriormente serão estudados os vários tipos de contentores, as suas características e os seus aspetos diferenciadores, como por exemplo os aspetos económicos.

#### 2.4.7 Aspetos ecológicos

A Arquitetura com contentores possui vantagens significativas em relação aos métodos convencionais de construção do ponto de vista ambiental. Os contentores como blocos construtivos são montáveis e desmontáveis, sendo possível reutilizá-los conforme as necessidades do edifício. Além disso, são sistemas modulares que possibilitam a extensão ou limitação de unidades modulares, conforme a necessidade.

Devido ao curto espaço de tempo que leva a construir um edifício com contentores, é possível reagir de forma mais rápida e flexível às crescentes exigências de espaço.

O aço da estrutura, após vida útil do contentor, é facilmente reciclável e a sua venda poderá recuperar uma percentagem do investimento feito inicialmente.

Além disso, também é possível criar contentores dotados de fontes de energia alternativa, por exemplo, é possível integrar painéis fotovoltaicos na construção de modo a transformar a energia solar em eletricidade. Um bom exemplo é o projeto autossustentável *Future Shack*, de Sean Godsell [FIG. 22-25].



FIG. 22, 23, 24 e 25 O projeto *Future Shack* de Sean Godsell [ArchitectureMedia, 2008] <sup>[18]</sup>

Outros fatores ecológicos serão estudados e enumerados mais à frente, conforme os tipos dos contentores.

## 2.4.8 Aspetos internacionais

Ao comparar a situação internacional, pode observar-se que os contentores estão disponíveis e são utilizados como módulos de construção praticamente em todo o mundo. No entanto, é possível estabelecer linhas coincidentes no que toca à escolha do tipo de contentor, conforme o tipo de utilização e a finalidade, segundo algumas considerações:

- a) **Clima:** os requisitos impostos sobre a qualidade do isolamento térmico são legalmente estipuladas em alguns países (como por exemplo, o RCCTE em Portugal), enquanto em outros isso não acontece. É o caso da Califórnia, que devido às condições climáticas amenas, apenas exige condições razoáveis de isolamento, o que facilita a construção com contentores <sup>[48]</sup>;
- b) **Distância:** o transporte de longa distância e o alto custo do transporte são aplicados para as regiões com menores densidades populacionais. Por esta razão, a capacidade

de transporte do edifício pode ser muito maior importante que propriamente em outras regiões;

- c) **Cultura:** as influências culturais também podem desempenhar um papel de decisão a favor ou contra um contentor como um edifício temporário. Nos EUA por exemplo, a mobilidade é parte integrante dos hábitos das pessoas;
- d) **Economia:** as condições económicas também podem influenciar a utilização de contentores; a quantidade de comércio (importação/ exportação) desempenha um papel importante. Por exemplo, há mais importações para os EUA do que exportações para fora do país, o que significa que há um excesso de contentores nos terminais de contentores norte-americanos que acabam por ser vendidos ao desbarato. Além disso, a crise financeira que começou em 2008, levou a um excesso de contentores marítimos em todo o mundo <sup>[10]</sup>;
- e) **Estabilidade estrutural:** os requisitos para a estabilidade estrutural também podem variar dependendo da região em questão. As construções em aço são particularmente adequadas para áreas com risco de terremotos, como o Japão, pois apresentam um comportamento elástico quando sujeitos a vibrações <sup>[11]</sup>.

## 2.5 Tipos de contentores

Os contentores são vistos como potenciais elementos modulares, aplicáveis no projeto de Arquitetura. Estão disponíveis em vários tipos, para vários fins e a sua utilização é vasta, desde edifícios funcionais até aos mais experimentais, exigindo do arquiteto soluções personalizadas e inovadoras. Para melhor entender-se a aplicação dos contentores no projeto de Arquitetura, irei identificar os principais tipos de contentores e as diferenças entre eles. Os contentores podem dividir-se em três tipos: os contentores marítimos, os contentores pré-fabricados e os módulos e/ou estruturas modulares de contentores.

### 2.5.1 Contentores marítimos

Cada vez mais os contentores marítimos sofrem alterações nas suas funções e encontram lugar na Arquitetura. Há duas razões importantes para que isto aconteça: o seu desenho característico e as vantagens da sua estrutura pré-fabricada (tais como a mobilidade, a modularidade e a sua disponibilidade global) [FIG. 26].



FIG. 26 Contentor marítimo, visto pelo exterior e interior [Shiptainer, 2008] <sup>[19]</sup>

No entanto, é preciso ter em conta que o contentor é uma caixa de aço selada que garante a proteção da mercadoria durante o seu transporte mas não preenche as condições necessárias de habitabilidade (conforto térmico, iluminação, ventilação, etc.) e para isso é preciso submeter o contentor a uma série de transformações.

O espaço interior do contentor é adequado para a ocupação humana, mas é preciso ter em conta as várias alturas de contentores existentes: o contentor *Standard Cube* com 8,5 pés ( $\approx$  2,6 metros), o *Low Cube* com 8 pés ( $\approx$  2,4 metros) e o *High Cube* com 9,5 pés ( $\approx$  2,9 metros) [9]. As alturas são suficientes para uma pessoa se manter em pé no interior, mas a

altura mínima estipulada no RGEU (Regulamento Geral das Edificações Urbanas) para habitações é de 2,70 metros, o que limita a escolha dos contentores aos *High Cube*.

No entanto, o uso adequado dos contentores na construção pode e leva a soluções arquitetónicas bastante notáveis, caracterizadas por um tratamento inteligente das propriedades e características dos contentores. Existem três estratégias que podem ser tomadas: a aceitação do contentor como ele é; a abordagem deste como acessório e/ou equipamento; e a combinação do contentor com outros elementos construtivos.

### 2.5.1.1 A aceitação do contentor

A aceitação do contentor como ele é, significa que o contentor é utilizado no projeto arquitetónico na sua forma original, com o seu acabamento e características habituais. O conceito do seu uso é focado no contentor não como lugar onde as pessoas perdem muito tempo mas sim como um espaço simples em termos de acessórios e/ou equipamentos. Em certos casos, o próprio contentor é usado como uma obra de arte [FIG. 27 e 28].



FIG. 27 Construction X de Luc Deleu (Antuérpia) [Bram, 2003] <sup>[i10]</sup>



FIG. 28 Speybank de Luc Deleu (Antuérpia) [Deleu, 2000] <sup>[i11]</sup>

### 2.5.1.2 O contentor como acessório e/ou equipamento

A abordagem do contentor como acessório e/ou equipamento trata o contentor como um módulo de construção em bruto que pode ser provido com equipamento e recursos adicionais. O projeto do *ContainR Cinema* de Robert Duke e o *Containerart* de Artur Lescher, Bernardes+Jacobsen são alguns dos exemplos da estratégia do contentor como equipamento [FIG. 29, 30, 31 e 32]. O contentor pode ser convertido e atualizado posteriormente conforme o modelo desejado em relação aos acessórios e/ou equipamentos técnicos. Este tipo de utilização pode ser particularmente exaustivo na construção de edifícios devido às

elevadas exigências previstas no RGEU. No entanto, as vantagens do elevado grau de pré-fabricação do contentor podem ser exploradas realizando a conversão e modernização deste numa oficina especializada.



FIG. 29 Exterior do ContainR Cinema de Robert Duke (Canadá) [Dwell, 2009] <sup>[i12]</sup>



FIG. 30 Interior do ContainR Cinema, superfícies cortadas para criar dupla altura [Dwell, 2009] <sup>[i12]</sup>

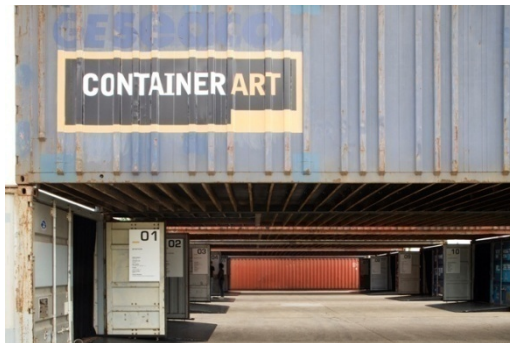


FIG. 31 Exterior do Containerart de Artur Lescher, Bernardes+Jacobsen (Brasil) [ArchDaily, 2009] <sup>[i13]</sup>



FIG. 32 Interior de uma das salas do Containerart [ArchDaily, 2009] <sup>[i13]</sup>

### 2.5.1.3 Conjugação do contentor com elementos construtivos

Outra das estratégias quando se projeta com contentores é a conjugação do contentor com outros elementos construtivos que preencham os requisitos do edifício projetado, de modo a obter uma conjugação arquitetónica mais exigente. Isto pode incluir uma fachada externa [FIG. 33 e 34] ou um telhado, ou uma espécie de casca completamente separada (uma casa dentro de uma casa). Uma alternativa económica é o uso de contentores apenas no interior - por exemplo, para dividir um espaço em unidades funcionais, no interior de um edifício já existente [FIG. 35 e 36]. Neste caso, não é necessária uma conversão intensiva mas apenas adequa-lo para o uso esperado.



FIG. 33 Exterior do Nomadic Museum de Shigeru Ban Architects (NY, USA) [SBA, 2006] <sup>[i14]</sup>



FIG. 34 Nave de circulação no interior do Nomadic Museum [SBA, 2006] <sup>[i14]</sup>



FIG. 35 Exterior da 12 Container House de Adam Kalkin (Brooklin, USA) [Peter Aaron/ Esto, 2009] <sup>[i15]</sup>



FIG. 36 Interior da 12 Container House, onde a cozinha funciona como um espaço dentro do contentor [Peter Aaron/ Esto, 2009] <sup>[i15]</sup>

#### 2.5.1.4 A Normalização ISO

A Organização Internacional de Normalização ou ISO (em inglês, *International Organization for Standardization*) é uma entidade não governamental criada em 1947, com o objetivo de promover o desenvolvimento de normas, testes e certificação, com o intuito de encorajar o comércio de bens e serviços no mundo inteiro. Em 1964, foi aprovada pelos 26 países participantes, a norma que garantia a funcionalidade e compatibilidade do sistema de transporte de contentores. Esta norma lidava principalmente com as especificações dimensionais, geométricas e de uso do contentor, mas deixava um pouco de parte a concepção estrutural e a produção deste <sup>[12]</sup>.

Graças à grande influência da América, todas as medidas dos contentores abrangidos pela norma ISO, foram dimensionadas usando a medida imperial do pé (*foot* em inglês), que convertendo para a nossa medida de comprimento padrão, dá aproximadamente 0,30479 metros.

Mas a principal norma é a ISO 668:1995 (Série I: Contentores Marítimos - classificação, dimensão e avaliação), que contém todas as especificações necessárias para a normalização do sistema de contentores. Paralelamente à definição e classificação dos contentores ISO, a norma também especifica todas as dimensões relevantes (internas e externas), as tolerâncias de construção dos contentores, a geometria e as posições dos encaixes de canto para o transporte e fixação. Todos os contentores fabricados segundo as especificações da norma ISO 668 são denominados por contentores ISO.

São várias as especificações registadas nas diferentes normas ISO, por exemplo, a norma ISO 830:1999 (Contentores Marítimos - Vocabulário), a ISO 6346:1995 (Contentores Marítimos - Codificação, identificação e marcação) ou a ISO 3874:1997 (Contentores Marítimos - Manuseamento e segurança) <sup>[12]</sup> [ver ANEXO I].

### 2.5.1.5 Dimensões dos contentores marítimos

De modo a assegurar a compatibilidade, as dimensões dos contentores ISO são organizadas modularmente. O módulo inicial é o contentor de 40 pés (tipo A), o de 30 pés (tipo B), o de 20 pés (tipo C) e o de 10 pés (tipo D), sendo estes últimos frações do comprimento do módulo inicial (Nunes, 2009). De modo a facilitar o empilhamento e a movimentação dos contentores, existe uma margem de tolerância de  $\frac{1}{4}$  de polegada por cada 10 pés, ou seja, um contentor de 20 pés é na realidade de apenas 19 pés e 11  $\frac{1}{2}$  polegadas (cerca de 6,058 mm) (Slawik e al. (Eds.), 2010) [FIG. 37 e 38].

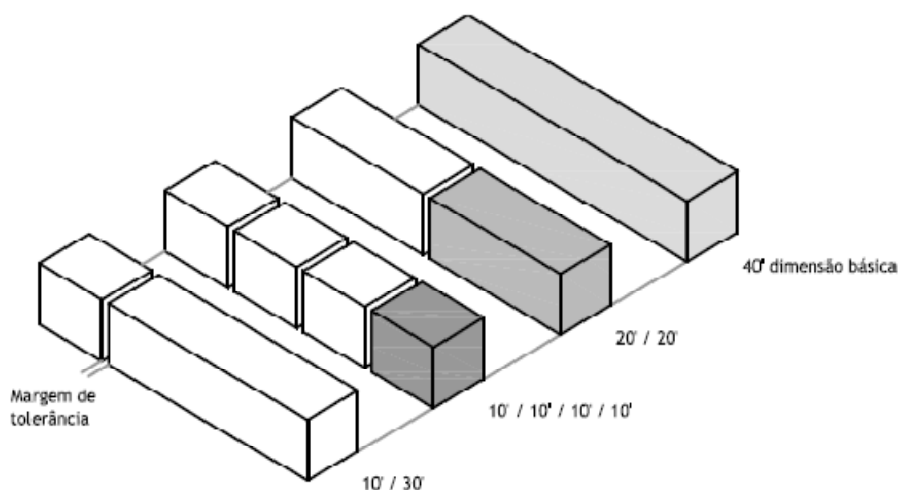


FIG. 37 Princípio das dimensões do sistema ISO [Slawik e al. (Eds.), 2010]

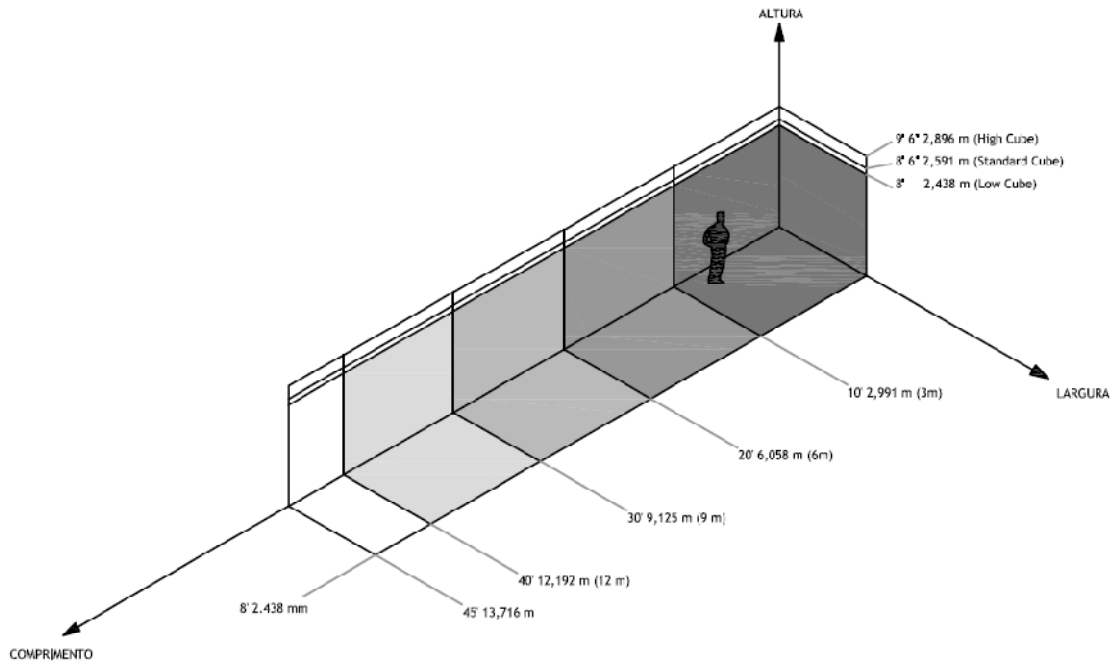


FIG. 38 Dimensões do sistema de contentores marítimos de acordo com as normas ISO [adaptado de Slawik e al. (Eds.), 2010]

O contentor de 20 pés é o tamanho mais usado, tendo sido adotado o TEU (*Twenty-foot Equivalent Unit*) como medida que especifica a capacidade de transporte e produção do respetivo contentor. Este contentor e o de 40 pés são os mais utilizados no transporte marítimo e terrestre, por serem facilmente combinados entre si (Kotnik, 2009).

Os 8 pés de largura dos contentores previstos na norma ISO foram especificados de modo a atender às necessidades do transporte rodoviário.

A altura normalizada ou *Standard Cube*, mede 8 pés e 6 polegadas. Além desta, existe ainda o *Low Cube* com 8 pés e o *High Cube* que também foi introduzido na norma em 1992, com 9 pés e 6 polegadas <sup>[12]</sup>. As alturas não são modulares mas têm como base algumas considerações estruturais, até porque os contentores podem ser empilhados individualmente independentemente da sua altura.

De modo a entender melhor ver a tabela de dimensões no [ANEXO 2].

Além das dimensões especificadas na norma ISO, existem contentores com tamanhos especiais de modo a maximizar a eficiência económica. Os contentores de 45 pés, de 49 pés e de 53 pés são alguns exemplos, que podem ser integrados no sistema ISO, desde que existam peças de canto adicionais que garantam a sua integridade quando empilhados [FIG. 39 e 40].



FIG. 39 Contentor de 45'' sobre dois contentores ISO de 20'' [Fleandca, 2009] <sup>[16]</sup>



FIG. 40 Contentor 45'' e 40'. De notar as peças de canto coincidentes [Fleandca, 2009] <sup>[16]</sup>

### 2.5.1.6 Pesos e cargas

Os contentores marítimos são projetados para transportar cargas pesadas, podendo suportar múltiplos do seu peso próprio – por exemplo, um contentor de 20 pés pode suportar 10 vezes o seu peso próprio. Os contentores são geralmente considerados sobredimensionados para a sua utilização na Arquitetura, facilitando assim a liberdade criativa do arquiteto <sup>[9]</sup>.

O peso próprio do contentor é um critério importante no que diz respeito à qualidade de um contentor. O peso mínimo também deve ser observado, pois reflete a quantidade de aço utilizado e consequentemente a sua estabilidade estática.

Geralmente, a carga máxima dos contentores não é determinada pelo peso de carga permitido, mas sim através do volume de carga, pois o peso total permitido normalmente só é alcançado com cargas particularmente pesadas. Por este motivo, as cargas relativamente leves são transportadas em contentores de 40 e 45 pés, pois as cargas especificadas para as peças de canto, iguais para todos os contentores, não deverão ser superiores ao normalizado.

TABELA 1 Tabela com pesos próprios e capacidades de carga dos contentores *Standard ISO* [MARQUES, 2011 adaptado de norma ISO]

Contentor		Peso próprio	Capacidade de carga		Capacidade em volume	Peso total
[pés]	[m]	[kg]	[kg]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg]
45'	14	5,000	25,680	0,769	0,2964	30,680
40'	12	4,000	26,480	0,891	0,3438	30,480
30'	9	–	–	–	–	25,400
20'	6	2,330	21,670	1,464	0,5662	24,000
10'	3	–	–	–	–	10,160

### 2.5.1.7 Tipos de contentores marítimos

Tendo em conta as dimensões normalizadas, existe uma variedade de tipos de contentores que se encontram especificados na norma ISO 830:1999 (Contentores Marítimos - Vocabulário) <sup>[12]</sup>.

Os vários tipos foram desenvolvidos de modo a adequarem-se às diferentes cargas, conforme a natureza dos bens a transportar, sejam eles materiais a granel, perecíveis ou cargas líquidas [FIG. 41].

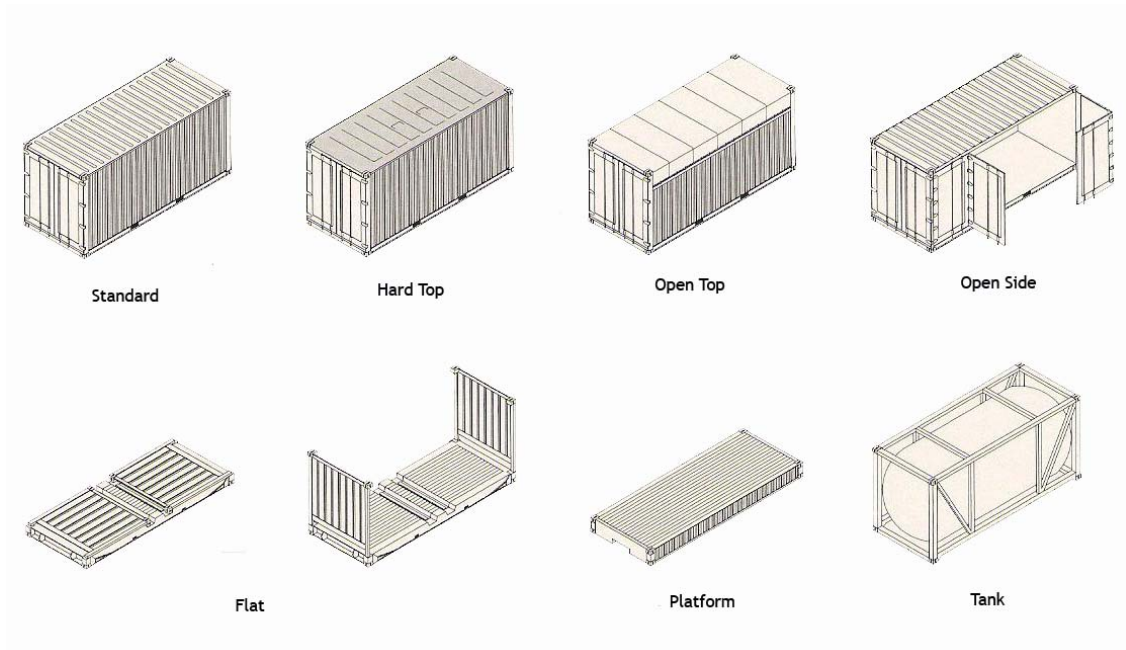


FIG. 41 Tipos de contentores marítimos [Slawik e al. (Eds.), 2010] <sup>[57]</sup>

O contentor *Standard* é constituído por 5 lados fechados e uma abertura numa das extremidades, com uma porta de duas folhas. Este contentor destina-se especialmente a cargas de pequenas e médias dimensões <sup>[15]</sup> [FIG. 42, 43 e 44].



FIG. 42, 43 e 44 Contentor *Standard* de 20': perspetiva frontal, lateral e posterior [Container Storage Hawaii, 2010] <sup>[117]</sup>

O contentor *Hard Top* tem uma parte superior rígida e completamente removível, que lhe permite transportar cargas pesadas e volumosas, sendo a sua estrutura altamente resistente nesse mesmo sentido <sup>[13]</sup> [FIG. 45 e 46].



FIG. 45 e 46 Contentor *Hard Top* de 40' da Hapag-Lloyd: perspetiva frontal e pormenor da parte superior rígida removível [Hapag-Lloyd, 2010] <sup>[18]</sup>

O contentor *Open Top* como o próprio nome indica, é aberto na parte superior, mas não tem nenhum teto fixo sendo geralmente coberto com uma tela plástica ou lona. As vigas transversais acima da abertura das portas podem ser removidas para melhorar a flexibilidade dos carregamentos. É utilizado para cargas com altura superior as medidas do contentor ou que não podem ser colocadas pela porta, como por exemplo: máquinas, granito, madeira etc. <sup>[13]</sup> [FIG. 47 e 48].



FIG. 47 e 48 Contentor *Open Top* de 20' da Hapag-Lloyd: perspetiva frontal e vista lateral de um contentor *Open Top* empilhado [Hapag-Lloyd, 2010] <sup>[18]</sup>

O contentor *Open Side*, apresenta uma abertura longitudinal que lhe permite ser aberto completamente. As barras de reforço são removíveis para facilitar o carregamento por empilhadeira ou semelhante. É ideal para o carregamento de peças grandes que não possam ser carregadas pela porta, tornando-se bastante conveniente para o carregamento e/ou descarregamento em plataformas ferroviárias <sup>[13]</sup> [FIG. 49 e 50].



FIG. 49 e 50 Contentor *Open Side* de 20': perspectiva lateral do contentor fechado e aberto [Kwic Space, 2010] <sup>[119]</sup>

Outro tipo de contentor, embora com uma estrutura mais simplicista, é o *Platform*. Trata-se de uma plataforma projetada para aguentar cargas pesadas (num total de cerca de 34 toneladas). Podem ser empilhados quando não estiverem carregados e podem ainda ser transportados num chassi convencional <sup>[13]</sup> [FIG. 51].

Um tipo de contentor bastante semelhante é o *Flat*, constituído por uma estrutura de piso, altamente resistente, com duas paredes dobráveis. É utilizado para cargas impossíveis de serem transportadas em contentores normais e embora seja muito semelhante ao tipo *Platform*, só o *Flat* possibilita que mais contentores sejam empilhados acima deste, mesmo com este carregado <sup>[13]</sup> [FIG. 52].



FIG. 51 Contentores *Platform* empilhados [TPSI Containers, 2009] <sup>[120]</sup>



FIG. 52 Contentor *Flat* empilhado [K-Tainer, 2009] <sup>[121]</sup>

Existem também contentores ventilados, com aberturas para ventilação à prova de salpicos na parte superior e inferior, junto às vigas transversais [FIG. 53]. Foram desenvolvidos especialmente para o transporte de café, razão essa pela qual também são conhecidos por “contentores de café”. Além do café, é adequado a todas as cargas orgânicas.

Além destes, existem contentores térmicos que têm isolamento exterior de modo a minimizar as variações de temperatura no interior do contentor. Quando provido de equipamento apropriado, o contentor também pode funcionar como um contentor refrigerado (do tipo Reefer) [13] [FIG. 54].



FIG. 53 Pormenor das aberturas de ventilação superior de um contentor ventilado [World Shipping, 2009] [122]



FIG. 54 Contentor refrigerado ou *Reefer* [World Shipping, 2009] [122]

O contentor do tipo *Tank* ou tanque, é composto por uma estrutura altamente reforçada e um tanque de pressão integrado que possibilita o transporte de cargas líquidas, como por exemplo, produtos químicos, combustíveis ou produtos alimentares [FIG. 55 e 56].



FIG. 55 Contentor do tipo *Tank* de 20' [Asco, 2009] [123]



FIG. 56 Contentor do tipo *Tank* em cima de reboque de 3 eixos [Asco, 2009] [123]

Além destes tipos de contentores normalizados, existem outros contentores especiais para fins específicos mas que também se podem considerar para fins arquitetónicos. Existem contentores com aberturas que variam em número, tamanho e posição, contentores com portas em ambas as extremidades ou contentores com aberturas laterais de modo a serem combinados em múltiplas unidades espaciais [FIG. 57 e 58].



FIG. 57 Contentores *Open Side* empilhados. De notar a sua potencialidade arquitetónica [TIS, 2010] <sup>[124]</sup>



FIG. 58 Contentor não normalizado mas original no seu desenho [TIS, 2010] <sup>[124]</sup>

### 2.5.1.8 Custos

Quando se pensa em adquirir contentores marítimos, há a opção de escolha entre contentores novos e contentores usados. A opção de contentores usados é mais económica mas é preciso ter cautela na sua escolha pois ao contrário dos contentores novos, os contentores usados não possuem preços fixos e o uso e as cargas a que foram sujeitos não podem ser determinados com precisão. Os seus preços dependem de vários fatores, como por exemplo as condições em que o contentor se encontra, a idade do contentor ou a necessidade de manutenção ou reparação <sup>[14]</sup>. Geralmente, são comprados após uma inspeção visual, tendo em conta a idade e a sua integridade estrutural.

Relativamente aos contentores novos de fábrica é quase impossível adquiri-los na Europa. No entanto, existem contentores “novos”, contentores que foram usados uma ou mais vezes mas que não demonstram sinais de uso e/ou danos. O preço destes contentores depende das oscilações de preço do aço ou da taxa de câmbio para o dólar. O preço pode sofrer ainda oscilações devido à política de aquisição de contentores das grandes companhias de transporte marítimo, que afeta diretamente a procura, a oferta e consequentemente o preço dos contentores. Além disso, os custos de armazenamento e logística dos contentores não utilizados, também propiciam oscilações de custo <sup>[15]</sup>.

Outra condição importante é o fator geográfico relacionado com o transporte de mercadorias. Sabe-se que os contentores marítimos são mais baratos em zonas com um excesso de importações (como por exemplo, a costa oeste dos EUA), do que nas zonas onde domina a exportação (por exemplo, o sudoeste Asiático) <sup>[10]</sup>.

Graças a uma pesquisa de preços de vários fornecedores de contentores marítimos estima-se que o preço de um contentor novo de 20' (incluindo entrega) seja de 2400€ - 2600€ enquanto um contentor usado fica por volta de 1200€ - 1400€ <sup>[16]</sup>.

A procura de contentores de qualidade por parte das companhias de transporte marítimo também é um fator importante na escolha de contentores usados, uma vez que estas empresas exigem níveis de qualidade elevados de modo a evitar custos de manutenção no futuro.

Também existe a possibilidade de aluguer de contentores, em que os preços variam dependendo da duração do contrato de arrendamento. Geralmente, a taxa de aluguer mensal é de cerca de 100€, ou de 50€ para longos períodos de arrendamento <sup>[16]</sup>. Mas o aluguer só se torna viável para curtos períodos de tempo pois após dois anos de aluguer estabelece-se o preço de compra e a aquisição é a única opção realista para a utilização de contentores na Construção, especialmente para projetos de conversão.

Como o processo de transporte e entrega dos contentores contribui para o aumento significativo dos custos, é aconselhável efetuar a encomenda dos contentores de uma só vez.

Converter um contentor num espaço habitável envolve algum trabalho manual de serralharia e de soldagem para criar aberturas e reforços, de carpintaria e de isolamento para arranjos e divisórias interiores, rede de água, rede de saneamento e rede elétrica. O custo destes trabalhos depende muito do tipo de conversão que se projeta para o contentor e por vezes pode ultrapassar o custo do próprio contentor <sup>[9]</sup> [FIG. 59].



FIG. 59 Passos para a conversão de um contentor Triton na *Old Lady House*, de Adam Kalkin (New Jersey, USA) [RSCP, 2009] [i25]

### 2.5.1.9 Transporte

Independentemente da natureza do carregamento, sejam materiais a granel ou resíduos, perecíveis ou produtos tóxicos, todos eles necessitam de ser transportados. O uso de contentores ISO facilita essa tarefa, inserindo a carga numa cadeia logística de transporte.

A melhor maneira de transportar contentores é por via marítima e/ou fluvial. O maior navio porta-contentores do mundo é atualmente o “*Emma Maersk*”, propriedade da empresa dinamarquesa Maersk. Este navio mede 397 metros de comprimento e 63 metros de largura e tem capacidade até 15.000 contentores de 20’<sup>[17]</sup> [FIG. 60 e 61].

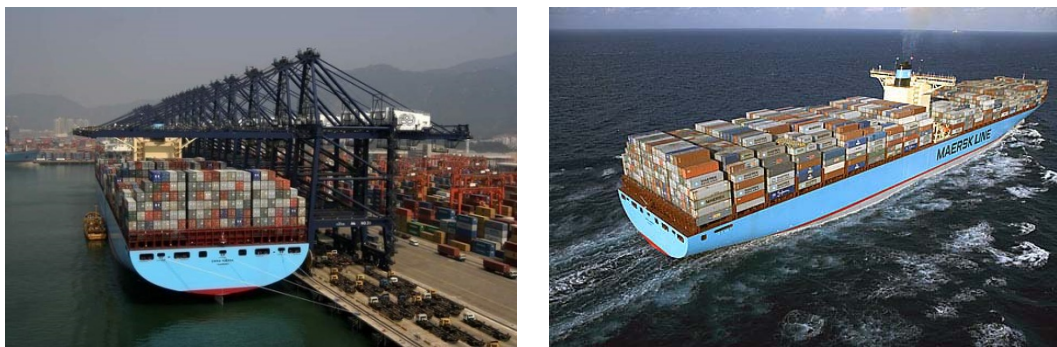


FIG. 60 e 61 Navio porta-contentores “*Emma Maersk*” no porto de Felixstowe (Londres, Reino Unido) e em alto mar [Maersk, 2010]<sup>[126]</sup>

Como se pode observar na [TABELA 2] o transporte de contentores ao longo dos últimos anos é caracterizado pelo aumento contínuo.

TABELA 2 Movimentos de contentores nos 20 maiores portos [SLAWIK E AL. (EDS.), 2010]<sup>[57]</sup>

Ano	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002
Total TEU	247.422.079	232.329.888	205.118.538	183.293.585	163.681.152	140.786.126	113.433.856

No entanto e segundo Slawik et al. (2010), foi previsto para 2009 uma queda significativa no transporte de contentores a nível global (cerca de 12%), devido à crise financeira mundial. Com os movimentos de contentores a diminuir, aumenta a disponibilidade dos contentores nos portos que com o tempo se tornam autênticos parques de estacionamento de contentores. Tal situação é mais grave em países eminentemente importadores, já que estes mesmos contentores deixaram de ser reenviados com novas

mercadorias para outros países. Assim, existe um excedente de contentores, que se tornam disponíveis a novas formas de utilização inteligente, principalmente na Arquitetura.

O transporte marítimo é apenas e cada vez mais, um dos elos da cadeia de transporte. Aliado com o transporte rodoviário, otimiza o transporte global e o funcionamento de complexas cadeias logísticas, tornando a distribuição flexível e eficaz. Para isso é necessário que o contentor seja bem condicionado e preso ao chassi do caminhão usando *twistlocks*, uma peça rotativa que garante a fixação do contentor. O transporte ferroviário não é tão flexível como o rodoviário, mas pode ser também uma opção viável devido à sua capacidade de carga.

#### 2.5.1.10 Produção

Atualmente a produção de contentores marítimos é feita quase exclusivamente na Ásia (principalmente na China) devido aos baixos salários, aos custos reduzidos de produção e pela proximidade com os portos asiáticos, que dominam as exportações <sup>[18]</sup>.

Os contentores depois de produzidos e devido às variações de qualidade, são submetidos a vários testes de modo a verificar a sua estabilidade, capacidade de carga, estanqueidade e peso do contentor. Estes testes são especificados nas várias partes da norma ISO 1496:1991.

