



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Reocupação Modular **Intervenção em centros históricos através da construção modular**

Tiago Manuel Alves Seixas

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Arquitetura
(ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor Luiz António Pereira de Oliveira

Covilhã, Outubro de 2013

Dedicatória

Para a Inari

Agradecimentos

Aos meus pais, por tudo.

Ao meu tio João por todo o seu apoio e incentivo.

Aos meus amigos e professores.

Resumo

Reocupação Modular é o estudo dos potenciais da arquitetura de construção modular para revitalizar os centros urbanos e a capacidade de intervir através de técnicas de construção sustentáveis para resolver problemas num contexto global. Nesta investigação pretendo, numa primeira abordagem, traçar aquilo que será todo um conjunto de características inerentes ao espaço histórico. Caracterizar o ambiente de inserção e conjunturas globais e locais, no caso português, tanto a nível físico como social. Estudar o contexto e o paradigma da adaptação e restauração de edifícios históricos bem como acompanhamento da legislação existente. Partindo destes dados estabelecerei os conceitos necessários que me permitam trabalhar sobre o projeto de uma maneira eficaz e realista. Interessa neste caso propor uma alternativa real que assente nos princípios atuais e permita, mais tarde, um crescimento sustentado do modelo e da arquitetura como uma atividade transitória e mutável. Na fase conceptual, em primeira instância procuro criar uma metodologia que me permita desenvolver um projeto de construção modular adaptável e versátil com grande ênfase na sustentabilidade. O módulo, ou protótipo, é posteriormente pensado de modo adaptar-se a uma construção preexistente trabalhando no seu interior permitindo assim uma salvaguarda do património externo e a criação interna de um novo espaço adaptável a quaisquer exigências atuais ou de futuras. Estes espaços estariam vocacionados sobretudo para uma recuperação humana do tecido urbano, como seja, a criação de habitação ou uma função social.

Palavras-chave

Requalificação; Construção Modular; Património; Sustentabilidade; Cidade; Pré-fabricação

Abstract

Modular Reoccupation is the study of architecture's potential, through modular construction, to revitalize urban centers and its ability to intervene in sustainable construction techniques to solve problems in a global context. In this investigation I intend, at first, to draw a whole set of characteristics inherent in the historical space. Characterize the ability of integration in a global and local environment, mainly including the Portuguese case, in a both physical and social manner. I study the context and paradigm of adaptation and restoration of historic buildings as well as monitoring of existing *zeitgeist*. Based on this data, establish the necessary concepts that allow me to work on the design of an effective and realistic approach. The objective in this case is to propose a real alternative to current building principles and induce a sustained growth model of architecture as a transient and changeable activity. In the conceptual phase, try to create a methodology that will allow me to develop a modular design adaptable and versatile with great emphasis on sustainability. The module, or prototype, is then thought so as to adapt to a preexisting building. Projected to be built allowing the safeguarding of external features, it allows internally the creation of a new space adaptable to any current or future requirements. These spaces would be geared primarily to a recovery of the social and urban fabric, such as the creation of housing or social functions.

Keywords

Requalification; Modular Construction, Heritage, Sustainability, City; Prefabrication

Índice

Lista de Figuras-----	xiii
Lista de Acrónimos-----	xv
Introdução -----	1
Objetivos-----	4
Metodologia-----	4
Capítulo 1: Desafios do séc. XXI-----	5
População, habitação e meio-ambiente-----	5
Construir para destruir -----	9
Ponto de situação: Porto e Portugal -----	13
Análise de Contexto-----	14
Censos 2011-----	17
Capítulo 2: Lugar ao Contraditório-----	21
Construção Modular e Pré-Fabricação-----	21
Perceção dos Benefícios e Desafios da Construção Modular -----	26
Inovação a partir do desenho auxiliado pelo computador -----	30
Precedentes arquitetónicos-----	32
Teoria modular -----	41
Passado modular-----	41
Definições da Teoria Modular -----	48
Madeira: o “novo” material: -----	63
Sequestro de Dióxido de Carbono-----	65
Florestas Sustentáveis-----	66
Fim do ciclo de vida do Edifício-----	67
O homem e a madeira-----	69
Características da madeira -----	70
GLULAM – Madeira Lamelada Colada (MLC)-----	72
Capítulo 3: Ação, criação de um sistema construtivo -----	75
Introdução-----	75
Sistema Construtivo -----	76
Pré-dimensionamento-----	76
Estrutura -----	78
Paredes Externas-----	80

Vãos -----	82
Pisos -----	83
Paredes Interiores-----	83
Módulos Técnicos e Serviços-----	84
Coberturas-----	85
Fundações-----	85
Materiais -----	86
Acessorização e detalhes-----	87
Conexões-----	88
Fabrico, Transporte e Aplicação -----	89
Intervenção: aplicação do sistema construtivo -----	91
Memória Descritiva -----	91
Caracterização do local de intervenção-----	94
Conceito e Projeto -----	94
Considerações finais -----	103
Bibliografia -----	109
Anexos-----	111
Desenhos técnicos e Informações adicionais-----	111

Lista de Figuras

Fig. I - O reflexo da arquitetura atual através da imagem de Filip Dujardin da sua série <i>Fictions</i>	3
Fig. II - Crescimento urbano na Cidade do México (Fonte: Pablo López Luz)	6
Fig. III- Demolição em espaços urbanos. Caso do edifício Woodward em Vancouver demolido para dar lugar a um novo edifício habitacional em 2006. (Fonte: wikipédia)	10
Fig. IV - Vista elevada do centro histórico da cidade do Porto (Fonte: Vânia Rodrigues)	16
Fig. V - Modelo construtivo da casa burguesa do Porto. Plantas, cortes e alçados (Fonte: POVOAS, Rui, 2011).....	17
Fig. VI - Estado de degradação dos edifícios do centro histórico do Porto. Verde: bom estado; vermelho escuro: ruína (Fonte: SRU).....	18
Fig. VII - Casa Eames, desenhada para ser construída com componentes estandarizados comerciais. (Fonte: eamesfoundation.com)	22
Fig. VIII - Pavilhão IBM de Renzo Piano, pensado como uma série de componentes pré-fabricados para poderem ser desmontados e transportados e remontados. (Fonte: renzopianofondazione.com)	23
Fig. IX - Furniture House e as suas estruturas painel portantes (Fonte: shigerubanarchitects.com)	23
Fig. X - Montagem do Habitat'67 a partir de estruturas modulares. (Safdie 1970).....	24
Fig. XI - Programação da construção convencional versus construção modular (Permanent Modular Construction: Annual Report 2011).....	25
Fig. XII - A casa Wichita baseada no prototipo Dymaxion (fonte: archdaily.com)	32
Fig. XIII - Loblolly House (fonte: kierantimberlake.com)	34
Fig. XIV - Modelo apresentado por KFN na exposição Home Delivery (fonte: olkruf.com)	35
Fig. XV - Cantilliver House de Anderson Anderson Architects (fonte: archdaily).....	36
Fig. XVI - Acorn House de Carl Koch, modelo expansível.	37
Fig. XVII - Habitat'67 de Moshe Safdie (fonte: archdaily).....	37
Fig. XVIII - Kit Habitação através de um contentor dos Lot-EK (Lot-EK).....	38
Fig. XIX - Exemplo da aplicação de uma medida modular nas colunas dos.....	42
Fig. XX - Planta da cidade de Emona (fonte: GREVEN e BALDAUF, 2007)	43
Fig. XXI - Medida fundamental da arquitetura japonesa Ken numa trama Tatami, CHING 1995 Visual Dictionary of Architecture	44
Fig. XXII - Palácio de Cristal de Joseph Paxton	45
Fig. XXIII - Vista do bairro operário Weissenhof (Fonte: De Architectura,2009).....	46
Fig. XXIV - Detalhe do estudo Gropius Konrad Waschsmann	47
Fig. XXV - Módular, sistema modular desenvolvido por Le Corbusier	48
Fig. XXVI - Exemplo de aplicação do sistema geométrico de referência GREVEN e BALDAUF 2007)	50
Fig. XXVII - Exemplo da aplicação de malhas modulares (fonte: GREVEN e BALDAUF (2007))	51
Fig. XXVIII - Ilustração do sistema de tolerâncias e juntas construtivas (fonte: GREVEN e BALDAUF (2007))	52
Fig. XXIX - Secção do projeto <i>Fun Palace</i> de Cedric Price 1940	55
Fig. XXX - Diagrama do Fun Palace de Cedric Price	56
Fig. XXXI - Comparação entre as "pegadas" ecológicas de Aço, Betão e Madeira (Fonte: ACFTB, Michael Green)	64
Fig. XXXII - Exemplos de edifícios de madeira ao longo da história (Fonte: ACFTWB)	68
Fig. XXXIII - (ESQUERDA): Painéis KLH no projeto Murray Grove (fonte: KLH) (DIREITA): Murray Grove (fonte: Waugh Thistleton Architects)	69
Fig. XXXIV - Secção transversal de um tronco e Planos da madeira	71
Fig. XXXV - Montagem de Madeira Laminada Colada (fonte: Buildipedia)	73
Fig. XXXVI - Adaptação da malha às condicionantes do terreno	77
Fig. XXXVII - Vista do elemento estrutural pilar/viga com às conexões <i>standard</i> em alumínio	78
Fig. XXXVIII - Detalhe do corte de um elemento estrutural	79
Fig. XXXIX - Soma de módulos e previsão de crescimento vertical e horizontal.....	79
Fig. XL - Ligações estruturais entre elementos.....	80

Fig. XLI - Separação de elementos de uma parede exterior (da esquerda para a direita painel isotérmico, isolamento lâ mineral, caixa estruturante em madeira, painel isotérmico e acabamento exterior).....	81
Fig. XLII - Detalhe da montagem das paredes exteriores.....	81
Fig. XLIII - Ilustração de dois tipos de vãos.	82
Fig. XLIV - Detalhe da montagem de um piso (colocação as placas que compõem o piso).	83
Fig. XLV - Módulos sanitários completos com caixas técnicas	84
Fig. XLVI - Módulo de Cozinha com instalações técnicas	85
Fig. XLVII - Bloco de escadas-tipo para um edifício multifamiliar (esquerda) e a aplicação de um vão de escada interno na estrutura (direita)	86
Fig. XLVIII - Exemplos de acabamentos; esquerda: Acabamentos de pisos; direita: Acabamentos exteriores.....	87
Fig. XLIX - Exemplos de acessórios que se podem adicionar ao sistema.....	88
Fig. L - Parafusos típicos de acoplamento à estrutura. (BoschRexroth)	88
Fig. LI - Tipos de ligações adicionáveis à estrutura.	89
Fig. LII - Exemplo de um catálogo de paredes exteriores.	90
Fig. LIII - Área de intervenção.....	91
Fig. LIV - Vista aérea da avenida D. Afonso Henriques com o local de intervenção evidenciado.	92
Fig. LV - Renovação da Praça das Cardosas no Porto (Arquivo Pessoal)	93
Fig. LVI - Vista da fachada da área de intervenção (rua do Loureiro).....	93
Fig. LVII - Planta de implantação	94
Fig. LVIII - Fotografia do Lote a intervir.	95
Fig. LIX - Alçado Poente	96
Fig. LX - Piso térreo.	97
Fig. LXI - Pisos superiores	97
Fig. LXII - Diagrama de funções	98
Fig. LXIII - Projeção tridimensional alçado nascente	99
Fig. LXIV - Projeção tridimensional Alçado Nascente	99
Fig. LXV - Diagrama de tipologias.....	100
Fig. LXVI - Referências conceptuais da cidade	100
Fig. LXVII -Projeção tridimensional do projeto a partir da Av. D. Afonso Henriques	101
Fig. LXVIII - Pré-visualização dos espaços interiores T1	101
Fig. LXIX - Possíveis evoluções do projeto ao longo do tempo.	102

Lista de Acrónimos

CMP	Construção Modular Permanente
UBI	Universidade da Beira Interior
GLULAM	Glued Laminated Timber
INE	Instituto Nacional de Estatística
SRU	Sociedade de Reabilitação Urbana do Porto
RECRIA	Regime Especial de Compartimentação na Recuperação de Imóveis Arrendados
MLC	Madeira Lamelada Colada
REHABITA	Regime de Apoio à Recuperação Habitacional em Áreas Urbanas Antigas
MBI	Modular Building Institute
BIM	Building Information Manager

Introdução

No atual contexto sócio urbano urge repensar as cidades como solução para problemas atuais e de futuro. A cidade desde sempre significou uma resposta às necessidades do homem e potencializou o avanço social e civilizacional do homem. Contudo, a expansão urbana e a desagregação da cidade têm levado a uma desvirtuação da mesma e um dos principais sinais dessa desvirtuação é a atual situação dos centros históricos. São vários exemplos, um pouco por todo mundo, de uma cisão social entre os centros históricos e os habitantes das cidades, seja pelo abandono ou a exclusividade dos mesmos. No contexto português, observa-se sobretudo uma desertificação destes lugares através de um vazio habitacional gerado por um abandono generalizado. Combater este fenómeno significa desde logo compreender a necessidade de reabilitar e reocupar estes espaços no sentido de uma maior abertura e flexibilidade dos mesmos, potencializando assim, uma maior diversidade e fluxos necessários ao próprio funcionamento da cidade. Nessa perspetiva, o principal intuito desta dissertação é a abordagem “multi-conceitual” da problemática da reabilitação dos centros históricos numa perspetiva de reocupação e reutilização do mesmo. Uma reabilitação do centro histórico que, consciente do carácter único e indissociável da imagem, permite trabalhá-lo e readaptá-lo internamente. Os espaços internos do centro histórico caracterizam-se muitas vezes pela degradação e desuso e uma situação precária e inaproveitável que os tornam obsoletos e um obstáculo a uma rápida renovação urbana. A abordagem, naquilo que seria uma reocupação, será feita através daquela que é uma das propostas atuais para responder à problemática habitacional, a construção pré-fabricada. Assim, proponho-me a tentar introduzir um modelo construtivo adaptável ao centro histórico que possa, através de uma rápida e sustentável intervenção, reabitar um espaço vazio no centro histórico de uma cidade. O conceito assenta na conservação da imagem da cidade, do património, trabalhando a cidade por dentro e assim rejuvenescendo-a.