#### 2.5.1.11 Construção

Os contentores marítimos estão sujeitos a condições mecânicas, climáticas e químicas extremas ao longo da sua utilização. As cargas e descargas, o transporte e a exposição às condições marítimas (caso dos ventos fortes e do salitre) exigem resistência máxima da parte do contentor.

Atualmente, quase todos os contentores marítimos são feitos em aço COR-TEN, um aço patinável, que tem a capacidade de desenvolver uma pátina na sua superfície quando sujeito à umidade atmosférica. O aço COR-TEN deve o seu nome às duas propriedades principais do material, *CORrosion resistance* (resistência à corrosão) e *TENSile strength* (resistência à tração) <sup>[19]</sup>.

Existem contentores de outros materiais, como por exemplo de madeira, alumínio e plástico mas são menos comuns pois têm algumas desvantagens face ao aço COR-TEN. Por exemplo, os contentores de alumínio são significativamente mais caros e menos estáveis, além do material não poder ser soldado quando precisar de reparação.

Os contentores são constituídos por diversos elementos. Vários perfis metálicos formam pórticos metálicos. Nas paredes laterais e parede frontal, há chapas metálicas quinadas com as nervuras na direção vertical. Na cobertura existem chapas metálicas quinadas e prensadas nas extremidades. Nas portas apresentam chapas quinadas unidas a duas dobradiças. O pavimento é um piso em contraplacado marítimo de madeira assente numa grelha metálica e existem peças de canto ISO nos oito vértices do contentor (Lourenço, 2010) <sup>[50]</sup> [FIG. 62 e 63].

Ainda segundo Lourenço (2010), todas as superfícies metálicas antes ou depois da montagem, são desengorduradas e jateadas para obter uma superfície rugosa e também remover a ferrugem, sujidade e materiais externos. É também aplicado um selante para evitar a entrada da água em todo o perímetro do pavimento, nas sobreposições das juntas interiores, em todos os furos para os parafusos e porcas e em todas as zonas onde possa existir infiltrações de água.

Antes da assemblagem, todas as superfícies são revestidas com uma tinta primária e após a assemblagem, as soldas são jateadas para remover todas as impurezas e de seguida é aplicada uma camada de tinta secundária à base de poliepóxido.

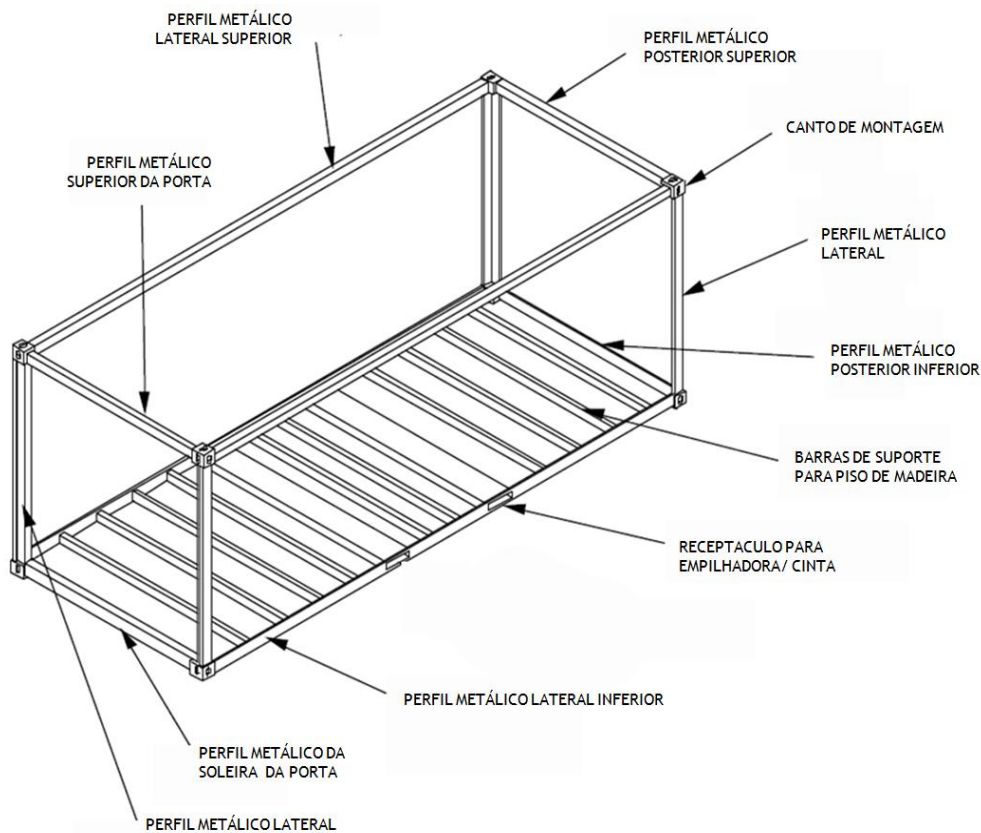


FIG. 62 Elementos estruturais do contentor marítimo [adaptado de RSCP, 2009] <sup>[127]</sup>

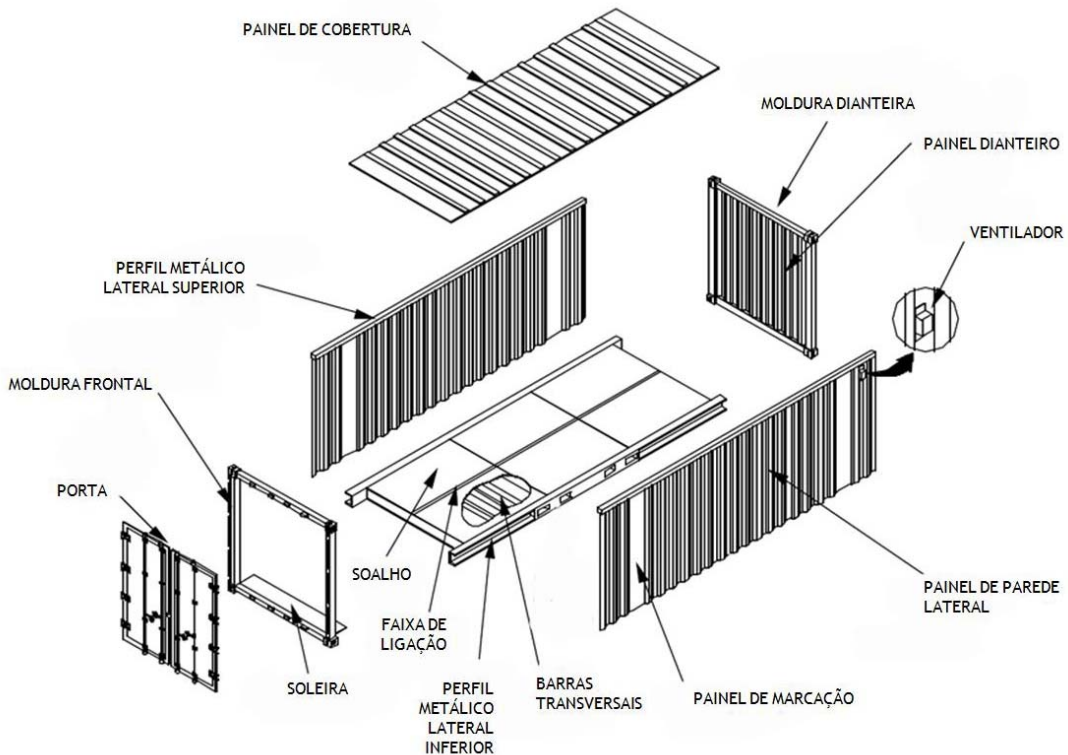


FIG. 63 Elementos constituintes do contentor [MARQUES, 2011 adaptado de RSCP, 2009] [i27]

As peças de canto ou cantos de montagem são uma característica comum em todos os contentores marítimos e encontram-se especificados na norma ISO 1161:1984. Funcionam como pontos de fixação para o carregamento, fixação e empilhamento, sendo essenciais para o seu transporte em geral. São feitos em aço e formam os oito cantos de cada contentor. Cada canto tem aberturas diferentes nos 3 lados expostos: a abertura superior e inferior, são desenhadas de modo a compensar tolerâncias sendo utilizadas para fixar os contentores quando empilhados; a abertura lateral é utilizada principalmente para içar e para o respetivo equipamento [9] [FIG. 64 e 65].

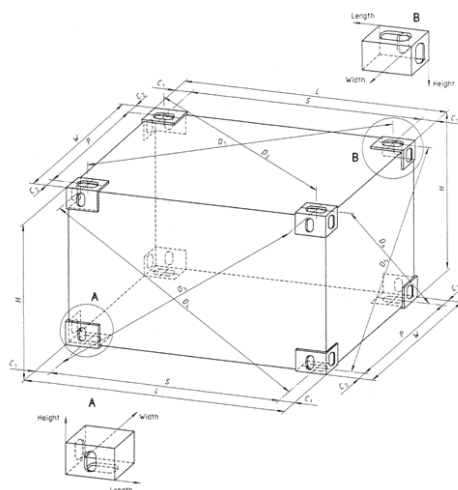


FIG. 64 e 65 Localização dos cantos de montagem ISO e canto superior de contentor [Container Container, 2010] [i28]

Relativamente à pintura, não existem limitações na escolha da cor. Normalmente, as companhias de transporte utilizam os contentores para fins publicitários e adicionam o seu próprio logótipo. O resultado é o aspeto colorido dos portos e dos navios porta-contentores [FIG. 66 e 67].



FIG. 66 Contentores empilhados [Hawk, 2009] <sup>[129]</sup>



FIG. 67 Navio porta-contentores da OOCL (Roterdão) [Golhen, 2009] <sup>[129]</sup>

### 2.5.1.12 Segurança

Os contentores são fixados uns aos outros e à infraestrutura dos navios porta-contentores utilizando os cantos de montagem de modo a garantir a segurança e estabilidade das cargas. Esta regra também se aplica quando os contentores são utilizados nos projetos de arquitetura, como por exemplo o caso do projeto da *Freitag Flagship Store* de *Spillmann Echsle* [FIG. 68, 69 e 70].

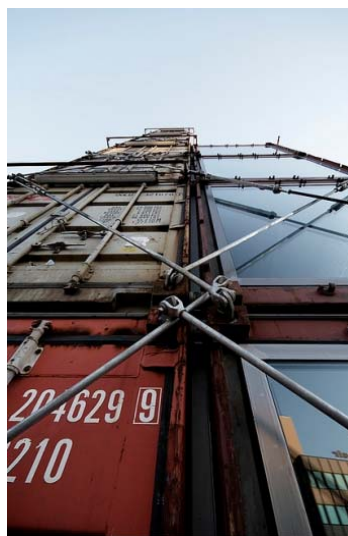


FIG. 68, 69 e 70 *Freitag Flagship Store* de *Spillmann Echsle* é o resultado de 17 contentores empilhados, fixados através da técnica do *lashing* (Zurique, Suíça) [Dom Dada, 2006] <sup>[130]</sup>

Também se recorre aos *twistlocks* para conectar os contentores verticalmente e ancorá-los ao piso, seja em navios porta-contentores ou camiões. Os *twistlocks* são inseridos nos orifícios dos cantos de montagem dos contentores e bloqueados a 90°, ao puxar a alavanca. Atualmente já existem *twistlocks* semiautomáticos e automáticos, que bloqueiam automaticamente quando inseridos nos encaixes correspondentes <sup>[20]</sup> [FIG. 71 e 72].

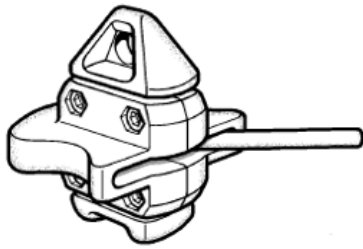


FIG. 71 *Twistlock* aberto [Chinatwistlock, 2009] <sup>[i31]</sup>

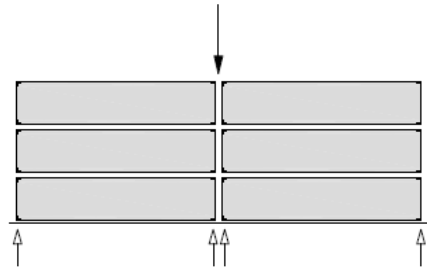


FIG. 72 Distribuição de cargas verticais [Slawik e al. (eds.), 2010] <sup>[57]</sup>

Para conectar os contentores horizontalmente (longitudinal e lateralmente) utilizam-se os denominados *bridge fittings* ou pontes. Trata-se de mais uma ferramenta de fixação de contentores que conecta dois contentores através de um sistema de rosca, diretamente nos cantos de montagem. São usados também para transmitir nas construções com contentores, para transmitir as forças horizontais (por exemplo, a força do vento) <sup>[11]</sup> [FIG. 73 e 74].



FIG. 73 *Bridge fitting* [PM&I, 2009] <sup>[i32]</sup>

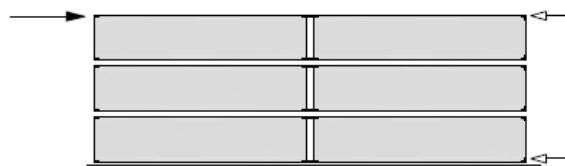


FIG. 74 Distribuição de cargas horizontais [Slawik e al. (eds.), 2010] <sup>[57]</sup>

Existem vários sistemas de fixação que garantem a segurança e estabilidade dos contentores a bordo dos navios, conforme as diferentes situações. Nos navios porta-contentores existem também guias verticais para dar suporte uniforme aos contentores, onde estes são encaixados e fixados. As pilhas de contentores são presas umas às outras, através da técnica do *lashing*. Este método consiste em amarrar os contentores de modo a impedi-los de deslizar ou cair, através de cabos e elementos de pressão/tensão. [FIG. 75].

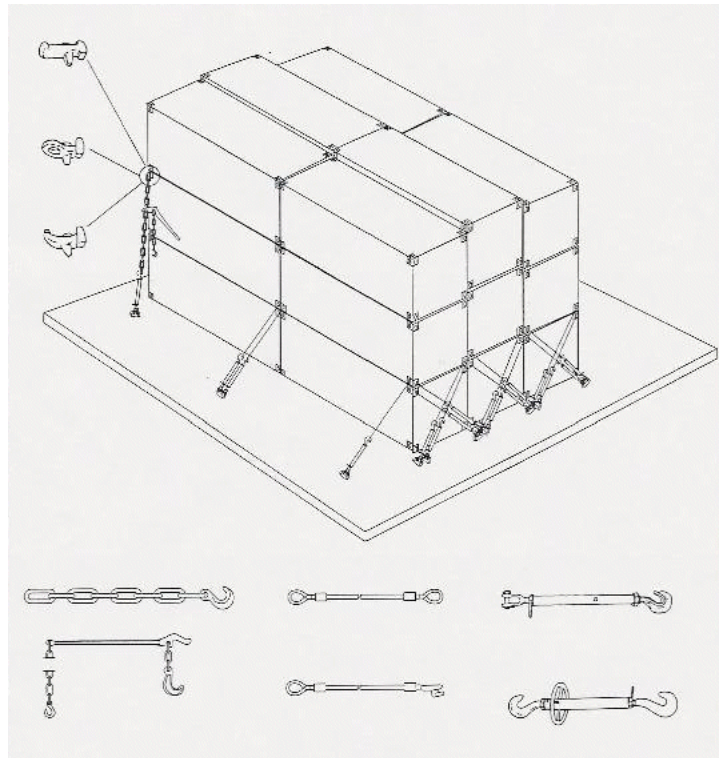


FIG. 75 *Lashing* e fixação dos contentores [AIMU, 2009] <sup>[133]</sup>

## 2.5.2 Contentores pré-fabricados

### 2.5.2.1 Definição

O desenvolvimento dos contentores pré-fabricados surgiu do conceito de normalização e racionalização de um módulo construtivo, de características semelhantes ao contentor marítimo. O resultado é uma célula modular pré-fabricada que se destina unicamente a fins construtivos e portanto, possui uma estrutura mais leve [FIG. 76].

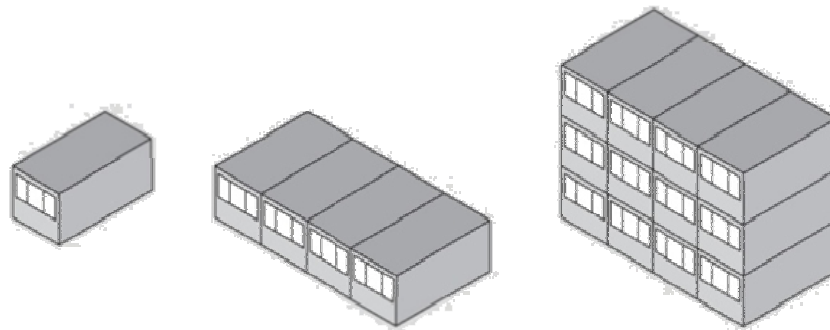


FIG. 76 Sistema modular de contentores pré-fabricados [ALHO, 2010] <sup>[134]</sup>

### 2.5.2.2 Normalização

Ao contrário de um contentor marítimo, um contentor pré-fabricado já reúne as condições de habitabilidade necessárias à ocupação humana. No entanto, é produzido em massa, tal como o contentor marítimo. A fim de produzir contentores de maneira mais económica possível, foi desenvolvido um método de standardização que abrange a produção de acessórios até à parte estrutural. Deste modo surge um contentor modular, uma solução construtiva provisória e a curto prazo <sup>[21]</sup>.

A base estrutural de suporte é geralmente feita com perfis de aço, complementada com uma estrutura secundária com vigas que suportam a parede, o piso e o teto. Possuem ainda uma camada de enchimento de isolamento térmico-acústico e de proteção passiva contra o fogo. A estrutura do contentor pré-fabricado já prevê as aberturas nas fachadas, estando totalmente equipado com portas e janelas e quando saem da fábrica estão prontos a utilizar <sup>[21]</sup> [FIG. 77, 78 e 79].

Existem também contentores com estruturas de suporte feitas em materiais alternativos, como por exemplo em alumínio, aço inox, madeira ou plástico reforçado com fibra de vidro.



FIG. 77, 78 e 79 Estrutura base e estrutura secundária, aplicação de isolamento térmico e revestimento interior [ALHO, 2010] <sup>[134]</sup>

A adição de módulos de contentores leva a que por vezes haja estruturas duplas desnecessárias do ponto de vista estrutural, como é o caso das paredes. Por essa razão, a vantagem da produção em massa normalizada deve ser pesada com a desvantagem das perdas de material quando existe a combinação de módulos. No entanto, é possível criar ligações entre os diversos elementos modulares desde que a estrutura de suporte secundária se mantenha intacta, de modo a garantir a estabilidade do todo.

### 2.5.2.3 Usos

Os contentores pré-fabricados são utilizados a maior parte das vezes como edifícios funcionais, uma solução provisória para um curto período de tempo. Podem ser utilizados de uma forma flexível na medida em que funcionam como espaços individuais ou como combinações, podendo ser articulados em edifícios de múltiplos andares, num máximo de 3 ou 4 pisos <sup>[21]</sup>.

Graças à sua estrutura modular, é possível organizar um espaço baseado na agregação dos módulos necessários, como por exemplo, escritórios, instalações educacionais (escolas, jardins de infância ou creches), instalações de assistência médica (laboratórios, hospitais, clínicas ou unidades de enfermaria), nunca pecando na criatividade [FIG. 80-85].

Outros usos possíveis para os contentores pré-fabricados incluem alojamento temporário (para estudantes ou alojamento de emergência em áreas de desastres), instalações de estaleiros (escritórios, dormitórios, armazéns e/ou instalações sanitárias) ou equipamentos técnicos (equipamentos ou contentores refrigerados).

Também são utilizados como instalações para eventos ou feiras (bilheteiras, quiosques, restaurantes), para serviços ou para fins informativos (stands de informação comerciais ou não).



FIG. 80, 81 e 82 Projeto *derCube* de *LHVH Architekten* recorrendo a contentores pré-fabricados (Freudenberg, Alemanha) [LHVH, 2009] <sup>[135]</sup>

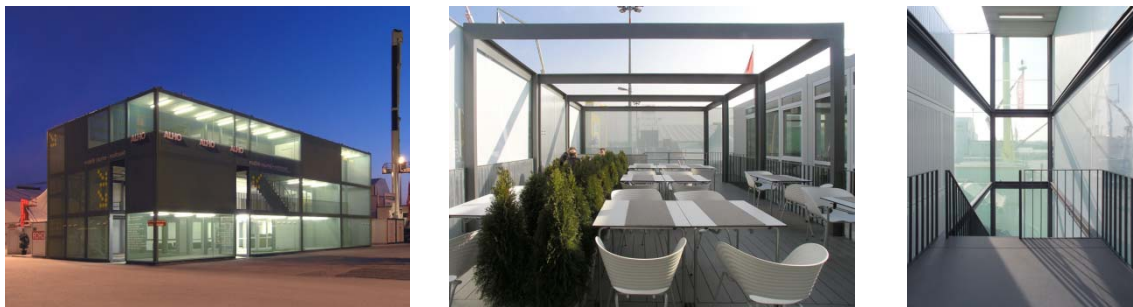


FIG. 83, 84 e 85 Projeto *Seven-Day Architecture* de *LHVH Architekten* novamente recorrendo a contentores pré-fabricados (Munich, Alemanha) [LHVH, 2009] <sup>[135]</sup>

Existem também os casos de aplicação militar, sendo esta uma área bastante específica na aplicação dos contentores pré-fabricados. Há uma vasta gama de variantes em termos de estruturas e acessórios, sendo estes adaptados para atender às exigências técnicas militares [FIG. 86, 87 e 88].



FIG. 86, 87 e 88 Contentores pré-fabricados adaptados às exigências militares: ponto de inspeção, posto de comando e torre vigia [Drehtainer, 2010] <sup>[136]</sup>

Os contentores pré-fabricados podem ainda ser utilizados como estações de pesquisa e podem ser transportados em transportes especiais, caso o local de pesquisa seja um local de difícil acesso. Por vezes esses locais têm condições climáticas extremas e torna-se

impossível uma construção convencional. No entanto, deverá ter-se em atenção a necessidade de mais isolamento térmico pois em caso de condições climáticas extremas, o isolamento térmico previsto para o contentor não será suficiente para atenuar as variações elevadas de temperatura.

#### 2.5.2.4 Tipos de contentores pré-fabricados

De modo a desenvolver a produção industrial em massa, houve a necessidade de normalizar diversos tipos de soluções construtivas. Por essa razão, existem contentores disponíveis em vários esquemas e com diversos acessórios. Estes são definidos pelos fabricantes conforme os seus usos e divididos em categorias de produtos.

O tipo básico é constituído por apenas uma célula ou então uma célula com a possibilidade de mais células adicionais. Para perceber melhor, basta entender uma célula como um contentor, um espaço modular de 20 ou 40 pés de comprimento (6 ou 12 metros, respetivamente). No caso de necessidade de um espaço maior ou multicelular, apenas é necessário combinar o número de células necessárias [FIG. 89 e 90].

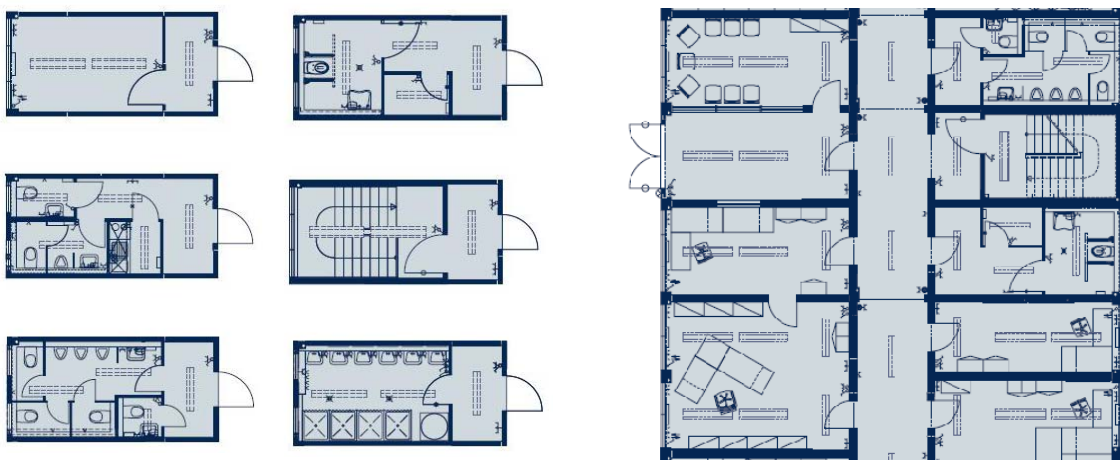


FIG. 89 e 90 Plantas de algumas variantes de contentores pré-fabricados e uma possível conjugação de contentores numa composição multicelular [Kleusberg, 2010] <sup>[137]</sup>

Existem também células de instalações sanitárias, células corredor ou células de escadas, de modo a possibilitar os acessos verticais entre os vários andares.

No mercado, existe um grande número de componentes e acessórios especiais que podem ser instalados nas construções com contentores pré-fabricados. Alguns exemplos são as

rampas exteriores, placas de publicidade para parapeitos, lamelas de proteção solar, grades de segurança para janelas ou reforços de telhado caso se opte por coberturas ajardinadas.

O equipamento técnico auxiliar disponível inclui ar condicionado e equipamentos de aquecimento (radiadores elétricos, dispositivos a gás ou a óleo), instalações elétricas, instalações sanitárias, cofres, armários, entre outros <sup>[21]</sup>.

Dependendo dos fabricantes, existem contentores pré-fabricados de alta qualidade, com melhores condições relativamente ao isolamento térmico-acústico e à proteção passiva contra o fogo, por exemplo. Existem também contentores com áreas maiores, com fachadas e interiores com design e qualidade superiores, onde tudo é possível a nível construtivo [FIG. 91 e 92].



FIG. 91 e 92 Exemplos de contentores pré-fabricados de alta qualidade [ALHO, 2010] <sup>[i34]</sup>

### 2.5.2.5 Dimensões

Os contentores pré-fabricados são normalmente produzidos em conformidade com as dimensões especificadas nas normas ISO para o transporte de contentores. Mas desde que os fabricantes desenvolveram os seus próprios sistemas de produção, transporte e instalação, tornou-se possível modificar as dimensões, de modo a obter espaços maiores. Desta forma, as dimensões especificadas na norma ISO foram prorrogadas mas os contentores pré-fabricados não fazem parte do sistema de normalização internacional. Estes contentores são baseados no sistema métrico ao contrário dos contentores marítimos que utilizam o sistema imperial.

O tipo de contentor pré-fabricado mais utilizado é o de 6 metros, seguido do contentor de 3 metros e de 12 metros. A largura padrão é de 2,45 metros (medida exterior), mas há larguras especiais de 3 metros e de 4 metros. A altura varia entre 2,6 metros e 2,85 metros, no entanto existem também alturas especiais de 3 a 3,5 metros <sup>[21]</sup> [FIG. 93 e TABELA 3].

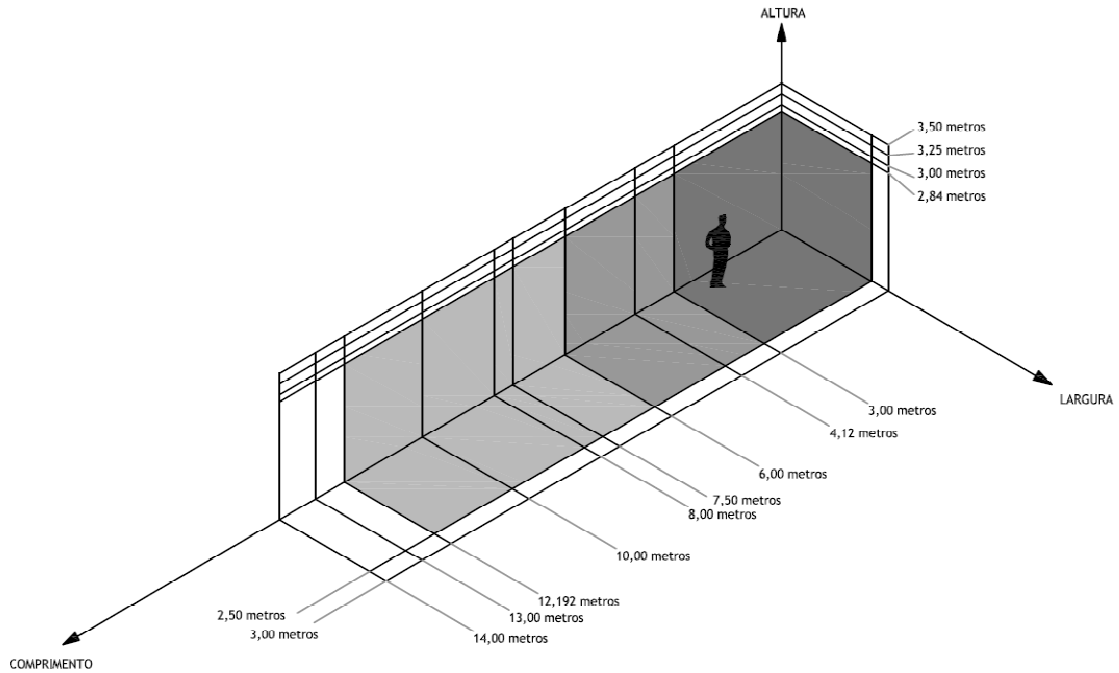


FIG. 93 Dimensões do sistema de contentores pré-fabricados [adaptado de Slawik e al. (Eds.), 2010]

TABELA 3 Tabela com dimensões, área de uso e peso vazio dos diferentes contentores pré-fabricados [adaptado de Slawik e al. (Eds.), 2010]

	Comprimento exterior	Largura exterior	Altura exterior	Comprimento interior	Largura interior	Altura interior	Área de uso	Peso vazio
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[kg]
10'	2,990	2,438	2,591		2,232	2,300	6,5	1,300
20'	6,055	2,438	2,591	5,852	2,232	2,300	13,0	1,950
30'	9,125	2,438	2,591	8,930	2,232	2,300	19,5	2,100
40'	12,192	2,438	2,591		2,232	2,300	26,0	
Largura especial		3,000						
		4,000						
Altura especial			2,800			2,500		
			3,050			2,750		
			3,500			3,200		
Comprimento especial	max. 12,000							

### 2.5.2.6 Construção

A base estrutural de suporte dos contentores pré-fabricados, como já descrito anteriormente, é constituída normalmente por perfis ocós de aço e perfis laminados; esta estrutura é suportada e reforçada pela estrutura secundária que funciona como apoio ao isolamento térmico e acústico e revestimentos. Esta construção em aço soldado é constituída por uma estrutura para o teto e outra para o piso, montada através de oito cantos de suporte. A base estrutural é tratada, galvanizada ou pintada para protegê-la da corrosão. As oito peças de canto são feitas em aço de alta resistência e formam as extremidades de apoio e fixação, à semelhança dos contentores marítimos [FIG. 94 e 95].

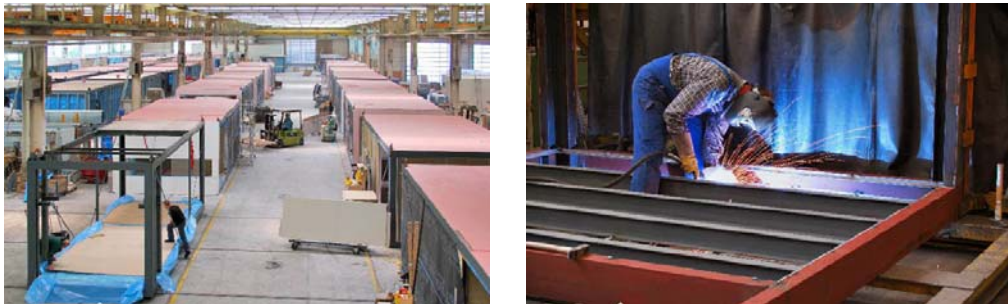


FIG. 94 e 95 Construção dos contentores pré-fabricados [ALHO, 2010] <sup>[i34]</sup>

A percentagem de aço na construção dos contentores pré-fabricados é muito menor do que nos contentores marítimos, que possuem cerca de 70% em aço. Assim, os encaixes são os responsáveis por uma parte considerável do peso dos contentores pré-fabricados <sup>[21]</sup>.

A base para o dimensionamento de cargas da base estrutural de suporte, é geralmente paralela ao método adotado em situações que envolvam edifícios altos. Portanto, são as cargas próprias dos componentes, as cargas relativas à natureza da sua utilização e as cargas devido a influências externas (como por exemplo o vento, a neve e/ou o gelo) que se devem ter em consideração. No entanto, convém também estudar as situações que poderão ocorrer durante o transporte e a instalação dos contentores.

Existem no entanto, previsões de cálculos de cargas para cada tipo de contentor pré-fabricado, tendo em conta a sua utilização; mas no caso de projetos especiais tornam-se imperativos cálculos específicos. Porém, não se aconselha a aplicação de mais de 4 contentores de altura, devido à capacidade de carga limitada dos contentores <sup>[21]</sup>.

A estrutura de suporte é então dotada de paredes, piso e teto. A organização das camadas de isolamento térmico-acústico e de revestimentos, dependem do nível de conforto desejado. Uma vez que a estrutura esteja concluída, os acabamentos são feitos na oficina, geralmente à mão. O isolamento e posterior acabamento são especificados em cada projeto, sendo cada contentor adaptado à sua utilização <sup>[21]</sup>.

A estrutura do piso é constituída por barras transversais galvanizadas e tem como intuito suportar o isolamento e revestimentos necessários. O piso é isolado com lâ mineral e placas de contraplacado, suportando o acabamento.

O teto é também composto por chapas galvanizadas apoiadas em vigas transversais, isolado e equipado com uma barreira de vapor, coberto com placas de contraplacado tratado e posteriormente com o revestimento escolhido.

Relativamente às paredes, estas são revestidas exteriormente com perfis de folha zincada, pintadas de acordo com as cores RAL. As paredes são isoladas, dotadas de barreiras de vapor e revestidas por dentro com placas de contraplacado tratado. As portas que dão para o exterior são de aço tal como os caixilhos das janelas, com vidro duplo em PVC. As paredes divisórias são estruturas simples de madeira com isolamento e revestimento de ambos os lados <sup>[21]</sup> [FIG. 96 e 97].



FIG. 96 e 97 Pormenor das paredes dos contentores pré-fabricados ainda em fábrica [ALHO, 2010] <sup>[i34]</sup>

### 2.5.2.7 Produção

Os contentores pré-fabricados são geralmente fabricados numa linha de produção de 2 a 3 dias, em duas etapas fundamentais de produção: a primeira etapa envolve a estrutura base enquanto a segunda etapa trata dos acessórios e acabamentos.

As peças de aço são cortadas no tamanho desejado, desenferrujadas e de seguida soldadas para formar uma armação de aço estável, a base estrutural de suporte. A superfície de toda a estrutura deve estar bem limpa e isenta de gorduras ou poeiras, para se poder aplicar o primário <sup>[21]</sup> [FIG. 98].



FIG. 98 Desenvolvimento da base estrutural de suporte dos contentores pré-fabricados: a primeira etapa da produção <sup>[160]</sup>

Depois da estrutura concluída, procede-se ao enchimento desta com isolamento térmico e acústico, revestimentos, acabamentos e pintura. Elementos de superfície horizontal (piso e teto) são instalados, seguidos pelos elementos verticais (paredes). As janelas e portas também são inseridas, conforme o previsto no plano projetual [FIG. 99 e 100].

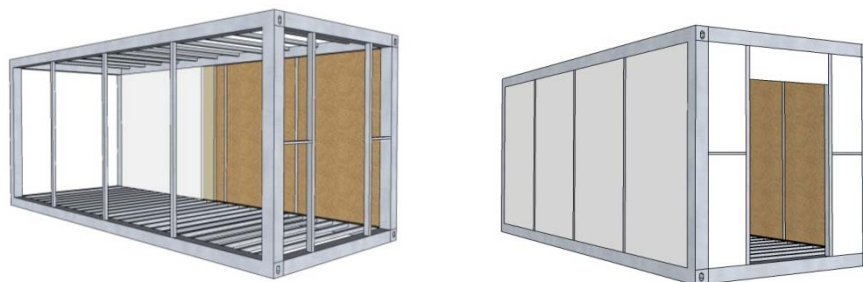


FIG. 99 e 100 Aplicação de isolamento, revestimento e acabamento do contentor pré-fabricado: a segunda etapa da produção <sup>[160]</sup>

Relativamente ao equipamento técnico este é pré-instalado ou no caso de contentores sanitários equipado com as conexões necessárias. A instalação elétrica é instalada em cada contentor e posteriormente interligada aos restantes. Finalizada a sua produção, os contentores são transportados para o local, colocados conforme o projeto e fixados uns aos outros. O contentor está pronto para ser utilizado <sup>[21]</sup>.

### 2.5.2.8 Transporte

Os contentores pré-fabricados quando produzidos são equipados com os acessórios necessários para o seu transporte e para a fixação aos outros contentores. Atualmente os fabricantes transportam os seus contentores em plataformas específicas, cujas dimensões são adaptadas às dimensões dos contentores. Os contentores são presos às plataformas de transporte, através de cintas e de cadeados especiais. São assim transportados para o local e instalados por técnicos de instalação, utilizando guindastes hidráulicos móveis. Como já mencionado anteriormente, os contentores pré-fabricados, à semelhança dos contentores marítimos, estão equipados com cantos de montagem reforçados que permitem a sua fixação ao transporte e posteriormente aos restantes contentores, quando empilhados <sup>[21]</sup> [FIG. 101, 102 e 103].



FIG. 101, 102 e 103 Transporte dos contentores pré-fabricados e posterior instalação [ALHO, 2010] <sup>[134]</sup>

Os acessórios de ligação e fixação de contentores variam de fabricante para fabricante, e embora sejam bastante semelhantes aos utilizados em contentores marítimos, são muito mais leves. Os contentores pré-fabricados também estão ligados entre si por meio da instalação elétrica, por exemplo. Os fios de instalação são combinados ao longo de todos os módulos e posteriormente ligados à estação de abastecimento.

### 2.5.2.9 Variantes

Existe um número ilimitado de soluções construtivas com contentores pré-fabricados e conforme a necessidade, exige-se rapidez e funcionalidade. A fim de se oferecerem soluções rápidas e eficazes, os fabricantes optaram por desenvolver algumas variantes. É o exemplo dos contentores pré-fabricados *light*, dos contentores de acampamento militar, dos contentores desdobráveis e dos extensíveis.

A fim de minimizar as cargas, os contentores *light* não têm uma estrutura de suporte em aço, no entanto as suas paredes, chão e teto são elementos completamente ajustáveis e estáveis. Estes contentores são particularmente adequados para instalações em locais de difícil acesso. A sua infraestrutura suporta a montagem/desmontagem pelo menos 30 vezes e

pode ser instalado por duas pessoas em cerca de 90 minutos, sem a necessidade de recorrer a aparelhos de elevação. Geralmente esta variante é mais utilizada para postos de enfermagem [21] [FIG. 104 e 105].



FIG. 104 e 105 Exemplo de posto de enfermagem constituído por contentores *light* [ALHO, 2010] [134]

Os contentores de acampamento militar como o seu próprio nome indica, são usados em trabalhos de campo militar. São construídos de uma forma particularmente robusta e estável, com uma estrutura base e paredes feitas em aço e os componentes metálicos têm longo prazo de proteção anticorrosiva. Os enchimentos são soldados à estrutura de modo a selar toda a estrutura do contentor. Possuem um excelente isolamento para condições climáticas extremas, permitindo a sua utilização em qualquer parte do mundo, podendo ser transportados por mar, terra ou ar [21] [FIG. 106 e 107].



FIG. 106 e 107 Exemplo de contentores de acampamento militar [ALHO, 2010] [134]

Outra variante dos contentores pré-fabricados é o contentor desdobrável. Estes contentores têm estruturas mais leves e podem ser desmontados para facilitar o seu transporte, poupando espaço. À semelhança dos contentores pré-fabricados normais, também eles são feitos em aço. Quando dobrados têm cerca de 70 centímetros de altura, o que os torna adequados para um uso rápido e flexível, onde a economia de espaço durante o transporte é tida em consideração [21].

A ideia do contentor desdobrável é usada no *Flexotel*, na Holanda. O conceito é bastante simples, envolve um contentor que funciona como quarto de hotel e pode ser montado em qualquer lugar. Estruturalmente são semelhantes aos contentores pré-fabricados normais, mas com a característica especial de que pode ser dobrado. É equipado com cantos de montagem semelhantes aos dos contentores marítimos, em vez dos cantos típicos dos contentores pré-fabricados. Quando dobrados os contentores podem ser transportados num único camião e facilmente desdobrados de novo noutra local <sup>[21]</sup>. Geralmente são utilizados para acomodações temporárias em eventos, como é o caso da *Le Mans Race*. [FIG. 108-111].



FIG. 108, 109, 110 e 111 Etapas de montagem do Flexotel [Le Mans Race, 2010] <sup>[138]</sup>

Por último, existem os contentores extensíveis com o mesmo tamanho que um contentor normal quando dobrado. Estes contentores sofrem uma extensão no local de construção, através de um mecanismo de desdobramento, levando apenas alguns minutos para serem completamente instalados. Estas variantes existem em sistemas de 2-em1, 3-em1 até um máximo de 4-em1 <sup>[22]</sup> [FIG. 112 e 113].



FIG. 112 e 113 Exemplos de contentores extensíveis [Drehtainer, 2010] <sup>[136]</sup>

### 2.5.2.10 Isolamento térmico

Existem deficiências estruturais inerentes ao sistema de contentores pré-fabricados, por exemplo, a alta condutividade térmica do aço supõe pontes térmicas onde o isolamento é interrompido ou reduzido pela estrutura (principalmente nos cantos de montagem do contentor). No caso de uso permanente pode levar à redução de conforto e a problemas de umidade devido a infiltrações.

Estas desvantagens são toleradas nos contentores pré-fabricados pois estes são soluções construtivas simples sendo a sua utilização adequada para curtos períodos de tempo, devido a essas mesmas deficiências. O período de garantia não é regulamentado e poderá variar conforme o fabricante <sup>[16]</sup>.

Além do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), existem normas de qualidade pré-definidas de modo a garantir as condições de habitabilidade dos contentores.

### 2.5.2.11 Aspectos económicos

Alguns fabricantes de contentores pré-fabricados tratam não só da produção como também do seu desenvolvimento, do aluguer, das vendas e dos serviços. Tratam de todas as etapas, desde a consultoria, ao planeamento, à homologação, bem como a própria construção e a sua gestão. O produto final é então uma instalação completa que inclui equipamentos de serviço, instalação e acessórios interiores, que poderá ser comprado ou alugado. Dependendo do tamanho da encomenda (conforme o número de módulos necessários), o período de produção é de cerca de 4 a 6 semanas. O mobiliário também pode ser fornecido, como um equipamento adicional. Nos sites dos fabricantes existem catálogos com as informações detalhadas dos produtos, com programas para calcular orçamentos, sistemas de planeamento projetual e contactos. Além das possibilidades de compra e aluguer, os fabricantes também oferecem opções de financiamento, como empréstimos ou *leasing* <sup>[21]</sup>.

Após o aluguer, os contentores pré-fabricados são submetidos a controlos de qualidade rigorosos, limpos e caso necessário, reparados em oficinas para serem novamente alugados. Algumas empresas têm ainda espaço para alugar ou vender, como armazém para contentores.

Segundo Slawik et al. (2010), o custo de uma infraestrutura feita com contentores pré-fabricados é de normalmente 30% a 50% comparado com um edifício de sistema construtivo convencional. A questão de saber qual é a melhor opção, comprar ou alugar um contentor, depende das exigências do cliente e da vida útil prevista para os contentores. A média de vida útil para um contentor pré-fabricado é de cerca de 15 anos, em comparação

com o sistema construtivo convencional que é em média, cerca de 50 anos. Uma vez que o tempo de vida útil expire, os contentores pré-fabricados são vendidos a baixo preço a países onde os contentores ainda são uma necessidade. Uma vez impróprios para uso, os contentores são reciclados de modo a recuperar os seus materiais constituintes.

O custo de um contentor pré-fabricado depende principalmente dos acessórios utilizados. Os contentores mais básicos, para aluguer, custam cerca de 10€ por metro quadrado (por mês), enquanto o custo dos mais sofisticados rondam os 30€ ou mais, por metro quadrado (por mês). Ainda a acrescentar, existem os custos de instalação (para montagem e/ou desmontagem) dos contentores que variam entre 15€ a 25€ por metro quadrado <sup>[57]</sup>. O custo de aluguer total excede muitas vezes o preço de compra para os períodos de aluguer superiores a cerca de 36 meses (3 anos), o que por vezes torna a compra a opção mais económica.

A aquisição dos contentores pré-fabricados varia entre os 550€ e os 750€ por metro quadrado, o que significa que os custos de um contentor de 6 metros de comprimento, seja de 5.000€ a 10.000€ <sup>[57]</sup>. Os contentores usados custam cerca de 50% do preço dos contentores pré-fabricados novos. No entanto, ao comprar contentores já usados deve-se considerar os custos de abate mais tarde.

### 2.5.2.12 Formas especiais

Os contentores pré-fabricados têm algumas desvantagens relativamente ao desenho arquitetónico e à qualidade dos espaços. Por este mesmo motivo, os fabricantes de contentores pré-fabricados também desenvolvem sistemas de contentores de alta qualidade nas suas gamas de produtos, embora estes não tenham grande saída no mercado. Módulos semelhantes a contentores pré-fabricados com materiais, desenhos e dimensões alternativos, também podem ser encontrados no mercado e facilmente são classificados como contentores pré-fabricados visto que são igualmente modulares e facilmente transportáveis. Normalmente estas soluções especiais são feitas sob medida, desenvolvidas para um determinado projeto e representam soluções de alta qualidade arquitetónica, como é o caso do projeto *HomeBox* de Han Slawik [FIG. 114-118].

Esta situação ocorre um pouco por todo o mundo embora o tipo de contentores varie de país para país. Por exemplo, nos EUA são bastante comuns os *trailers* (caravanas), reboques que possuem um chassis próprio e que funcionam como unidades móveis. Uma vez que estejam no local de instalação, as suas rodas são geralmente removidas e são montadas bases fixas para a fixação do *trailer*. Como não podem ser empilhados e só podem ser combinados horizontalmente, não são considerados como um sistema construtivo [FIG. 119 e 120].



FIG. 114, 115, 116, 117 e 118 Imagens do projeto *HomeBox* de Han Slawik (Hanover, Alemanha) [Slawik, 2008] <sup>[139]</sup>



FIG. 119 e 120 Imagens de um parque de *trailers* nos EUA [Zimbio, 2008] <sup>[140]</sup>

## 2.5.3 Estruturas de contentores

### 2.5.3.1 Sistemas de módulos estruturais

#### 2.5.3.1.1 Definição

O sistema de construção modular com módulos estruturais é bastante semelhante ao sistema de contentores pré-fabricados, descrito anteriormente. Estes módulos são pré-fabricados industrialmente, em fábrica, como uma unidade compacta e móvel, sendo depois montados no local de construção, como uma célula numa composição multicelular [FIG. 121].

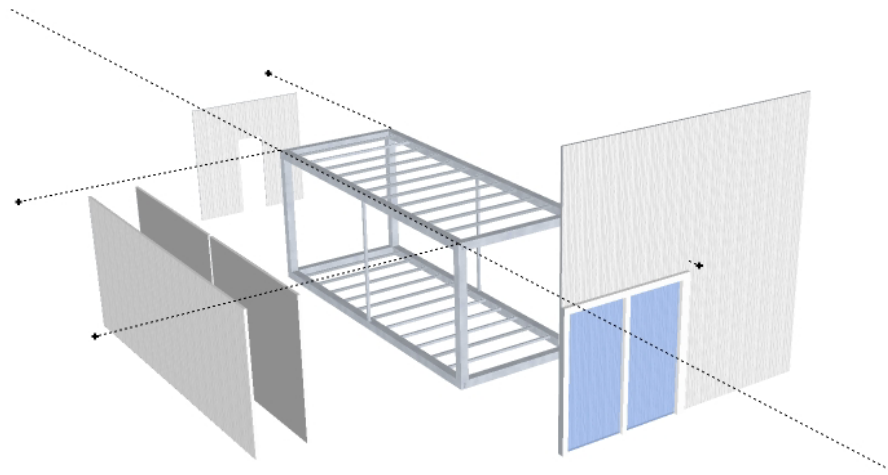


FIG. 121 Exemplo de sistema de módulos estruturais <sup>[100]</sup>

No entanto e ao contrário dos contentores pré-fabricados, a fachada do edifício é criada e instalada no local para todos os módulos juntos. Um edifício feito a partir de módulos estruturais pode assumir determinadas características tal como um edifício construído convencionalmente. No entanto, a combinação destes módulos estruturais com outros componentes produzidos convencionalmente, reduzem a capacidade do edifício ser montado/desmontado <sup>[21]</sup> [FIG. 122 e 123].

A construção com módulos estruturais torna-se mais flexível relativamente a questões de espaço, plantas e fachadas, do que propriamente os sistemas de construção anteriormente identificados. Os módulos estruturais são produzidos à medida para os determinados projetos, em conformidade com as especificações do projeto, ou seja as medidas podem ser escolhidas livremente, embora atualmente já existam dimensões regularizadas adequadas à maior parte dos usos <sup>[21]</sup>.



FIG. 122 e 123 Exemplos de projetos com módulos estruturais onde é visível a liberdade de fachada que os módulos estruturais proporcionam [ALHO, 2010] <sup>[i34]</sup>

Embora haja considerações quanto ao transporte relativamente ao limite dimensional máximo dos módulos, este é bastante generoso devido à existência de plataformas especiais de transporte que o possibilitam. Porém, as medidas dos módulos não se integram nas medidas ISO de transporte, o que acaba por reduzir a flexibilidade do transporte dos módulos estruturais.

### 2.5.3.1.2 Desenvolvimento

Os primeiros sistemas de módulos estruturais foram desenvolvidos em cerca de 1960, devido às crescentes necessidades de construção a curto prazo. Estes sistemas surgem na Europa e principalmente no Japão, onde uma empresa japonesa chamada *Sekisui* desenvolveu um sistema de construção de casas totalmente independente, denominado de *Heim M1* e que vendeu cerca de 400 mil casas <sup>[23]</sup> [FIG. 124-130]. Enquanto isso também alguns fabricantes alemães de contentores pré-fabricados desenvolviam os seus sistemas de módulos estruturais, montando linhas de produção e de montagem <sup>[21]</sup>.



FIG. 124, 125, 126 e 127 Construção de casa através do sistema modular *Heim M1*, da empresa *Sekisui Chemical Co., Ltd.* (Japão) [M1 Archives, Inc, 2005] <sup>[i41]</sup>



FIG. 128, 129 e 130 Catálogo original do sistema modular Heim M1 da empresa *Sekisui Chemical Co., Ltd.* (Japão) [M1 Archives, Inc, 2005] <sup>[i41]</sup>

Os sistemas de construção baseados em módulos estruturais são menos comuns nos EUA e só recentemente é que começaram a surgir no mercado. Na Alemanha e no resto da Europa, o método de construção com módulos é generalizado e as estruturas em madeira são cada vez mais utilizadas, como uma solução económica e a longo prazo.

### 2.5.3.1.3 Usos

A construção com módulos estruturais é mais adequada a projetos com características repetitivas na sua composição. Por exemplo, os hotéis são geralmente construídos como repetição de uma célula idêntica (quarto). A construção com base em sistemas pré-fabricados representa igualmente uma alternativa económica para escolas, escritórios ou prédios administrativos, laboratórios ou hospitais [FIG. 131-134].



FIG. 131 e 132 Exemplo de uma escola construída com módulos estruturais [ALHO, 2010] <sup>[i34]</sup>



FIG. 133 e 134 Exemplo de um laboratório com módulos estruturais [ALHO, 2010] <sup>[i34]</sup>

O método de construção modular permite ampliações ou conversões mais tarde, graças à sua armação flexível e adaptável. Por exemplo, paredes internas podem ser movidas, de modo a alterar salas para atender a novas necessidades <sup>[21]</sup>.

No entanto e embora os módulos estruturais possam ser removidos e reutilizados, envolve bastante trabalho devido aos componentes convencionais que foram adicionados. Por este mesmo motivo, este sistema de construção é adequado para edifícios de caráter permanente.

#### 2.5.3.1.4 Dimensões

É difícil aplicar diretamente as dimensões dos contentores pré-fabricados para módulos estruturais universais, devido à sua largura insuficiente de aproximadamente 2,44 metros. No entanto, a largura especial de 3 metros foi atualmente prevista para os contentores pré-fabricados, mesmo que torne mais difícil o seu transporte. Embora as dimensões dos módulos estruturais sejam determinadas pela logística e pela especificidade do projeto, existem limitações no seu transporte que não podem ser ultrapassados.

Os edifícios modulares, regra geral, não precisam de se ajustar a uma grelha pré-definida. As estruturas são feitas sob medida para o projeto e estão disponíveis em larguras que variam entre 2,5 metros e 4,5 metros, com alturas até 3,5 metros e comprimentos até 18 metros, dependendo dos fabricantes. Alguns fabricantes também fornecem certos tipos de módulos pré-definidos, com medidas adaptadas a vários tipos de uso. Uma vez que eles podem ser combinados horizontal e verticalmente, os tipos pré-definidos sugerem que os módulos sejam combinados como parte de um sistema. No entanto, dentro deste sistema a flexibilidade da aplicação dos módulos permite grande liberdade de plantas e de formas arquitetónicas <sup>[21]</sup> [FIG. 135].

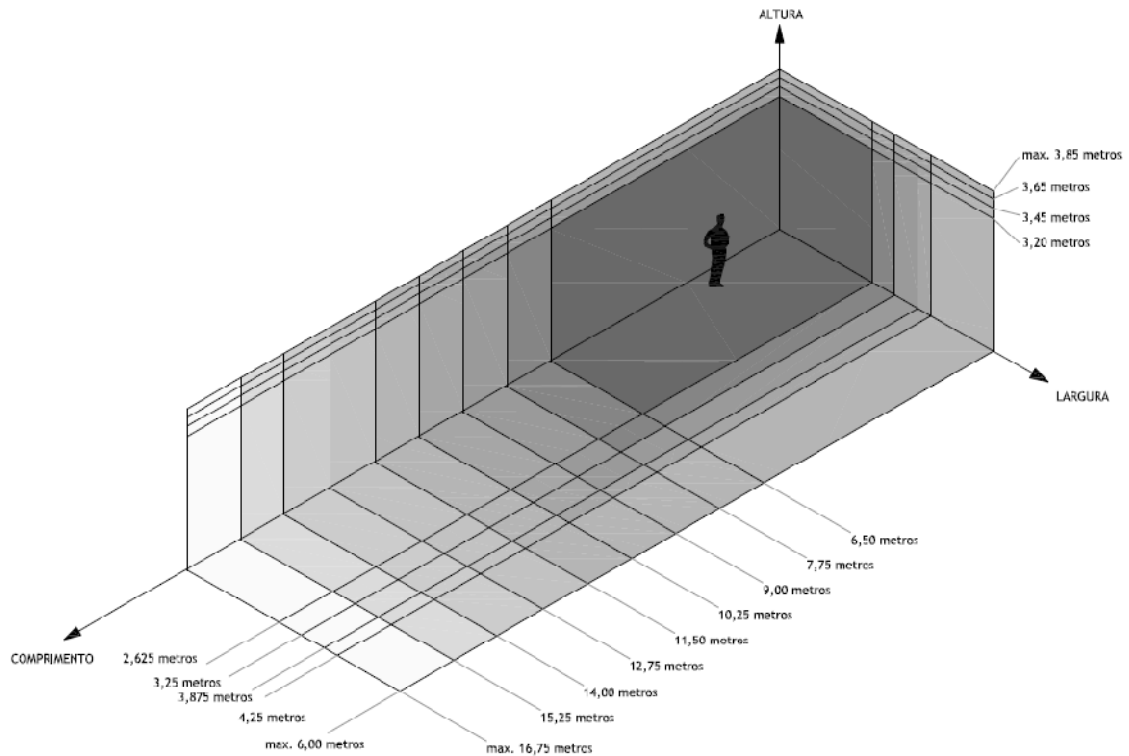


FIG. 135 Sistema de dimensões dos módulos estruturais [MARQUES, 2011 adaptado de Slawik e al. (Eds.), 2010] <sup>[57]</sup>

### 2.5.3.1.5 Produção

O princípio da produção dos módulos estruturais é bastante semelhante ao dos contentores pré-fabricados. As estruturas de suporte são fabricadas através de linhas de montagem e equipadas com grande parte dos componentes interiores, incluindo linhas de utilidade técnica (como é o caso da eletricidade) <sup>[21]</sup>.

Desta forma e segundo Slawik e al. (2010), os módulos estruturais podem ser produzidos até 90% em fábrica, embora a construção total seja edificada apenas com 60% de elementos pré-fabricados.

Ao contrário da situação habitual relativamente aos contentores pré-fabricados, os componentes que são expostos aos elementos, tais como fachada e telhado, são instalados no local da construção para todos os módulos adjacentes. Isso também é possível no caso de revestimentos para paredes ou pisos e testemunha a combinação da pré-fabricação com os métodos de construção convencional <sup>[21]</sup>. No entanto, existem fabricantes que também oferecem elementos para fachadas pré-fabricados e parcialmente montados.

O alto grau de pré-fabricação e a capacidade de trabalhar independentemente do tempo na fábrica pode reduzir significativamente o período de construção. No entanto, a quantidade real do trabalho envolvido é determinada pela qualidade e tipo de desenho desejado pelo cliente <sup>[21]</sup>.

### 2.5.3.1.6 Construção

A principal estrutura de suporte é formada pela estrutura de apoio com oito vigas e quatro suportes de canto (superestrutura). Conforme os requisitos para os acessórios, os módulos estruturais são posteriormente equipados com uma estrutura de suporte na área de divisão. Também poderá ser necessário o uso de apoios intermédios conforme o comprimento dos módulos <sup>[21]</sup>. Embora as principais cargas sejam suportadas pela estrutura de suporte, a infraestrutura adicional e secundária ainda é essencial.

O aço tornou-se o principal material de construção dos elementos de suporte de cargas estruturais, no entanto existem outras alternativas como por exemplo, a madeira.

Os módulos são unidades padronizadas e estaticamente idênticas, facilmente adaptadas à sua função subsequente e ao seu papel estrutural no edifício. Os espaços livres e as escadarias devem ser ponderados durante o processo de fabricação. Os módulos individuais podem ser combinados tanto nas extremidades como nas laterais de modo a criar uma estrutura complexa, podendo serem empilhados até 6 módulos de altura <sup>[21]</sup> [FIG. 136 e 137].



FIG. 136 Montagem de um módulo  
[ALHO, 2010] <sup>[134]</sup>



FIG. 137 Sistema de construção com módulos  
estruturais <sup>[160]</sup>

No entanto, este sistema de módulos estruturais não é assim tão flexível. Ao adaptar os módulos à sua utilização inicial, torna-se difícil alterar a planta do edifício existente mais tarde, pois a estrutura de suporte adicional em áreas abertas significa que posteriormente só poderá ser removida até uma medida limite.

As paredes, pisos e tetos são inseridos nas áreas abertas da estrutura de suporte, bem como grande parte dos acessórios internos. As paredes externas são compostas geralmente por perfis de aço leve com isolamento de fibra mineral, uma barreira antivapor e placas de gesso cartonado. Nas paredes internas e tetos também se utilizam placas de gesso cartonado. Quanto ao piso, é constituído por folhas de perfil galvanizado com isolamento térmico e pavimento flutuante. Todos os elementos da construção, como janelas, portas, escadas e outros equipamentos são entregues no local de construção ainda por montar <sup>[21]</sup>.

Geralmente, também a fachada é montada no local. Esta é constituída por uma camada de isolamento térmico de acordo com os requisitos da física das construções, com reboco de revestimento de fachadas e com ventilação vertical se necessário. A fachada contínua comum a todos os módulos, abrange toda a estrutura e minimiza assim as pontes térmicas.

Por fim, na construção do telhado é empregada uma tela impermeável de modo a evitar as infiltrações de água, montada no local. Conforme o método da construção modular, existe uma variedade de tipos de coberturas, tais como coberturas inclinadas, de duas águas ou ajardinados, à escolha do cliente <sup>[21]</sup>.

### 2.5.3.1.7 Transporte

Os módulos estruturais são transportados para o local de construções em camiões do tipo *Flat Bed*, onde são montados e ligados à eletricidade, água e redes de esgoto.

Os módulos são montados geralmente após um período de planeamento e produção de cerca de 8 semanas, conforme o tamanho da encomenda. Embora a instalação dos módulos possa ser concluída dentro de 2 ou 3 dias, ainda são necessárias mais algumas semanas para montar os acessórios interiores, para acabamentos e montagem da fachada. Em média, o edifício está pronto a ser utilizado após 10 ou 12 semanas depois de ser encomendado, dependendo das dimensões do edifício e da disponibilidade do fabricante <sup>[21]</sup>.

Ao contrário dos outros sistemas, o sistema de módulos estruturais não possui os cantos de montagem que facilitam a fixação ao camião e posteriormente no empilhamento de unidades. Os módulos são transportados em veículos específicos dos fabricantes e protegidos com cintos de tensão. Geralmente estes transportes são especiais devido às dimensões das

estruturas. Uma vez transportados para o local de construção, os módulos são fixados no lugar e agrupados através de meios convencionais, sem necessidade de dispositivos de fixação especial <sup>[21]</sup>.

#### 2.5.3.1.8 Isolamento térmico

A intenção dos fabricantes ao desenvolverem um sistema de construção modular com módulos estruturais era desenvolver um sistema com características físicas ideais. Só assim a sua aplicabilidade ilimitada pode ser assegurada, sem perder completamente as vantagens oferecidas pela pré-fabricação.

Esta adaptação aos requisitos de qualidade era necessária para permitir a este sistema um uso permanente. O aumento da espessura do isolamento e a utilização de materiais com melhores propriedades de isolamento foram os principais responsáveis para o cumprimento desses requisitos. As pontes térmicas nas áreas estruturais foram evitadas pela pré-montagem da fachada envolvente do edifício.

Desta forma, os edifícios com sistemas de módulos estruturais estão aptos para todas as exigências decorrentes da regulamentação que é exigida a todas as edificações de caráter permanente <sup>[21]</sup>.

#### 2.5.3.1.9 Aspetos económicos

Os custos de um edifício com um sistema de módulos estruturais variam de 600 a 700€ e podem ir até 1500 a 1700€, por metro quadrado, sem contabilizar os custos das fundações. Os custos deste tipo de sistema construtivo dependem também dos desejos específicos do cliente e do tipo de qualidade dos acabamentos exigidos ao edifício <sup>[16]</sup>.

Em princípio, este sistema construtivo resulta em custos mais baixos, principalmente devido à racionalização do processo de construção e da produção célere dos módulos; os custos da estrutura são aproximadamente iguais aos de um edifício com um padrão semelhante, construído através de meios convencionais. A pré-fabricação modular empresta vantagens à construção com módulos estruturais, no entanto, existe a desvantagem da duplicação de material desnecessário e a impossibilidade de reutilização dos componentes.

### 2.5.3.1.10 Aspectos ecológicos

Em termos de eficiência ecológica, os módulos estruturais não são particularmente favoráveis. A sua reutilização é muito limitada, até porque certos componentes são adicionados à estrutura de maneira convencional e teria de ser produzida novamente no caso de uma nova montagem da estrutura em novo local. Os elementos construtivos, tal como a fachada, também teriam de ser eliminados.

A flexibilidade e variabilidade de um sistema de construção também devem ser consideradas de acordo com as considerações ambientais. Neste sistema, a estrutura secundária de suporte é essencial o que reduz a flexibilidade e impossibilita alterações estruturais mais tarde, exceto para movimentações de paredes interiores não estruturais.

## 2.5.3.2 Sistemas de contentores estruturais

### 2.5.3.2.1 Definição

No contexto da construção com sistemas de contentores desenvolvido até agora, surgiu a ideia de criar um sistema de construção modular que fosse o mais flexível possível em termos espaciais, estruturais e de design, com um elevado grau de pré-fabricação e baseado nos princípios do contentor.

Já existem sistemas semelhantes de vários fabricantes, mas com flexibilidade e variabilidade reduzida, os sistemas internos são movidos com dificuldade e com limitações estruturais. Além disso, alguns componentes tornam-se redundantes quando os módulos são combinados (paredes duplas, tetos e pavimentos), o que aumenta a quantidade de materiais necessários e reduz o espaço útil.

A fim de otimizar o método de construção com contentores, o arquiteto e professor Han Slawik, desenvolveu o seu próprio sistema de construção utilizando estruturas de contentores. Surgiu assim a ideia de separar a estrutura de suporte dos acessórios não-estruturais <sup>[57]</sup> [FIG. 138].

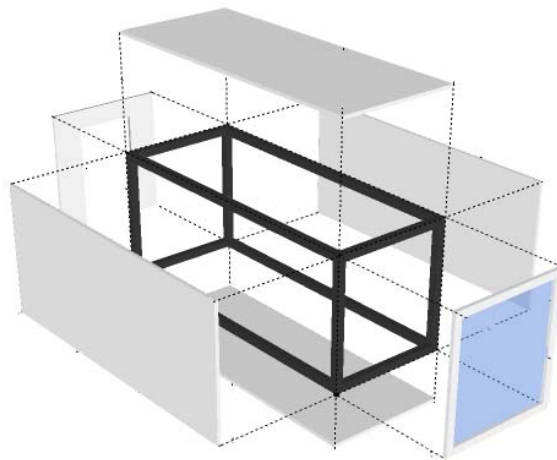


FIG. 138 Exemplo do sistema com um contentor estrutural <sup>[60]</sup>

Este sistema com contentores estruturais está atualmente ainda em desenvolvimento mas destina-se essencialmente a demonstrar o potencial dos sistemas de construção modular baseados em contentores. Este sistema construtivo encontra-se em protótipo mas prevê-se o seu uso em pequena e larga escala, sem nunca comprometer a estabilidade dos edifícios.

### 2.5.3.2.2 Dimensões

Neste sistema construtivo existem duas particularidades, uma delas assenta nas dimensões especificadas nas normas ISO e os cantos de montagem são equipados com elementos que tanto permitem o transporte como facilitam a conexão das várias unidades na construção. As unidades adicionais têm as mesmas dimensões que os contentores ISO e têm usos variados, tais como zonas de acesso, unidades de serviço (salas, sanitários, cozinhas), arrecadações entre outros <sup>[57]</sup>.

### 2.5.3.2.3 Usos

São várias as estruturas que podem ser montadas, através de módulos de suporte. Os elementos de delimitação de espaço podem ser usados para criar espaços de vários tamanhos e alturas, de acordo com os requisitos da utilização (escritórios, estúdios, ateliers, etc.). Ou seja, a variabilidade dos acessórios interiores e a flexibilidade no que diz respeito aos usos, permite a constante mudança conforme as necessidades e os hábitos dos usuários.

### 2.5.3.2.4 Construção

A parte estrutural feita de tubos de aço (quadrado ou retangular) constitui a estrutura de suporte, embora dependendo das exigências do edifício, também possa ser feita em alumínio, madeira ou até materiais compósitos. Os contentores estruturais suportam toda a carga do edifício e por essa mesma razão têm estruturas mais fortalecidas, comparando com os contentores pré-fabricados ou os módulos estruturais.

Relativamente à fachada, existem duas variantes: na primeira, a fachada é montada à frente da estrutura, o que significa que a estrutura é coberta pelos elementos da fachada. Esta variante evita pontes térmicas e obriga a que as dimensões exteriores sejam aumentadas pela espessura do isolamento dos elementos da fachada. Porém, pode haver algumas restrições no transporte, quando existem fachadas pré-montadas.

Quanto à segunda variante, a fachada é instalada ao nível da superfície. Os módulos continuam totalmente transportáveis e podem ser movidos facilmente mais tarde. No entanto, o isolamento térmico dos elementos estruturais deste sistema é essencial e a procura por soluções, ainda está em desenvolvimento <sup>[57]</sup> [FIG. 139 e 140].