O interesse por este tema foi primeiro despertado por uma notícia surgida nos finais de 2011, no rescaldo do *Census* desse mesmo ano, reportando que cerca de metade das habitações do centro histórico do Porto eram desabitadas¹. O artigo avançava também um cenário semelhante em Lisboa como se de um problema endémico aos centros históricos se tratasse. Sendo afeto e frequentador da cidade portuense, as suas consequências não me eram propriamente desconhecidas contudo a proporção era de facto inquietante. Estando seguro que seria certamente um problema complexo procurei investigar e levantar um pouco as causas do que me parecia ser uma situação avessa às necessidades portuguesas. Levantando assim as questões de como recuperar a cidade e acima de tudo pensar no que poderia ser uma solução óbvia para muitas das dificuldades e desafios das cidades atuais.

¹ Alves, Tiago Rodrigues, “Metade das casas do Centro Histórico do Porto estão vazias”, *Jornal de Notícias*, 02 de Novembro de 2011.

Problemas e consequências da sua vasta dispersão urbana que consigo arrasta dispersão social, económica e de recursos. O desafio aqui surgia não só como recuperar a cidade mas também ao mesmo tempo como trabalhar com o seu património, como dar nova vida aos centros históricos da cidade?

Entretanto, fruto de algumas experiências, comecei a interessar-me pela problemática da habitação a uma escala global e pela possibilidade de construir de uma maneira mais rápida e mais sustentável e poder capacitar a arquitetura para poder resolver problemas a uma maior escala, intervir mais rapidamente e com qualidade em situações de necessidade. Interessava-me uma abordagem que colocasse a arquitetura como solução, com um papel central no desenvolvimento social mas que ao mesmo tempo tivesse a capacidade de se distanciar e criar fluidez entregando a concretização aos próprios utilizadores. Em suma trata-se de democratizar a arquitetura e torná-la acessível e sobretudo útil a qualquer pessoa.

“O homem moderno serve-se da técnica como o seu antepassado das fórmulas mágicas, sem que esta sequer lhe abra porta alguma. Pelo contrário, fecha-lhe toda a possibilidade de contacto com a natureza e os seus semelhantes.²”

É minha convicção pessoal que a arquitetura chegou a este momento na história e estagnou, não é tratada como a solução que deveria ser e o arquiteto não é o solucionador de problemas que poderia ser. A arquitetura encontra-se num pedestal que a afastou das suas próprias raízes. Longe vão os tempos do arquiteto-mestre, de Vitruvius a Brunelleschi, arquitetos que chamavam a si a responsabilidade da atuação total na projeção da arquitetura como invenção. Hoje, tal como o mundo, a arquitetura tem que pensar e atuar a uma escala maior. A dissociação entre a capacidade do arquiteto intervir em todas as fases de projeto, bem como a esfera reduzida em que atua, isolam-no. Neste momento a arquitetura é largamente vista como um luxo, como algo supérfluo, motivo de encarecimento e de problemas. Encontramos a arquitetura como um corpo paralelo ao serviço de si próprio. Ela não pertence ao sistema, é importada, e atua nessa dinâmica. Algo extra, que surge como valorização de si mesma porque apenas a isso se pode permitir. Urge recuperar um espaço integral no seio do poder de decisão e de mudança. Neste momento o caminho da arquitetura está definido na sua maioria pela técnica comercial da arquitetura de autor. Pelo desenvolvimento de novos atributos que respondem a desafios específicos num limite de ação circunscrito a um lugar específico. A arquitetura não é pensada como uma resposta coesa e concisa a problemas globais porque precisamente ela não é considerada na abordagem aos mesmos. O facto de hoje a arquitetura viver a volta da personagem do arquiteto reflete precisamente o facto de ser apenas uma extensão do mesmo. Todo o seu desenvolvimento e técnica surgem no benefício do autor. Hoje, mais que nunca, sobretudo com os prementes

² Octavio Paz, (2003)

desafios habitacionais e ambientais, requer-se ao arquiteto que recue e adote uma abordagem mais compreensiva e se tente imiscuir no papel importantíssimo que lhe cabe neste momento.

Decidi unir nesta tese dois conteúdos que na prática querem responder ao mesmo problema, o futuro da arquitetura frente aos desafios atuais no ambiente e habitação. Na prática trata-se de criar soluções enquadradas na realidade atual mas pensadas para o seu impacto futuro. A recuperação do património histórico e da cidade adquire particular relevância no contexto atual com a emergente polarização das cidades como grande centro do habitat humano. É necessário pensar como readaptar as cidades a esse futuro que numa crescente globalização poderá propagar-se por quaisquer cidades. Mesmo considerando uma perspectiva de contenção, a cidade surge como alternativa real e como elemento agregador face a ruturas económicas e ao desmembramento urbano das últimas décadas. A cidade, o regresso a cidade, é a solução e o futuro neste próximo século, seja como centro de explosão demográfica ou como reagrupamento e reunificação económico-social.

Neste sentido, o estudo de habitação sustentável, eficaz e adaptável integra-se e adapta-se à nova realidade como solução. O objetivo de estudo desta dissertação pretende por à prova um modelo construtivo independente que possa abordar todas estas questões. Da recuperação da cidade e seu património, à problemática habitacional provocada pelo crescimento populacional e a preservação do meio ambiente.

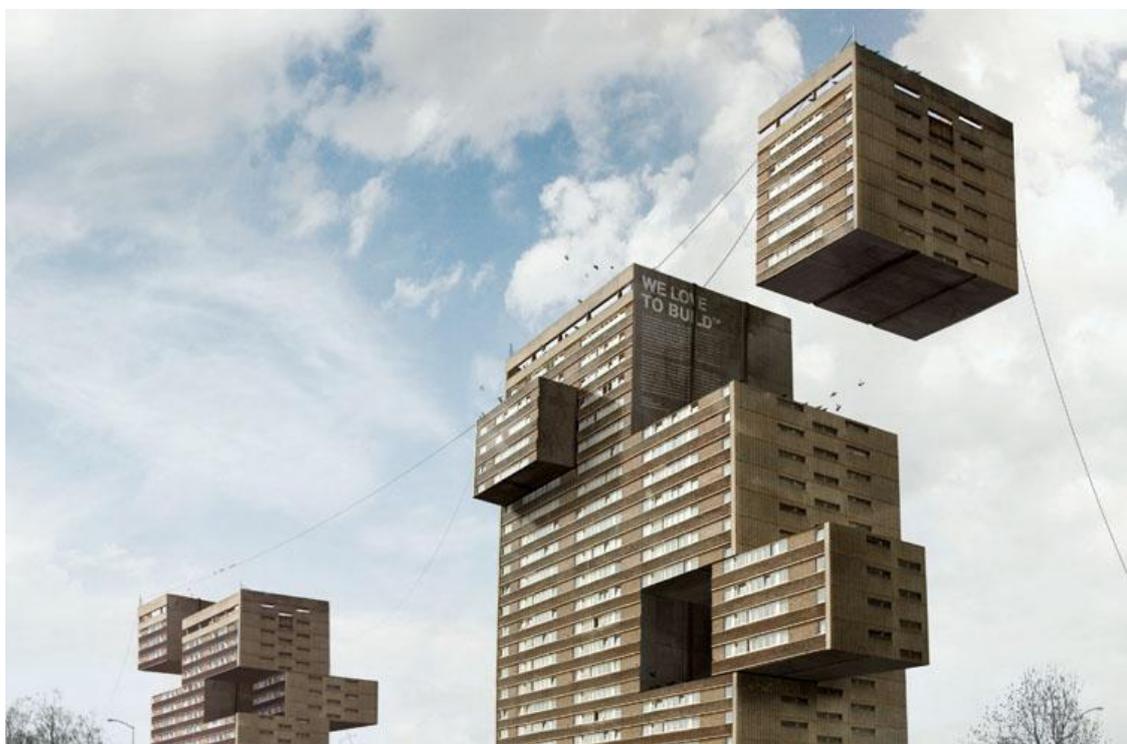


Fig. 1 - O reflexo da arquitetura atual através da imagem de Filip Dujardin da sua série *Fictions*

Objetivos

O âmbito desta dissertação prevê uma proposta teórico-prática de um sistema construtivo pré-fabricado de índole modular. O sistema será posteriormente testado num contexto real, nomeadamente um centro histórico urbano, para posteriores ilações. Pretende-se portanto, a criação de um sistema construtivo que responda às necessidades urbanas, sociais e ambientais. Apresentar alternativas e contribuir para a discussão da intervenção urbana e as suas estratégias de implementação. Propor novas tipologias habitacionais de carácter regenerativo para as malhas urbanas.

Metodologia

A metodologia para o desenvolvimento desta dissertação estende-se desde logo em duas vertentes fundamentais. Primeiro, um levantamento e contextualização teórica de uma abordagem holística às problemáticas e suas respostas atuais relacionadas com a arquitetura. Segundo, a introdução de uma tentativa de resposta concertada ao nível teórico-prático, através da criação e aplicação de um sistema construtivo baseado nos contextos analisados na primeira parte.

Para esta análise, proponho-me a identificar e a retratar alguns contextos atuais fazendo uma exposição de problemas atuais no escopo da arquitetura. A abordagem partirá de uma conceção abrangente e de um contexto global extraindo as questões prementes até a uma conjuntura local. A partir dessa análise, levantar-se-ão soluções e respostas que considero pertinentes para a resolução dos problemas levantados. Isto far-se-á através da coligação de diversas vertentes que aqui reúno esperando que reflitam as ideias que me incentivaram à criação do seguinte passo, a minha própria resposta através do sistema construtivo. Nessa seguinte fase, após uma breve introdução farei uma breve descrição de todo este sistema propondo no fim testar a sua aplicação num dos contextos estudados anteriormente.

A minha intenção ao longo desta tese é levar o leitor através dos mesmos encontros que tive ao aprofundar este tema. Numa análise concertada procurarei organizar e apresentar as minhas premissas e conclusões da maneira mais escorreita. Pretendo que a tese mantenha-se sempre o mais pessoal possível evitando ao máximo deambulações de índole estritamente académica que desvirtuem a sua leitura. Procuo antes de mais criar uma narrativa que ilustre o meu percurso explorativo e as minhas conclusões sobre este tema, e como tal busco cingir-me ao útil e ao relevante.

Capítulo 1: Desafios do séc. XXI

População, habitação e meio-ambiente

Os desafios sociais do século XXI apresentam à arquitetura a oportunidade de ser peça fundamental no futuro do desenvolvimento humano. Os desafios que se apresentam às sociedades neste século estão indelevelmente ligados à arquitetura. A preponderância e o seu envolvimento são a solução e responsabilidade da mesma.

A sociedade atual debate-se com problemas e decisões fundamentais para o seu futuro numa escala global. O crescimento populacional e a crise ecológica. O seu impacto é transversal e afetará a maneira como vivemos. Hoje observamos um crescimento populacional galopante, deparar-nos-emos até 2020 com um aumento de cerca de mil milhões de pessoas. Estes números são também habitação, peso social, são recursos e necessidades físicas. Pensar que o crescimento populacional não tem um impacto mundial senão nos países responsáveis por esse aumento é ignorar a sinergia e o efeito em cadeia que poderá ocorrer. Desde logo o impacto ambiental de, nos próximos 20 anos, 3 mil milhões de pessoas virem a necessitar de uma habitação. Estes números são 40% da população atual. Refletem obviamente o crescimento da população mundial mas ao mesmo tempo não esquecem os 1,000,000 milhões de pessoas que neste momento vivem em condições altamente precárias e os cerca de 100 milhões de pessoas sem-abrigo. Com os dados dos desequilíbrios tão evidentes neste momento, será difícil imaginar em que posição estaremos para abrigar estas 3,000,000 de pessoas³?

Hoje vivemos na cidade. De facto, uma em cada duas pessoas vive numa cidade e estes números têm tendência para aumentar pois prevê-se que em 2050 cerca de 70% da população mundial viva em cidades⁴. Isto não seria de estranhar pois as cidades são desde o princípio da civilização o seu principal motor. São elas que permitiram concentrar e multiplicar a capacidade que impulsionou o próprio avanço civilizacional. O próprio crescimento das cidades já atinge proporções extraordinárias espalhando-se por vastas áreas, urbanizando o espaço em redor formando grandes urbes de dezenas de milhões de pessoas. A cidade é-o, porque funciona. Porque oferece.