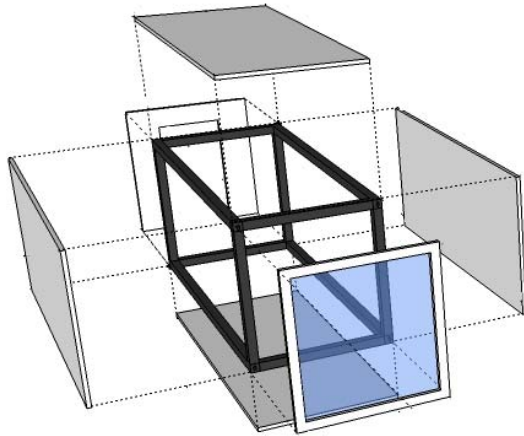


FIG. 139 Fachada à frente da estrutura (variante I) <sup>[160]</sup>

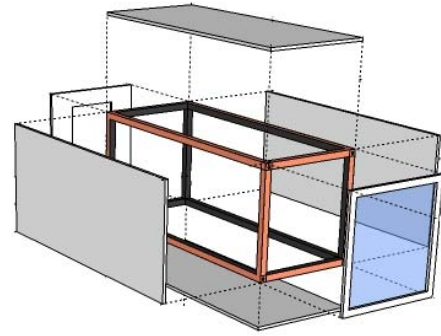


FIG. 140 Fachada ao nível da superfície com isolamento na estrutura (variante II) <sup>[160]</sup>

Nestas estruturas, a estrutura não recebe cargas e funciona apenas como delimitação de espaços. Ou seja, o espaço interior é livre e podem ser criadas ligações horizontais e verticais dentro da mesma estrutura. Ao contrário dos outros sistemas, é possível retirar e montar as estruturas e os acessórios interiores de forma independente da estrutura. Isto significa que a maior parte das alterações estruturais podem ser realizadas durante a fase de construção ou mais tarde. A duplicação dos componentes de superfície, como as paredes, os tetos e os pisos, não ocorrem com este sistema. À semelhança dos sistemas anteriores, também este pode ser produzido numa oficina a fim de minimizar o tempo de construção no local.

Os acessórios interiores não-estruturais e os componentes que delimitam os espaços (pisos, tetos, paredes exteriores e interiores) podem ser pré-fabricados de acordo com as dimensões normalizadas e depois montados, desmontados e montados novamente usando um sistema simples de encaixe.

Estes elementos podem ser escolhidos a partir de um catálogo de componentes normalizados ou então desenhados individualmente conforme o desejo do cliente. A simplicidade da instalação deste sistema, acaba por envolver o cliente no processo de planeamento e construção, tendo este liberdade suficiente para escolher materiais para os elementos não-estruturais (paredes, tetos e pisos), tornando o edifício exclusivo.

Como os contentores estruturais podem ser combinados com elementos de construção existentes no mercado, este sistema considera-se como um sistema construtivo aberto.

A flexibilidade deste sistema permite uma ampla gama de combinações, incluindo módulos adicionais e consente a liberdade de projeto relativamente a materiais, cores e tipos de superfícies. As interligações horizontais e verticais e os espaços abertos transformam o simples empilhamento de contentores em arranjos espaciais e arquitetónicos <sup>[57]</sup>.

#### 2.5.3.2.5 Elementos técnicos

As instalações de ligações técnicas são geralmente integradas dentro das paredes, tornando-as difíceis de alterar ou substituir mais tarde. Por este motivo, é recomendada a utilização de elementos de forma cilíndrica normalizados, com linhas de instalação no seu interior e tomadas elétricas suficientes para abastecer os espaços.

Se não existirem redes de distribuição de serviços ou saneamento, há a possibilidade de adquirir módulos técnicos auxiliares que podem ajudar a proporcionar autossuficiência ao edifício <sup>[57]</sup>.

#### 2.5.3.2.6 Aspetos económicos

O custo de investimento para um sistema construtivo que oferece a máxima flexibilidade e variabilidade, é certamente maior do que para os sistemas construtivos mencionados anteriormente. No entanto, como este sistema ainda está em desenvolvimento e não está disponível no mercado, não é possível definir dados de custos. A qualidade e quantidade do aço da estrutura de suporte, dos isolamentos térmicos e dos acabamentos também influenciam os custos.

No entanto, os custos de investimento devem ser considerados também do ponto de vista da sustentabilidade. Desta forma, os custos iniciais mais elevados poderão compensar as posteriores conversões, extensões e reutilizações da estrutura, dada a facilidade com que o edifício pode ser modificado.

#### 2.5.3.2.7 Aspetos ecológicos

Do ponto de vista ambiental, este sistema construtivo é bastante sustentável e com potencial de desenvolvimento. Tal como acontece com um sistema modular baseado em componentes de construção, todos os componentes estão ligados de maneira a que possam ser separados, removidos ou até reciclados. Dada a flexibilidade do sistema é possível alterar o edifício conforme as necessidades, aumentando ou diminuindo o tamanho da edificação. As paredes internas não são elementos estruturais e o teto só suporta as cargas próprias,

podendo ser alterados conforme a necessidade. Graças à flexibilidade do desenho de fachada, é possível obter uma aparência variada, utilizando materiais favoráveis do ponto de vista ecológico. Este sistema permite ainda renovar a fachada caso haja algum dano ou caso os requisitos relativos ao isolamento térmico se tornem mais rigorosos <sup>[57]</sup>.

A vida útil dos elementos construtivos deve ser cuidadosamente considerada: em determinadas situações, a estrutura de aço poderá ainda estar intacta após a remoção dos acessórios e pode ser utilizada como estrutura base. É um sistema que embora ainda em desenvolvimento, promete ser económico e bastante sustentável.

## 2.6 Viabilidade estrutural dos contentores

### 2.6.1 Introdução

Este capítulo tem como objetivo, analisar o comportamento das estruturas compostas por contentores, a forma como lidar com as unidades e como alterar ou ajustar a estrutura das mesmas, de acordo com a sua nova finalidade no projeto de Arquitetura.

### 2.6.2 A construção com unidades

Os edifícios construídos com contentores marítimos deverão cumprir todos os requisitos exigidos pelo Regulamento Geral de Edificações Urbanas (RGEU), à semelhança de uma construção convencional, bem como cumprir as exigências pessoais do proprietário.

### 2.6.3 Contentores marítimos

Os contentores marítimos são estruturas autoportantes e tal como já mencionado, estão disponíveis em dimensões e tipos específicos, sendo a sua principal função conter e proteger mercadorias. Os contentores possuem normas internacionais ISO específicas de modo a uniformizar o seu transporte e utilização, no entanto, as únicas partes realmente normalizadas são as peças de canto ou de montagem, o seu local exato e a forma como elas são colocadas. Os restantes elementos ficam à responsabilidade do designer e dos requisitos do cliente. Por esta razão, sempre que se adquirem contentores como elementos para o projeto de Arquitetura, convém estudar as suas especificidades essenciais à estabilidade estrutural (peso próprio do contentor, capacidade de carga, etc.) <sup>[24]</sup> [FIG. 141 e 142].



FIG. 141 e 142 Especificações do contentor: peso próprio e capacidade de carga [M. Bochove, 2008] <sup>[142]</sup>

## 2.6.4 Ensaio de cargas ISO e cálculos estruturais

Todos os requisitos exigidos aos contentores marítimos estão especificados nas diferentes normas ISO, desde as suas dimensões às suas capacidades de carga [ver ANEXO 1]. Quando os contentores estão em concordância com as normas internacionais, são certificados pela ISO que comprova as suas capacidades segundo ensaios de carga <sup>[12]</sup>.

Se não existirem alterações estruturais nos contentores ISO, é possível aceitar o contentor como um módulo construtivo, seguindo as especificações acerca das capacidades de carga e a sua tolerância à deformação. Os ensaios de carga testam a deformação elástica do contentor, quando utilizado para fins de carga, de movimentação e/ou empilhamento. Estes ensaios de carga ISO e os cálculos estruturais podem também ser usados para demonstrar que um edifício construído com contentores, atende às exigências estruturais das edificações convencionais <sup>[24]</sup> [FIG. 143, 144 e 145].



FIG. 143, 144 e 145 Ensaio de carga ISO e medição das eventuais deformações [Staxxon, 2010] <sup>[143]</sup>

## 2.6.5 Composição estrutural de contentores

A construção com contentores assemelha-se bastante às construções com *Legos*, onde as peças são os contentores e onde a imaginação é o limite. Existe um número quase infinito de composições com contentores, seja através da união ou do empilhamento de contentores. Ao construir com contentores é necessário ter em conta as conexões entre eles e principalmente a estabilidade estrutural do conjunto (Kotnik, 2009) [FIG. 146 e 147].

Como em qualquer construção convencional, as cargas verticais derivadas do peso da construção e as cargas horizontais resultantes da força do vento, necessitam de ser transmitidas às fundações através dos elementos estruturais. No entanto, estas cargas necessitam de ser calculadas por profissionais, tendo como base as especificações ISO dos contentores.

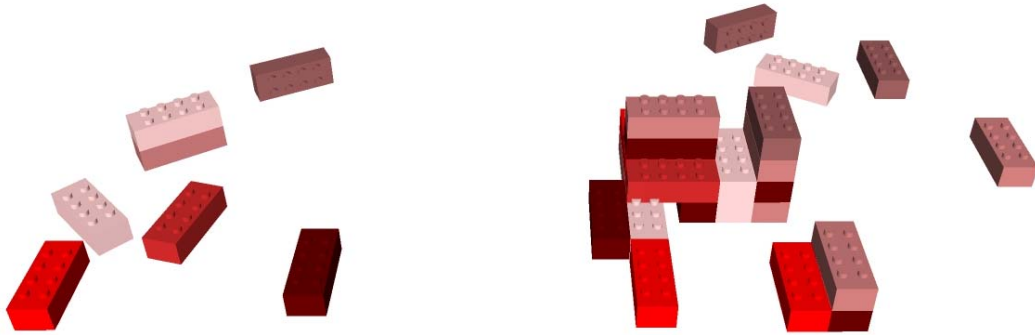


FIG. 146 e 147 As construções com contentores assemelham-se a construções com *Legos*, onde as composições arquitetônicas são praticamente infinitas <sup>[160]</sup>

### 2.6.6 Adaptação dos contentores

As adaptações dos contentores são necessárias principalmente quando estes são utilizados para outros fins que não transportar bens ou mercadorias. Após a adaptação, a certificação ISO do contentor perde a sua validade <sup>[24]</sup>. No entanto, a funcionalidade estrutural de cada unidade deve ser testada, de modo a garantir a estabilidade de toda a construção.

Ao adaptar os contentores, é preciso calcular a resistência e a possível percentagem de deformação da estrutura. A estrutura original do contentor pode ser usada como estrutura de suporte da construção e caso não cumpra os requisitos de segurança, ser reforçada com outros elementos estruturais <sup>[9]</sup>.

### 2.6.7 Conclusão

É possível utilizar contentores marítimos como elementos construtivos, quando se alia a sua capacidade estrutural à criatividade do arquiteto. No entanto, as adaptações na estrutura dos contentores obrigam a que se calculem novamente as suas capacidades de carga e de deformação antes de os introduzir como elementos estruturais na construção.

A sua forma inevitavelmente modular, a sua capacidade compositiva e o seu desenho característico, introduzem assim um novo denominador na Arquitetura.

## 2.7 O contentor e a Arquitetura

### 2.7.1 Introdução

Graças à resistência e à estrutura modular do contentor, rapidamente lhe atribuíram novas funções, nomeadamente como elemento estrutural no projeto de Arquitetura. Aliás, os contentores marítimos têm muitas características que tornam conveniente o seu uso na Arquitetura. São pré-fabricados, resistentes, económicos, moduláveis e mais importante, reutilizáveis. Mas será o projeto com contentores, considerado Arquitetura?

### 2.7.2 Firmitas, Utilitas, Venustas?

Considerando Vitruvius e os três pilares fundamentais da Arquitetura clássica (Firmitas, Utilitas e Venustas) pode-se garantir que o contentor tem o que é preciso para ser reutilizado no projeto de Arquitetura. A *Firmitas*, relacionada com o caráter estrutural da obra é facilmente reconhecível no contentor, na sua estrutura modular e resistente; tal como a *Utilitas*, nas medidas exatas do contentor, ao desempenhar a sua função de transporte de mercadorias, e que ao ser reutilizado, torna-se facilmente um espaço habitável. O único princípio questionável será a *Venustas*, associada à beleza e à apreciação estética, que não sendo tão gratuito como os anteriores, é onde o arquiteto é mais preciso.

### 2.7.3 O uso dos contentores

O uso dos contentores adequa-se no projeto de Arquitetura essencialmente quando há necessidade e urgência na procura de soluções espaciais. Normalmente, a disponibilidade e flexibilidade dos contentores é aliada eficazmente aos projetos temporários. No entanto, os projetos temporários nem sempre obtêm a qualidade arquitetónica devida e a repetição compositiva leva ao risco de monotonia arquitetónica.

Antigamente, a construção baseada em contentores era vista negativamente pois eram soluções provisórias, sem o mínimo de condições de habitabilidade e sem qualquer tipo de adaptação para fins habitacionais. No entanto, os recentes exemplos de projetos com contentores mostram soluções altamente inovadoras e sustentáveis, inteiramente de acordo com os requisitos de habitabilidade. O contentor já não é visto como lixo mas sim como um elemento individual, único e insubstituível no projeto <sup>[24]</sup> [FIG. 148, 149 e 150].



FIG. 148, 149 e 150 Contentor Maersk e a sua adaptação no projeto *Children's Activity Centre*, de Phooney Architects (Melbourne, Australia) [e-architect, 2008] <sup>[144]</sup>

O uso de contentores na Arquitetura é fortemente influenciado pela utilização prevista para o edifício e pelos desejos do cliente. A função do edifício desempenha um papel importante no desenho projetual do edifício com contentores, embora os aspetos económicos e a vida útil do edifício também possam pesar na balança (Kotnik, 2009).

De modo a analisar alguns exemplos de projetos de reciclagem de contentores, proceder-se-á à sua classificação conforme os diferentes usos. Existem os edifícios públicos, os edifícios de escritórios, habitações temporárias e extensões de habitação. O simbolismo associado ao contentor marítimo, em particular ao seu papel no comércio mundial, é utilizado para motivar uma imagem comercial em determinados eventos, instalações e ou espaços de arte. Uma forma especial de contentores inseridos na Arquitetura, passa pela reprodução de contentores através de métodos convencionais, roubando a estética e as características estruturais aos contentores marítimos. Este sistema construtivo de "imitação" de contentores é menos eficiente do ponto de vista sustentável e económico, pois contraria o método da pré-fabricação.

### 2.7.3.1 Edifícios públicos

Aparentemente, a utilização de contentores em edifícios públicos pode por vezes parecer inapropriada mas os projetos já realizados demonstram que quando existe uma abordagem inovadora combinada com a estrutura modular e flexível do contentor, surgem soluções arquitetónicas bastante interessantes.

Um bom exemplo disso é o projeto *Cruise Center* dos Renner Hainke Wirth Architekten, em Hamburgo (Alemanha). Os RHWA projetaram este terminal de cruzeiros tendo em conta dois elementos familiares marítimos: os tradicionais contentores marítimos e a lona branca das velas das embarcações. Os contentores foram pintados com cores vivas, criando um ambiente colorido à semelhança dos portos ou dos navios porta-contentores. Os

contentores funcionam como fachada e alguns ainda têm uma segunda funcionalidade, com espaços técnicos no seu interior <sup>[25]</sup> [FIG. 151 e 152].

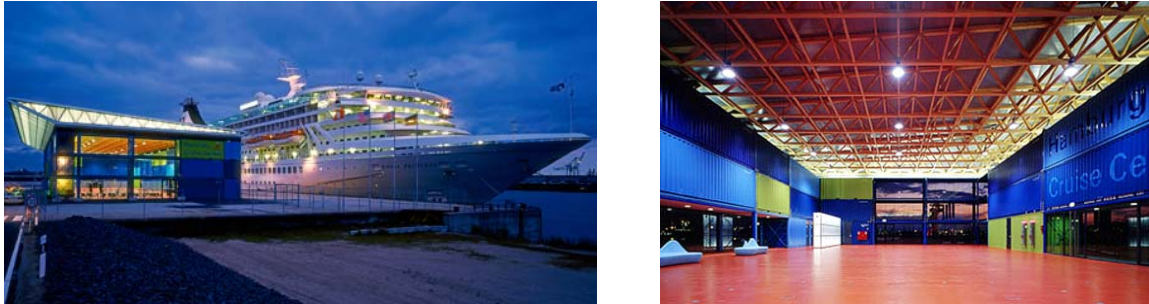


FIG. 151 e 152 *Cruise Center*, de Renner Hainke Wirth Architekten (Hamburgo, Alemanha) [Der Blaue Hummer, 2010] <sup>[145]</sup>

### 2.7.3.2 Escritórios e edifícios administrativos

Os escritórios ou edifícios administrativos são por natureza, edifícios simples onde a eficiência e eficácia é exigida desde a estrutura à organização do espaço interior. Talvez por isso, a geometria modular seja uma ferramenta essencial no projeto construtivo, onde os contentores complementam esse processo.

O projeto *Bornack Drop Stop Training Center* dos Patzner Architekten em Marbach am Neckar (Alemanha), é uma conversão de uma antiga fábrica com sistemas a vapor (construída em 1939 e encerrada em 1951). Patzner converteram este edifício antigo num centro de treinamento e em escritórios. Os contentores agem como elementos que funcionam por si, aliados à estrutura já existente da fábrica e atualmente reforçada com pontes e escadas de acesso <sup>[26]</sup> [FIG. 153, 154 e 155].

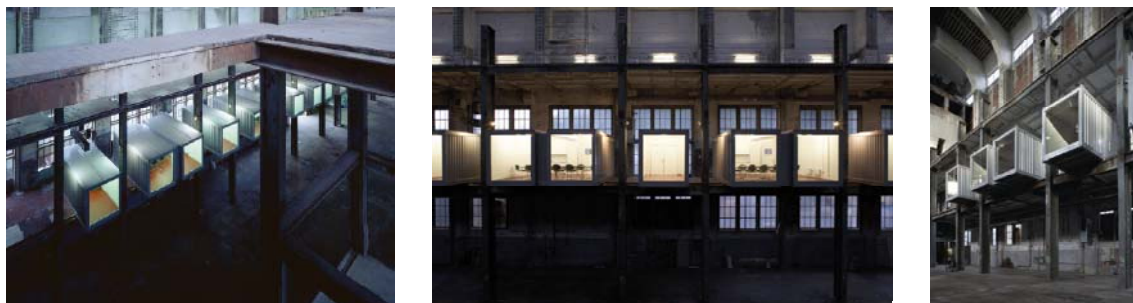


FIG. 153, 154 e 155 *Bornack Drop Stop Training Center* dos Patzner Architekten (Marbach, Alemanha) [Patzner Architekten, 2007] <sup>[146]</sup>

### 2.7.3.3 Habitação

As construções com contentores, quer sejam a curto ou a longo prazo, têm várias vantagens, pois além dos contentores serem estruturas altamente resistentes está a reutilizar-se um produto já existente e a diminuir a pegada ecológica.

Existem projetos bastante interessantes do ponto arquitetónico, como é o caso do projeto do *Chalet du Chemin Brochu* de Pierre Morency Architecte, no Quebec (Canadá). Este projeto é constituído por três contentores marítimos camuflados por uma estrutura em madeira que confere ao edifício um aspeto tradicional e uma ligação com o envolvente <sup>[27]</sup> [FIG. 156, 157 e 158].



FIG. 156, 157 e 158 *Chalet du Chemin Brochu* de Pierre Morency Architecte (Quebec, Canadá) [PMA, 2010] <sup>[147]</sup>

Outro excelente exemplo é a *Infiniski Manifesto House*, de James & Mau Architects em Curacavi (Chile). Esta casa de 160 metros quadrados tem como base contentores marítimos, camuflados criativamente por paletes de madeira, removíveis conforme a estação do ano. Estes elementos reutilizados contribuem não só para diminuir a pegada ecológica como para elevar a qualidade gráfica dos mesmos, na composição arquitetónica final. Esta casa utiliza material reciclado e/ou material amigo do ambiente <sup>[28]</sup> [FIG. 159, 160 e 161].

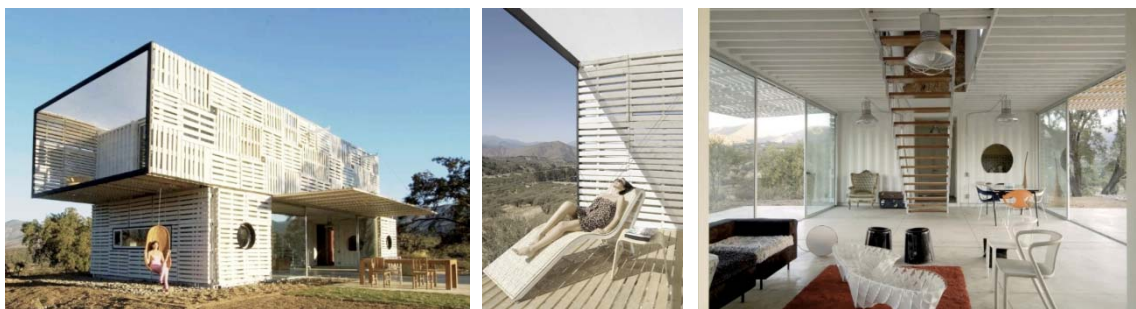


FIG. 159, 160 e 161 *Infiniski Manifesto House*, de James & Mau Architects (Curacavi, Chile) [Archdaily, 2009] <sup>[148]</sup>

Por fim, um exemplo de habitação coletiva é a residência universitária, especialmente projetada para estudantes, *Qubic Amsterdam* de HVDN Architecten, em Amsterdão (Países Baixos). Este edifício embora seja temporário, foi projetado para parecer o contrário. O projeto inclui 715 dormitórios, 72 apartamentos, um navio convertido em dormitórios, ateliers, bares e restaurantes. Este projeto é constituído por contentores pré-fabricados empilhados e resguardados por dois painéis pré-fabricados, que conferem robustez, ventilação vertical e originalidade na composição da fachada <sup>[29]</sup> [FIG. 162, 163 e 164].



FIG. 162, 163 e 164 *Qubic Amsterdam* de HVDN Architecten (Amsterdão, Países Baixos) [Rodney Nelson, 2009] <sup>[149]</sup>

#### 2.7.3.4 Edifícios sociais

Os projetos de edifícios sociais também tiram partido dos benefícios que os contentores trazem à construção, principalmente das vantagens económicas onde os custos de aquisição de contentores são relativamente baixos.

O projeto *Bed by Night* de Han Slawik, em Hanover (Alemanha) funciona como alojamento temporário e serviços sociais, para crianças de rua. A combinação de contentores marítimos e contentores pré-fabricados, numa composição de cor e formas, revela a identidade dos principais usuários do edifício: as crianças <sup>[30]</sup> [FIG. 165 e 166].



FIG. 165 e 166 *Bed by Night*, de Han Slawik (Hanover, Alemanha) [Bellostes, 2002] <sup>[150]</sup>

### 2.7.3.5 Edifícios comerciais

Os contentores, como anteriormente mencionado, são frequentemente associados aos edifícios comerciais graças ao seu papel no comércio internacional e devido à sua imagem flexível.

Um dos projetos mais conhecidos da Arquitetura com contentores é o *Puma City*, de Ada Tolla e Giovanni Lignano (LOT-EK). Constituído por vários contentores, a estrutura é sobreposta em 3 níveis. No entanto, cria a sensação que é um único volume que se fragmenta para criar os vãos e balanços <sup>[31]</sup> [FIG. 167-172].

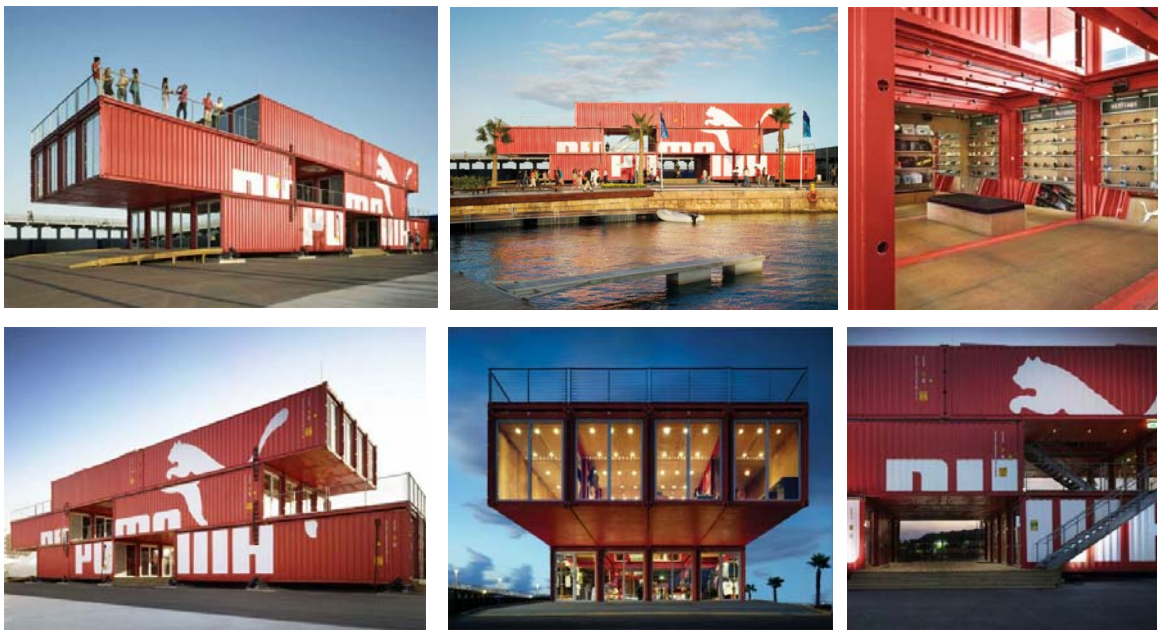


FIG. 167, 168, 169, 170, 171 e 172 *Puma City*, dos LOT-EK (Boston, USA) [Archdaily, 2008] <sup>[151]</sup>

Outro exemplo são as lojas Uniqlo em Osaka (Japão) e Nova Iorque (EUA), *Uniqlo Flagship* e o *Uniqlo Pop-Up Stores* dos mesmos LOT-EK. Trata-se de simples contentores, com rasgos verticais que funcionam como entradas de luz e em que o interior se assemelha em tudo a uma loja convencional <sup>[32]</sup> [FIG. 173, 174 e 175].



FIG. 173, 174 e 175 *Uniqlo Pop-Up Stores*, LOT-EK (Osaka e NY) [LOT-EK, 2009] <sup>[152]</sup>

### 2.7.3.6 Eventos e exposições

Existem benefícios substanciais na reutilização de contentores e na adaptação destes a estruturas capazes de desafiar as normas espaciais de galerias tradicionais. Sendo o contentor um elemento móvel, sustentável e de fácil acesso, facilita a aproximação da cultura à própria população.

O projeto *Platoon Kunsthalle Seoul* dos Platoon and Graft Architects, em Seoul (Coreia), é um espaço de 950 metros quadrados dedicados principalmente a eventos, exposições e estúdios de arte. Composto por 28 contentores marítimos empilhados e soldados, pode ser desmontado e montado noutra local, sem quaisquer prejuízos estruturais [33] [FIG. 176, 177 e 178].



FIG. 176, 177 e 178 *Platoon Kunsthalle*, Platoon and GA (Seoul, Coreia) [Archdaily, 2009] [153]

Um exemplo fantástico da flexibilidade dos contentores como elementos espaciais é o projeto *Bohen Foundation*, dos LOT-EK, em Nova Iorque (EUA). Este edifício funciona como uma galeria de arte contemporânea que se dedica à exposição de trabalhos de artistas que devido à sua escala ou complexidade não pode ser exposta em galerias “normais”. Este projeto utiliza oito contentores marítimos que são movidos conforme a necessidade das exposições e funcionam como espaços técnicos (escritório, livraria, *lounge*, etc.) [32] [FIG. 179, 180 e 181].

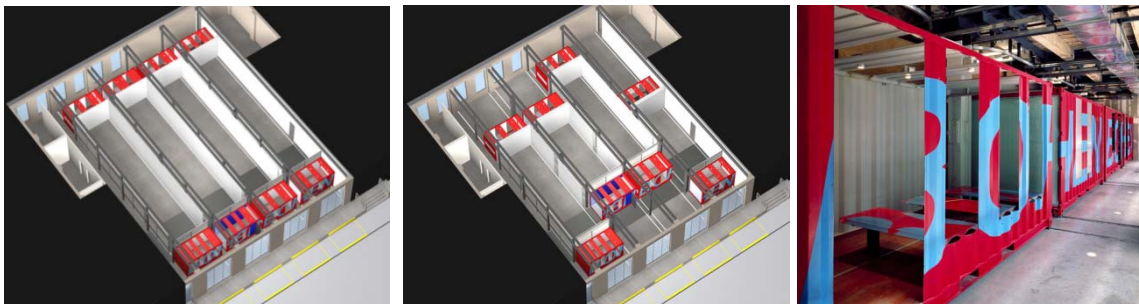


FIG. 179, 180 e 181 *Bohem Foundation*, LOT-EK (Nova Iorque, EUA) [LOT-EK, 2002] [152]

### 2.7.7 Arte e elementos marcantes

Além dos usos arquitetônicos, os contentores marítimos também são reaproveitados como matéria-prima para obras de arte e elementos marcantes. Um exemplo curioso e original é a instalação *Self Contained* do artista sueco Michael Johansson. Johansson além de utilizar contentores marítimos reciclados, serve-se também de veículos e paletes, numa combinação arquitetônica de formatos, cores e texturas <sup>[34]</sup> [FIG. 182, 183 e 184].



FIG. 182, 183 e 184 Instalação *Self Contained*, de Michael Johansson [inhabitat, 2010] <sup>[154]</sup>

*Container Origami* parte da transformação de um contentor marítimo de 40' numa obra de arte, baseada na arte do *Origami* (arte tradicional japonesa de dobrar papel). Esta escultura foi realizada por Wouter Roeterink, Ron Nout, Femke Bijlsma e Allard Roeterink para a *Folly Competition*, em Roterdão (Países Baixos), quando capital europeia da Arquitetura em 2007 <sup>[35]</sup> [FIG. 185, 186 e 187].



FIG. 185, 186 e 187 *Container Origami*, de Wouter Roeterink, Ron Nout, Femke Bijlsma e Allard Roeterink (Roterdão, Holanda) [duimdog, 2007] <sup>[155]</sup>

Por fim, um exemplo escultórico que funciona como observatório público, o *OceanScope* do AnL Studio, em Incheon (Coreia do Sul). A estrutura feita com contentores marítimos reciclados, está posicionada em vários ângulos (10°, 30° e 50°) de modo a permitir a observação do pôr do sol, de diferentes pontos de vista <sup>[36]</sup> [FIG. 188, 189 e 190].



FIG. 188, 189 e 190 *OceanScope*, do AnL Studio (Incheon, Coreia do Sul) [Archdaily, 2010] <sup>[156]</sup>

### 2.7.8 Contentores aparentes

Os contentores aparentes são construídos de modo convencional, de modo a parecem contentores, embora não o sejam. Os edifícios com contentores aparentes, apenas se servem dos aspetos estéticos e estruturais destes, utilizando-os apenas como elementos secundários. O uso de réplicas de contentores não deixa de ser estranho do ponto de vista arquitetónico, até porque o método de construção destes é relativamente ineficiente e não sustentável.

O projeto *Sjakket Youth Centre*, dos PLOT = JDS + BIG, em Copenhaga (Dinamarca), utilizou uma antiga fábrica de 2000 metros quadrados e transformou-a num centro cultural. Devido às rigorosas regulamentações locais a estrutura original não foi modificada, no entanto foi possível fazer o aproveitamento da cobertura, sendo pautada por uma espécie de contentor vermelho, numa forte combinação visual <sup>[37]</sup> [FIG. 191-197].



FIG. 191, 192, 193, 194, 195, 196 e 197 *Sjakket Youth Centre*, PLOT = JDS + BIG, (Copenhaga, Dinamarca) [archdaily, 2009] <sup>[157]</sup>

Outro projeto com contentores aparentes é o *Wismar Technology and Research Center*, de Jean Nouvel + Ziebell & Partner em Wismar (Alemanha). O edifício em forma de U com dois andares e 5500 metros quadrados, possui na sua cobertura uma série de contentores aparentes que funcionam como escritórios, salas de conferência e espaços para serviços. Esta espécie de contentores apenas é utilizada pela sua componente estética e em consonância com a área portuária onde se situa. Estes contentores não têm a flexibilidade dos contentores marítimos, não podendo ser desmontados nem transportados <sup>[38]</sup> [FIG. 198 e 199].



FIG. 198 e 199 *Wismar Technology and Research Center*, de Jean Nouvel + Ziebell & Partner (Wismar, Alemanha) [Ziebell + Partner, 2003] <sup>[158]</sup>

### 2.7.9 Projetos conceptuais

Os projetos apresentados anteriormente utilizam os diversos tipos de contentores como elementos construtivos no projeto de Arquitetura, no entanto há cada vez mais projetos conceptuais que enfatizam as principais características dos contentores (mobilidade, flexibilidade, etc.), elevando o contentor a conceitos futuristas.

O projeto *Containing Light Mobile Unit* da Eer Architectural Design, é um stand de exposição móvel da companhia de iluminação Kreon. Este projeto utiliza um contentor marítimo como invólucro dinâmico, que revela no seu interior um espaço arquitetónico onde a iluminação define espaços. Este stand de 40' é transportado normalmente por camião, conforme a localização das exposições (Kotnik, 2009) [FIG. 200, 201 e 202].



FIG. 200, 201 e 202 *Containing Light Mobile Unit*, da Eer Architectural Design [Container Architecture, 2010] <sup>[48]</sup>

O *Mobile Dwelling Unit* ou MDU da LOT-EK, é um protótipo de uma habitação rebocável que contém toda a infraestrutura necessária para uma pessoa viver/trabalhar. É destinado a pessoas que se deslocam muito mas que estejam num local por um longo período de tempo que não compense viver num hotel, e um curto período de tempo que não compense estabelecer-se no local permanentemente.

O MDU é um contentor marítimo de 40' modificado. A fachada tem aberturas que acondicionam vários módulos, que deslizam para fora do contentor, como gavetas e que criam um interior espaçoso, para quando está a ser utilizado. Cada módulo tem uma função particular, permitindo aos habitantes dormir, trabalhar ou cozinhar.

Durante o transporte, os módulos são novamente empurrados para o interior do contentor e o MDU assemelha-se a qualquer outro contentor. O interior dos contentores e os módulos são fabricados inteiramente de madeira e madeira revestida a plástico, incluindo todos os equipamentos e mobiliário. A luz natural entra no MDU através das janelas cortadas horizontalmente.