Se olharmos ao longo da história, o crescimento de cidades é quase sempre acompanhado pela queda de outras num ciclo permanente. Se observarmos as previsões para 2015, segundo a ONU, estima-se que oito das dez cidades mais populosas do mundo se situem em países em

³ UN-HABITAT, Relatório “*State of the world Cities 2010/2011*”, 2010

⁴ Id., *ibid.*

vias de desenvolvimento.⁵ Isto é bem ilustrativo da natureza e convergência humana às cidades. Na verdade estes locais surgem não apenas como favelas, “slums” ou bairros marginalizados, são apenas a maneira mais rápida de sair da pobreza. A economia resultante destes lugares transfigura a própria economia nacional. Em Mumbai por exemplo, o bairro de Daravi, a maior favela da cidade e casa para cerca de 600.000 a 1.000.000 de pessoas é responsável por uma economia estimada anualmente em 500 milhões de euros.⁶ A afluência das pessoas a estes lugares alimenta economias emergentes e acompanha uma força que revoluciona completamente as cidades. A resistência e a falta capacidade de absorção urbanas prova-se constantemente o maior obstáculo deixando quase toda esta nova população completamente marginalizada e em situações de pobreza extrema. A educação, a higiene e a habitação formam-se muito lentamente e de uma maneira completamente deficitária gerando problemas mais complexos e difíceis de resolver.



Fig. II - Crescimento urbano na Cidade do México (Fonte: Pablo López Luz)

E em relação ao dito primeiro mundo? Quais as necessidades e reações? Hoje em dia o mundo é claramente mais pequeno do que era à 100 ou mesmo a 50 anos. A capacidade de movimentação e a multiplicação de meios abriu o mundo a novas formas de mobilidade. A Europa, Estados Unidos e o resto dos países do chamado primeiro mundo enfrentam um estancamento e um envelhecimento progressivo fruto da sua própria evolução. A maior capacidade financeira, uma mais competitiva carreira e um mercado laboral mais exigente provocaram uma redução da natalidade invertendo a própria escala demográfica

⁵ Id., *ibid.*

⁶ Yardley, Jim (2011), “In One Slum, Misery, Work, Politics and Hope”, *New York Times*, 28 de Novembro.

envelhecendo estes países e colocando mesmo em causa a sua própria viabilidade económica. No entanto ao mesmo tempo, a explosão demográfica e os fluxos migratórios dos países de terceiro mundo começam a mobilizar-se e são vistos atualmente como uma das soluções para o envelhecimento progressivo registado nos países de primeiro mundo. No relatório das Nações Unidas *“Replacement migration: is it a solution to declining and ageing population?”* apontam-se alguns caminhos para contornar o envelhecimento geral dos países desenvolvidos que estimam-se que cheguem a 2040 com o dobro da atual população da faixa etária acima de 65 anos. Por exemplo, citando o caso da Itália e do Japão, neste momento a sua população nessa faixa situa-se nos 18 e 17% respetivamente e em 2040, significaram esta mesma faixa será 35 e 32% das suas respetivas populações. Estes dados são sobretudo mais consternadores se tivermos atenção ao fato de que estamos a falar ao mesmo tempo de decréscimos enormes na população. Em Itália a população atual atinge os 57 milhões face a uns estimados 41 milhões em 2050⁷. Cito estes dados para dar uma perspetiva mais abrangente daquilo que será um problema comum e cujas repercussões podem e têm efeitos e consequências nas cidades tal como na maneira como as vivemos. Todos estes dados são particularmente relevantes porque sugerem tendências que certamente terão grandes implicações nos países ditos de primeiro mundo e certamente farão prever o reflexo nas condições sociais e económicas em que seguramente advirão novos enquadramentos da sociedade civil. Em todo o caso o centro desta expansão ou retração é a cidade. As soluções de futuro passarão sempre por ela, seja numa perspetiva de crescimento populacional ou de um reestruturamento da mesma. Se pensarmos em termos concretos, as cidades que serão alvo de um crescimento galopante terão que encontrar recursos e modos de densificar respondendo à procura, enquanto que, as cidades que sofram de um retrocesso, ou de uma vazia conjuntural, terão que se reagrupar e reedificar, centralizando a sua oferta. No fundo, nos extremos tudo se altera.

Esperar agora que a solução estará em continuar a construir com os métodos atuais é ingénua. Ingénua porque ignora. A cidade funciona efetivamente sob um princípio de densidade, mas esta mesma densidade que a torna tão eficiente, perde-se à medida que nos afastamos do seu centro. Os seus recursos e a oferta diluem-se pelo espaço. Tudo o que queremos e encontramos numa cidade existe sobre um princípio de proximidade funcional que deixa de existir se vivemos para lá dessa distância. Ao crescermos pelos subúrbios estamos a desvirtuar a cidade. Pensar que enfrentaremos os problemas atuais acrescentando filas e filas de novas habitações seria contraproducente pois ritmo e a maneira de crescer atualmente são insustentáveis. Contudo, as cidades continuam a ser a solução. Continuam a obedecer à lei da procura e a oferta social e a atrair novos habitantes. Como então solucionar este problema?

⁷ *“Replacement Migration: Is it a Solution to Declining and Ageing Populations?”*, Population Division, Department of Economic and Social Affairs, Nações Unidas, Nova Iorque, 2000.

Se olharmos para a nossa história recente, as cidades já anteriormente lidaram com este mesmo problema. Resolveram-no com os avanços tecnológicos que permitiram construir mais e melhor, mas sobretudo, mais alto. Este princípio de proximidade foi resolvido com o incremento de pisos sobre pisos aumentando drasticamente a capacidade da cidade num pequeno espaço. Este crescimento vertical vindo do ferro e do betão abriu novas possibilidades e criou fenómenos de densidade nunca antes vistos. Manhattan em 1910, na alvorada deste crescimento, atingiu uma extraordinária densidade populacional de 46,428 pessoas por quilómetro quadrado, uma densidade maior do que qualquer cidade atualmente⁸. Está aqui então a solução, ou pelo menos, estaria aqui parcialmente a solução para o nosso problema. No entanto, como mencionei anteriormente, o mundo debate-se com dois grandes problemas. E o problema desta solução é que aumenta gravemente o nosso segundo problema, a crise ecológica em que vivemos.

Na nossa característica insustentabilidade fomos solucionando problemas criando outros, e neste momento, chegamos ao inevitável impasse em que teremos de lidar com os dois problemas ao mesmo tempo. Habitação e Ambiente. Mas para percebermos de que maneira estes dois temas se influenciam vamos olhar para o impacto da construção no ambiente. Sucintamente, a construção no mundo é responsável por⁹:

- 20% do consumo de água;
- 25-40% do consumo energético;
- 30-40% das emissões de CO₂;
- 25-40% dos resíduos sólidos;

Rapidamente compreendemos, a construção é o maior inimigo do ambiente. Apesar de ser pouco citada, o peso da construção é avassalador quando comparado com outras, mais famigeradas, causas comuns de destruição ambiental. Causas como o transporte, ou a indústria. O facto de a construção ter este impacto tão negativo levanta-nos um problema, como poderemos nos então continuar a construir as nossas cidades?

⁸ en.wikipedia.org/wiki/Manhattan, apud Campbell Gibson. "Population of the 100 largest cities and other urban places in the United States: 1790 to 1990" (acedido 8 de Agosto de 2013)

⁹ WORLDWATCH INSTITUTE, "State of the World Report", Janeiro 2002.

Construir para destruir

Há na tradição ocidental uma atração indesmentível pelo legado perpétuo. O nosso conceito de espaço e tempo contempla uma presença imutável da herança e a imortalidade possivelmente próprias de uma autoridade moral teísta e da perversão do prolongamento da vida através da obra. As ramificações da pretensão a um carácter permanente justificam e encontram um dos seus mais claros expoentes em edifícios que se constroem ou projetam em vida. O legado para gerações vindouras, ou a sua imposição, são características próximas à natureza do homem. A nossa presença é a feita pela sua imposição. De facto se atentarmos à nossa história, a sobreposição de estratos, de culturas renovamos, vezes sem conta, a imposição, a força de um legado material que de tal modo surte efeito que ainda hoje o relembra. A nossa compreensão ocidental do património e a presença da forma no espaço encontra a sua contraposição na cultura oriental. De facto, mesmo tendo em conta o carácter inalienável de um edifício, a sua posição como marco é, na cultura oriental, revestida de uma compreensão muito mais transitória e perene. Há uma reivindicação da técnica como património ao invés da sua representação. A cultura é transmitida através da técnica, razão pela qual há uma aposta na educação e transmissão do conhecimento construtivo artesanal que permite reproduzir e re-intervir. A técnica não se constringe ao passado, vive no presente, esse sim é o testemunho real. Os monumentos são continuamente renovados e mantêm-se num estado de conservação ótimo, não por restauro mas por contínua produção e manutenção através das técnicas preservadas. Um monumento tem associados produtores e técnicas que se mantêm pela sua relevância e atualidade. Um caso emblemático é o do templo de Ise no Japão no qual um ritual, *Shikinen Sengu* que ocorre de 20 em 20 anos, leva o templo a ser destruído e subsequentemente reconstruído utilizando as mesmas técnicas ancestrais que levaram à sua construção inicial.¹⁰ Aqui, o sagrado e conservado é o bosque que o rodeia. Simboliza a passagem do tempo e a renovação natural das coisas ao mesmo tempo assegurando a passagem das técnicas de construção à geração seguinte. São estes antípodas de tempo e memória em que as culturas devem coexistir. A sua posição deve ponderar a sua própria necessidade e características fundamentalmente perenes. Qual é verdadeiramente o legado, que valores devemos transmitir?

O carácter perene de uma construção ou a sua qualidade temporária não lhe aportam a importância e imposição física de uma obra milenar mas, se pensado em larga escala, contribui para um significado maior que o próprio edifício. Uma construção atual dura cerca de 50 a 100 anos. Um legado, este sim, dotado de uma importância e consequência bem maior que as gerações responsáveis por ele. A capacidade de construir e de resistir é inabalável mas não é necessariamente positiva nos moldes atuais. Não são as atuais condições tecnológicas que lhe conferem a durabilidade centenária, ela já existia, mas são

¹⁰ Ritual Shikinen Sengu <http://www.isejingu.or.jp/english/sikinen/sikinen.htm>

precisamente elas que lhe atribuem, isso sim, uma durabilidade irreversível. Não existe o fenómeno de desconstrução, nada é pensado como retratável. Se pensarmos bem isto revela uma faceta perversa da própria construção e do homem. Uma imposição para lá da sua própria motivação. Uma mesma motivação que hoje não é por imposição é ter que destruir para refazer, é ter que destruir para alterar, é ter que destruir para mudar, é viver sob conquista de um poder maior. Atuar como se o nosso propósito fosse inabalável, e será irresistível às gerações vindouras, trata-se de um exercício de confiança que ninguém pode tomar. Os materiais e as construções públicas perduram e a estes lhe são devidas a reconhecíveis a durabilidade e a dependência na própria função o exige. São estes os edifícios que perduram, não os comuns, mas aqueles que significam algo mais. São estes que chegaram até hoje, dos mais diversos tipos e modos de construção, resistiram e hoje são símbolos do próprio lugar. Todo o resto, toda a demais construção, era passageira, era temporária, era da sua época. Porque pretendemos nós, sabendo o passado, vivendo num tempo de permanente mudança, impor as nossas escolhas sobre as gerações seguintes à custa da sua morosa destruição. Não seria hoje Portugal diferente se pudéssemos reparar os erros urbanísticos do passado recente? Não seriam diferentes hoje as nossas cidades, muitas delas com belos patrimónios, se não pudéssemos remover as atrocidades que entretanto a desfiguraram?



Fig. III- Demolição em espaços urbanos. Caso do edifício Woodward em Vancouver demolido para dar lugar a um novo edifício habitacional em 2006. (Fonte: wikipédia)

A necessidade de uma melhor estratégia de construção é comumente aceitável e reconhecida. No entanto os avanços neste campo teriam que estar plenamente entrosados com uma postura sustentável e princípios de reciclabilidade. Toda a operação de construção e desconstrução tem que ter um princípio de benefício assente no ciclo de vida dos materiais

senão qualquer propósito sairá derrotado. As consequências de um desenho para a desconstrução têm que estar então, desde o seu princípio, numa linha de construção sustentável em que a sua própria reapropriação e renovação é considerada. Mas não só. Conhecer o edifício e os seus propósitos pode levar a uma compreensão mais aberta da função e da esperança de vida de cada parte do mesmo. A fragmentação pode permitir agilizar muito mais uma construção e intervir apenas na reutilização de determinados componentes. Por exemplo, ao alterar um edifício, podem existir componentes fixas que não necessitem de o ser e que para isso, estejam inseridas numa matriz ou estrutura paralela indiferente às possíveis alterações. Estes fatores determinam-se por ordens económicas, de serviço, sociais e estéticas.