O MDU foi projetado para compor um complexo sistema, onde se armazenam os vários MDUs. Este sistema vertical de aço funciona como uma prateleira de MDUs, com escadas, elevadores e outros sistemas (água, eletricidade, esgoto). Os MDUs são colocados no seu lugar específico através de um guindaste e conforme o armazenamento dos MDUs, esta estrutura está em constante alteração (Kotnik, 2009) [FIG. 203, 204 e 205].



FIG. 203, 204 e 205 *Mobile Dwelling Unit/ MDU*, dos LOT-EK [LOT-EK, 2003] <sup>[152]</sup>

Outro projeto conceptual interessante é o *PROgram CONTainers (Pro/CON)* de Jones Partners, um sistema bem definido de habitação em contentores que reconhece as qualidades intrínsecas do contentor, como a sua mobilidade, flexibilidade, robustez, pré-fabricação, modularidade, etc. É devido a estas características, que o contentor é usado como elemento no planeamento de um edifício, mantendo-se a integridade tetónica. Várias aplicações se desenvolveram a partir do *Pro/COM*, incluindo a série *Package Home*.

Existem 3 protótipos *Package Home*: *Tower*, *Ranch House* e *Stack House*. A *Tower* (em português, Torre) é constituída por 14 contentores empilhados ao longo de 7 pisos e é destinada a acomodar estudantes. Toda a composição assenta num anel giratório, que faz girar a *Tower*, conforme necessário. Ao centro, um espaço vertical vazio percorre a altura do edifício e é circundado por escadas que dão acesso às unidades de contentores. Não existem pisos fixos, mas podem existir conforme surja a necessidade (Kotnik, 2009) [FIG. 206 e 207].

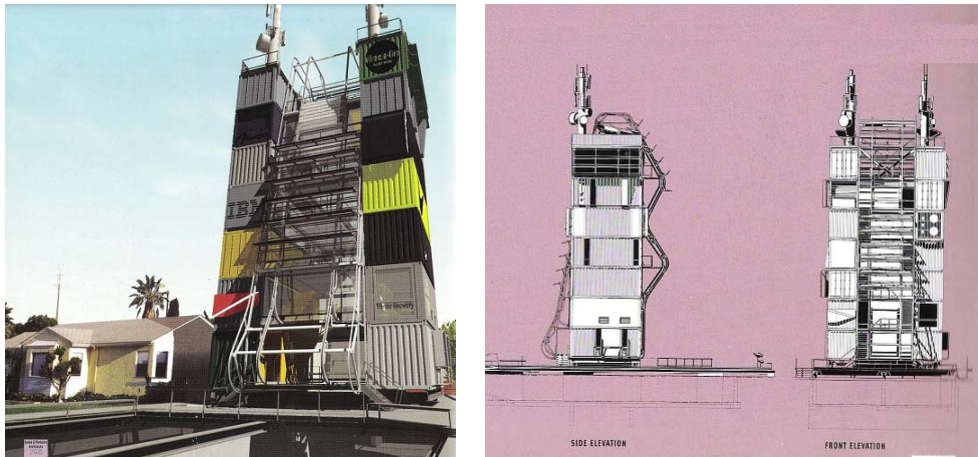


FIG. 206 e 207 *Package Home Tower*, Jones Partners [Container Architecture, 2009] <sup>[48]</sup>

## 2.8 Conclusões

A imagem negativa da construção com contentores que existia, devido à sua estrutura temporária e de baixa qualidade já foi revertida há muito. Atualmente, a maneira como os contentores são utilizados na construção como módulos construtivos parece abrir o caminho a um modo criativo e quase lúdico de trabalhar com o espaço modular.

É através dos numerosos e diversos exemplos de projetos de arquitetura que se demonstra claramente que os contentores são módulos complexos que oferecem soluções para uma série de usos. As várias soluções arquitetônicas que envolvem contentores, algumas delas bastante inovadoras, demonstram um alto nível de qualidade e consistência. No entanto, o desenvolvimento dessas soluções espaciais inteligentes, exigem sempre a supervisão dos arquitetos e/ou engenheiros civis.

Este capítulo II de caracterização dos contentores, funcionará como uma ferramenta de apoio ao projeto, quando a reciclagem de contentores é considerada em termos de desenho espacial, funcional e racional. A fim de conformar espaços arquitetônicos através do módulo do contentor, torna-se necessário desenvolver um estudo das teorias de coordenação modular de modo a elaborar uma proposta de arranjos espaciais e modulares no projeto de Arquitetura.

## CAPÍTULO III

---

### A TEORIA DA COORDENAÇÃO MODULAR

#### 3.1 Introdução

A Teoria da Coordenação Modular é um tema bastante amplo e poderia por si só ser objeto de um trabalho desta índole. Porém, este capítulo não tem como objetivo focar este assunto detalhadamente, mas traçar em linhas gerais os seus princípios fundamentais para que possam ser utilizados como ferramenta para o desenvolvimento de uma proposta de arranjos espaciais que contribuam para a sustentabilidade da construção, tendo em conta o contentor como unidade/módulo.

A Coordenação Modular em Arquitetura pode ser definida como um método ou sistema de projetar, em que os elementos construtivos estão dimensionados mediante uma unidade de medida comum, que estabelece uma relação de dependência entre estes elementos e o edifício. A esta unidade de medida, chama-se módulo.

Embora este capítulo seja de estudo e exposição das teorias da coordenação modular, optou-se por introduzir-se uma componente prática associada à utilização do contentor como medida modular, na definição dos diferentes conceitos modulares.

#### 3.2 Aspetos históricos da coordenação modular

Antes de conhecer os seus princípios fundamentais, torna-se necessário abordar e analisar a Coordenação Modular a partir de uma breve pesquisa histórica sobre a sua origem e a sua utilização, bem como dos aspetos importantes diretamente relacionados com a aplicação do método industrial à construção.

A palavra “módulo” tem origem no latim *modulu* e significa “medida reguladora das proporções de uma obra arquitetónica” ou “quantidade que se toma como unidade de qualquer medida”. Historicamente, o uso do módulo aparece na Arquitetura numa interpretação clássica dos gregos, sob um carácter estético; e dos romanos, sob um carácter funcional (Baldauf, 2004).

### 3.2.1 Os gregos

A modulação clássica grega é exclusivamente de caráter estético. Para os gregos, o módulo era a medida reguladora das proporções de uma construção, sendo o principal objetivo alcançar a harmonia entre todos os componentes do edifício. A beleza e a harmonia, eram alcançadas através da proporção dos elementos das ordens gregas.

Como unidade básica das dimensões era utilizado o diâmetro da coluna. A partir desse módulo, criavam-se todas as demais dimensões, não só da própria coluna - como o fuste, o capitel e a base -, mas de todas as demais dimensões da obra arquitetônica [FIG. 208 e 209].

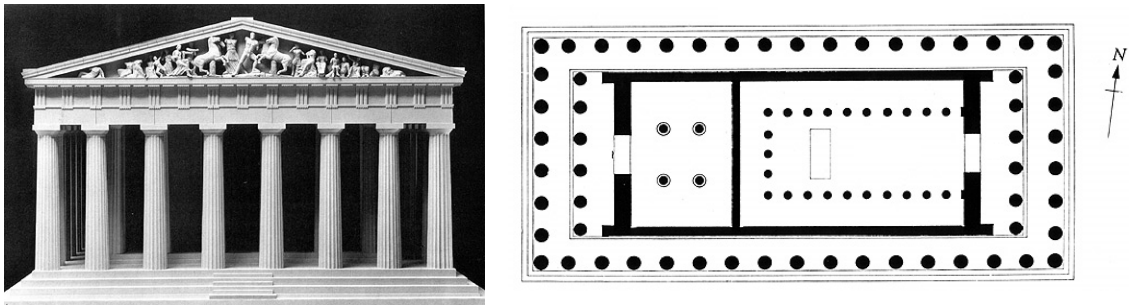


FIG. 208 e 209 Fachada principal do Parthenon e planta térrea (Atenas, Grécia) [Shaw, 2000] [159]

O espaço entre as colunas também se baseava no diâmetro delas, e a distância entre as colunas da esquina das edificações gregas é, um excelente exemplo do conflito entre ritmo arquitetônico e exigências estruturais [FIG. 210].

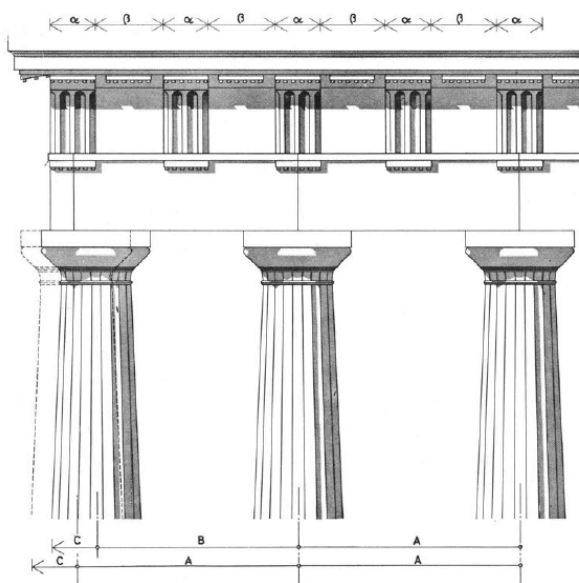


FIG. 210 Vãos normais e de esquina na Arquitetura Grega (Nissen, 1976) [43]

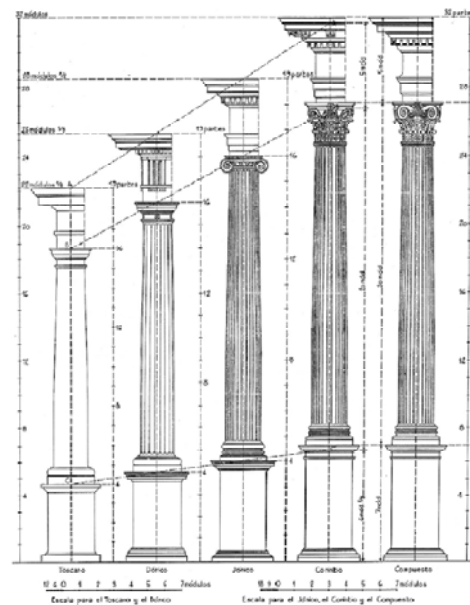


FIG. 211 As ordens gregas segundo Viñola (Viñola, 1948) [43]

No entanto, sendo o diâmetro das colunas a dimensão moduladora da arquitetura grega, o tamanho das colunas poderia variar conforme o edifício, pois os gregos não consideravam apenas uma medida absoluta mas sim uma medida relativa, embora a proporção entre o diâmetro e a altura fosse sempre a mesma (Bregatto, 2010). Sendo assim, as ordens gregas - toscana, dórica, jônica, coríntia e composta - não se apoiavam numa unidade de medida constante, mas cada uma seguia as suas proporções [FIG. 211].

### 3.2.2 Os romanos

Os romanos eram bastante práticos e isso refletiu-se na adoção de um módulo de caráter estético-funcional, baseado num sistema de medidas de base antropométrica. Assim, o módulo utilizado pelos romanos para garantir a proporção e a harmonia das construções, eram por exemplo: os pés, os braços, etc. Acreditavam que o módulo criado a partir das medidas do homem era o mais adequado, visto que as construções eram para o homem e para as suas atividades (Bregatto, 2010).

Exemplo disso é o planeamento das cidades ou o projeto dos edifícios, que obedeciam a uma malha modular baseada no passus romano, uma unidade de medida antropométrica baseada no tamanho do pé. É o exemplo do traçado da cidade de Emona, baseado num módulo de 60 passus, originando um reticulado de 360 passus x 300 passus, dando à cidade uma proporção de 6:5<sup>[43]</sup> [FIG. 212].

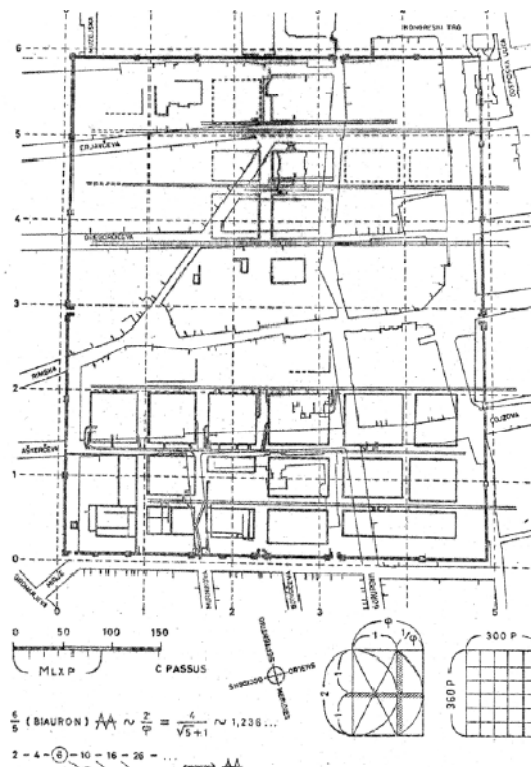


FIG. 212 Cidade de Emona (CCB, 1972)<sup>[43]</sup>

Uma das mais importantes características dos sistemas dimensionais romanos no que diz respeito à composição, consiste no que Vitruvius chamava de *ratio symetriarum*, ou seja, na relação matemática estável das partes entre si e de cada parte com o todo. Por exemplo, os tamanhos modulares dos componentes construtivos romanos eram pequenos múltiplos de várias unidades padrão. Portanto, também as composições de componentes romanos eram somas e múltiplos de várias unidades padrão de medidas, mas nenhuma unidade padrão constituía um módulo-base, ou um submódulo, ou um multimódulo (Baldauf, 2004).

Concluindo, os romanos aplicaram uma modulação flexível desde o pequeno componente até a grande cidade.

### 3.2.3 Da Revolução Industrial à aplicação da Coordenação Modular

A partir da Revolução Industrial, em meados do século XVIII, o módulo volta a ser usado aliado às mudanças tecnológicas que tiveram um enorme impacto no processo produtivo, tanto a nível económico como social.

Neste panorama da invenção da máquina a vapor, a história da arquitetura moderna confunde-se com a história da industrialização, pois a necessidade de edifícios industriais maiores e mais resistentes exigiam o uso de novos materiais, como o ferro fundido e o vidro, dando forma à arquitetura que é reconhecida como a arquitetura moderna (Baldauf, 2004). Surge assim um novo conceito dentro da produção arquitetónica, a produção industrial, com a produção de elementos construtivos em maiores quantidades, em tamanhos e formas padronizadas, que aceleram o ritmo da construção e evitam o desperdício de materiais. A produção arquitetónica deixou de se centrar no homem, para se centrar na máquina (Bregatto, 2010).

É nesta época que surge a primeira aplicação da Coordenação Modular, através do projeto do Palácio de Cristal, de Joseph Paxton, construído entre 1850 e 1851, servindo para albergar a Exposição Universal de Londres.

A sua construção só foi possível graças ao estudo rigoroso e detalhado de todos os elementos da construção, do método de produção, do sistema de montagem, do tempo de construção e do rigoroso controlo dos custos. Os elementos utilizados foram projetados para serem produzidos em massa, com as técnicas de fundição existentes na época, permitindo a sua montagem e desmontagem. Com uma área de 71.500 m<sup>2</sup>, foi inteiramente construído com componentes pré-fabricados produzidos e montados no próprio local. O elemento condicionador da escolha do módulo foi o vidro, aplicado em grandes placas, cuja medida máxima de fabricação era de 8 pés (cerca de 240 cm), dimensão esta que determinou o

reticulado da malha. Os múltiplos do módulo (24, 48, 72 pés - cerca de 720 cm, 1440 cm, 2160 cm, respetivamente) determinaram as posições e as dimensões de todas as peças [FIG. 213, 214 e 215].

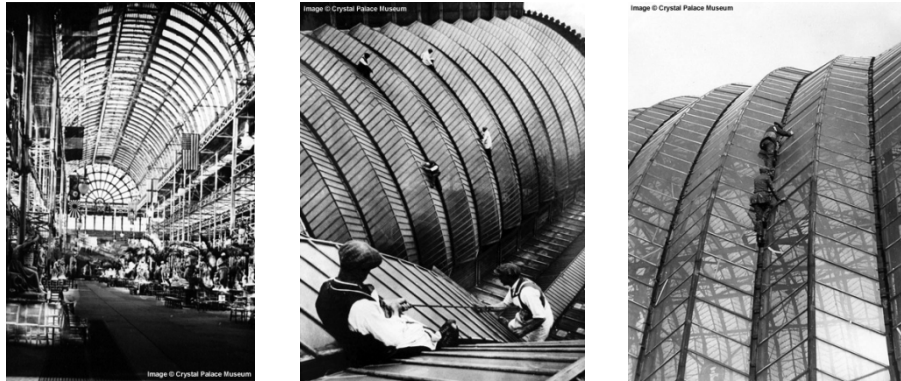


FIG. 213, 214 e 215 Palácio de Cristal, de Joseph Paxton [Crystal Palace Museum, 1920] <sup>[160]</sup>

Poucos anos depois, inúmeras estruturas semelhantes ao Palácio de Cristal foram erguidas em todo o mundo. Infelizmente o que à primeira vista parecia uma vitória da pré-fabricação, largamente aceite e difundida, foi abandonada na segunda metade do século para ser retomada somente quase um século depois.

### 3.2.4 O século XX

Através da industrialização de vários setores, a construção civil do século XX não podia deixar de passar por uma revisão profunda. Motivados por todo o engenho da industrialização, os especialistas iniciaram vários estudos a respeito da pré-fabricação e consequentemente da Coordenação Modular, sendo a padronização dos componentes um assunto inevitável.

Em 1921, o arquiteto **Le Corbusier** afirmou que era preciso que as casas fossem produzidas em série, em fábrica, com linhas de montagem tal como a Ford montava os seus próprios automóveis [FIG. 216].

No seguimento da ideia de Le Corbusier, **Walter Gropius** projetou e construiu duas casas isoladas: a casa do bairro operário de Weissenhof (que tinha Mies van der Rohe como responsável pela implantação urbana do bairro) em 1927, e a “Casa Ampliável” em 1932. Ambas foram montadas com componentes pré-fabricados, estrutura metálica e com painéis de cortiça revestidos externamente com cimento amianto <sup>[43]</sup>.



FIG. 216 A máquina de habitar [Corbusier, 1927] <sup>[161]</sup>



FIG. 217 Vista do bairro operário Weissenhof [De Architectura, 2009] <sup>[162]</sup>

No projeto da sua casa para o Bairro de Weissenhof, a planta era modular e na “Casa Ampliável”, Gropius obtinha o crescimento da casa através da soma de alguns corpos volumétricos. Até à data, estes eram os projetos que em termos tecnológicos aprofundavam mais os estudos de Coordenação Modular [FIG. 217, 218 e 219].

Também tinham sido realizados estudos em três dimensões para a aplicação da Coordenação Modular, com as indicações das esquadrias e dos equipamentos fixos, dimensionalmente coordenados com a malha de referência, com estudos de tempo e custos de montagem.



FIG. 218 e 219 Casas projetadas por Walter Gropius, *Weissenhof Siedlung* [De Architectura, 2009] <sup>[163]</sup>

Em 1930, o americano Alfred Farwell Bemis, publica o livro “The Evolving House” onde apresenta uma técnica de coordenação conhecida como “método modular cúbico”. Esta foi a primeira pesquisa sobre a possibilidade de utilizar a modulação na construção civil.

Nesse mesmo livro, Bemis sugere que as partes constituintes da edificação sejam produzidas em série e ainda propõe a utilização de um módulo cúbico, que ocupe o edifício nas três dimensões (Bregatto, 2010).

O “método modular cúbico” de Bemis, embora sob alguns aspetos passível de críticas, pode ser considerado a primeira formulação correta de uma teoria da aplicação do módulo-objeto, voltada para as necessidades da industrialização.

Bemis propôs um módulo de quatro polegadas, pois acreditava ser essa a dimensão mais racional. As ideias e os estudos de Bemis, tiveram repercussão nos primeiros estudos realizados sobre a Coordenação Modular na Europa e nos Estados Unidos da América (Lisboa, 1970 *apud* Baldauf, 2004).

A partir deste conhecimento de Bemis e dois anos após a sua morte, a *American Standard Association* (ASA) inicia um estudo para a coordenação dimensional dos componentes das edificações, o que motiva vários países a desenvolver estudos semelhantes e posteriormente a aprovar normas específicas.

### 3.2.5 Da primeira norma de Coordenação Modular à atualidade

Em 1938 a *American Standard Association* (ASA) deu início a um estudo de coordenação dimensional dos componentes da construção. Quase ao mesmo tempo, iniciaram-se estudos idênticos em França e em 1942 tornou-se o primeiro país a ter uma norma de Coordenação Modular de carácter nacional. A ela seguiram-se os Estados Unidos da América, que publicaram a sua primeira norma em 1945, a Suécia em 1946, e a Bélgica em 1948 (Lisboa, 1970 *apud* Baldauf, 2004).

Em 1941, Gropius e o seu colega Konrad Wachsmann fizeram um estudo para um sistema de pré-fabricação para a *General Panel Corporation* poder produzir industrialmente. Esse sistema tinha em vista a utilização de painéis de madeira através da aplicação de uma malha modular de 3 pés e 4 polegadas.

Ainda durante a Segunda Guerra Mundial, o alemão Ernst Neufert, realiza um estudo sistemático e bastante completo sobre o assunto. A Alemanha encontrava-se em desvantagem bélica e Neufert, prevendo os problemas de reconstrução do país, concebeu e articulou um sistema de coordenação baseado no módulo de 12,5 cm, publicando-o no seu livro “*Bauordnungslehre*” (1943). Neufert preocupava-se em conceber um sistema dimensional que não alterasse fundamentalmente as medidas dos tijolos tradicionais alemães (Baldauf, 2004) [FIG. 220].



FIG. 220 As diferentes encadernações dos estudos dimensionais de E. Neufert [Santos, 2005] [164]

Segundo Rosso (1976) os estudos de Neufert sobre a Coordenação Modular foram tão importantes, que facilitaram o aparecimento da primeira norma alemã sobre o tema da Coordenação Modular, a DIN 4172, publicada em 1951. Embora o sistema de Neufert tenha sido alvo de algumas críticas, principalmente porque o módulo decimétrico era a opção da maioria dos países, os resultados obtidos com o seu uso comprovaram a viabilidade e a eficiência da utilização da Coordenação Modular.

Em 1942, perante a norma publicada em França e preocupado com o rumo da composição harmoniosa na Arquitetura, Le Corbusier estuda e desenvolve um sistema de proporcionalidade que ajustasse as medidas antropomórficas às medidas necessárias à produção industrial (Padovan, 1999 *apud* Baldauf, 2004).

Em 1948, Le Corbusier publicou o "*Le Modulor*", que reflete o sistema de proporções baseado nas dimensões do corpo humano, utilizando também as dimensões estéticas da seção áurea e da série de Fibonacci. Em 1954, publicou o segundo volume, "*Le Modulor II*" que viria a complementar o primeiro volume [FIG. 221 e 222].

Com o final da Guerra, todos os trabalhos desenvolvidos anteriormente sob a temática da Coordenação Modular, ganham mais atenção, uma vez que os problemas habitacionais resultantes da Guerra iriam exigir o desenvolvimento de novos métodos construtivos e cooperação internacional (Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum, 1970 *apud* Baldauf 2004).

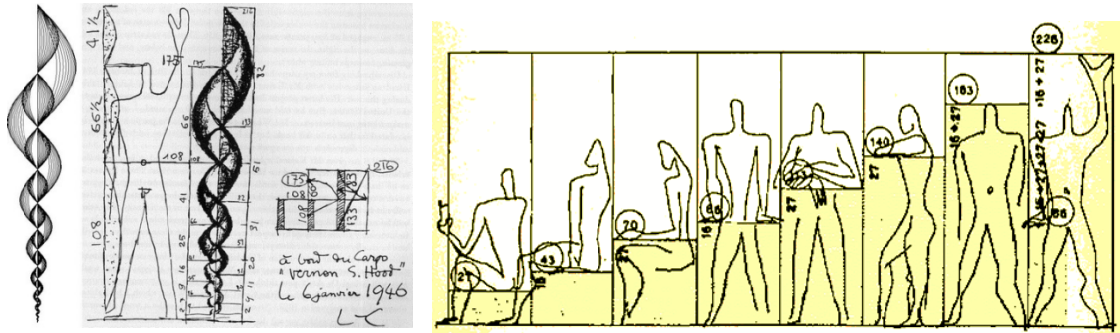


FIG. 221 e 222 O *Modulor*, de Le Corbusier [Le Corbusier, 1953] <sup>[165]</sup>

Em 1949, a *International Organization for Standardization* (ISO) para a edificação verificou que a maior parte dos países se dedicava ao problema, mas eram poucos os países que se decidiam pela aplicação prática.

Perante todas estas experiências que iam sendo realizadas em vários países, foi criada em 1953, uma Agência Europeia para a Produtividade (AEP). Segundo a AEP, a utilização da Coordenação Modular traria maiores vantagens se existisse um estudo internacional de cooperação entre os países envolvidos. Assim, a AEP organizou um plano especial para o estudo da Coordenação Modular, iniciado em 1953. Nesse estudo participaram onze países europeus (Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Grécia, Itália, Noruega, Holanda, Grã-Bretanha e Suécia) e ainda o Canadá e os Estados Unidos da América. O plano foi dividido em duas etapas: na primeira etapa, procedeu-se à recolha de opiniões e experiências de cada um dos países envolvidos, a partir das quais foi formulada uma teoria sintética da Coordenação Modular; a segunda etapa, foi a aplicação prática dessa mesma teoria, de maneira a comprová-la e desenvolvê-la.

Em 1955, a AEP estabeleceu os requisitos para a adoção da medida correspondente ao módulo-base. Segundo os estudos realizados, seriam módulos de 10 cm ou 4 polegadas, os que melhor se adaptavam às exigências. Foram construídos alguns edifícios segundo os princípios enunciados, de modo a comprovar a sua eficácia. A teoria modular foi rematada com investigações práticas e discussões teóricas, baseada nas experiências desenvolvidas em cada um dos países que aderiram ao projeto, com a intenção de definir melhor o sistema modular.

Em 1957, também a ISO aprovou oficialmente a adoção da medida de 10 cm (o designado sistema decimétrico) ou 4 polegadas como módulos-base, lançando em 1958 as “Regras Gerais da Coordenação Modular”. Mas além da escolha do módulo-base era necessário também tratar de assuntos tais como a utilização de dimensões inferiores ao módulo e a adaptabilidade dos materiais a um sistema modular único, assim como a teoria das tolerâncias, entre outros problemas de aplicação.

Em 1970, é publicado na Austrália, o *Modular Metric Handbook*, onde se faz uma previsão dos problemas decorrentes da mudança do sistema nacional de medidas pé/polegada para o métrico. Este tinha como objetivo facilitar a aplicação do sistema de coordenação decimétrico e estimular a implantação de um sistema aberto em que os componentes provenientes dos diferentes fabricantes pudessem ser usados simultaneamente num mesmo edifício, excluindo assim o sistema fechado, que utiliza componentes especialmente desenhados e fabricados para um projeto específico.

Após um ano, o Comité Alemão de Normas propôs uma nova norma para a Coordenação Modular, a DIN 18000: *Modulordnung im Bauwesen* (Coordenação Modular da Construção), baseada no sistema decimétrico, de uso internacional, em detrimento do sistema octamétrico proposto por Neufert (Baldauf, 2004).

Atualmente, as normas utilizadas em toda a Europa estão centralizadas nas normas da ISO, com sede na cidade de Genebra, na Suíça.

### 3.3 Definições

De modo a facilitar o entendimento da Teoria da Coordenação Modular, torna-se essencial definir alguns conceitos onde esta assenta, como por exemplo: coordenação dimensional, módulo e coordenação modular.

De sublinhar também, é o fato das definições aqui expostas terem como base as normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), devido à inexistência de normas de Coordenação Modular em Portugal.

#### 3.3.1 Coordenação dimensional

Segundo Andrade (2000, *apud* Zechmeister, 2005), a coordenação dimensional pode ser entendida como a aplicação de um ou mais padrões de dimensão com o objetivo de criar relações de escala e proporção entre as partes da edificação. Para que essa relação não seja única, é necessário o uso de uma unidade referencial de dimensão, ou seja, um módulo. Quando a coordenação dimensional recorre à utilização de um módulo, passa a ser designada de coordenação modular.

#### 3.3.2 Módulo

Como já foi mencionado, o termo módulo vem do latim *modulus* e significa pequena medida. O módulo é a unidade básica de medida para a coordenação dimensional dos componentes e das partes da construção (Andrade, 2000 *apud* Zechmeister, 2005).

No Brasil, a norma NBR 5706, define módulo como a distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial modular de referência. Quanto às funções do módulo, a Agência Europeia para a Produtividade (1962, *apud* Baldauf, 2004) define 3 funções essenciais:

1. Denominador comum de todas as medidas ordenadas;
2. Incremento unitário de toda e qualquer dimensão modular a fim de que a soma ou a diferença de duas dimensões modulares também seja modular;
3. Fator numérico, expresso em unidades do sistema de medida adotado ou a razão de uma progressão.

### 3.3.3 Coordenação modular

Conforme o que já foi estudado, a coordenação modular é um nome específico dado à coordenação dimensional quando esta se obtém utilizando um módulo como unidade referencial de dimensão.

Segundo a norma NBR 5731, a coordenação modular é uma técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência.

### 3.4 Objetivos da coordenação modular

De uma forma geral, pode-se dizer que a Coordenação Modular tem como principal objetivo a racionalização da construção, ou seja, uma aplicação mais eficiente de recursos para a aquisição de um produto com a máxima eficiência possível.

Normalmente, todas as fases do ciclo produtivo são abrangidas, desde a normalização, a certificação e projeto dos componentes, passando pela matéria-prima utilizada para a sua fabricação, pelos projetos arquitetónico e estrutural, até a montagem e manutenção das edificações. Dessa forma, todos os intervenientes da cadeia produtiva são corresponsáveis pelo sucesso produtivo e com objetivos específicos indissociáveis (Baldauf, 2004).

Através das normas técnicas bem elaboradas, seguidas de um sistema de certificação eficiente, os componentes passam por uma padronização dimensional, a partir da qual têm as mesmas características dimensionais onde também há uma redução da variedade de tipos, mediante o emprego de medidas preferidas a serem escolhidas na série de medidas preferíveis. A produção dos componentes é seriada e não feita à medida. Mesmo sendo os componentes produzidos por indústrias diferentes, as suas características asseguram a intercambialidade entre eles, e a compatibilidade entre si, em função das suas dimensões serem múltiplas do módulo decimétrico, contribuindo assim para uma industrialização aberta.

A padronização dos componentes, ainda viabiliza as exportações, contribuindo para a sua circulação internacional. Segundo Rosso (1976), essa estratégia foi usada por diversos países europeus, como a Dinamarca, a Espanha, a França e a Itália, para desenvolver as exportações e equilibrar a balança comercial. Também a Alemanha e a Inglaterra se viram obrigadas a fazer modificações nas suas normas, para se enquadrarem na exportação dos produtos industrializados.

Também existe uma simplificação do projeto, tanto pelo fato dos detalhes construtivos mais comuns estarem solucionados em função da própria padronização como pelo estabelecimento de uma linguagem gráfica, descritiva e de especificações que será comum a diferentes fabricantes, projetistas e construtores (Lucini, 2001 *apud* Baldauf, 2004), facilitando o entendimento entre os intervenientes do processo.

Consequentemente, todos estes fatores acabam por disponibilizar mais tempo para o arquiteto abordar com mais intensidade a criatividade arquitetónica. A Coordenação Modular promove a construtividade, ou seja, facilita a etapa de execução. A execução passa a ser uma montagem tipificada, devido à utilização de componentes padronizados e intercambiáveis que não necessitam de cortes, auxiliando então na redução do desperdício. Em relação à questão da sustentabilidade, a Coordenação Modular reduz o consumo de matéria-prima e aumenta a capacidade de troca de componentes da edificação.

### 3.5 Benefícios do uso da coordenação modular

A Coordenação Modular é um sistema dimensional de referência que se baseia em medidas de um módulo pré-determinado, que compatibiliza e organiza a utilização racional das técnicas construtivas com o uso de componentes, tanto no projeto como posteriormente na obra.

É um instrumento imprescindível para alcançar níveis elevados de racionalização e normalização, pois esta estabelece uma linguagem gráfica e descritiva de especificações para fabricantes, arquitetos e construtores.

Ou seja, as principais vantagens da Coordenação Modular são:

- a) Simplificação da elaboração do projeto, desde o papel ao terreno;
- b) Normalização dos componentes de construção e otimização das dimensões;
- c) Padronização dos detalhes e precisão dimensional e;
- d) Racionalização e simplificação na execução da obra devido a facilidade de montagem.

Concluindo, a construção com base nos princípios da Coordenação Modular é capaz de produzir edificações rápidas e eficientes, de grande qualidade e a baixo custo <sup>[43]</sup>.



### 3.7 Princípios fundamentais da coordenação modular

A Coordenação Modular está baseada em três princípios fundamentais: o sistema de referência, o módulo e o ajuste modular. Segundo Zechmeister (2005), a função do sistema de referência é a de posicionar cada um dos componentes da construção. Tendo em conta que o módulo é a unidade básica de medida, o ajuste modular é o que estabelece a união entre os componentes e o sistema de referência.

#### 3.7.1 O Sistema de Referência

Segundo a norma NBR 5731 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o sistema de referência é formado por pontos, linhas e planos que se relacionam à posição dos componentes de construção. É graças ao Sistema de Referência que é determinada a posição e a medida de cada componente da construção (Baldauf, 2004).

Este é formado por um sistema de planos paralelos a três planos ortogonais. Esses planos definem o triedro axonométrico, que podemos observar na figura [FIG. 224], segundo o qual se delimita a posição de cada ponto no espaço, a partir das suas projeções em tais planos (Andrade, 2000 *apud* Zechmeister, 2005). Ao utilizar este sistema são definidas ainda, malhas de duas e três dimensões que servem de referência para o posicionamento dos elementos da construção. Estas malhas denominam-se respetivamente por, reticulado modular espacial de referência e quadriculado modular de referência.