A capacidade de construção e desconstrução depende obviamente de variados moldes de investigação que têm de ser tidos em conta, nomeadamente os materiais, a sua reciclagem ou reaproveitamento. E neste caso, a capacidade e resistência destes à sua reutilização. A capacidade de desagregação origina a possibilidade de um mais alto aproveitamento e reciclagem do material, ocasiona também a capacidade de usar o mesmo nas mesmas funções ou noutros contextos, permite também a utilização de componentes dos mesmos para transporte e reconstrução. Resumindo, os princípios da desconstrução tendem idealmente para reuso do material. Ou seja um aumentar exponencial do ciclo de vida do material e uma poupança energética enorme quer por produção ou reciclagem. Isto faz-se elevando os materiais a um nível hierárquico superior no qual, não saem do sistema e se reaproveitam e reciclam continuamente. Por isso a desconstrução é acima de tudo, uma questão de desenho da reutilização material.

A noção de um edifício como um objeto estabelece a noção de um ciclo fechado, e atualmente é assim que concebemos os edifícios. Na verdade os mesmos, ao longo da sua vida, sofrem alterações e modificações que os alteram e adaptam aos seus utilizadores, desde modificações internas até alterações estruturais e funcionais. Os edifícios no entanto tendem a ser compreendidos e projetados como espaços imutáveis. Se regressarmos por momentos à arquitetura vernacular japonesa encontramos a tal anteposição construtiva na qual edifícios de madeira tradicionais são construídos utilizando duas estruturas paralelas. Uma estrutura geral, que é usada para o suporte integral do edifício, com as peças mais resistentes a encargarem-se do suporte do telhado e paredes exteriores, e uma estrutura interna, que é posteriormente construída para a organização interior adaptada aos seus ocupantes. Esta estrutura secundária pode também ser desconstruída e remodelada para precaver eventuais alterações sem afetar a estrutura principal, e sem o desperdício de materiais construtivos que outras técnicas produziriam. A arquitetura de construção japonesa é um sistema completo em

que a expansão, a remodelação, remoção e reconstrução dos edifícios é possível de acordo com o modo de vida dos seus ocupantes¹¹.

¹¹ CIB Publication, 266, “Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy”, 6 de Abril de 2001, (pp. 6-7)

Ponto de situação: Porto e Portugal

Entender os fenómenos que ocorrem a uma escala mundial é também compreender as suas consequências a nível local. Como vimos no capítulo anterior, o mundo atua como um sistema casuístico em que ações e reações se sucedem criando um efeito dominó que acaba por se propagar nas mais diversas vertentes. No caso anterior, as consequências ambientais dos atuais métodos construtivos e o crescimento populacional conduzirão às eventuais repercussões negativas e um agravar profundo das atuais condições climáticas. Como verificamos, os resultados das nossas escolhas poder-se-ão revelar cada vez mais nocivos. Como então se verifica e compara esta situação num país como o nosso? Quais serão as consequências e o futuro da construção neste país? Vamos agora recuar ao início e à cidade do Porto. Descobrir o que motivou o estado atual procurando analisar e revisitar a sua história, para assim compreender a atual situação demográfica e habitacional.

Se por um lado há um crescimento populacional provocado por taxas de natalidade altíssimas, em países como Portugal, o contrário verifica-se. A contração da natalidade e a inversão da pirâmide etária¹² demonstra uma população envelhecida e uma minguante. Estes factos têm resultados diretos na habitação e nas próprias cidades. No caso português, o panorama de abandono dos centros históricos demonstrado no censo nacional de 2011, vem evidenciar uma população envelhecida e um centro que não se regenerou. O atual estado é paradigmático de muitas das grandes cidades históricas em Portugal. Este facto leva-nos a refletir sobre as soluções a adotar neste caso, não para resolver uma subida da população, mas sim reestruturar a cidade para uma reintegração da própria população. No fundo ambos os problemas do crescimento e do decréscimo populacional são exercícios na problemática habitacional. Tomando o Porto como exemplo, vamos rever um pouco da história da cidade

A cidade do Porto, Património da Humanidade declarada pela UNESCO desde 1994, apresenta um conjunto significativo de edifícios em variado estado de degradação, desde disfunções ligeiras até imóveis em completo estado de ruína. Tudo isto, num cenário em que Portugal apresenta desde 1974 o seu período de maior atividade na reabilitação urbana. Para compreender este estado atual é necessário, desde logo, proceder à identificação das principais razões que conduziram a este ponto. Numa questão complexa desta natureza, a origem não é isolada, pelo que seja comum que estejamos perante um acumular de fatores oriundos desde o espectro social, político (congelamento de rendas desde 1950 e pouca eficácia nas reformas subsequentes) e económicos (ausência de incentivos eficazes à reabilitação). Pretende-se nesta abordagem estabelecer um retrato da atual situação bem como identificar as disfunções mais comuns e as intervenções praticadas como o são a

¹² A pirâmide etária é uma ilustração gráfica que traduz o agrupamento demográfico dividido por faixas etárias. Uma população envelhecida constitui uma pirâmide invertida e vice-versa.

ausência de manutenção, alteração das plantas inferiores para fins comerciais, aumento do número de plantas, adições de elementos na fachada e utilização de novos materiais. Tudo isto num conjunto base de edifícios de tipologia tradicional, alvenaria de granito.

Análise de Contexto

O passado, raízes da cidade atual

O centro histórico antigo, com profundas raízes medievais, criou uma característica rede viária de acessos estreitos e irregulares ao longo de passeios curtos e edifícios altos. Uma forte marca histórica num conjunto que apresenta ao mesmo tempo as fortes marcas do tempo. Neste conjunto, um vasto número de edifícios apresenta profundas marcas de degradação até estados de ruína. O seu estado atual, acusa o tempo e o seu desgaste, bem como a atividade humana que na sua conjuntura histórica foram incapazes de contrariar os acontecimentos.

O primeiro e único momento congruente de planificação da cidade surge no século XVIII liderado por João de Almada¹³. Neste ato delineiam-se os principais eixos de desenvolvimento da cidade num desenho compreensivo dessas vias e das suas habitações-tipo. Toda a cidade se reveste de uma monumentalidade que até então não possuía. No século XIX tomam lugar eventos que marcaram de forma indelével a cidade. As invasões francesas promovidas por Napoleão Bonaparte, invadem e ocupam a cidade e o Cerco do Porto em que as forças absolutistas de D. Miguel, na guerra civil de 1832-34, sitiaram a cidade, assim como as várias vagas de peste que assolaram a cidade, constituem os acontecimentos mais marcantes desse século. No mesmo século, um grande crescimento industrial, populacional e habitacional ocorre transformando completamente a cidade. Uma das principais consequências é o abandono do centro histórico pelas classes altas. A cidade expande-se e rapidamente novas zonas nobres surgem na periferia deixando o centro histórico a mercê da população com menos recursos. Com ela, todo o centro da cidade regenera-se, ganha uma nova vida e uma nova identidade que se reflete até aos dias de hoje. A nova população decora a cidade com os seus artesãos. A carpintaria dos vãos, a serralharia dos varandins, a alvenaria decorativa e a cerâmica dos azulejos criam um quadro em que cada edifício ganha a sua individualidade e expressão¹⁴.

No século XX a capacidade de renovação do centro histórico do Porto é altamente condicionada pela lei do congelamento das rendas. A lei imposta depois da implantação da República em 1910 vem sendo sucessivamente acondicionada e promulgada até 2005. As suas consequências foram levar a uma total paralisação das atividades dos proprietários no

¹³ Porto(wikipedia)

¹⁴ PÓVOAS, Rui F. [et al.] - Reabilitação de Edifícios Correntes de Valor Patrimonial. Uma Proposta de Aproximação Metodológica: Actas do seminário “Cuidar das Casas. A Reabilitação do Património Corrente”. 25 Fev. (2011).

restauro e manutenção dos seus imóveis. Desde a sua implantação, o Porto tem visto, sem oposição, uma constante decadência do seu centro histórico e a degradação grave da sua salubridade pondo em causa a sua habitabilidade. Depois da revolução do 25 de Abril de 1974, são tomadas medidas para reabilitar e reconstruir o centro histórico, entre elas, um parcial derrubamento deste. É criado então um comissariado responsável pela renovação urbana da zona da Ribeira e do Barredo, (CRUARB) entretanto extinto em 2002. A CRUARB é responsável por algumas iniciativas consideradas pouco eficazes e com reduzido alcance ao longo dos seus 27 anos de existência. O seu objetivo passava por uma manutenção da imagem portuense como captada nos inícios do século XX, mantendo a sua identidade através da recuperação e manutenção do edificado antigo recorrendo a tecnologias tradicionais tanto a nível de fachadas como materiais de revestimento. Ao mesmo tempo, apoiava uma intervenção contemporânea que substituísse edifícios em ruínas. No seguimento do seu encerramento, surge a atual Porto Vivo - Sociedade de Reabilitação Urbana (SRU) em 2004. A SRU surge no seguimento da nomeação da cidade como Capital Europeia da Cultura, Porto 2001, facto que vem a provar-se decisivo na renovação do Porto nesta conjuntura. Este evento motivou um esforço na recuperação e investimento nos espaços públicos bem como um fomento cultural. A estratégia definida pela SRU vem no sentido de estreitar as relações entre os recursos privados e os proprietários e entre estes e os arrendatários, estando disponível para em caso de necessidade atuar nesse sentido.

“(…)à Porto Vivo, SRU cabe o papel de promover a reabilitação da respetiva zona de intervenção e, designadamente, orientar o processo, elaborar a estratégia de intervenção e atuar como mediador entre proprietários e investidores, entre proprietários e arrendatários e, em caso de necessidade, tomar a seu cargo a operação de reabilitação, com os meios legais de que dispõe.¹⁵” Sociedade de Reabilitação Urbana

A entidade Porto Vivo tem por objetivo ocasionar uma revitalização de todo o centro histórico. Motivar a sua repovoação, impulsionar a sua atividade comercial, dinamizar o turismo e o lazer. A índole das intervenções tem de elevado grau de profundidade sendo aplicadas tecnologias e intervenções modernas. A salvaguarda das fachadas observa-se como prioridade, tendo para tal sido adotadas técnicas tradicionais para preservar a sua autenticidade. As intervenções mais radicais prendem-se sobretudo com uma análise do estado de degradação avançada dos edifícios bem como uma necessidade premente de uma rápida atuação e adequação dos mesmos, de maneira providenciar habitação conveniente para a população¹⁶. A ressalva deste projeto da SRU prende-se numa atuação e numa abordagem macroscópica dos elementos individuais de cada edifício excetuando o rigor

¹⁵ MARTINS, J. Patrício [et al.] - Projecto Preliminar de Conversão da Zona de Intervenção Prioritária em Áreas de Reabilitação Urbana. Porto: SRU Porto Vivo, SA (2010) disponível em http://www.portovivosru.pt/pdfs/aru/proj_pre_delimitacao_arus_2010_10_14_ca.pdf, acedido em 8 de Junho de 2013

¹⁶ Objetivos da SRU em www.portovivosru.pt/sub_menu_1_1.php

apresentado no levantamento das fachadas. No entanto, esta abordagem livre permite uma maior abertura e flexibilidade dos edifícios. A atuação desta entidade acelera e liberaliza a ação de recapitalização dos edifícios, projetando-os para o serviço social que sempre deveriam cumprir. A função e utilidade devem ser ressaltadas tanto quanto a sua valência histórica. Neste contexto as intervenções têm dotado os edifícios de novas oportunidades que potenciam a sua própria salvaguarda. A introdução destes edifícios no contexto atual faz-se de uma atualização cuidada, intervindo no sentido de adequar as suas potencialidades sem desprimir da sua herança patrimonial. Neste sentido verificaram-se, no âmbito da SRU, operações de aglutinação de lotes e a introdução de elementos de segurança e acessibilidade como melhoria de segurança contra incêndios e elevadores.



Fig. IV - Vista elevada do centro histórico da cidade do Porto (Fonte: Vânia Rodrigues)

O centro histórico portuense tem uma identidade única e destaca-se das demais cidades portuárias europeias. A sua marca e a sua singularidade são fruto da sua índole e génese. No entanto, na sua capacidade como cidade portuária, existem similaridades a apontar que se repetem noutras cidades europeias. A tipologia é um destes aspetos. A casa comum é estreita, alta e frequentemente unifamiliar. As habitações reúnem-se em pequenos agrupamentos formando ilhas que se agrupam na cidade numa apertada malha tipicamente medieval que se adapta a topografia acidentada. Se observarmos atentamente estas habitações apresentam uma constância geométrica que podemos observar e relembrar aquando da reminiscência da cidade. A habitação comum apresenta uma largura inferior a

sete metros, uma altura considerável entre três a cinco pisos e uma profundidade assinalável atingindo geralmente os 25 metros¹⁷ (Fig. V).

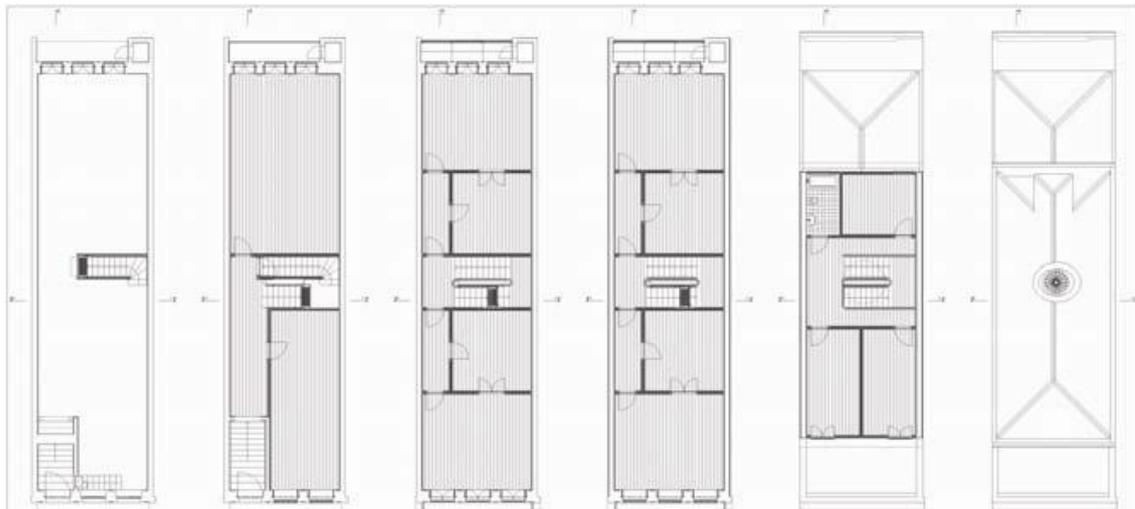


Fig. V - Modelo construtivo da casa burguesa do Porto. Plantas, cortes e alçados (Fonte: POVOAS, Rui, 2011)

Censos 2011

O programa Censos de 2011, um levantamento censitário da população e habitação a nível nacional, deixou a descoberto questões prementes sobre o funcionamento e vitalidade das nossas cidades sobretudo se atendermos à capacidade de renovação do seu tecido histórico. Neste documento é implícito o abandono que ocorre na zona histórica do Porto sendo inclusivamente sublinhado o crescimento periférico da cidade. Este facto deixa patente que existe de facto um decréscimo populacional na cidade, cerca de 9,8%, observando-se especialmente uma desertificação acelerada do centro e da sua zona histórica (menos 20% de população nas freguesias de Miragaia, Vitória, Sé e S. Nicolau). O mesmo se observa em freguesias adjacentes como Massarelos, Cedofeita, Santo Ildefonso e Bonfim com perdas entre 10% a 20%. Tudo isto num contexto de redução do número de edifícios -4,8% e um aumento de alojamentos em 8%¹⁸. A relevância destes dados adquire maior gravidade quando comparado com o panorama nacional. No contexto nacional estes dados atingem então maior relevância. A última década viu uma subida do número de edifícios em 12,4% bem como a subida de 16,3% de edifícios, isto, numa década que registou um pálido crescimento populacional de apenas 1,9%. Neste ponto, e sobretudo se considerarmos a existência de 734.846 alojamentos

¹⁷ PÓVOAS, Rui F. [et al.] - Reabilitação de Edifícios Correntes de Valor Patrimonial. Uma Proposta de Aproximação Metodológica: Actas do seminário “Cuidar das Casas. A Reabilitação do Património Corrente”. Porto: FEUP/ICOMOS, 25 Fev. (2011).

¹⁸ INE - Censos 2011 - Resultados preliminares. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P. (2011) em www.ine.pt, acedido a 6 de Junho de 2013.

familiares vagos, claramente constatamos que nos encontramos numa posição excedentária habitacional que nos obriga a reconsiderar as nossas prioridades de crescimento¹⁹.



Fig. VI - Estado de degradação dos edifícios do centro histórico do Porto. Verde: bom estado; vermelho escuro: ruína (Fonte: SRU)

Naturalmente, estas considerações já tiveram as óbvias consequências bem reais para a indústria que tem, como se sabe, um enorme peso na economia portuguesa. A atual situação é bem ilustrativa da irrealidade que tomou conta do sector em Portugal com perdas e quedas consecutivas. Na verdade, se observarmos os dados do sector construtivo e compararmos, no contexto europeu, nova construção com reabilitação, vemos que Portugal em 2003 era já o país europeu que menos reabilitava e o que tinha na construção nova o maior peso relativo com 90,5%²⁰ (dados da Euroconstruct 2004). Comparando com uma média europeia de 52,5%, é óbvio o desequilíbrio que então registava. Seguindo os números facilmente compreendemos que até hoje a lógica não foi invertida. O esforço governamental tem sido nos últimos anos de impulsionar a construção de novas habitações sendo neste capítulo, 6 pontos percentuais superior à média europeia (8% do PIB), havendo ao mesmo tempo um residual apoio à reabilitação. Atualmente verificamos o efeito retractive de uma economia em recessão, o impacto gerou uma retirada do investimento, deixando o Portugal de 2011 com apenas 9,5% do PIB dedicado à construção. Se recuarmos dez anos até 2001, o peso do Investimento em

¹⁹ Id., Ibid.

²⁰ EUROCONSTRUCT (2004), "The Outlook for the European Construction Sector".

construção no PIB era de 17,3%²¹. No agudizar da situação encontra-se a força trabalhadora que obviamente resente a situação estando o número de desempregados do sector construtivo a subir gradualmente na última década, encontrando-se, segundo dados do IEFP, em 14%. A construção em Portugal, além do peso económico é também responsável por ser o segundo maior a seguir ao Estado estando atualmente empregando cerca de 600.000 efetivos.

²¹ EUROCONSTRUCT (2011), “The Outlook for the European Construction Sector”.

Capítulo 2: Lugar ao Contraditório

Neste capítulo proponho introduzir os contrapontos ao capítulo anterior sob a forma de alternativas e respostas atuais às tendências verificadas. Aqui tratarei de enunciar e explicar alguns dos conceitos e exemplos atuais que poderão responder às problemáticas ambientais, sociais e ecológicas levantadas no capítulo 1. Em primeiro lugar, vou adereçar os desafios habitacionais e construtivos através de aquela que será a solução mais eficiente atualmente, a construção modular. Proponho explicar como este sistema pode ser a resposta às crescentes necessidades habitacionais bem como uma solução adaptável a uma reintegração urbana, sendo ao mesmo tempo uma alternativa mais eficiente, económica e sustentável aos métodos de construção comuns. Seguidamente, tentarei fazer uma análise da teoria Modular como princípio ativo e modulador de um sistema construtivo, com isto pretendo definir regras e objetivos para posteriormente, numa terceira fase, poder definir um sistema modular de construção. Em relação à problemática da sustentabilidade e do meio ambiente, procurarei atacar essas questões propondo a madeira como base de esse mesmo sistema construtivo. Para terminar, procurarei fazer um levantamento teórico para a abordagem conceptual que possa reger a minha intervenção. Serão apresentadas algumas das referências e contextualizadas algumas linhas de pensamento que enquadraram a fase posterior de intervenção.

Construção Modular e Pré-Fabricação

A indústria da construção modular não é senão uma replicação a uma maior escala da atual construção estandardizada a partir de elementos construtivos. Na mesma medida que recorreremos ao mercado construtivo que nos fornece os materiais que constituem as nossas fundações, as nossas paredes, os nossos telhados e todos os elementos que compõem os nossos edifícios. Da mesma maneira, mas a outra escala, a construção modular amplia este processo para uma escala massificada repetindo industrialmente cada um desses elementos. Quando comparado com outras atividades, a construção carece do carácter competitivo e da eficácia apresentadas noutras indústrias. Ao longo do séc. XX e XXI o impulso da revolução industrial reverberou e estimulou o crescimento da indústria até aos nossos dias. A automatização e a renovação de processos atualizam-se constantemente nomeadamente no pré-fabrico e pré-montagem de componentes. Pode-se argumentar o papel que a revolução Industrial teve na arquitetura, nomeadamente ao nível da construção com ferro e na criação de estruturas como o Palácio de Cristal de Joseph Baxter, no entanto, poderemos facilmente concluir que a discrepância entre os percursos, por exemplo da indústria automóvel e da indústria construtiva, não foram os mesmos. Esta mesma discrepância, apesar de nos parecer à primeira vista uma comparação sem sentido, denota o preconceito que até hoje sedimentou

o *status quo* da arquitetura e da construção. Numa cultura de otimização de resultados, de lucro e de vantagem competitiva, o ônus da construção não foi colocado no processo, mas sim no resultado final. A razão para tal não é inocente, e é até protecionista, mas numa lógica de mercado livre não seria sustentável. Contudo os problemas levantados hoje obrigam a uma abordagem mais eficiente e a uma aposta coerente em otimização de processos para suprir necessidades.

A pré-fabricação resume-se à construção de todos os componentes de um edifício que será posteriormente montado. A Pré-fabricação é uma construção *offsite* de vários componentes ou uma parcial instalação final na qual vários materiais ou sistemas construtivos são unidos para uma posterior montagem. O processo é realizado numa localização específica de modo a permitir um aumento da qualidade e velocidade construtiva. Os tipos de componentes pré-fabricados variam consoante o seu tamanho e complexidade bem como o seu modo de aplicação *in situ*²². Os componentes poderão ser classificados em quatro tipos distintos²³:

- Materiais processados são elementos estruturais ou de revestimento personalizados através de um processo pré-manufatura. Estes componentes são aplicados diretamente do mercado e adaptados integralmente. Desde sistemas de isolamento, painéis, até ao elementar bloco todos estes componentes proveem de uma manufatura *offsite* que proporciona uma aplicação direta *in situ* do material escolhido.



Fig. VII - Casa Eames, desenhada para ser construída com componentes estandarizados comerciais.
(Fonte: eamesfoundation.com)

-Componentes pré-fabricados são simples elementos construtivos que compõem normalmente a construção de qualquer edifício. A vasta maioria dos edifícios construída hoje

²² Na arquitectura e construção, *in situ* refere-se a construção que é realizada no local da construção utilizando matérias-primas

²³ Smith, Ryan E. (2011). "Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction"

utiliza este método de construção. Podemos designar estes componentes como qualquer montagem em fábrica de elementos que não poderia ser feita *in situ* ou que cuja manufatura acelera a construção e facilita a sua aplicação. Estes componentes são aplicados diretamente do mercado e adaptados integralmente. Podem ser assim classificados painéis de estrutura de madeira, painéis pré-fabricados de aço, painéis de isolamento estrutural, sistemas de fachada, painéis compostos, revestimento pré-moldado, pré-moldados de elementos estruturais, cofragem de betão isolante²⁴;



Fig. VIII - Pavilhão IBM de Renzo Piano, pensado como uma série de componentes pré-fabricados para poderem ser desmontados e transportados e remontados. (Fonte: renzopianofondazione.com)

- Estruturas painel são a montagem de componentes pré-fabricados que não formam um espaço fechado. Formam uma considerável parte do involucro final do edifício antes do seu transporte²⁵.



Fig. IX - Furniture House e as suas estruturas painel portantes (Fonte: shigerubanarchitects.com)

²⁴ SMITH, Ryan E. (2011). “Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction”

²⁵ Id., *ibid.*

- Estruturas modulares são volumes fabricados *offsite* que formam um espaço fechado habitável. Os módulos são estruturalmente independentes e incluem mais que uma intervenção técnica de especialidades²⁶.



Fig. X - Montagem do Habitat'67 a partir de estruturas modulares. (Safdie 1970)

Pré-Montagem

A pré-montagem envolve a junção de componentes pré-fabricados num local diferente do local de construção de maneira a formar o edifício completo ou o seu sistema construtivo. A pré-montagem pode ser completada no local de manufatura ou *in situ*. O trabalho normalmente envolve a conjugação de várias práticas de especialidade e na sua montagem a utilização de uma grua²⁷.

Construção Modular

A construção modular é o processo de manufatura definido pelo uso da pré-fabricação e pré-montagem numa localização remota de maneira a compor componentes volumétricos (estruturas modulares) que serão transportadas, em fase de acabamento, para o seu local de construção final. O instituto de construção modular americano, MBI (Modular Building Institute), caracteriza de construção modulares, edifícios estando 60 a 80% concluídos à data do seu transporte para o seu destino final²⁸. Nesta classificação poderemos dividir as construções modulares nas seguintes categorias:

Construção Modular Permanente

²⁶ SMITH, Ryan E. (2011). "Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction"

²⁷ Id.,Ibid.

²⁸ Permanent Modular Construction 2011: Annual Report. 2011. The Modular Building Institute, (p. 2-4)

Construção Modular Permanente (CMP) providencia um serviço comparável a uma construção normal *in situ*, sendo os componentes afixados a fundações permanentes. Os componentes poderão ser integrados no local em projetos construídos *in situ* ou como edifícios isolados. Sendo que os custos materiais poderão ser normalmente competitivos, os ganhos de tempo e a possibilidade de uma programação simultânea de trabalho *in situ* e *ex situ* permitem lucrar economizando custos de trabalho e desaproveitamento de mão-de-obra. Os CMP amiúde requererem o envolvimento de um arquiteto, no entanto atualmente apenas em 1% dos casos isto acontece. Num típico caso deste género estariam envolvidas as práticas de engenharia e arquitetura sendo estas financiadas por um privado, em coordenação com uma empresa construção modular e um empreiteiro para a intervenção *in situ*²⁹.