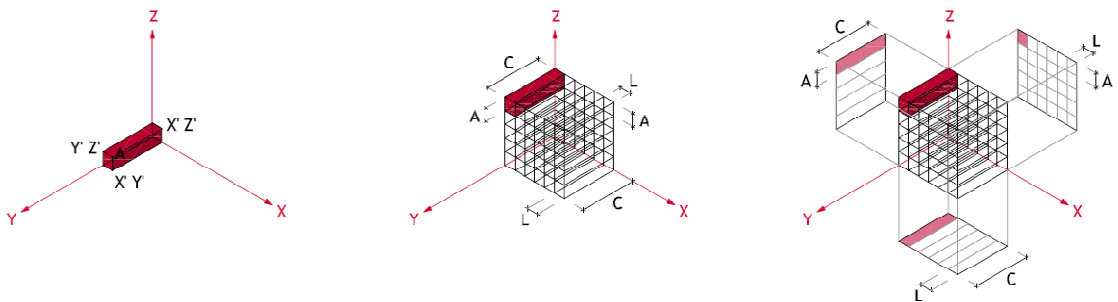


FIG. 224 Triedro axonométrico, reticulado espacial de referência e quadriculado modular de referência tendo em conta as medidas modulares do contentor 40' HC <sup>[160]</sup>

##### 3.7.1.1 Reticulado modular espacial de referência

Segundo a mesma norma, o reticulado modular espacial de referência é estabelecido pelas linhas de interseção de um sistema de planos, separados entre si por uma distância igual ao módulo e, paralelos a três planos ortogonais dois a dois. Segundo Lucini (2001 *apud*

Zechmeister, 2005), é um reticulado tridimensional que configura uma malha espacial baseada no módulo [FIG. 225].

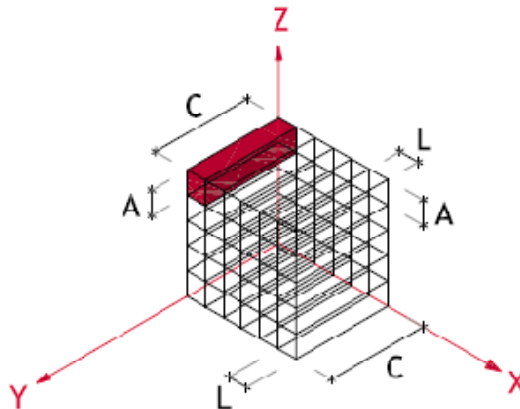


FIG. 225 Reticulado espacial de referência tendo em conta as medidas modulares do contentor 40' HC: C= 12,192 mm; L=2,438 mm e A= 2,896 mm <sup>[160]</sup>

### 3.7.1.2 Quadriculado modular de referência

O quadriculado modular de referência é a projeção ortogonal do reticulado espacial de referência sobre um plano paralelo a um dos três planos ortogonais (ABNT, 1977). O espaçamento entre linhas do reticulado é definido pela medida exata do módulo. O papel do quadriculado modular de referência é fazer a representação gráfica do projeto por meio da sua projeção em duas dimensões [FIG. 226].

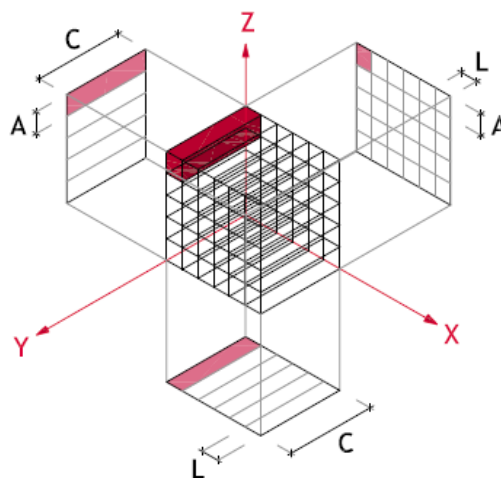


FIG. 226 Quadriculado modular de referência tendo em conta as medidas modulares do contentor 40' HC: C= 12,192 mm; L=2,438 mm e A= 2,896 mm <sup>[160]</sup>

### 3.7.2 O Módulo

Conforme anteriormente já foi definido, o módulo é a distância entre dois planos seguidos, no sistema que origina o reticulado espacial modular de referência. Esta distância varia conforme a dimensão-base dos componentes construtivos, sempre com o objetivo de facilitar o projeto. O módulo é uma unidade de medida empregada como dimensão-base dos componentes da construção, auxiliando o projeto, a produção do edifício e de suas partes. Como esta tese desenvolve um estudo de coordenação modular em projetos de reciclagem de contentores, é a medida dos contentores que será utilizada. A representação do módulo daqui para a frente será feita pela letra M [FIG. 227].

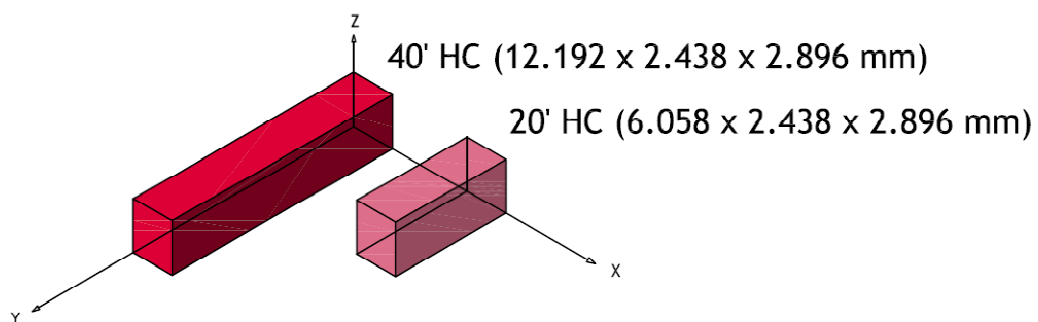


FIG. 227 Módulos tridimensionais baseados nas dimensões dos contentores marítimos <sup>[160]</sup>

### 3.7.3 Ajuste modular

Quando há união de componentes modulares, sejam eles semelhantes ou não, haverá necessariamente uma ligeira diferença entre a medida modular e a medida no projeto. De modo a evitar complicações técnicas, é feito um ajuste modular, tendo em conta essa tal diferença.

## 3.8 O projeto modular

Tendo em conta o sistema de referência anteriormente estudado, podemos afirmar que o projeto modular assentará no quadriculado modular de referência. Ou seja, todas as peças desenhadas que compõem o projeto desenvolvem-se sobre o quadriculado, permitindo assim, coordenar a posição e as dimensões dos componentes de toda a construção. Além de facilitar a realização do projeto também simplifica a representação da montagem dos vários componentes (Zechmeister, 2005).

### 3.8.1 Quadriculado multimodular de referência

O quadriculado multimodular de referência é um quadriculado com espaçamento entre duas linhas iguais ao multimódulo (resultado do produto de um número inteiro pelo módulo base), ou seja, é o produto de qualquer número inteiro pelo módulo base. Segundo Caporioni (1971, *apud* Baldauf 2004), sugere-se a seguinte divisão, a ser utilizada nas diversas fases do projeto, em relação aos quadriculados: modular (componentes, detalhes), de projeto (projeto), estrutural (estrutura) e de obra (locação) [FIG. 228].

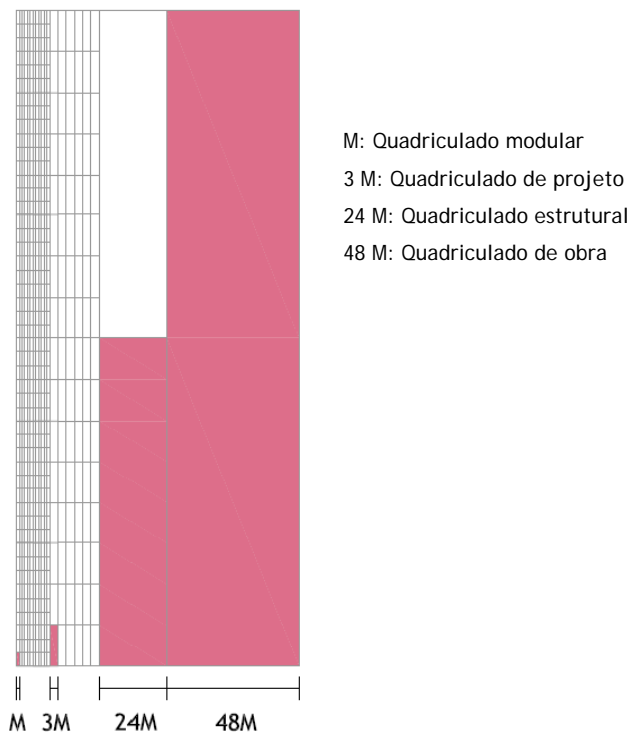


FIG. 228 Exemplos de quadriculados multimodulares M, 3M e 24M e 48M baseado nas dimensões modulares do contentor marítimo 40' HC <sup>[160]</sup> baseado em Baldauf, 2004]

### 3.8.2 Multimódulo

Segundo a norma brasileira NBR 5731, multimódulo é o resultado do produto de qualquer número inteiro pelo módulo básico. O principal objetivo da utilização dos multimódulos, é diminuir o número de medidas utilizadas na coordenação modular. Os multimódulos podem ser divididos em horizontais ou verticais, ou seja o multimódulo horizontal é aquele que está referido ao quadriculado modular horizontal de referência e o vertical é aquele que está referido ao quadriculado vertical de referência [FIG. 229].

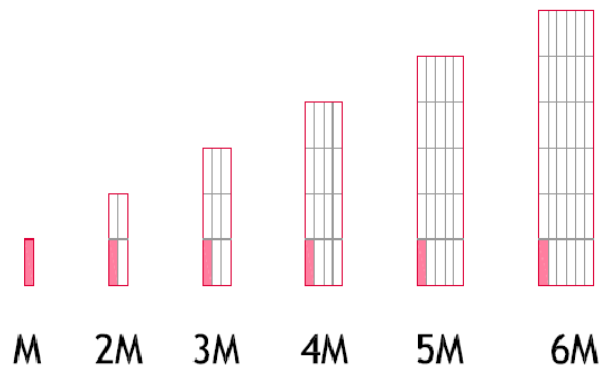


FIG. 229 O módulo M (contentor 40' HC) e os seus multimódulos 2M, 3M, 4M, 5M e 6M <sup>[160]</sup>

### 3.8.3 Submódulos

A mesma norma NBR 5731 denomina submódulo (sM) como medida fracionária do módulo. Essa medida corresponde a uma fração do módulo e é dada por:  $n.M/4$ , onde, n é um número inteiro positivo qualquer e M é o módulo. Baldauf (2004) <sup>[43]</sup> afirma que para os componentes da construção de dimensões inferiores ao módulo básico é admitida a utilização de submódulos [FIG. 230].

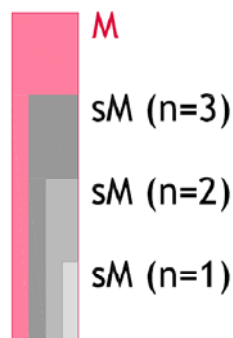


FIG. 230 Os submódulos do módulo M <sup>[160]</sup>

### 3.9 Conclusões

Ao estudar as teorias da Coordenação Modular, tornou-se impossível não enquadrar o seu aparecimento na História, a evolução do conceito de módulo, desde a Antiguidade Clássica até aos dias de hoje, onde a necessidade de redução de custos e de aumento da produtividade na construção, faz com que os processos de racionalização e compatibilização construtiva e dimensional voltem a ser considerados.

A Coordenação Modular é um instrumento imprescindível para alcançar essa mesma racionalização. É um sistema dimensional de referência que se baseia em medidas de um módulo-base previamente escolhido, que compatibiliza e organiza a utilização racional das técnicas construtivas com o uso de componentes, tanto no projeto como posteriormente na obra.

Fica claro também, que esta não rouba a liberdade criativa do arquiteto, pois a padronização de componentes ou procedimentos, e não dos projetos ou dos edifícios, impõe apenas pequenos desafios na ação criadora, mas não restringe as possibilidades de criação.

Por fim, espera-se que este capítulo sirva para um melhor entendimento do que é a Coordenação Modular, dos seus objetivos, das suas vantagens e benefícios e a inevitável relação com o projeto de Arquitetura.

## CAPÍTULO IV

---

### ESTUDO E APLICAÇÃO DA MODULAÇÃO DO CONTENTOR

#### 4.1 Introdução

Este estudo de coordenação modular visa a reciclagem e aplicação de contentores marítimos, como elementos construtivos na conformação de espaços arquitetónicos. De um ponto de vista prático, espera-se com este estudo demonstrar os possíveis arranjos espaciais com resultados que contribuam para a sustentabilidade da construção, tendo em conta as exigências vigentes de habitabilidade.

Mas antes, convém esclarecer o conceito de habitar, analisando o indivíduo e a família, os seus objetivos, exigências e necessidades habitacionais. A importância da definição do conceito de habitar prende-se com a influência direta que este exerce sobre o objeto de estudo deste trabalho.

#### 4.2 A habitação e o habitat

Segundo o dicionário da Língua Portuguesa habitar significa “residir ou viver em”, no entanto, este implica a satisfação de um conjunto de necessidades humanas, individuais e coletivas, as quais se reúnem em dois níveis sócio-geográficos: a habitação e o habitat. A habitação envolve o alojamento em si, enquanto o habitat é o ambiente envolvente da habitação com significado físico, social e funcional, conhecido também como vizinhança.

Então, o conceito de habitar será determinado em cada lugar e em cada momento, pela exploração da pessoa, de um conjunto de objetivos, de exigências e necessidades que quando atingidos, desempenham na totalidade, a ação de habitar <sup>[44]</sup>. A [FIG. 231] decerto simplificará a compreensão destes conceitos.

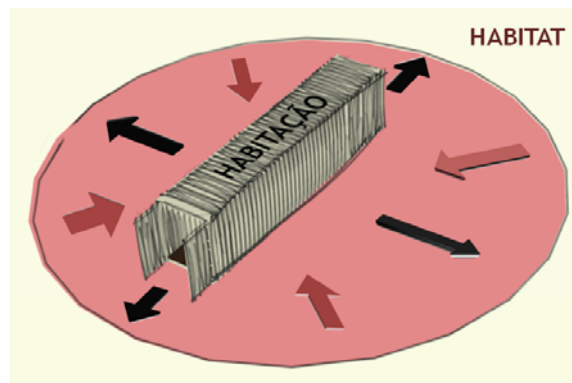


FIG. 231 O conceito de habitar: o habitat e a habitação <sup>[160]</sup>

Segundo Castelo (2008), o habitar é atingido na sua plenitude se proporcionar ao indivíduo a delimitação construída de um espaço (habitação) que lhe proporcione:

- a) Segurança: abrigo e proteção;
- b) Privacidade: intimidade, isolamento, independência, etc;
- c) Compensação de insatisfações (do trabalho, do meio ambiente...);
- d) Estabelecer uma relação dialética "sujeito - objeto" (entre habitar e habitação);
- e) Realizar a imagem desejada (ideal de si), no seu espaço territorial;
- f) Exprimir territorialidade (individual e do agregado familiar) bem definida, física e psicologicamente delimitada.
- g) Afirmar-se, apropriar-se através da gestão do território, dos espaços e dos objetos.

O resultado de todos estes fatores é a definição de individualidade, que está dependente da relação habitação/habitat. O habitat deverá ser um prolongamento da habitação, um sistema de interações sociais com ele relacionado, e não um espaço urbano indiferenciado [FIG. 232].

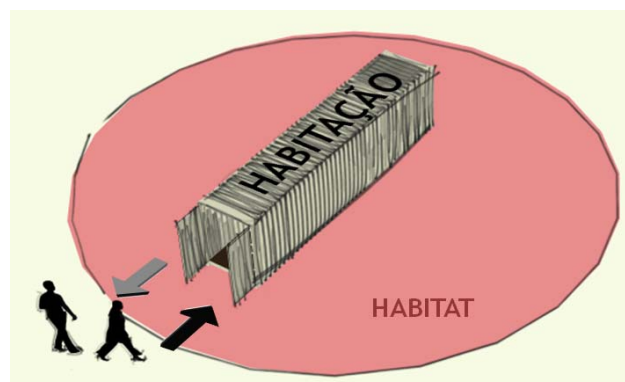


FIG. 232 Habitação, uma interinfluência do indivíduo com o habitat <sup>[160]</sup>

A habitação, segundo o dicionário da Língua Portuguesa, é o “lugar onde se habita”, uma formalização construída, física, um conjunto racional de espaços articulados com uma área suficientemente capaz de responder a necessidades específicas de utilização do indivíduo e do seu agregado familiar.

Esta definição dos conceitos é importante para analisar a influência direta destes sobre a proposta de modulação, objeto de estudo neste trabalho.

#### 4.2.1 Análise funcional do uso da habitação

Este tipo de análise serve para identificar as atividades do dia a dia, descrever as suas características e perceber a sua importância enquanto resposta às necessidades humanas diárias. Atualmente, a questão funcional da habitação está relacionada em parte com o alojamento, mas ainda mais com os aspetos exteriores, com a qualidade do habitat e da vida urbana.

Uma vez que a vida individual ou de grupo, se tornou mais diversificada e complexa, a estrutura familiar apresenta-se multiforme e exige mais atenção da parte do arquiteto. Torna-se necessário analisar os comportamentos diários da família, quando sozinha ou acompanhada por outros elementos e as zonas e situações de fenómenos como por exemplo, privado/público, trabalho/lazer ou jovens/adultos.

Esta análise funcional da habitação serve para discutir o uso e apropriação do espaço em geral, definir tipologias de ocupação conforme a necessidade, adequar a habitação às necessidades familiares ou até mesmo analisar ergonomicamente o uso de certos espaços e compartimentos [FIG. 233].

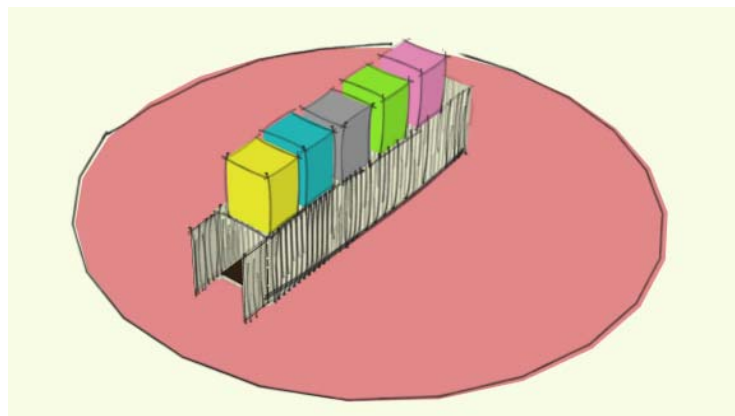


FIG. 233 Esquema de funções habitacionais <sup>[i60]</sup>

O programa habitacional é definido através do levantamento das funções de uso da habitação de modo a permitir a flexibilidade na composição dos compartimentos, sendo possível organizá-las conforme o modo de vida dos habitantes. Além de facilitar a conceção, permite conhecer as exigências de cada espaço funcional que compõe a habitação (Pedro, 2001) [TABELA 4].

TABELA 4 Classificação de atividades e funções habitacionais  
[adaptado de Pedro, 2001]

Função	Sistema de atividades	Atividade
Preparação de refeições/ Comer	Preparação de refeições Refeições (correntes ou formais) Arrumação/ despensa	Guardar e conservar alimentos Preparar alimentos Cozinhar alimentos Lavar e arrumar louça Pôr a mesa e servir alimentos Comer Arrumação em geral
		Conversar, jogar, ler Ouvir música Ver televisão Servir aperitivos/ bebidas
Estar/ reunir	Lazer familiar Ver televisão Receber convidados	
Dormir/ descanso pessoal	Dormir/ descanso Arrumação de roupa pessoal	Dormir (de noite ou de dia) Descansar Ler/ ver televisão Vestir e despir roupa Conversar ao telefone Conversar em privado Arrumar roupa pessoal
Circulação	Entrada/ saída de espaços Comunicação/ separação de espaços	Circular entre compartimentos Separar compartimentos
Permanência no exterior privado	Permanência no exterior privado elevado ou térreo	Descansar e solário Cuidar de flores e/ou animais Estar/lazer ao ar livre Estender/ apanhar roupa
Trabalho	Trabalho	Estudar Utilizar computador pessoal Jogar, ler, ouvir música, ver televisão

Este análise funcional da habitação ajuda a definir as exigências e assegura a satisfação de uma percentagem alargada de habitantes, quando não há possibilidade de conhecer os futuros habitantes e há dificuldade de interrogar cada habitante sobre as suas necessidades e aspirações<sup>[54]</sup>.

## 4.2.2 Tipologias de ocupação


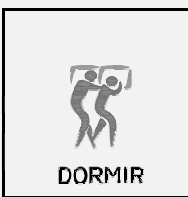
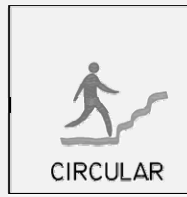


A análise funcional do uso da habitação visa fundamentalmente expor e caracterizar as atividades principais, de modo a definir tipologias que possam ser coordenadas, adequando a habitação às necessidades familiares, de acordo com a sua dinâmica social e cultural.

Com as várias tipologias de ocupação, o processo de conceção projetual irá adaptar-se às diferentes vivências dos usuários, de modo a satisfazer as necessidades de cada um deles. Baseado nessas mesmas vivências, proponho cinco tipologias diferentes: viver, dormir, circular, cultivar (corpo, mente e terra) e trabalhar [TABELA 5].

A tipologia **VIVER** agrupa muitas atividades diferenciadas e pode definir-se pelo conjunto de atividades ligadas à preparação de refeições, refeições, reunião e lazer, seja em família ou individualmente. Estas atividades correspondem a grande parte do tempo livre disponível. Relativamente à tipologia **DORMIR**, esta define-se principalmente pela atividade de dormir/descansar, sendo geralmente associadas outras atividades como vestir/despir, trabalho e lazer pessoal.

Quanto à tipologia **CIRCULAR** é composta basicamente por sistemas de entrada e saída de espaços, comunicação e separação de espaços e acessos verticais.

TABELA 5 Tipologias de ocupação conforme a análise funcional do uso da habitação <sup>[160]</sup>

 VIVER	 DORMIR	 CIRCULAR	 CULTIVAR	 TRABALHAR
A	B	C	D	E
Preparação de refeições	Dormir/ descanso pessoal	Circulação	Permanência no exterior privado	Trabalhar
Refeições	Estudo/ recreio de crianças	Entrada e saída de espaços	Descansar e solário	Atender público
Arrumação	Arrumação	Comunicação e separação de espaços	Cuidar de flores e/ou animais	Espaço criativo
Passar a ferro/ lavar roupa	Trabalho	Acessos verticais	Estar ao ar livre	Escritório
Receber	Ler/ ver TV	Espaço livre	Espaço de lazer	
Estar/ reunir (lazer familiar)			Secagem de roupa	

A tipologia **CULTIVAR** é constituída pela zona exterior privada, sendo o prolongamento de algumas funções que se desenrolam no interior da habitação, como por exemplo o descanso, lazer ou jardinagem/horticultura.

Por fim, a tipologia **TRABALHAR** engloba a zona de trabalho, seja privada (escritório, espaço criativo) ou aberta ao público.

## 4.2.3 Análise espacio-funcional

### 4.2.3.1 Viver

Esta tipologia, como anteriormente mencionada, é utilizada maioritariamente para a preparação de alimentos, refeições e atividades de lazer familiar ou individual. O espaço de preparação de alimentos é facilmente associado ao espaço de refeições, tendo também direito a uma zona de arrumação (despensa) e um espaço de tratamento de roupa (lavagem, secagem, passar a ferro). Pode também estar associado a um espaço de estar/reunir, que assegura um convívio mais intenso entre todos os membros da família.

Segundo Pedro (2001), as refeições não se desenvolvem necessariamente num espaço próprio, tratando-se de uma função de grande mobilidade de acordo com as preferências e modos de vida familiar. Assim, esta função pode desenvolver-se na cozinha, numa sala de jantar ou numa zona da sala de estar. No dimensionamento de espaços de refeições deve-se ponderar a dimensão da mesa de refeições, a largura das faixas de circulação e a posição da mesa (centrada ou encostada a uma parede). Em cozinhas pequenas, a mesa de refeições deve ser retangular pois é a que mais facilmente se adequa e menos espaço ocupa.

A existência de um espaço de refeições integrado na cozinha permite que a mesa de refeições possa servir como apoio a variadas funções, tais como, preparação de alimentos ou então suporte para o estudo de jovens.

Relativamente á função de estar/reunir esta desenvolve-se essencialmente num espaço comum, sala de estar ou alternativamente numa varanda, terraço ou quintal. Este espaço deve possuir boas condições para o convívio e uma disposição do mobiliário adequada. No dimensionamento dos espaços de estar/reunir devem ter-se em conta as dimensões físicas e de uso do mobiliário, bem como as suas disposições e flexibilidade para assumir outras disposições conforme a necessidade <sup>[54]</sup>.

#### 4.2.3.2 Dormir

Na atribuição de área a espaços de dormir/descanso pessoal devem ser ponderados alguns aspetos, tais como o mobiliário necessário definido para cada sistema de atividades, as faixas de circulação e as disposições mais frequentes do mobiliário. No dimensionamento de espaços de dormir/descanso pessoal, o principal aspeto a ter em consideração é a posição das camas e a cada uma das disposições, deve acrescentar-se o resto do mobiliário necessário. As faixas de circulação devem permitir um acesso fácil a todos os pontos do quarto <sup>[54]</sup>.

Na [TABELA 6], apresentam-se as dimensões e áreas mínimas dos espaços de dormir, segundo Pedro (2001):

TABELA 6 Dimensões e áreas mínimas para espaços de dormir  
[adaptado de Pedro, 2001] <sup>[60]</sup>

DORMIR	Mínimo		Recomendável		Ótimo	
Quarto casal	2,60 m	A= 10,5 m <sup>2</sup>	2,90 m	A= 11,5 m <sup>2</sup>	3,30 m	A= 12 m <sup>2</sup>
Quarto duplo	2,10 m	A= 9 m <sup>2</sup>	2,40 m	A= 10 m <sup>2</sup>	2,70 m	A= 11 m <sup>2</sup>
Quarto individual	2,10 m	A= 5,5 m <sup>2</sup>	2,40 m	A= 6 m <sup>2</sup>	2,70 m	A= 6,5 m <sup>2</sup>

#### 4.2.3.3 Circular

Segundo Pedro (2001), esta tipologia engloba a entrada/saída e a comunicação/separação de espaços, comportando faixas de circulação, de acesso e separação entre determinados compartimentos.

Na definição de dimensões mínimas devem-se ter em conta as dimensões físicas, o uso do mobiliário e as áreas livres de circulação <sup>[54]</sup>.

#### 4.2.3.4 Cultivar

Esta tipologia permite a permanência no exterior privado, seja ele elevado ou térreo. Estes espaços permitem desenvolver várias atividades, tais como, realizar refeições, descansar, conversar ou outras atividades de lazer, cultivar ou plantar flores e estender roupa.

As suas dimensões mínimas dependem do mobiliário utilizado para as diferentes atividades e varia consoante o tipo de uso previsto.

#### 4.2.3.5 Trabalhar

Esta área dedicada ao trabalho, seja ele privado ou público, engloba uma zona de escritório dedicada ao estudo ou à utilização de computador, ou uma área dedicada ao comércio, sendo esta aberta ao público.

#### 4.2.4 O indivíduo e a família

A caracterização do indivíduo e da família é inerente à definição de qualidade da habitação e é importante ter em conta alguns aspetos quando se projeta uma habitação. A constituição do agregado familiar, bem como a sua classificação cultural é um fator essencial para perceber a interação do sujeito com a habitação, através da análise do uso individual e familiar no quotidiano.

A procura da qualidade na construção, gira quase sempre à volta da caracterização do indivíduo, das suas necessidades, do seu relacionamento com o meio e como o meio pode influenciar a sua habitação. Concluindo, todo este estudo é necessário e deverá estar na base do estudo de modulação e na proposta de arranjos espaciais e modulares, que é tema deste trabalho.

##### 4.2.4.1 Características de conjuntos de habitantes

A caracterização dos habitantes depende do protagonismo dos habitantes (personagem principal ou secundária); da idade dos utentes (bebés, crianças pequenas, crianças, jovens, adultos); e dos participantes (membros do agregado familiar individual ou em par, grupo de membros do agregado familiar; visitas; e auxiliares domésticas) <sup>[54]</sup>.

Segundo Pedro (2001) existem várias caracterizações de habitações, dependendo do tipo de habitantes, distinguindo-se os seguintes conjuntos: adultos sós, casais jovens sem filhos, casais com filhos e/ou idosos.

As habitações para adultos sós (solteiros, viúvos ou separados), são normalmente de tipologia T0 ou T1, constituídas por espaços para dormir, preparar alimentos e tomar refeições, estar/reunir e a devida área para higiene pessoal. As habitações para adultos sós podem também assumir outras formas, sendo compartilhada com outras pessoas, tendo cada uma, um espaço individual e compartilhando uma zona comum que comporte os espaços de estar/reunir, preparação de alimentos e higiene pessoal. O espaço individual consiste

normalmente num quarto usado essencialmente para dormir, descansar, estudar, trabalhar e arrumar bens pessoais. Outra situação é o quarto ser utilizado também para estar/reunir e higiene pessoal (caso das casas de banho privativas).

As **habitações para casais jovens sem filhos** são semelhantes às habitações para uma pessoa só, sendo habitualmente de tipologia T1 ou T2. Esta deve proporcionar condições espaciais que permitam o desenvolvimento de uma zona que seja do domínio comum do casal e de duas zonas individuais próprias de cada um dos membros do casal.

As **habitações para casais com filhos** englobam uma zona dos pais, uma zona dos filhos e uma zona comum de relação entre pais e filhos. A zona do casal deve estar devidamente isolada acústica e visualmente, tendo em conta os restantes espaços da habitação e encontrar-se na proximidade de uma instalação sanitária. A zona dos filhos deve satisfazer a evolução das necessidades de espaço e privacidade.

Por fim, as **habitações para idosos** devem ter em conta as dificuldades de movimentação ou mobilidade condicionada, sendo conveniente a habitação de pequena tipologia, com dimensões amplas e pormenorização adequada às suas necessidades específicas, tendo em conta reduzir o trabalho doméstico e facilitar a movimentação <sup>[54]</sup>.

#### 4.2.4.2 Personalização e adaptabilidade

Segundo Le Corbusier (*apud* Tramontano, 1993), "*a arquitetura trata de um sujeito, o homem, que é por definição e fatalidade de natureza cambiável e evolutiva. Ele é primeiro solteiro, depois casal, depois família, com filhos em números indeterminados, depois dispersão dos filhos pelos seus casamentos... Enfim a morte, de tal maneira que a moradia feita para uma família não existe: o que existem são vários tipos de moradia para sucessivas idades*".

A habitação é construída como um objeto altamente estático e imóvel, mas as pessoas que a habitam não o são. As famílias crescem, diminuem, mudam. Através do estudo das tipologias familiares é possível prever a adição (ou subtração) de módulos espaciais, bem como módulos flexíveis que permitam ser adaptados a diversas formas de uso e ocupação, conforme as exigências da família e da sociedade.

Atualmente, existem novos tipos familiares que surgiram das várias transformações sociais das últimas décadas. Segundo Tramontano, existem cinco novas tipologias familiares:

1. **Nova família nuclear:** formada por um núcleo conjugal com cada vez menos filhos, sendo estes mais autónomos;
2. **Família monoparental:** mãe ou pai solteiros com filhos;

3. **Uniões livres:** casais, heterossexuais ou homossexuais, sem vínculos legais e sem filhos;
4. **Pessoas vivendo sós:** solteiros, viúvos, separados (predominância de homens que só recebem os filhos nos fins de semana) e estudantes universitários;
5. **Coabitação sem vínculos conjugal ou de parentesco:** repúblicas de estudantes ou jovens trabalhadores.

Futuramente, as habitações deverão ser concebidas de modo a que os habitantes possam realizar intervenções no sentido de as personalizar e adaptar conforme a natureza evolutiva do ser humano e das transformações sociais. Este sistema evitará a realização de alterações não previstas que são por vezes prejudiciais para a imagem das habitações e para os conjuntos habitacionais.

## 4.3 Estudo da modulação

Esta proposta é baseada nos contentores marítimos, de modo a desenvolver um sistema construtivo modular, de fácil combinação de módulos e com algum grau de diferenciação e/ ou personalização entre eles. Deste modo é apresentado um diagrama de tipologias modulares de ocupação, que admite mutações próprias da existência do agregado familiar, sendo possível criar diversos tipos habitacionais, a partir da adição ou subtração de módulos.

### 4.3.1 A escolha do módulo

Como descrito anteriormente, este estudo de coordenação modular tem como base o contentor marítimo, assim, serão as suas medidas que condicionarão a medida do módulo. Como se observou no capítulo II, existem vários tipos de contentores marítimos, mas dependendo da sua finalidade, há tipologias mais vantajosas. Ao comparar as diferentes tipologias, foram escolhidos dois modelos de contentores designados pela ISO, 1AAA e 1CCC, também designados por 20' HC (*High Cube*) e 40' HC devido às suas dimensões [TABELA 7].

TABELA 7 Designação dos contentores escolhidos e respetivas dimensões  
[MARQUES, 2011 adaptado de Slawik e al. (Eds.), 2010]

Designação dos contentores		Comprimento externo	Largura externa	Altura externa	Dimensões mínimas internas		
					Altura	Largura	Comprimento
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1AAA	40' HC	12,192	2,438	2,896	2,655	2,330	11,998
1CCC	20' HC	6,058	2,438	2,896	2,655	2,330	11,998

O fator de escolha foi precisamente o pé direito para habitação, ambos os contentores apresentam um pé direito de 2,71 metros sendo superior ao dos outros tipos de contentores. Assim, garante-se o pé-direito mínimo obrigatório em edificações que segundo o RGEU (Regulamento Geral de Edificações Urbanas) é de 2,40m. Outra particularidade desta escolha é que ambos são múltiplos um do outro [FIG. 234 e 235].