Fig. XI - Programação da construção convencional versus construção modular (Permanent Modular Construction: Annual Report 2011)

Edifícios Realocáveis

Edifícios Realocáveis mantêm a sua mobilidade servindo funções temporárias como parte integrante ou integral de um edifício. Geralmente construído sobre um chassis permitem a integração de rodas, engate e eixos que permitem o seu transporte e mobilidade. Apesar de a indústria de construção modular ter uma história de criação de edifícios temporários para locais de obras e escolas, atualmente estes edifícios têm vindo a ser projetados para terem uma maior longevidade e providenciar múltiplas funções ao longo da sua vida útil. Estes módulos encontram-se praticamente terminados no momento em que chegam ao seu local e requerem pouca intervenção *in situ*.

²⁹ Permanent Modular Construction 2011: Annual Report. 2011. The Modular Building Institute, (p. 2)

Construção *in situ*

A expressão latina *in situ* refere-se a uma construção levada a cabo no local de obra a partir de materiais brutos. As técnicas *in situ* são comumente mais laboriosas e intensivas, no entanto, os materiais são mais económicos e o trabalho mais versátil e adaptável³⁰.

Construção *offsite*

A construção *offsite* ou por oposição à expressão *in situ*, *ex situ*, regere-se a uma pré-fabricação ou pré-montagem num local diferente do local destinado à construção final. O termo é originário e tradicionalmente utilizado no Reino Unido onde componentes pré-fabricados são categorizados como “*non-volumetric offsite fabrications*”, “*volumetric offsite fabrications*”, e “*modular buildings*”. Neste estudo, uma construção *offsite*, é usada para referir ou descrever genericamente o uso de pré-fabricação e pré-montagem³¹.

Modularização

Geralmente refere-se a um processo de divisão de um edifício completo numa série de volumes menores, (módulos), a construir *offsite*. Deste modo a construção *in situ* será reduzida apenas ao trabalho de fundações e montagem dos módulos. Contudo, apesar de o construtor modular ter maior controlo sobre a qualidade e a calendarização do projeto, o principal entrave a este processo são os custos de transporte devido à sua grande volumetria³².

Perceção dos Benefícios e Desafios da Construção Modular

Um estudo de 2007, conduzido por Lu Na, da Universidade de Clemson, revelou a perceção dos benefícios e limitações da utilização de componentes pré-fabricados. O estudo centrou-se num inquérito junto de um grupo de 138 arquitetos, engenheiros e empreiteiros nos Estados Unidos. Os resultados sobre os benefícios da pré-fabricação revelaram que³³:

Há uma redução do tempo de construção e uma eficiente calendarização pela paralelização de atividades produtivas.

- Aumento de excelência e qualidade construtiva.
- Aumento de produtividade.
- Aumento de segurança no trabalho.

³⁰ TIMBERLAKE, Kieran, (2004) “Refabricating Architecture”

³¹ Id., *Ibid*

³² Id., *Ibid*

³³ LU (2007), (p.126-127)

- Redução do tempo de construção pela ausência de interrupções laborais fruto de condições atmosféricas adversas.
- Impacto ambiental mínimo resultante do processo de construção no local.

Benefícios adicionais comumente associados com a pré-fabricação incluem a redução, no local de trabalho, de congestão e volume laboral. Estes resultados resultam numa redução generalizada do custo da construção fruto de uma eficiente programação laboral, e do acesso a tecnologia computacional e equipamento avançados. As restrições à pré-fabricação apontadas pelo mesmo grupo incluem³⁴:

- Efeitos no design pelas restrições volumétricas ao nível do transporte
- Dificuldade de implementar alterações no decorrer do processo construtivo
- Também referidas como limitações são as exigências do adiantamento de capital ao nível de design e engenharia.

Principais Tendências na Construção Modular

Poderá existir um estigma em relação a uma falta de qualidade associada à construção modular. Este facto baseia-se sobretudo numa passado de construção modular de baixa qualidade. No caso alemão, esta perceção publica foi sendo ultrapassada por uma constante certificação de qualidade de produto, uma persistente promoção de marketing dos benefícios da construção *offsite* e uma standardização de componentes, aumentando assim a eficiência e produtividade³⁵.

Os componentes pré-fabricados já são, indiretamente, usados hoje na maioria dos edifícios construídos. Entre as atividades mais eficazes na utilização destes componentes encontram-se³⁶:

- Canalização
- Mecânica
- Montagem de estruturas
- Equipamento
- Metalúrgica
- Instrumentalização
- Soldagem
- Elétrica
- Betonagem

³⁴ LU (2007), (p.127)

³⁵ Id., *Ibid.*

³⁶ Id., *Ibid.*

- Isolamento
- Alcatifar
- Acabamentos
- Mobilar
- Alvenaria
- Coberturas
- Plásticos

Além de que os níveis técnicos do trabalho requerido pela pré-fabricação não serem mais elevados que a construção tradicional, o custo de mão-de-obra tem-se provado mais baixo.

Em 2011, um estudo da McGraw Hill Construction sobre o estado da construção modular demonstrou que um dos fatores de maior interesse na pré-fabricação e modularização incluem o desenvolvimento de métodos e técnicas de construção enxuta bem como uma maior atenção as fatores de sustentabilidade. Neste âmbito a emergência do BIM como ferramenta auxiliar de projeção tem-se provado determinante para este crescimento. Atualmente, a ferramenta BIM (Building Information Modelling) permite, como o nome indica, criar uma base de dados informática relativa a um edifício aquando da sua conceção. O BIM adquire particular relevância quando compreendemos que este pode servir de elo de ligação entre vários sectores ligados à construção permitindo assim uma disseminação generalizada do projeto e quaisquer detalhes relativos à sua conceção. Esta ferramenta remonta a princípios dos 70, defendida então por Charles M. Eastman, como um conceito de unificação e interoperabilidade de informação construtiva digital. Desde então este processo tem vindo a sofrer várias alterações fruto da iniquidade entre plataformas informáticas e a aplicação do conceito para uma real exequibilidade. Neste momento as condições reunidas a nível de projeção e distribuição informática, permitem antever e até constatar a mais-valia deste conceito. Se imaginarmos uma cooperação e interação continua, orgânica entre os vários intervenientes do processo construtivo. A habitual truncagem entre os vários elementos da cadeia construtiva origina sistémicos atrasos, erros interpretativos e comum desaproveitamento material e humano. Neste paradigma urge um entrosamento mais eficaz e produtivo da cadeia construtiva³⁷.

Regressando por momentos ao paralelismo com indústria automóvel podemos mais facilmente observar os défices competitivos que separam os dois sectores. Desde já, convém adereçar as potenciais objeções quanto a esta comparação explicando um pouco o processo geral de produção em massa. Desde Henry Ford, o processo de fabrico automóvel sofreu uma expansão e crescimento impar que resultou numa explosão e massificação do automóvel. Neste ponto, tal como na habitação, o conceito de massificação é importante, pois é nele que

³⁷ McGraw Hill Constrution, *Prefabrication and Modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry*, 2011

quero centrar ao aproximar as soluções criadas pela indústria automóvel para atingir esse mesmo efeito. Por outro lado, as diferenças evidentes entre os dois produtos finais levam a questionar a validade da comparação. Podemos argumentar que uma casa tem um carácter único e que não poderá ser replicada em massa como fosse um automóvel. Contudo, não é neste ponto que convém comparar e aprender com a comparação. Aqui, o interesse é o processo. O processo industrial. No caso do automóvel, o processo de fabrico divide-se em duas partes primárias. O modelo base, com tudo o considerado indispensável e os acessórios auxiliares, adições personalizáveis que se ajustam as necessidades de cada cliente. Este processo liberta os óbvios constrangimentos impostos caso cada automóvel fosse construído individualmente. Aqui, recorreu-se a standardização de um modelo para poder, basicamente, massifica-lo. Porque não poderia ser uma casa assim?

Expandindo o processo automóvel, podemos aplicar esta ideia ao mundo habitacional. No caso dos edifícios pensemos a estrutura como o modelo base que serve de suporte ao trabalho do arquiteto para se adequar as necessidades do lugar, do cliente e da sua função. Neste momento, estaríamos numa posição de suprir necessidades assegurando ao mesmo tempo o carácter individual da habitação. Do mesmo modo uma “acessorização” estaria disponível de maneira a dar a contribuição final ao utilizador.

Enquanto que o faseamento de uma construção comum é ditado pela gravidade, necessitando uma coordenação sequencial das diferentes intervenções de especialidade, na construção modular os métodos, os meios e a sequencia são definidos pelo construtor ao expandir a cadeia construtiva pelos grupos especializados³⁸. De novo, se recorrermos ao processo construtivo da montagem automóvel, observamos que a cadeia linear assente permite a intervenção especializada num ponto determinado no processo, criando a possibilidade de simultaneidade do trabalho bem como um descongestionamento laboral e um aumento da qualidade e produtividade. A cadeia construtiva, está de tal modo estabelecida que desde o fabrico até a aplicação *in situ*, liberta o processo da sua natural morosidade.

A aproximação entre as duas industrias não é inaudita. A construção modular já existe, como maior ou menor sucesso, um pouco por todo o mundo. Um dos casos de maior sucesso será certamente a empresa japonesa Sekisui House³⁹. Esta empresa é responsável por mais de dois milhões de casas construídas um pouco por Sudoeste Asiático, Japão, Estados Unidos e Oceânia. Os seus modelos baseiam-se em cerca de 30.000 componentes num universo de cerca de 2 milhões dotando as habitações de um alto grau de personalização. Neste momento detêm um portfólio bastante extenso com cerca de 70 opções base diferentes. Em *Refabricating Architecture*, é referido um artigo sobre a história da Toyota e o paralelismo

³⁸ Kieran, Stephen, and James Timberlake. 2004. *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction*. New York, (p.31).

³⁹ <http://www.sekisuihouse.com.au/house-designs/house-designs-sa>

com as técnicas introduzidas por Sekisui House⁴⁰. Nesse artigo, David Gann faz um estudo comparativo das técnicas partilhadas pelas duas empresas aplicando o conceito de customização em massa e o desenvolvimento da empresa Sekisui na standardização dos seus componentes e sua catalogação, técnicas de controlo de qualidade e integração tecnológica. Levanta-se mesmo a questão da venda de uma casa precisamente como se fora um carro. Permitem customização e accessorização que lhes altera o preço, são compostos por partes que podem ser removidas, trocadas e melhoradas com um aumento do seu período de vida. Um destes casos foi precisamente a estratégia de marketing desenvolvida na Wichita House da companhia Buckminster Fuller. O facto de a casa desenvolvida ser totalmente desmontável permitia possíveis adaptações e aumentos quando novas versões eram disponibilizadas. Historicamente, em processos de manufatura, as modificações a componentes atrasam o processo de montagem contribuindo para um aumento do tempo de produção e custos associados. Por isso, similarmente a outros processos de manufatura, as desvantagens perante uma construção *offsite* incluem um aumento do pré-planeamento que se traduz numa redução do tempo de construção, facilidade e maior grau de qualidade na execução e adaptação bem como redução de desperdício. Aumentando assim o período de vida e criando a possibilidade de desmontagem. Comparando este conceito com a construção comum *in situ*, verificamos a possibilidade e a facilidade com que poderíamos de facto alterar e acrescentar elementos a uma construção consoante as necessidades. Num cenário de construção *in situ* posteriores adaptações são possíveis mas, no entanto, altamente limitadas por imposições físicas da estrutura pré existente. A ocorrer, as alterações exigem alto grau de mão-de-obra, elevado tempo de construção e geram alto grau de desperdício.

Centremo-nos porém, mais concretamente na personalização. Este aspecto é aquele que seria o principal atractor e poderia desmistificar a conceção de um espaço uniformizado produzido em massa. Tal como num carro, em que não questionamos a sua essência única, muito menos o faríamos numa casa ou num apartamento, mais considerando a capacidade de apropriação, ligação afetiva e pessoal de que podemos dotar cada espaço. É um discurso que se compreende no receio de uma perspetiva urbanística de uniformização, no entanto, o teor da aplicação nesta tese bem como a miríade de possibilidades e multiplicação da construção modular “desmontam” esse receio. Atendendo à oportunidade e sobretudo à necessidade premente de habitação rápida e sustentável.

Inovação a partir do desenho auxiliado pelo computador

A contribuição da tecnologia nos processos de manufatura *offsite* espera-se que seja considerável e uma das pedras basilares de todo o processo. A dúvida está sobre a capacidade dos intervenientes nos processos de manufatura adaptarem as novas ferramentas. O desenho

⁴⁰ <http://www.sekisuihouse.com.au/house-designs/house-designs-sa>

protótipo exige um alto grau de detalhe e segurança. A criação destes elementos assim o exige, aqui o erro estaria não num caso específico mas seria propagado várias vezes em todos as construções envolvidas. No entanto, recuando de novo, o mesmo se verifica na indústria automóvel. Isto requer que a total modelação dos elementos prove ser completamente compatível com aceitável tolerância e suficiente detalhe. Com o surgimento da ferramenta BIM (Building Information Manager), ferramentas, planeamento e informação técnica podem ser transmitidas entre todos os participantes nos variados momentos de construção, para assim, poderem ser tridimensionalmente modelados e conectados todos os componentes. As máquinas Controlo Numérico Computadorizadas (CNC) de corte, os instrumentos de corte bidimensionais e a impressão tridimensional em escala real podem remover o trabalho manual completamente do processo de manufatura, eliminando assim erros de interpretação de desenho pelos diferentes intervenientes e disciplinas construtivas.

Os avanços da tecnologia relacionados com a construção comumente incluem o uso inovador de materiais construtivos, venda através da internet, ferramentas de CAD, manufatura auxiliada por computador (CAM), engenharia auxiliada por computador (CAE) e outras ferramentas de simulação. O *software* de 3D-CAD proporciona a modelação com bases de dados indexadas que guardam a informação do edifício, (Informação de produto, grupos de montagem, dimensões, etc.). O *software* 4D-CAD, adicionalmente, guarda informação da programação do processo construtivo e do seu sequenciamento, enquanto que o 5D-CAD incorpora os custos associados de construção. O detalhe da informação sobre o edifício agregada nestes softwares permite que a informação circule compacta entre designers, engenheiros, empreiteiros, fabricantes e clientes. As ferramentas CAM permitem hoje passar a informação diretamente entre o designer e a máquina eliminando a ocorrência do erro humano na representação e interpretação. O desenvolvimento, por exemplo, de programas como D-Shape que permite a construção de espaços habitáveis sem a intervenção humana partindo de um complexo programa que assimila e produz estruturas baseadas em areia, ou mesmo Contour Crafting, um projeto desenvolvido pela Universidade de South California em que uma máquina ergue, sem intervenção humana, uma construção em betão desde a fundação, de cerca de 9 metros, até às paredes incluindo a abertura dos vãos para janelas e portas. As simulações CAE, como Autodesk Ecotect Analysis, podem ser usadas para estudar a performance energética dos edifícios e programas como o SAP 2000, usado para análise estrutural, podem interagir com os softwares 3D-CAD contribuindo para uma maior afinidade e detalhe de informação relativa ao projeto. Eventualmente, o aumento da responsabilidade entre as várias disciplinas construtivas pode ser o maior contributo das ferramentas de modelação computacionais, sobretudo porque as representações deixam de

ser apenas documentos lineares para passarem a ter e a ser vistos numa interação tridimensional⁴¹.

Precedentes arquitetônicos

O Museu de Arte Moderna de Nova York (MOMA), organizou em 2008 uma exposição retratando todo o percurso e história da construção off-site. Num dos artigos então publicados, Karrie Jacobs, da revista Dwell, refere-se à exposição como uma história de empreendimentos falhados e de visões utópicas⁴². Ela atribui este insucesso a incapacidade dos arquitetos em competir com os empreendimentos em larga escala, sobretudo pela sua resistência para produzir design em massa. De forma particular, no mercado residencial, onde argumenta que apesar a pré-fabricação não ser para os arquitetos sinónimo de produtividade, é ao invés uma intrigante oportunidade de transformar a “cultura da arquitetura”. A generalidade dos projetos apresentados destacam-se pelo insucesso, na verdade poucos dos protótipos apresentados têm qualquer tipo alcance comercial. Um dos mais bem-sucedidos casos trata-se das casas do catálogo da Sears nos Estados Unidos que, ao longo de 40 anos, venderam mais de 100.000 unidades⁴³. Cada modelo era vendido como uma casa montável que seria enviada para os clientes. De facto, estas casas acabavam por não mascarar a sua proveniência, e a sua aparência e acabamento acabavam por denunciar baixa qualidade de construção. Contudo a sua estratégia levanta um ponto interessante. Eram habitações unifamiliares desenhadas de modo a apresentarem um preço competitivo e que estivessem enquadradas com as atuais correntes estéticas. Por oposição, projetos que pretendiam ser “a casa do futuro”, nunca acabaram por sair da fase de protótipo. Um desses exemplos é a casa Dymaxion de Buckminster Fuller⁴⁴.

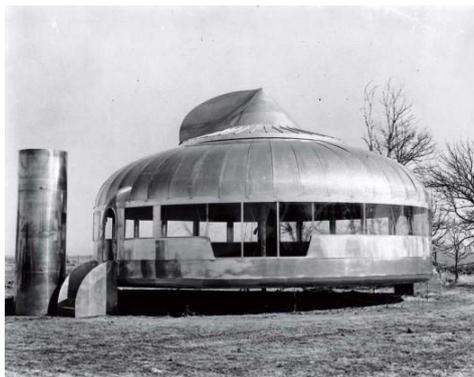


Fig. XII - A casa Wichita baseada no prototipo Dymaxion (fonte: archdaily.com)

⁴¹ Kieran, Stephen, and James Timberlake. 2004. *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction*. New York, (p.115).

⁴² JACOBS, Karrie, *Dwell Magazine*, (2008)

⁴³ Kieran, Timberlake (2004)

⁴⁴ Kieran, Timberlake (2004)

A casa Dymaxion (cujo o único modelo concebido foi nomeado casa Wichita) foi desenhada como um kit transportável que seria adaptável a qualquer local. A cúpula geodésica desta foi desenhada de modo a cobrir o maior espaço possível com o menos material possível. A fachada é revestida por repetidos painéis de alumínio e o espaço interior esta organizado em volta de uma estrutura central que suporta todo o edifício.

Materiais processados

Uma das mais sucedidas incursões de Frank Lloyd Wright no âmbito da construção pré-fabricada vem da criação das suas casas Usonian. Cada uma delas era única e no entanto as casas Usonian tinham um desenho simplificado pelo uso de detalhes construtivos standardizados e uma escala económica para redução de custos. O trabalho de acabamentos é predominantemente o período mais exaustivo e intenso na construção. O uso da pré-fabricação, idealmente, reduziria o necessário período de trabalho requerido para o trabalho mais preciso e melindroso da fase de acabamentos. Wright usa a construção em madeira e aproveitando o acabamento natural da mesma. Um sistema de tabua e barrote permite eliminar a necessidade de acabamentos intensivos como o reboco ou sistemas semelhantes. Contudo, Wright envereda um pouco mais no campo da criação de componentes com o chamado UABS (Sistema Construtivo Automático Usonian). Neste, uma planta em forma de grelha é alinhada à forma exterior do espaço requerido para construção permitindo assim que o cliente desenhe o seu próprio espaço. Um exemplo é a casa Adelman construída no Arizona⁴⁵.

Componentes pré-fabricados

Em 1995 Shigeru Ban desenhou e construiu a “Furniture House”, em português a casa Mobiliário. Os componentes tridimensionais desta têm a particularidade de adotarem uma dupla função. Ban desenha a casa com unidades de arrumação revestidas a OSB com a particularidade de estas, além da sua função primária, serem a base primária da estrutura da própria casa. Cinco diferentes projetos foram concluídos por Ban, todos eles com estes elementos “mobiliário”, cuja função não só permite o óbvio armazenamento mas também permite libertar as fachadas do edifício de constrangimentos estruturais. Na verdade a ideia surge como resposta ao lugar. Num local com frequente atividade sísmica, é comum que os terremotos provoquem danos pela queda de móveis que prendem magoam as pessoas. Em vez disso, Ban insiste em utilizar um mobiliário embutido que previne a sua queda. As suas casas de tubos de papel foram também fruto de uma reação ao lugar. Aqui ele usou tubos de papel industrial pré-fabricados para construir habitações de emergência para lugares afligidos por desastres naturais. Construídos sobre uma fundação estilo palete em madeira, as paredes são feitas de tubos de papel isolados e impermeabilizados e o telhado é feito de uma cobertura

⁴⁵ SMITH, Ryan E. (2011). “Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction”

de plástico comum em tendas. As unidades são desmontáveis e os materiais facilmente recicláveis.

Também o já anteriormente referido catálogo da Sears era composto por um conjunto de componentes pré-fabricados mas era desenhado para esconder esse lado supostamente pejorativo⁴⁶. Atualmente existe um clima de maior abertura e no desenho de novas soluções, a pré-fabricação e a exibição das suas marcas já não surgem como um defeito. Um desses exemplos pertence à entusiasta firma de arquitetos da pré-fabricação, Kieran Timberlake. Na ilha de Taylor em Maryland, a casa Loblolly usa a pré-fabricação como modelo para a implementação de uma estratégia de integração no local. A casa, toda ela projetada e parcialmente construída *offsite*, instala-se numa floresta densa frente ao mar no qual a sua implementação e orientação pretendem explorar ao máximo a relação com o lugar. A casa é construída sobre pilares de madeira que elevam toda a estrutura estando o piso térreo aberto simulando a continuação da floresta. Sobre estes, uma série de componentes pré-fabricados, foram instalados diretamente sobre uma estrutura de alumínio de componentes standards encomendados do stock de peças construtivas da empresa Bosch.



Fig. XIII - Loblolly House (fonte: kierantimberlake.com)

Os componentes pré-fabricados dividiam-se entre “smart cartridges” e “dumb cartridges”, sensivelmente “cartuchos inteligentes” e “cartuchos não-inteligentes”. Os cartuchos inteligentes compunham os pisos, tetos e telhados enquanto que os “cartuchos não-inteligentes” compunham a “pele” do edifício. Todo este sistema era complementado com os “blocos”, componentes pré-fabricados de módulos com canalização que constituíam as casas de banho. Cerca de 30% da construção geral foi feita no local, todo o resto foi feito em

⁴⁶ SMITH, Ryan E. (2011). “Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction”

fábrica. Os arquitetos acreditam mesmo que seria possível reduzir até 15% no caso de ser uma produção em massa⁴⁷.

O exemplo de Oskar e Johannes Kaufmann, da firma KFN, é da produção de um modelo estrutural de madeira maciça que forma uma grelha tridimensional na qual o seu involucro pode ser determinado para um maior grau de personalização. Painéis opacos, transparentes e mistos podem ser aparafusados diretamente na estrutura permitindo maior flexibilidade de escolha e variedade. Esta empresa foi uma das escolhidas para representar à exposição de pré-fabricação do MOMA em 2007, tal como os anteriormente mencionados Kieran Timberlake⁴⁸.



Fig. XIV - Modelo apresentado por KFN na exposição Home Delivery (fonte: olkruf.com)

Renzo Piano e o seu pavilhão itinerante da IBM também estão entre os exemplos para estruturas de componentes pré-fabricados. Neste caso a particular relevância, além da intrincada estrutura, é o facto de este pavilhão ser projetado para uma constante mobilização que requiere uma maior e mais complexo nível de abordagem. O pavilhão consistia de uma estrutura de madeira laminada desmontável, preenchida com uma multitude de pirâmides de policarbonato transparentes que são também responsáveis pela aparência exterior. Ao mesmo tempo atuando como involucro térmico, as pirâmides são responsáveis pelo suporte cruzado da estrutura semicircular em treliça. Estes componentes pré-fabricados eram compactados para viagem e eram suficientemente leves para serem montados por uma equipa de pessoas.

⁴⁷ http://www.kierantimberlake.com/featured_projects/loblolly_3.html#

⁴⁸ <http://prefabcosm.com/blog/tag/Oskar-Leo-Kaufmann-and-Albert-Ruf/>

Estruturas Painel

Os painéis estruturalmente isolados foram desenhados para eliminar preocupações térmicas na construção de estrutura leve em madeira. As pontes térmicas eram eliminadas com o uso de uma camada contínua de poliestireno extrudado entre duas placas de madeira OSB. Estruturalmente os painéis providenciam resistência lateral entre pilares e vigas. Podemos observar no caso da Cantiliver House, de Anderson Anderson, a estrutura de aço em treliça é usada como pórtico para os painéis estruturalmente isolados (aqui vulgarmente conhecido como painel sandwich) que constituem as paredes, o piso e o telhado. Devido a composição destes painéis, podem ser utilizados nos vários pontos de um edifício dando assim continuidade em todas as superfícies apenas quebradas por elementos transparentes.⁴⁹

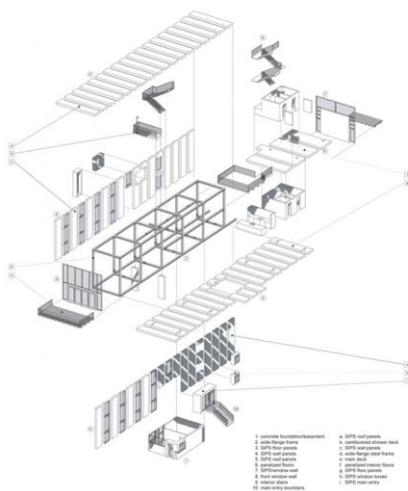


Fig. XV - Cantilliver House de Anderson Anderson Architects (fonte: archdaily)

Um dos exemplos mais curiosos da utilização destes painéis remonta a 1958. Carl Koch e a sua casa Acorn (em português bolota), introduz a capacidade de metamorfose da casa. Esta casa era construída sobre um chassis de aço que permitia o seu transporte em camiões até ao local de construção, aí toda a estrutura de painéis se desenvolvia e estendia a casa⁵⁰. À estrutura central estavam presos uma série de painéis rotatórios que combinados permitiam a formação das paredes exteriores, pisos e cobertura. Estes uma vez desdobrados davam lugar a parte habitável da casa - quarto, sala e cozinha. O módulo central fechado já incluía a cozinha e a casa de banho operacionais o que permitia que o desdobramento apenas formasse espaços cuja necessidade técnica fosse menor. Apesar das tentativas, Koch nunca conseguiu que a sua fundação fosse parte desmontável do bloco central, em vez disso, um ensoleiramento geral era formado onde repousava o chassis metálico levemente elevado.