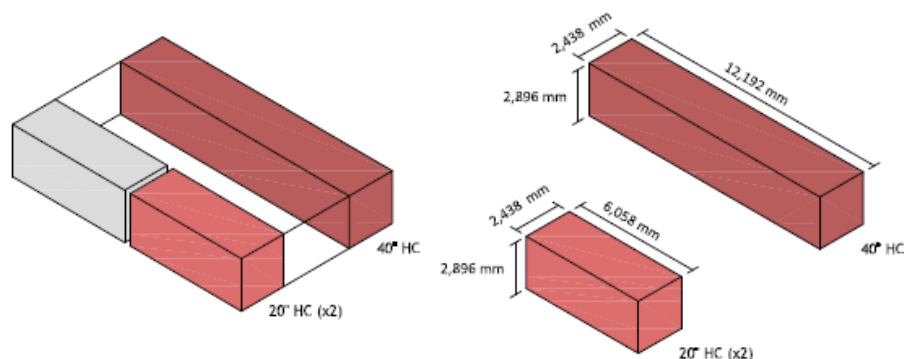


FIG. 234 e 235 Os módulos e as suas respetivas dimensões e relações <sup>[160]</sup>

### 4.3.2 Modulação e coordenação modular

A coordenação modular é essencialmente a aplicação de um módulo (ou multimódulos) com o objetivo de criar relações de escala e proporção entre os vários componentes projetuais e/ou construtivos. Neste estudo de modulação, são aproveitados os contentores marítimos 20' *High Cube* e 40' *High Cube*, sendo o primeiro múltiplo do segundo. Tendo em conta as dimensões modulares destes dois tipos de contentores, são estudadas as relações entre as dimensões de ambos, simplificadas nas seguintes grelhas modulares [FIG. 236 e 237].

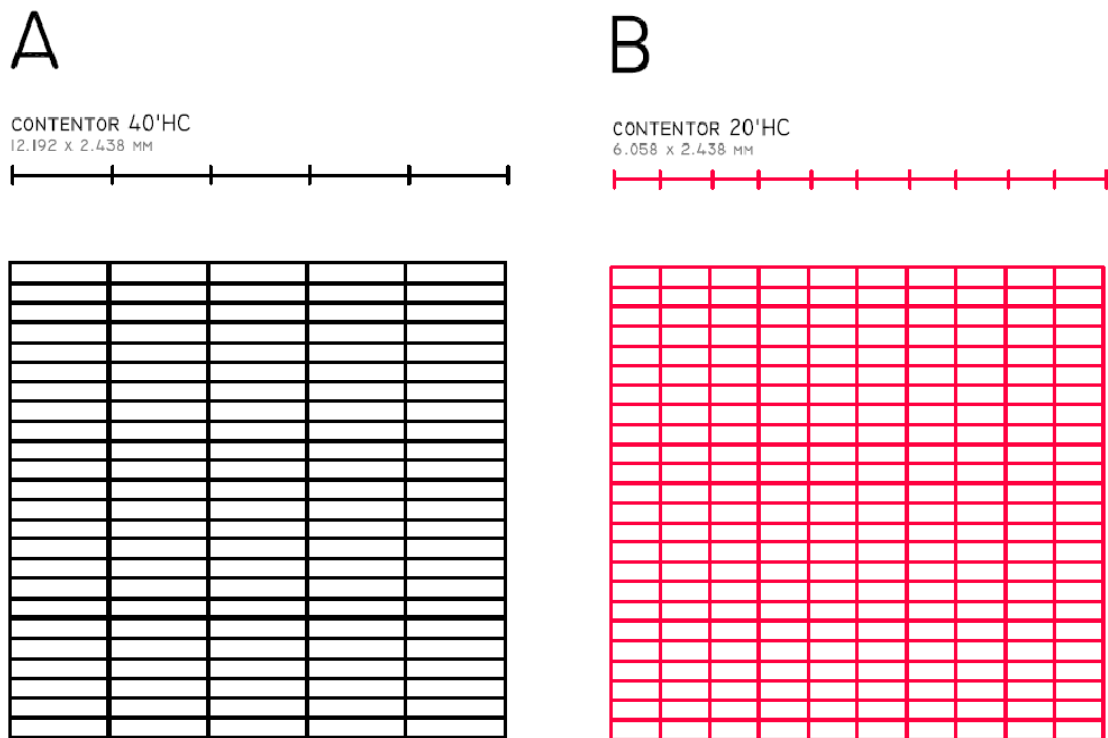


FIG. 236 e 237 Grelhas modulares tendo em conta as dimensões em planta dos contentores marítimos de 40' HC (12.192 x 2.438 mm) e 20' HC (6,058 x 2,438 mm) <sup>[160]</sup>

A **grelha modular A** representa as medidas em planta do contentor de 40' HC, ou seja, a repetição do módulo de 12.192 x 2.438 mm. Por outro lado, a **grelha modular B** é definida pelas medidas em planta do contentor de 20' HC, nomeadamente 6,058 x 2,438 mm.

A relação entre ambas é facilmente observável na [FIG. 238] que representa a junção de ambas as grelhas, na **grelha modular A+B**. Para cada módulo 40' HC, observa-se a concordância de dois módulos 20' HC, refletindo a relação multimodular destes dois tipos de contentores.

Esta relação multimodular entre ambos os contentores, é bastante apreciada no estudo de coordenação modular em projetos de reciclagem de contentores, uma vez que facilita a flexibilidade de composição modular.

# A+B

CONTENTOR 40'HC / CONTENTOR 20'HC  
12.192 x 2.438 MM / 6,058 x 2,438 MM

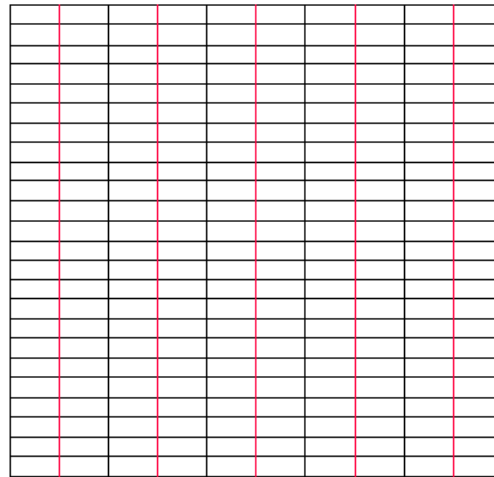


FIG. 238 Grelha modular A+B, resultante da junção das grelhas modulares A e B <sup>[160]</sup>

Além desta relação multimodular entre ambos os contentores, quando posicionados paralelamente entre si, existe a necessidade de observar a relação dos contentores quando são posicionados perpendicularmente ou transversalmente [FIG. 239].

# C

CONTENTOR 20'HC / 40' HC (TRANSVERSAL)  
2.438 x 2.896 MM

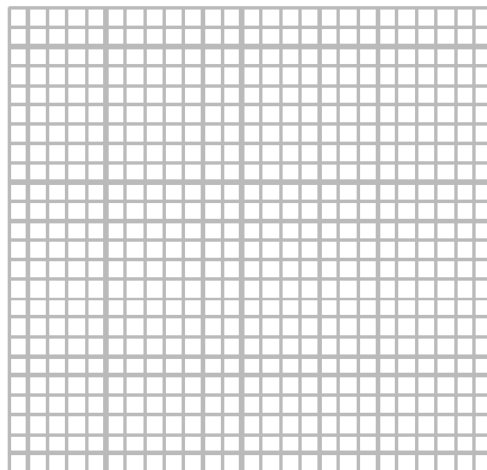


FIG. 239 Grelha modular C que representa o módulo na transversal <sup>[160]</sup>

# A+C

CONTENTOR 40'HC E A RELAÇÃO TRANSVERSAL  
12.192 x 2.438 MM | 2,438 x 2.896 MM

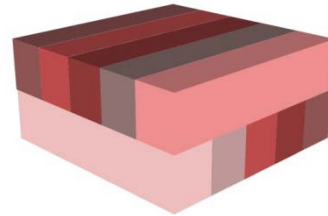
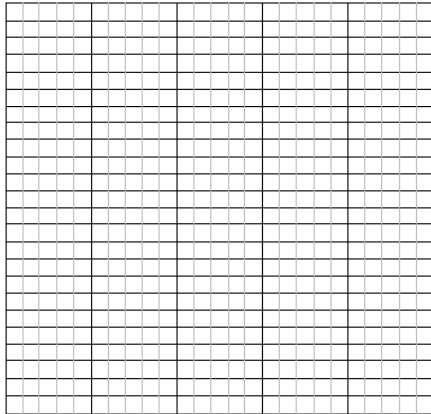


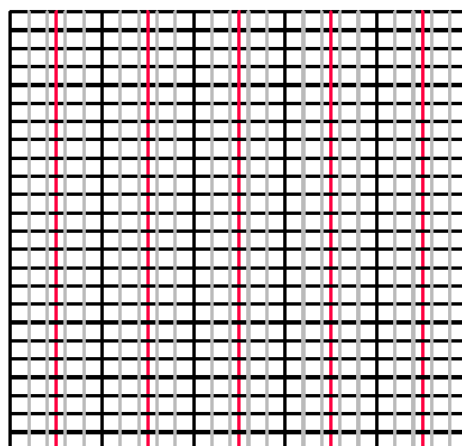
FIG. 240 e 241 Grelha modular A+C resultante da junção das grelhas modulares A e C e esquema que explica a relação transversal entre os contentores <sup>[160]</sup>

Ao combinar a **grelha modular C** que representa a dimensão dos contentores quando posicionados entre si transversalmente, com a **grelha modular A**, deduz-se que para cada módulo 40'HC é possível o posicionamento transversal de cinco contentores. Esta relação é facilmente visível no esquema da [FIG. 240 e 241].

Por fim e de modo a comparar as três grelhas A, B e C, procede-se à junção destas, **grelha modular A+B+C**, que explica como as várias grelhas se interrelacionam [FIG. 242].

# A+B+C

JUNÇÃO DE MALHAS



- CONTENTOR 40' HC
- CONTENTOR 20'HC
- JUNÇÃO DE MALHAS

FIG. 242 Grelha modular A+B+C e as suas relações <sup>[160]</sup>

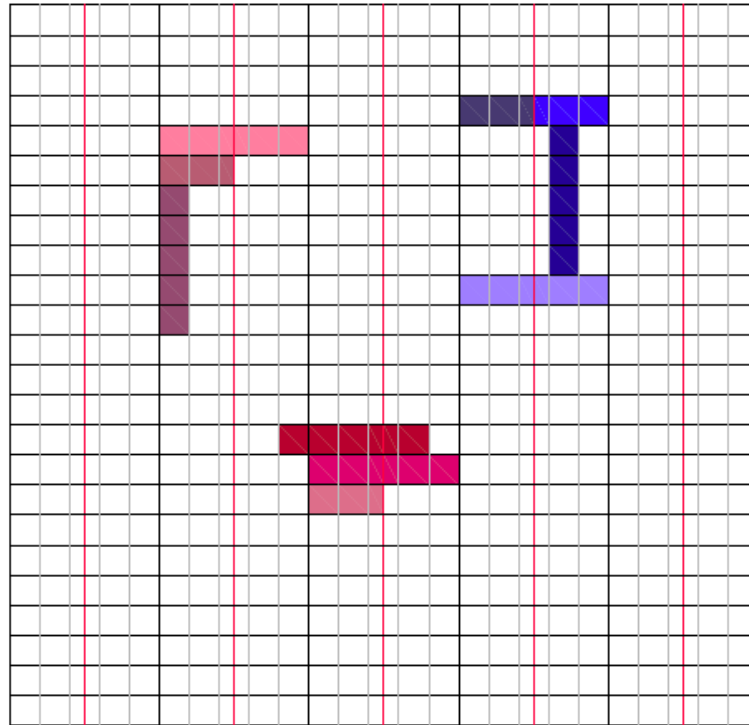


FIG. 243 A grelha A+B+C como ferramenta para a composição e coordenação modular <sup>[160]</sup>

A grelha modular A+B+C torna-se assim uma ferramenta técnica imprescindível para simplificar o estudo da modulação, representando as várias relações dimensionais entre os contentores marítimos 20' HC e 40' HC [FIG. 243].

Este estudo de modulação tem como objetivo a aplicação da modulação em propostas de coordenação modular, tanto horizontal como vertical, de modo a obter um conjunto arquitetónico modular através da utilização de contentores marítimos.

#### 4.4 Aplicação da modulação

A coordenação modular é um instrumento imprescindível para simplificar a elaboração do projeto, desde a fase projetual até à fase da construção, racionalizando e simplificando a execução da obra. Além disso, o uso da modulação contribui para a qualidade estético-compositiva da Arquitetura através do ritmo, da escala e da proporção.

#### 4.4.1 Tipologias modulares de ocupação

A análise funcional da habitação feita anteriormente visou fundamentalmente expor e caracterizar as atividades principais, de modo a definir tipologias que possam ser coordenadas modularmente, adequando a habitação às necessidades familiares, de acordo com a sua dinâmica social e cultural.

Com as várias tipologias modulares de ocupação, o processo de conceção projetual irá adaptar-se às diferentes vivências dos usuários, de modo a satisfazer as necessidades de cada um deles. Baseado nessas mesmas vivências, existem cinco tipologias diferentes: viver, dormir, circular, cultivar (corpo, mente e terra) e trabalhar [FIG. 244].

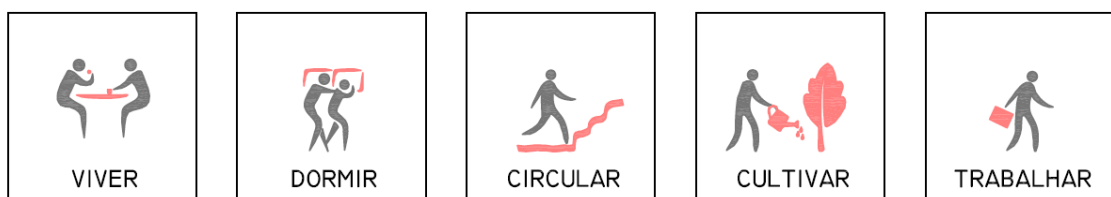


FIG. 244 Tipologias modulares de ocupação <sup>[160]</sup>

Estas cinco tipologias essenciais na vivência habitacional, são baseadas nas necessidades fisiológicas e sociais da pessoa, quando sozinha ou em grupo.

##### 4.4.1.1 Tipologia “VIVER” e variantes A1, A2 e A3

A tipologia “VIVER” é pensada como o espaço onde a família socializa e onde passa mais tempo. É constituída pela zona de entrada e respetivo hall, zona de cozinha e de alimentação e sala de estar (que poderá funcionar como quarto caso haja essa necessidade). Apresenta três variantes (A1, A2 e A3) onde difere maioritariamente a área útil dedicada a cada zona. A variante A1, constituída por um contentor marítimo de 20’ HC (5,90 x 2,34 x 2,71 m), tem uma área total de 13,81 m<sup>2</sup> e possui: hall, lavabos (sem instalações de banho), cozinha e espaço para comer, e uma pequena sala de estar (que pode funcionar também como quarto). Devido às suas dimensões reduzidas, é impossível considerar este espaço habitável por si só, devido à ausência de instalações de banho; no entanto funciona no conjunto de coordenação com as outras tipologias e variantes.

As variantes A2 e A3 são constituídas por contentores marítimos de 40’ HC (12 x 2,34 x 2,71 m), com uma área útil individual de 28,08 m<sup>2</sup>. A variante A2 inclui: hall, um espaço de arrumações (e/ou despensa), lavabos (sem instalações de banho), cozinha e espaço para

comer com possibilidade de arrumações, uma sala de estar e varanda. A variante A3 é bastante semelhante na sua constituição, possuindo equipamento de banho nas suas instalações sanitárias, contudo não possui varanda mas uma sala de estar mais ampla [FIG. 245].

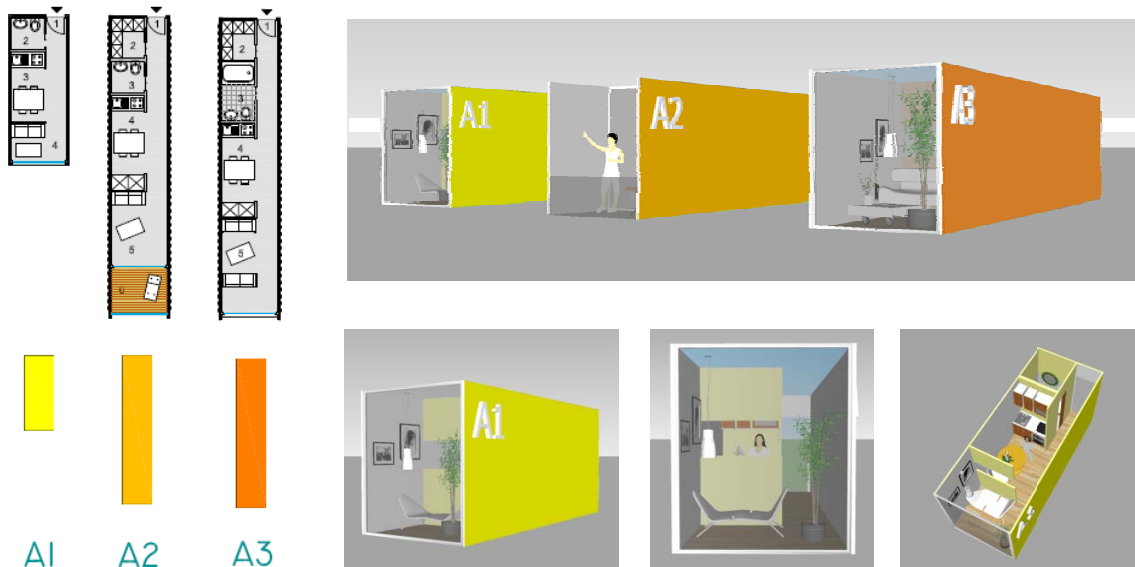


FIG. 245 Tipologia "VIVER": as três variantes A1, A2 e A3 [160]

#### 4.4.1.2 Tipologia "DORMIR" e variantes B1, B2 e B3

A zona dos quartos, utilizada maioritariamente para descansar, faz parte de outra tipologia, "DORMIR". Tal como a tipologia anterior, apresenta três variantes (B1, B2 e B3) de modo a tornar a coordenação de espaços mais flexível e diversificada, conforme a necessidade. São constituídas principalmente por zonas de quartos e instalações sanitárias de cariz mais íntimo ou privado. A variante B1 é composta por um contentor marítimo de 20' HC (5,90 x 2,34 x 2,71 m), com uma área total de 13,81 m<sup>2</sup> e possui apenas um quarto (de casal ou simples) e respetiva instalação sanitária. Esta variante pode ser utilizada como unidade modular na composição de espaços como por exemplo, residências universitárias ou hotéis. Combinada com uma variante da tipologia "VIVER", torna-se parte de uma habitação que preenche todos os requisitos de habitabilidade.

As variantes B2 e B3, à semelhança da tipologia "VIVER", são constituídas por contentores marítimos de 40' HC (12 x 2,34 x 2,71 m), cada uma com uma área útil de 28,08 m<sup>2</sup>. A variante B2 é composta por um quarto de casal e um quarto simples, ambos partilhando a mesma instalação sanitária e um pequeno hall. Os espaços podem ser remodelados

conforme a necessidade, aceitando disposições diversas de mobiliário e de funções. A variante B3 é constituída por um quarto de dimensões mais amplas e com casa de banho privativa. Além disso, tem um acesso vertical ao piso superior, ideal para coordenar módulos verticalmente e/ou aproveitamento de coberturas [FIG. 246].

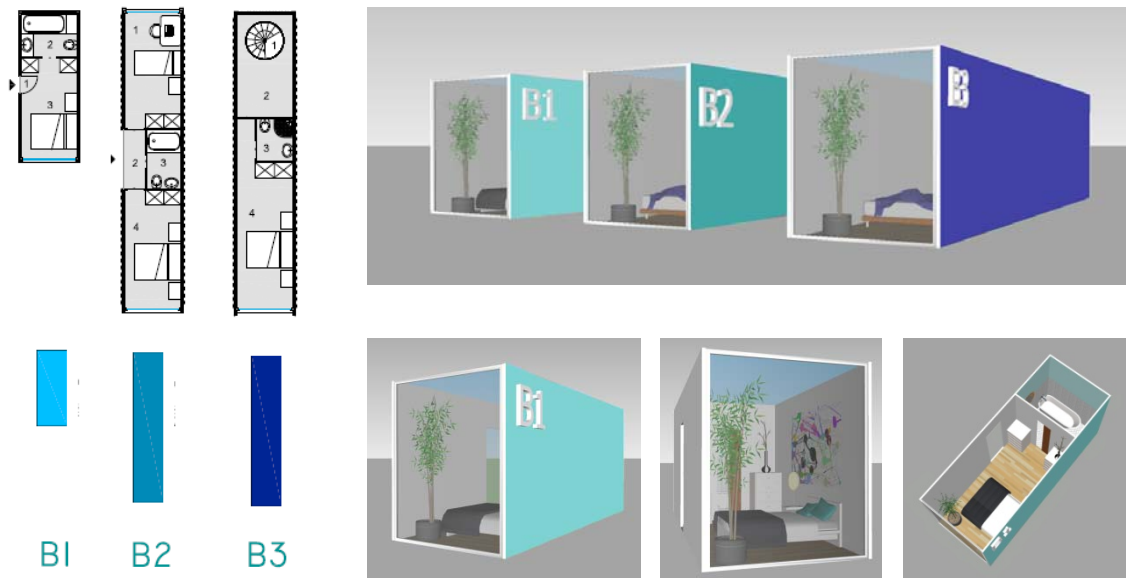


FIG. 246 Tipologia "DORMIR": as três variantes B1, B2 e B3 [160]

#### 4.4.1.3 Tipologia "CIRCULAR" e variantes C1, C2 e C3

A tipologia "CIRCULAR" é caracterizada por espaços de transição, sejam eles livres e/ou de acessos verticais, que têm como função secundária facilitar a combinação e coordenação de outros módulos tipológicos, em combinações modulares. Possui também três variantes (C1, C2 e C3). A variante C1, à semelhança das anteriores, aproveita um contentor marítimo de 20' HC (5,90 x 2,34 x 2,71 m), com uma área total de 13,81 m<sup>2</sup> e possui um espaço livre e um acesso vertical (escada caracol) que une os vários pisos, caso haja coordenação modular vertical. A variante C2 é bastante semelhante, mas utiliza contentores marítimos de 40' HC (12 x 2,34 x 2,71 m) e tem a particularidade de possuir uma varanda. Por ultimo a variante C3, um espaço livre com uma área útil de 28,08 m<sup>2</sup>, de dimensões coincidentes a um contentor de 40' HC [FIG. 247].

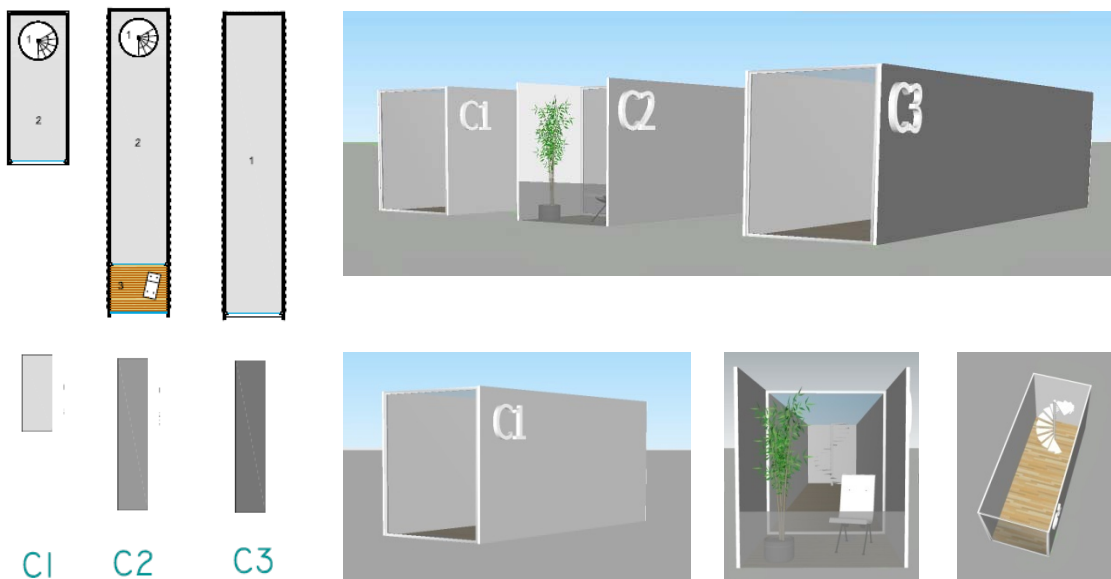


FIG. 247 Tipologia "CIRCULAR": as três variantes C1, C2 e C3 [160]

#### 4.4.1.4 Tipologia "CULTIVAR" e variantes D1, D2 e D3

A tipologia "CULTIVAR" é talvez a mais ampla de todas e a que mais incentiva o equilíbrio corpo-mente, como um objetivo saudável a atingir pela pessoa no individual ou em grupo. Esta tipologia é caracterizada por zonas de lazer e espaços verdes expostos ao ar livre que promovem o convívio e o cultivo do corpo, da mente e da terra. As três variantes (D1, D2 e D3) são espaços multifuncionais que podem funcionar como jardim ou quintal, como espaço de lazer e convívio ou até como um ginásio ao ar livre. A introdução de módulos verdes torna a coordenação modular vertical bastante interessante relativamente à composição arquitetónica, à semelhança dos edifícios com jardins verticais.

A variante D1 aproveita um contentor marítimo de 20' HC (5,90 x 2,34 x 2,71 m), prevendo uma espécie de jardim de inverno com uma área total de 13,81 m<sup>2</sup>. É constituído por uma espécie de grelha que serve de suporte a vasos de vegetação móveis, suscetíveis de alteração conforme a vontade dos usuários. As variantes D2 e D3 utilizam contentores marítimos de 40' HC e relativamente à sua constituição espacial são bastante semelhantes, incluem uma área verde dedicada a jardim ou horta e uma zona de *deck* que delimita espaços, separando a área verde da área de convívio/lazer, uma zona *lounge*. Além disso, a variante D3 possui um pequeno espelho de água, com funções maioritariamente estéticas [FIG. 248].

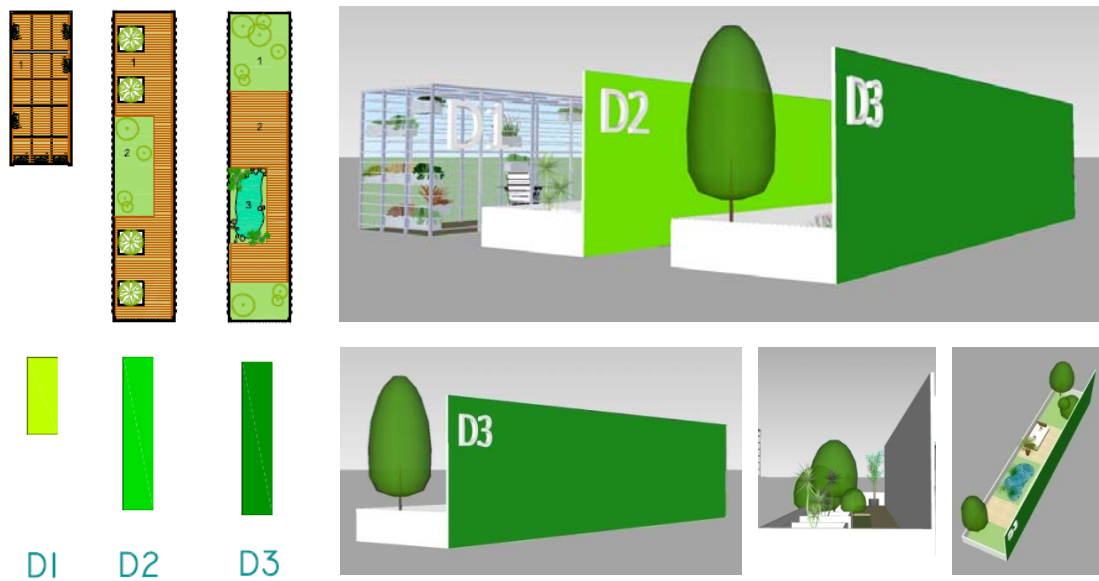


FIG. 248 Tipologia "CULTIVAR": as três variantes D1, D2 e D3 <sup>[160]</sup>

#### 4.4.1.5 Tipologia "TRABALHAR" e variantes E1 e E2

A tipologia "TRABALHAR" faz parte de todo o ser humano, tratando-se de uma verdadeira necessidade uma vez que é através dele que, em geral, se obtêm recursos para a alimentação e para o seu próprio bem-estar. Esta tipologia é caracterizada por espaços livres equipados com instalações sanitárias, de modo a aceitar qualquer organização espacial no seu interior conforme a natureza laboral, comercial ou não. Apenas apresenta as variantes E1 e E2, uma desenvolvida em contentores de 20' HC (5,90 x 2,34 x 2,71 m) e outra desenvolvida em contentores marítimos de 40' HC (12 x 2,34 x 2,71 m). Estes módulos podem ser utilizados sozinhos, bem como combinados com módulos tipicamente habitacionais [FIG. 249 e 250].



FIG. 249 Tipologia "TRABALHAR": as duas variantes E1 e E2 <sup>[160]</sup>

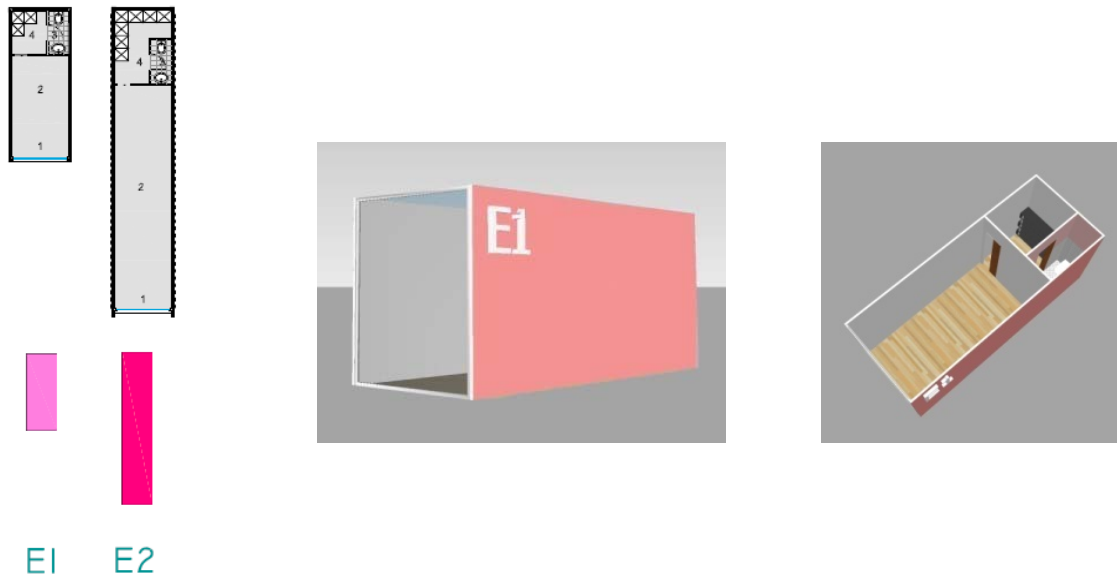


FIG. 250 Tipologia "TRABALHAR": planta e perspectiva das duas variantes E1 e E2 <sup>[160]</sup>

#### 4.4.2 Coordenação modular

As tipologias modulares de ocupação anteriormente definidas, são baseadas nas relações e funções que o habitante possui com a habitação sendo estas passíveis de personalização e adaptação conforme a vivência e as necessidades de cada habitante ou grupo de habitantes.

De um modo geral as unidades habitacionais resultarão da combinação das cinco tipologias (A, B, C, D e E), no entanto e como já anteriormente foi analisado, existem várias tipologias familiares e por vezes não se manifesta essa necessidade [FIG. 251].



FIG. 251 Esquema com as diferentes tipologias modulares de ocupação <sup>[160]</sup>

Este estudo de coordenação modular é baseado exatamente nas necessidades das várias organizações familiares existentes. No entanto, convém sublinhar que este estudo de coordenação modular é apenas uma sugestão e que futuramente partirá do habitante, a

escolha dos módulos de ocupação habitacional, bem como a sua disposição e combinação [FIG. 252].



FIG. 252 Coordenação modular através das diferentes tipologias de ocupação, conforme a informação familiar [160]

As disposições e interpolações são infinitas, além da harmonia das proporções das unidades modulares, é inegável o caráter formal das composições [FIG. 253].



FIG. 253 Possíveis disposições e combinações espaciais [160]

De modo a estabelecer a coordenação modular a nível do conjunto das unidades modulares, é necessário recorrer às grelhas modulares anteriormente estudadas como suporte de posicionamento, tanto a nível da coordenação modular horizontal como da vertical [FIG. 254 e 255].

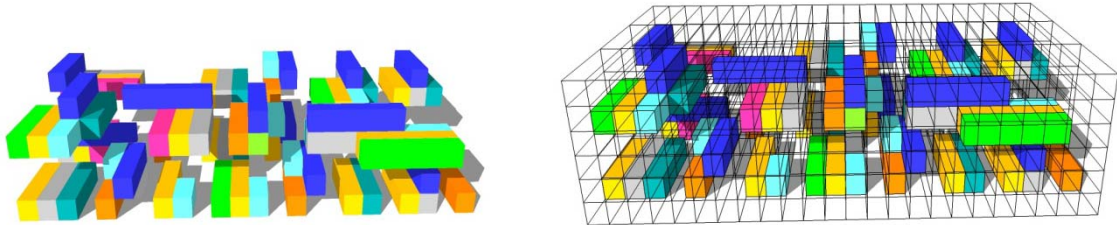


FIG. 254 e 255 Coordenação dos conjuntos modulares através da grelha tridimensional <sup>[160]</sup>

#### 4.4.2.1 Coordenação modular vertical e horizontal

A coordenação modular é possível de ser atingida em dois planos modulares de referência (PMR), no plano horizontal e/ou no plano vertical. A coordenação modular horizontal existe quando os diferentes módulos são combinados entre si, alinhados num plano imaginário paralelo ao horizonte, denominado de plano horizontal [FIG. 256].

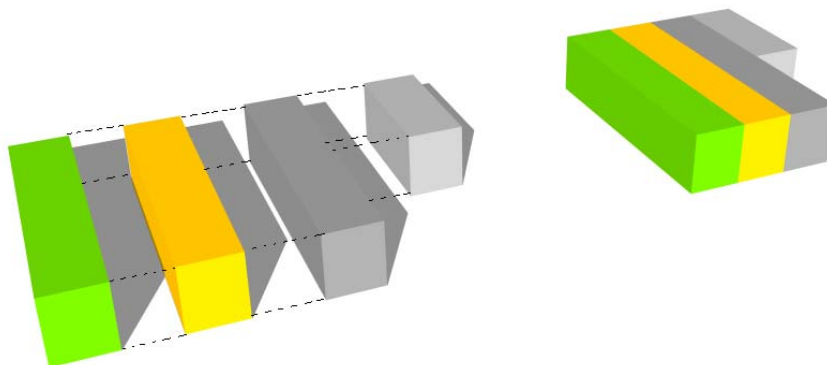
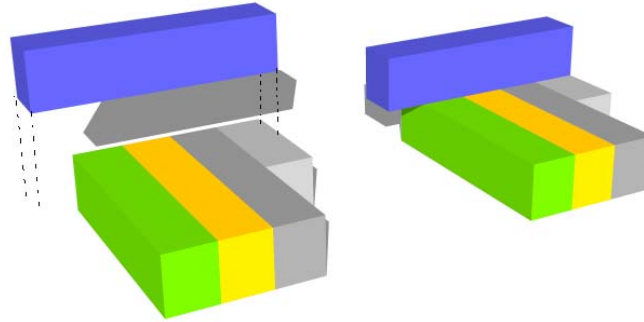


FIG. 256 Coordenação modular horizontal de vários módulos <sup>[160]</sup>

Perpendicularmente ao plano horizontal, existe o plano vertical que institui a coordenação modular vertical. Este tipo de coordenação é alinhado exatamente pela linha de direção da força da gravidade, perpendicular ao horizonte [FIG. 257].

FIG. 257 Coordenação modular vertical do módulo azul <sup>[160]</sup>

Esta organização modular através dos dois planos modulares de referência é mais um auxílio para simplificar o projeto e racionalizar a construção, garantindo a coordenação dimensional entre as partes e o todo.

Assim, é possível alcançar bons resultados na combinação dos módulos, quer seja para projetar habitações unifamiliares ou coletivas [FIG. 258].

FIG. 258 Exemplo de habitação unifamiliar através da coordenação modular <sup>[160]</sup>

#### 4.4.2.2 Estudo dos elementos verticais de ligação entre módulos

A coordenação modular das diferentes tipologias de ocupação conforme a necessidade por parte dos habitantes levanta alguns problemas ao nível das ligações verticais entre módulos. Por isso, antes da construção é necessário planejar todo o projeto, escolhendo os módulos necessários, a sua combinação, bem como as aberturas de vãos de fachada e ligações internas entre módulos. Todo este planeamento é necessário para atingir bons resultados, tanto a nível de qualidade da habitação como economia de obra [FIG. 259].

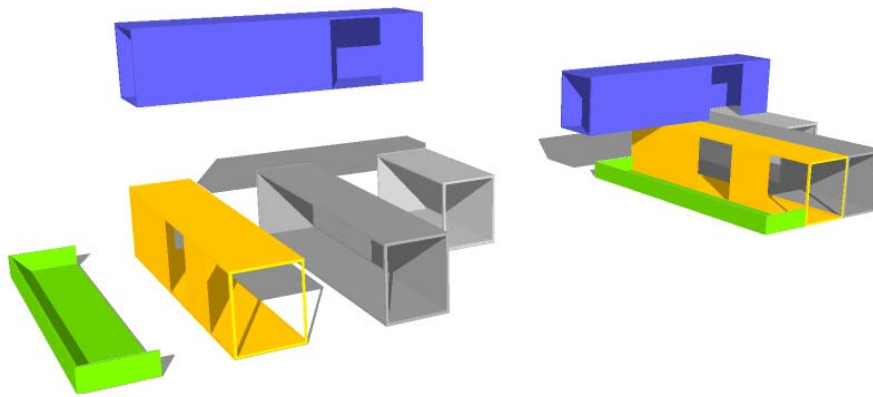


FIG. 259 Exemplo de aberturas de vãos e ligações entre módulos para uma habitação unifamiliar <sup>[160]</sup>

#### 4.4.2.3 Pormenores técnicos

O processo construtivo baseado na reutilização e remodelação de contentores marítimos deve ser realizado em oficinas de serralharia apropriadas, sob condições adequadas e evitando ao máximo defeitos de produção. Esta fase de remodelação engloba todos os trabalhos de preparação dos contentores tais como: desinfecção e limpeza, abertura de vãos, preparação de ligações e das superfícies, isolamentos térmico e acústicos, pintura e execução de alguns acabamentos <sup>[56]</sup>.

Após esta fase concluída, os contentores são transportados para a obra através de veículos pesados à semelhança de quando transportam mercadorias, sendo montados/desmontados através de meios elevatórios.

O detalhe da fase de projeto e a adequada preparação dos contentores permitem uma maior rapidez e facilidade de execução na fase da assemblagem dos diferentes módulos fase na qual apenas deverá ser necessário efetuar a ligação entre os diferentes módulos e a sua colocação nas respetivas posições.

### 4.5 Conclusões

Este estudo de modulação tem como objetivo a conformação de espaços arquitetónicos através da reciclagem e modulação dos contentores marítimos. Os contentores marítimos, já por si estruturas modulares, veem o seu potencial ampliado através da aplicação das teorias da coordenação modular, simplificando o ato projetual e contribuindo assim para a sustentabilidade da construção.

A coordenação modular das diferentes tipologias modulares de ocupação, baseada nas funções essenciais entre o habitante e a habitação, cativa a personalização e consequentemente a adaptabilidade desta conforme a necessidade ou o desejo do habitante. Na verdade, a personalização é a base deste sistema de coordenação modular com contentores marítimos, permitindo à habitação, acompanhar a realidade das mudanças constantes do habitante e os seus planos para a vida a curto ou a médio prazo.

A personalização da habitação cativa a apropriação do espaço pelo habitante e desencadeia um processo contínuo de transformação do seu próprio espaço. É o uso que muda a forma da habitação, tornando-a um espelho das mudanças constantes da vida dos habitantes.

Assim, este estudo e aplicação da coordenação modular do contentor no projeto de Arquitetura, permite não só a reciclagem dos contentores marítimos como visa a sustentabilidade da construção, no presente e no futuro.

# CAPÍTULO V

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Conclusão

É através dos numerosos e diversos exemplos de projetos de arquitetura com contentores marítimos que se demonstra claramente que os contentores são módulos complexos que oferecem soluções para uma série de usos. Com uma imagem formal facilmente reconhecível e com o seu inevitável caráter modular, estes permitem a sua multiplicação e conjugação, formando composições arquitetónicas elaboradas e complexas.

De modo a racionalizar a construção com contentores, foram estudadas e expostas as teorias de coordenação modular de modo a elaborar uma proposta de arranjos espaciais e modulares, com o objetivo de conformar espaços arquitetónicos flexíveis e sustentáveis. Além disso, o uso da modulação contribui para a qualidade estético-compositiva da Arquitetura através do ritmo, da escala e da proporção inerentes à coordenação modular.

A coordenação modular torna-se um instrumento imprescindível para simplificar a elaboração do projeto, desde a fase de planeamento até à fase da construção, racionalizando e simplificando a execução da obra, do papel ao terreno.

A proposta de arranjos espaciais baseada em contentores marítimos, sugere um sistema de fácil combinação de módulos, com graus de diferenciação e/ ou personalização entre eles, apresentando várias tipologias modulares de ocupação. Estes admitem combinações e mutações próprias da existência do agregado familiar, sendo possível criar diversos tipos habitacionais, a partir da adição ou subtração de módulos.

### 5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Embora o número de projetos de Arquitetura com contentores marítimos remodelados esteja em ascensão a nível internacional, em Portugal este sistema construtivo ainda não se encontra muito desenvolvido, talvez devido à falta de conhecimento e investigação nesta área, que permitam o desenvolvimento de metodologias de projeto adequadas.

Assim, torna-se necessário continuar a desenvolver a investigação nesta área, seja através dos conceitos da Engenharia ou da Arquitetura, sejam eles práticos ou teóricos. Sugerem-se então alguns temas para futuros trabalhos:

- O contentor e o conceito de mobilidade espacio-temporal do Grupo Archigram - *Plug-in City, Walking City* e *Instant City*;
- O contentor e as novas formas de ocupação e mobilidade urbana;
- O contentor como casa autossustentável ou o;
- Estudo de coordenação modular dos componentes interiores no projeto de Arquitetura.

## REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

- [1] "THE GUARDIAN". Boxing Clever. Disponível em <<http://www.guardian.co.uk/society/2004/jan/14/environment.environment>>. Acesso em 07/2009
- [2] SHIPPING CONTAINER HOUSING GUIDE, Shipping container costs. Disponível em <<http://www.shipping-container-housing.com/shipping-container-costs.html>>. Acesso em 07/2009
- [3] O CONTENTOR, 50 Anos de cargas em contentores. Disponível em: <<http://ocontentor.blogspot.com/2006/04/50-anos-de-cargas-em-contentores.html>>. Acesso em 04/2010
- [4] JOAQUIM DA SILVA, O transporte marítimo - mais... e mais contentores. Disponível em: <[http://www.revistadearinha.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1437:transporte-maritimo&catid=102:portos-e-canais&Itemid=291](http://www.revistadearinha.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1437:transporte-maritimo&catid=102:portos-e-canais&Itemid=291)>. Acesso em 04/2010
- [5] THE CONTAINER STORY, A film by Thomas Greh. Disponível em <<https://www.containerstory.com/hintergrund.php?lang=en>>. Acesso em 04/2010
- [6] SEA-LAND, Malcom McLean. Disponível em <<http://www.mgar.net/sealand2.htm>>. Acesso em 04/2010.
- [7] ISBU ASSOCIATION, All About Shipping Containers. Disponível em <[http://www.isbu-info.org/all\\_about\\_shipping\\_containers.html](http://www.isbu-info.org/all_about_shipping_containers.html)>. Acesso em 04/2010
- [8] JORNAL DE NOTÍCIAS, É a cura que faz do peixe uma bicicleta ou um Ferrari. Disponível em <[http://www.jn.pt/PaginalInicial/Sociedade/Interior.aspx?content\\_id=1738434](http://www.jn.pt/PaginalInicial/Sociedade/Interior.aspx?content_id=1738434)>. Acesso em 12/2010
- [9] RESIDENTIAL SHIPPING CONTAINER PRIMER, Shipping container structural components and terminology. Disponível em <<http://www.residentialshippingcontainerprimer.com>>. Acesso em 05/2010
- [10] VERDADES DO SHIPPING, É mais barato enviar um contentor para a China... Disponível em <<http://www.opais.net/pt/dossier/?det=5171&id=1885>>. Acesso em 05/2010

[11] CONTAINER HANDBOOK, Cargo loss prevention information from German marine insurers. Disponível em <[http://www.containerhandbuch.de/chb\\_e/index.html](http://www.containerhandbuch.de/chb_e/index.html)>. Acesso em 05/2010

[12] ISO - International Organization for Standardization, Freight containers. Disponível em <[http://www.iso.org/iso/support/faqs/faqs\\_widely\\_used\\_standards/widely\\_used\\_standards\\_other/freight\\_containers.htm](http://www.iso.org/iso/support/faqs/faqs_widely_used_standards/widely_used_standards_other/freight_containers.htm)>. Acesso em 06/2010

[13] TIS - TRANSPORT INFORMATION SERVICE, Container types. Disponível em <[http://www.tis-gdv.de/tis\\_e/containe/inhalt2.htm](http://www.tis-gdv.de/tis_e/containe/inhalt2.htm)>. Acesso em 07/2010

[14] SHIPPING CONTAINER HOUSING GUIDE, Shipping container costs. Disponível em <<http://www.shipping-container-housing.com/shipping-container-costs.html>>. Acesso em 07/2010

[15] BUSINESS.COM, Guide to Pricing and Costs of Shipping Containers. Disponível em <<http://www.business.com/guides/pricing-and-costs-of-shipping-containers-23367>>. Acesso em 07/2010

[16] Pesquisa de diversos fabricantes: ALHO (<<http://alho.com>>), Kleusberg (<<http://www.kleusberg.de>>), Drehtainer (<<http://www.drehtainer.de>>)

[17] KONRAD, JOHN, Gcaptain: Emma Maersk - The Secret Story of Building the World's Largest Container Ship. Disponível em <<http://gcaptain.com/emma-maersk-engine?506>>. Acesso em 07/2010

[18] SHIPPING CONTAINER HOUSING GUIDE, China - the world leading container manufacturer. Disponível em <<http://www.shipping-container-housing.com/container-manufacturer.html>>. Acesso em 07/2010

[19] RESIDENTIAL SHIPPING CONTAINER PRIMER, COR-TEN steel usage and rusting process. Disponível em <<http://www.residentialshippingcontainerprimer.com/CorTen>>. Acesso em 05/2010

[20] WIKIPEDIA, Twistlock. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Twistlock>. Acesso em 01/2011

[21] ALHO - MODULAIRE, At home in building system. Disponível em <<http://alho.com>>. Acesso em 01/2011

[22] DREHTAINER. Disponível em <<http://www.drehtainer.de>>. Acesso em 01/2011

[23] Sekisui, M1 Archives. Disponível em <[http://www.sekisuiheimm1.com/index\\_english.html](http://www.sekisuiheimm1.com/index_english.html)>. Acesso em 02/2011

[24] CONTAINER HOME.INFO, Information about how to build your own container home. Disponível em <<http://www.containerhome.info>>. Acesso em 04/2010

[25] RHWARCHITEKTEN. Disponível em <<http://www.rhwarchitekten.de>>. Acesso em 07/2010

[26] PATZNER ARCHITECKTEN, Training Bornack. Disponível em <<http://www.patzner-architekten.de/3482-Training-Bornack.html>>. Acesso em 07/2010

[27] PIERRE MORENCY ARCHITECTE. Disponível em <<http://pierremorencyarchitecte.com>>. Acesso em 07/2010

[28] ARCHDAILY, Manifesto House/ James & Mau, for Infiniski. Disponível em <<http://www.archdaily.com/41001/manifesto-house-james-mau-for-infiniski>>. Acesso em 07/2010.

[29] hvdn architecten, Disponível em <<http://www.hvdn.nl/2111/projecten/0342t.htm>>. Acesso em 07/2010

[30] JUDIT BELLOSTES, Centro de acogida para niños - bed by night. Disponível em <<http://blog.bellostes.com/?p=1155>>. Acesso em 07/2010

[31] ARCHDAILY, PUMA City, Shipping Container Store/ LOT-EK. Disponível em <<http://www.archdaily.com/10620/puma-city-shipping-container-store-lot>>. Acesso em 07/2010

[32] LOT-EK, Mobile Architecture: Uniqlo Container Stores. Disponível em <<http://www.lot-ek.com>>. Acesso em 07/2010

[33] ARCHDAILY, Platoon Kunsthalle / Platoon + Graft Architects. Disponível em <<http://www.archdaily.com/27386/platoon-kunsthalle-graft-architects>>. Acesso em 07/2010

[34] INHABITAT, Shipping Containers and Cars Stacked High as Colorful Eco Sculptures! Disponível em <<http://inhabitat.com/shipping-containers-and-cars-stacked-high-as-colorful-eco-sculptures>>. Acesso em 07/2010

- [35] CONTAINER ORIGAMI. Disponível em <<http://www.roeterink.com/follydock/follydock.html>>. Acesso em 07/2010
- [36] ARCHDAILY, Oceanscope/ AnL studio. Disponível em <<http://www.archdaily.com/53840/oceanscope-anl-studio>>. Acesso em 07/2010
- [37] ARCHDAILY, Sjakket Youth Club/ PLOT. Disponível em <<http://www.archdaily.com/13373/sjakket-youth-club-plot>>. Acesso em 07/2010
- [38] ZIEBELL + PARTNER, TFZ - Wismar. Disponível em <<http://www.ziebell-partner.com/projekte/profil.php?ID=14&Seite=#>>. Acesso em 07/2010
- [39] PAULO RICARDO BREGATTO, Coordenação Modular. Disponível em <<http://bregatto.blogspot.com/2008/09/coordenao-modular-parte-i.html>>. Acesso em 04/2010.
- [40] NOVAS FORMAS DE MORAR, Arquitetura em movimento. Disponível em <<http://novasformasdemorar.blogspot.com/2007/01/porque-novas-formas-de-morar-o-homem-do.html>>. Acesso em 01/2011.
- [41] NEXTGEN HOUSING, On flexible spaces and modularity. Disponível em <<http://in-grain.com/PDF/modular-housing.pdf>>. Acesso em 02/2011.
- [42] FLEXIBLE HOUSING, about timeline browse. Disponível em <<http://afewthoughts.co.uk/flexiblehousing/>>. Acesso em 02/2011.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [43] BALDAUF, A. (2004) *Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre
- [44] CASTELO, J. (2008) *Desenvolvimento de modelo conceptual de sistema construtivo industrializado leve destinado à realização de edifícios metálicos*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto
- [45] CHING, F. (2002) *Arquitetura: forma, espaço e ordem*. Martins Fontes, São Paulo
- [46] GOMES, M. (2010) *Análise Energética de Construção Modular com Contentores Marítimos*. Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã
- [47] JUNIOR, J. (2009) *Sustentabilidade e viabilidade económica de habitações de interesse social*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza
- [48] KOTNIK, J. (2009) *Container Architecture: this book contains 6441 containers*. 1st ed. Links Books, Spain
- [49] LING, T. (2002) *Using Shipping Containers for Record Storage: specification and description*, National Archives of Australia, Australia
- [50] LOURENÇO, D. (2010) *Análise da constituição e do comportamento elástico de um contentor comercial marítimo*. Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã
- [51] MENESES, N. (2007) *Arquitetura(s) Nómada(s); Paisagens em constante mutação*. Prova Final de Licenciatura, Universidade de Coimbra, Coimbra
- [52] NEUFERT, E. (2009) *Arte de projetar em arquitetura*. GG 17ª Edição. Gustavo Gili. São Paulo, Brasil
- [53] NUNES, N. (2009) *Aproveitamento de contentores marítimos para habitação*. Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã
- [54] PEDRO, J. (2001) *Programa Habitacional: Habitação*, 4ª Edição, Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Informação Técnica Arquitetura ITA 5, Lisboa
- [55] ROSSO, T. (1976) *Teoria e prática da coordenação modular*. FAUUSP, São Paulo, Brasil
- [56] SILVA, R. (2010) *Construção com Contentores Marítimos Remodelados, estudo de caso de aplicação*. Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã.
- [57] SLAWIK H., BERGMANN J., BUCHMEIER M. e TINNEY S. (Eds.). (2010) *Container Atlas*. Berlin. Gestalten
- [58] SMITH, J. (2006) *Shipping containers as building components*. Dissertação de Mestrado, University of Brighton, Brighton UK

[59] ZECHMEISTER, D. (2005) *Estudo para a padronização das dimensões de unidades de alvenaria estrutural no Brasil através do uso da coordenação modular*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

## FONTE DE IMAGENS

[i1] <http://www.mgar.net/sealand2.htm>

[i2] <http://theridoureport.blogspot.com/2010/06/consumer-temple-broken-icon-gary.html>

[i3] <http://myshippingcontainerhouse.blogspot.com/>

[i4] <http://www.shyshade.com/productdetail.php?id=251>

[i5] <http://www.pinfoundations.com/>

[i6] [http://www.va-q-tec.com/va-q-vip\\_b\\_en,2755.html](http://www.va-q-tec.com/va-q-vip_b_en,2755.html)

[i7] [http://www.shippingcontainerhousedesign.com/container\\_home\\_insulation.html](http://www.shippingcontainerhousedesign.com/container_home_insulation.html)

[i8] <http://www.architecturemedia.com/aa/aaissue.php?issueid=200109&article=11&typeon=2#top>

[i9] [http://images02.olx.com.br/ui/10/80/20/1292349277\\_146708020\\_1-Fotos-de--SHIPTAINER-CONTAINER-DO-BRASIL-1292349277.jpg](http://images02.olx.com.br/ui/10/80/20/1292349277_146708020_1-Fotos-de--SHIPTAINER-CONTAINER-DO-BRASIL-1292349277.jpg)

[i10] [http://www.flickr.com/photos/a\\_is\\_to\\_b\\_as\\_b\\_is\\_to\\_c/37302383/](http://www.flickr.com/photos/a_is_to_b_as_b_is_to_c/37302383/)

[i11] <http://www.ilovebelgium.be/blog/files/2011/03/aaaaaaaaa.jpg>

[i12] <http://www.dwell.com/articles/container-cinema.html>

[i13] <http://www.archdaily.com/20709/container-art-bernardes-jacobsen/>

[i14] [http://www.shigerubanarchitects.com/SBA\\_WORKS/SBA\\_OTHERS/SBA\\_Others\\_index.htm](http://www.shigerubanarchitects.com/SBA_WORKS/SBA_OTHERS/SBA_Others_index.htm)

[i15] [http://www.architectureandhygiene.com/12conHouse/12con\\_main.html](http://www.architectureandhygiene.com/12conHouse/12con_main.html)

[i16] <http://www.flickr.com/photos/25409219@N02/>

[i17] <http://www.containerstoragehawaii.com/standard/twentyft.htm>

[i18] <http://www.hapag-lloyd.com/en/home.html>

[i19] [http://www.storagecontainers.com/storage\\_containers/20ft\\_side.asp](http://www.storagecontainers.com/storage_containers/20ft_side.asp)

[i20] <http://www.transportplanning.com/ph2.html>

[i21] <http://www.k-tainer.eu/en/container-trading/flats>

- [i22] <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/containers/refrigerated-containers>
- [i23] <http://www.ascoco2.com/en/products/co2-and-cryogenic-tanks/iso-tank-container/>
- [i24] [http://www.tis-gdv.de/tis/taz/o/open\\_side\\_container.htm](http://www.tis-gdv.de/tis/taz/o/open_side_container.htm)
- [i25] <http://www.residentialshippingcontainerprimer.com/howto>
- [i26] <http://www.maerskline.com/appmanager/>
- [i27] <http://www.residentialshippingcontainerprimer.com/>
- [i28] [http://www.containercontainer.com/about\\_containers.aspx](http://www.containercontainer.com/about_containers.aspx)
- [i29] <http://www.flickrriver.com/photos/tags/oocl/interesting/>
- [i30] <http://www.flickr.com/photos/ogil/168181440/>
- [i31] <http://www.chinatwistlocks.com/Twistlock-STD.htm>
- [i32] <http://www.pacificmarine.net/cargosecuringbridgefitting.htm>
- [i33] <http://www.aimu.org/ondeckstorage.html#Cargo%20Securing%20Manuals%C2%A0>
- [i34] <http://www.alho.com/>
- [i35] <http://www.lvh.de/>
- [i36] <http://www.drehtainer.com/products/>
- [i37] <http://www.kleusberg.de/>
- [i38] <http://blog.lemansrace.com/tag/camping/>
- [i39] [http://www.slawik.net/html/bauten\\_projekte.html](http://www.slawik.net/html/bauten_projekte.html)
- [i40] <http://www.zimbio.com/pictures/z9AWOe-FXsO/FEMA+Trailer+Park+Residents+Facing+June+1/>
- [i41] <http://www.sekisuiheimm1.com/>
- [i42] <http://www.flickr.com/photos/on1stsite>
- [i43] <http://staxxon.com/>
- [i44] [http://www.e-architect.co.uk/australia/childrens\\_activity\\_centre.htm](http://www.e-architect.co.uk/australia/childrens_activity_centre.htm)
- [i45] <http://www.der-blaue-hummer.de/locations/hamburg/hafencity/cruise-center.html>
- [i46] <http://www.patzner-architekten.de/3482-Training-Bornack.html>
- [i47] <http://pierremorencyarchitecte.com/>

- [i48] <http://www.archdaily.com/41001/manifesto-house-james-mau-for-infiniski/>
- [i49] <http://www.flickr.com/photos/37311082@N00/>
- [i50] <http://blog.bellostes.com/?p=1155>
- [i51] <http://www.archdaily.com/10620/puma-city-shipping-container-store-lot/>
- [i52] <http://www.lot-ek.com/>
- [i53] <http://www.archdaily.com/27386/platoon-kunsthalle-graft-architects/>
- [i54] <http://inhabitat.com/shipping-containers-and-cars-stacked-high-as-colorful-eco-sculptures/>
- [i55] <http://www.flickr.com/photos/duimdog/tags/follydockexpo>
- [i56] <http://www.archdaily.com/53840/oceanscope-anl-studio/>
- [i57] <http://www.archdaily.com/13373/sjacket-youth-club-plot/>
- [i58] <http://www.ziebell-partner.com/projekte/profil.php?ID=14&Seite=#>
- [i59] <http://www.sandrashaw.com/lectures.htm>
- [i60] As figuras apresentadas servem para explicar conceitos estudados em detalhe no Capítulo IV - Estudo e aplicação da Coordenação Modular, realizadas pela autora da dissertação, Ana Raquel Araújo Marques (2011)
- [i61] <http://img151.imageshack.us/img151/5903/rcm01weissenhofly9.jpg>
- [i62] <http://www.dearchitecturablog.com/wp-content/uploads/The%20Weissenhof.pdf>
- [i63] <http://www.dearchitecturablog.com/?p=565>
- [i64] [http://www.mom.arq.ufmg.br/05\\_biblioteca/acervo/santos\\_esquecimento.pdf](http://www.mom.arq.ufmg.br/05_biblioteca/acervo/santos_esquecimento.pdf)
- [i65] <http://igweb.euita.upm.es/?p=1393>

# ANEXOS



## ISO Standards Handbook:

# Freight containers

2006, Ed. 4, 826 p., ISBN 92-67-10426-8

## Contents

<b>ISO 668:1995</b>	Series 1 freight containers — Classification, dimensions and ratings
<b>ISO 668:1995 / Amd 1:2005</b>	Amendment 1:2005 to ISO 668:1995
<b>ISO 668:1995 / Amd 2:2005</b>	Amendment 2:2005 to ISO 668:1995, 45' containers
<b>ISO 830:1999</b>	Freight containers — Vocabulary
<b>ISO 830:1999 / Cor 1:2001</b>	Technical Corrigendum 1:2001 to ISO 830:1999
<b>ISO 1161:1984</b>	Series 1 freight containers — Corner fittings — Specification
<b>ISO 1161:1984 / Cor 1:1990</b>	Technical Corrigendum 1:1990 to ISO 1161:1984
<b>ISO 1496-1:1990</b>	Series 1 freight containers — Specification and testing — Part 1: General cargo containers for general purposes
<b>ISO 1496-1:1990 / Amd 1:1993</b>	Amendment 1:1993 to ISO 1496-1:1990, 1AAA and 1BBB containers
<b>ISO 1496-1:1990 / Amd 2:1998</b>	Amendment 2:1998 to ISO 1496-1:1990
<b>ISO 1496-1:1990 / Amd 3:2005</b>	Amendment 3:2005 to ISO 1496-1:1990
<b>ISO 1496-1:1990 / Amd 4:2006</b>	Amendment 4:2006 to ISO 1496-1:1990
<b>ISO 1496-1:1990 / Amd 5:2006</b>	Amendment 5:2006 to ISO 1496-1:1990, Door end security
<b>ISO 1496-2:1996</b>	Series 1 freight containers — Specification and testing — Part 2: Thermal containers
<b>ISO 1496-2:1996 / Amd 1:2006</b>	Amendment 1:2006 to ISO 1496-2:1996
<b>ISO 1496-3:1995</b>	Series 1 freight containers — Specification and testing — Part 3: Tank containers for liquids, gases and pressurized dry bulk
<b>ISO 1496-3:1995 / Amd 1:2006</b>	Amendment 1:2006 to ISO 1496-3:1995, Testing of the external restraint (longitudinal) dynamic
<b>ISO 1496-4:1991</b>	Series 1 freight containers — Specification and testing — Part 4: Non-pressurized containers for dry bulk
<b>ISO 1496-4:1991 / Cor 1:2006</b>	Technical Corrigendum 1:2006 to ISO 1496-4:1991
<b>ISO 1496-4:1991 / Amd 1:1994</b>	Amendment 1:1994 to ISO 1496-4:1991, 1AAA and 1BBB containers

<b>ISO 1496-5:1991</b>	Series 1 freight containers — Specification and testing — Part 5: Platform and platform-based containers
<b>ISO 1496-5:1991 / Amd 1 :1993</b>	Amendment 1:1993 to ISO 1496-5:1991, 1AAA and 1BBB containers
<b>ISO 1496-5:1991 / Amd 2:1994</b>	Amendment 2:1994 to ISO 1496-5:1991
<b>ISO 2308:1972</b>	Hooks for lifting freight containers of up to 30 tonnes capacity — Basic requirements
<b>ISO 3874:1997</b>	Series 1 freight containers — Handling and securing
<b>ISO 3874:1997 / Amd 1:2000</b>	Amendment 1:2000 to ISO 3874:1997, Twistlocks, latchlocks, stacking fittings and lashing rod systems for securing of containers
<b>ISO 3874:1997 / Amd 2:2002</b>	Amendment 2:2002 to ISO 3874:1997, Vertical tandem lifting
<b>ISO 3874:1997 / Amd 3:2005</b>	Amendment 3:2005 to ISO 3874:1997, Double stack rail car operations
<b>ISO 6346:1995</b>	Freight containers — Coding, identification and marking
<b>ISO 8323:1985</b>	Freight containers — Air/surface (intermodal) general purpose containers — Specification and tests
<b>ISO 9669:1990</b>	Series 1 freight containers — Interface connections for tank containers
<b>ISO 9669:1990 / Amd 1:1992</b>	Amendment 1:1992 to ISO 9669:1990, Sections 3 and 4
<b>ISO 9711-1:1990</b>	Freight containers — Information related to containers on board vessels — Part 1: Bay plan system
<b>ISO 9897:1997</b>	Freight containers — Container equipment data exchange (CEDEX) — General communication codes
<b>ISO 9897:1997 / Cor 1:2001</b>	Technical Corrigendum 1:2001 to ISO 9897:1997
<b>ISO 10368:2006</b>	Freight thermal containers — Remote condition monitoring
<b>ISO 10374:1991</b>	Freight containers — Automatic identification
<b>ISO 10374:1991 / Amd 1:1995</b>	Amendment 1:1995 to ISO 10374:1991
<b>ISO 14829:2002</b>	Freight containers — Straddle carriers for freight container handling — Calculation of stability
<b>ISO/TR 15069:1997</b>	Series 1 freight containers — Handling and securing — Rationale for ISO 3874 Annex A
<b>ISO/TR 15070:1996</b>	Series 1 freight containers — Rationale for structural test criteria
<b>ISO/TR 15070:1996 / Amd 1:2005</b>	Amendment 1:2005 to ISO 15070:1996, Guidance on structural integrity
<b>ISO/PAS 17712:2006</b>	Freight containers — Mechanical seals
<b>ISO 18185-3:2006</b>	Freight containers — Electronic seals — Part 3: Environmental characteristics

## ANEXO 2

Tabela de dimensões dos contentores marítimos (adaptado de Slawik e al. (Eds.), 2010)

Designação	Tamanho nominal		Altura nominal	Comprimento externo		Largura externa		Altura externa		Dimensões mínimas internas			Dimensões da abertura da porta	
										Altura	Largura	Comprimento	Altura	Largura
<b>1AAA</b>	40'	12 m	High Cube	40'	12,192 mm	8'	2,438 mm	9' 6"	2,896 mm	2,655 mm	2,330 mm	11,998 mm	2,566 mm	2,286 mm
1AA	40'	12 m	Standard Cube	40'	12,192 mm	8'	2,438 mm	8' 6"	2,591 mm	2,350 mm	2,330 mm	11,998 mm	2,261 mm	2,286 mm
1A	40'	12 m	Low Cube	40'	12,192 mm	8'	2,438 mm	8'	2,438 mm	2,197 mm	2,330 mm	11,998 mm	2,134 mm	2,286 mm
1AX	40'	12 m	—	40'	12,192 mm	8'	2,438 mm	< 8'	< 2,438 mm	—	2,330 mm	11,998 mm	—	2,286 mm
1BBB	30'	9 m	High Cube	29' 11 ¼"	9,125 mm	8'	2,438 mm	9' 6"	2,896 mm	2,655 mm	2,330 mm	8,931 mm	2,566 mm	2,286 mm
1BB	30'	9 m	Standard Cube	29' 11 ¼"	9,125 mm	8'	2,438 mm	8' 6"	2,591 mm	2,350 mm	2,330 mm	8,931 mm	2,261 mm	2,286 mm
1B	30'	9 m	Low Cube	29' 11 ¼"	9,125 mm	8'	2,438 mm	8'	2,438 mm	2,197 mm	2,330 mm	8,931 mm	2,134 mm	2,286 mm
1BX	30'	9 m	—	29' 11 ¼"	9,125 mm	8'	2,438 mm	< 8'	< 2,438 mm	—	2,330 mm	8,931 mm	—	2,286 mm
<b>1CCC</b>	20'	6 m	High Cube	19' 11 ¼"	6,058 mm	8'	2,438 mm	9' 6"	2,896 mm	2,655 mm	2,330 mm	11,998 mm	2,566 mm	2,286 mm
1CC	20'	6 m	Standard Cube	19' 11 ¼"	6,058 mm	8'	2,438 mm	8' 6"	2,591 mm	2,350 mm	2,330 mm	5,867 mm	2,261 mm	2,286 mm
1C	20'	6 m	Low Cube	19' 11 ¼"	6,058 mm	8'	2,438 mm	8'	2,438 mm	2,197 mm	2,330 mm	5,867 mm	2,134 mm	2,286 mm
1CX	20'	6 m	—	19' 11 ¼"	6,058 mm	8'	2,438 mm	< 8'	< 2,438 mm	—	2,330 mm	5,867 mm	—	2,286 mm
1D	10'	3 m	Low Cube	9' 11 ¼"	2,991 mm	8'	2,438 mm	8'	2,438 mm	2,197 mm	2,330 mm	2,802 mm	2,134 mm	2,286 mm
1DX	10'	3 m	—	9' 11 ¼"	2,991 mm	8'	2,438 mm	< 8'	< 2,438 mm	—	2,330 mm	2,802 mm	—	2,286 mm

<b>Observação:</b>	Para além do sistema métrico, optou-se por manter a referência ao sistema em pés dado ainda o seu vulgar uso no Reino Unido e nos Estados Unidos, e em menor grau no Canadá.
<b>Conversão</b>	1 pé/ 1 foot/ 1' = 0,3048 metros
<b>Equivalência</b>	1 pé= 12 polegadas/ 12 inches/ 12"
<b>Legenda</b>	<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> Tipos de contentores escolhidos como módulos para o estudo de coordenação modular