⁴⁹ <http://www.archdaily.com/56853/cantilever-house-anderson-anderson-architecture/>

⁵⁰ <http://www.treehugger.com/modular-design/1947-the-acorn-house-unfolds.html>

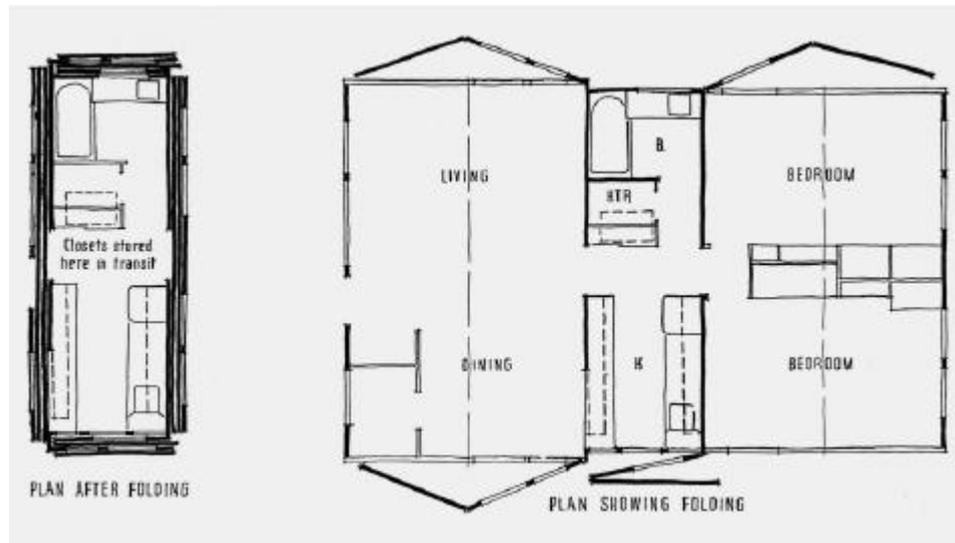


Fig. XVI - Acorn House de Carl Koch, modelo expansível.

Estruturas modulares

Neste caso, um dos exemplos mais bem conseguidos e emblemáticos trata-se do Habitat 67 de Moshe Safdie. Uma obra de referência nos dias de hoje, este complexo habitacional construído para a Exposição de Montreal de 1967, é uma obra emblemática que se mantém até aos dias de hoje em atividade. É a primeira operação do género que com sucesso introduz num contexto urbano uma solução tantas vezes pensada como suburbana. O complexo é um arranjo complexo de volumes idênticos produzidos de betão pré-fabricado que eram então organizados numa intricada sucessão de diferentes arranjos criando uma espantosa referência visual.



Fig. XVII - Habitat'67 de Moshe Safdie (fonte: archdaily)

Estruturalmente, cinco tipo de módulos cada um com um jardim privado, unem-se através de diferentes combinações criando espaços privados e interpessoais numa nuvem monolítica. Safdie consegue, num ambiente urbano, preservar a essência do espaço suburbano dotando todo o edifício da capacidade da libertação do mesmo. Dispersos por todo o complexo podemos encontrar lojas, parque e até cinemas. Este exemplo é extremamente interessante da capacidade da agregação de estruturas pré-fabricadas num conjunto mais alargado preservando cada uma a sua própria identidade⁵¹.

A construção modular seria em teoria a solução ideal para a construção em ambientes urbanos congestionados já que seria particularmente incólume para os edifícios circundantes. No entanto o desafio está na criação de edifícios de grande densidade. As limitações atuais da construção modular até agora não são compatíveis com, por exemplo, um grande edifício de escritórios. No entanto atualmente já se começam a projetar edifícios de grande porte assentes em princípios modulares como por exemplo o edifício nova-iorquino do atelier SHoP Architects que está projetado para 32 andares e é, até a data, o maior edifício pré-fabricado⁵².

No entanto atualmente o mercado da pré-fabricação ainda assenta sobretudo em obter aceitação junto do público como habitação unifamiliar. Os comuns cânones continuam a ser explorados. Firms como a Lot-Ek continuam a advogar o uso, ou antes, o reuso de contentores alterados como blocos habitacionais em ambientes urbanos. Com o seu projeto “Container kit”, complexos sistemas construtivos foram adicionados aos próprios contentores que permitiam a extrusão de elementos ampliando assim o mesmo. Um pouco na linha da casa Acorn de Koch, este projeto transfigura-se de um contentor comum numa unidade habitacional mais generosa que enquanto compactado ocupa o espaço resultante de um contentor, aberto, permite a abertura de zonas comuns habitáveis⁵³.



Fig. XVIII - Kit Habitação através de um contentor dos Lot-EK (Lot-EK)

⁵¹ SMITH, Ryan E. (2011). “Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction”

⁵² SMITH, Ryan E. (2011). “Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction”

⁵³ Id.,Ibid.

Um dos projetos com mais destaque no mundo da pré-fabricação é o caso da casa “Sub-Urban” pelo grupo Resolution 4: Architecture⁵⁴. Inicialmente proposto ao desafio a uma convocatória de design de pré-fabricados da revista Dwell, está hoje localizado na Carolina do Norte. Assentes sobre uma superfície de betão, todos os componentes foram entregues no local a partir de quatro camiões distintos. Todas as componentes técnicas da habitação foram colocadas na sua fundação o que permitiu uma rápida acoplação. Uma série de diferentes componentes foi desenhada de maneira a permitir incontáveis possibilidades e um extenso leque de opções de personalização. A construção em obra *in situ* foi determinada a responsável pela maior parte dos atrasos e aumento de despesas no projeto. No total, o custo de produção dos módulos superou em 1,500 USD a sua estimativa inicial e as razões apontadas foram as condições climáticas e percalços inesperados no local da obra⁵⁵.

Em Portugal recentemente iniciaram-se alguns novos desenvolvimentos na matéria de construção modular. Um dos casos de maior sucesso e reconhecimento internacional foi sem dúvida o projeto Mima Housing conduzido por dois arquitetos portugueses que conseguiu implementar e de alguma maneira despertar a atenção mediática para a construção modular. Servindo-se de um modelo base estrutural, este grupo oferece uma variedade de aplicações e personalização da habitação. Construída sobre um ensoleiramento geral, esta habitação de estrutura em madeira maciça pode ser desenhada internamente pelo cliente, estando a seu cargo se entender a distribuição espacial do espaço e colocação de todos os elementos internos visto tratar-se de um elemento sustentado por pórticos exteriores. Parte de um modelo base de cerca 36 metros quadrados cujo preço ronda os 43 700 euros e está disponível para habitar um mês depois de iniciado o processo de construção⁵⁶.

⁵⁴ Id., *Ibid.*

⁵⁵ <http://re4a.com/the-modern-modular/>

⁵⁶ Mimahousing.pt

Teoria modular

Neste capítulo abordaremos alguns dos conceitos fundamentais da teorizada coordenação modular. Este capítulo não pretende alongar-se demasiado sobre o assunto mas somente contextualizar e elucidar sobre o rumo do processo de desenvolvimento de um projeto modular. A teoria modular será apresentada sobre uma perspetiva e uma fundamentação puramente utilitária de modo a definir os seus pontos principais e a sua aplicação.

A teoria da coordenação modular é um conceito relativamente alheio à construção arquitetónica como um todo, mas um processo fundamental à sua constituição. Desde o seu elemento mais básico, o bloco, a construção é feita pelo incremento de uma unidade que nos permite definir e programar e projetar tamanhos e quantidades constantes. A capacidade de estabelecer uma medida comum é um dos maiores impulsionadores da construção ao longo da sua história. A relação entre o espaço e a unidade potencia o desenvolvimento. No campo da Teoria Modular designamos esta unidade como módulo.

Neste caso em específico este processo estará estreitamente ligado à projeção arquitetónica. A Teoria modular como pano de fundo introduz o que, essencialmente, é um projeto e um conceito arquitetónico que leva mais longe a aplicação e a standardização da construção modular. Nesta vertente procuraremos ilustrar a os princípios da teoria modular que orientam este projeto.

Passado modular

A coordenação modular na construção da civilização ocidental remonta à sua própria génese. Desde a sua primeiras considerações na Grécia Antiga como princípio estético fundamental até à sua aplicação total pelos Romanos, o princípio do *modulu*, latim para módulo, define-o como uma quantidade que se toma como unidade de qualquer medida e uma medida reguladora de proporções de uma obra arquitetónica. É fácil imaginar que desde logo este sentido de elemento tenha suscitado grande interesse junto dos espíritos inquisitivos gregos e das hostes imperialistas romanas. Na verdade estamos a falar da raiz, do elemento, da base, mas também do conjunto, do agregado e do complexo.

O período clássico grego demarca-se pela sua proporção estética e pelo semblante impar dos seus templos. A própria essência da sua construção estava na apropriação do módulo, da coluna como elemento máximo da construção. Ela marca o espaço, sustenta-o e ao fazê-lo devolve ao edifício singela e complexa ordem entre a beleza e a harmonia, entre a função e forma. A coluna, era a base segundo a qual todas as demais eram marcadas, orientava todas as dimensões seguintes, o fuste, a capitel ou a base seguiam-na. A proporção da coluna ditava

o seu próprio afastamento e regulava o ritmo a que se erguiam. A sua pontualidade era o marco e ao mesmo tempo o reflexo entre o diálogo da estrutura e estética.

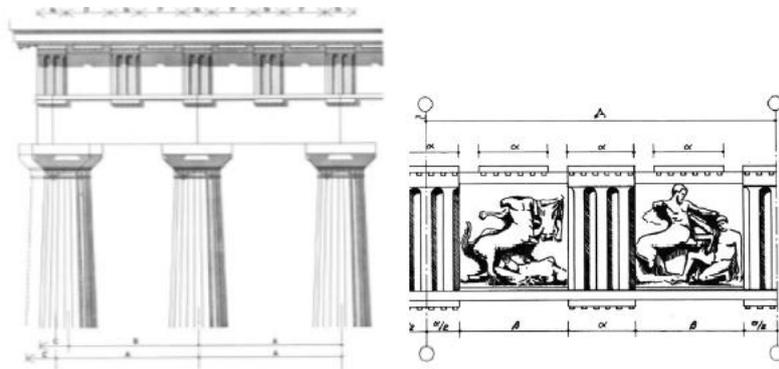


Fig. XIX - Exemplo da aplicação de uma medida modular nas colunas dos templos gregos (fonte: GREVEN e BALDAUF 2007)

Seguindo a sua própria ética, cada ordem não repetia a mesma unidade, cada uma delas definia um perímetro base que regulamentava cada uma das suas proporções. Assim, as ordens dóricas, jónica e coríntia, possuíam uma base e perímetro distintos que consequentemente atribuía um fato diferente na disposição do espaço.

No centro do crescimento do império romano estava o seu extraordinário sentido de expansão e de conquista. A sua capacidade prática impôs o seu domínio e mostrou ao mundo uma avassaladora expansão de um dos maiores impérios de sempre. O seu engenho possibilita a materialização desse domínio levando a cada ponto do império desenvolvimentos e um avanço civilizacional que revoluciona toda uma era. Aqui é de notar que na sua capacidade expansiva, a sua velocidade e execução devem-se muito ao modo como os romanos foram capazes de exportar os seus conhecimentos e implementa-los rapidamente nos mais díspares pontos de um vasto império. Este tipo de técnicas e conhecimentos assentavam e muito na construção e planificação de cidades que seguiam a ocupação romana. Neste caso, a sua planificação e motivação para uma construção tipo, a capacidade de traduzir o próprio conhecimento leva a uma implementação de regras com elevado grau de complexidade e concretamente, um elevado grau de modulação.

A construção romana apropria-se do homem como base e define o módulo como uma multiplicação de unidades antropométricas. Sendo o homem o seu destinatário, seria apenas natural que o seu ambiente estivesse dimensionado à sua medida e, como princípio fundamental, estava presente desde o seu início. Na fundação de cidades, a medida inicial do plano de cada uma era traçar as suas linhas principais *cardo* e *decumano*. Ambos medidos em *passus*, eram precisamente a medida do tamanho do pé e estabeleciam a ordem e a equivalência em qualquer lugar do império. Estando protegidos por medidas geralmente bem

precisas e documentadas, um sentido de união e acordo percorriam o império, de Britânia ao Egito a medida comum acompanhava a expansão como marca e símbolo⁵⁷.

Sublinhando as referências e as origens históricas dos princípios da teoria modular não estamos apenas a fazer um reconto do seu passado. Estamos sim a observar o paralelismo entre a sua importância como ferramenta e o avanço de duas das sociedades fundamentais da cultura Ocidental. Sociedades que moldaram o futuro civilizacional. A importância aqui não está em fazer um levantamento histórico mas sim demonstrar o potencial e a qualidade iminentemente civilizacional da teoria modular.

Aqui o enfoque na cultura ocidental prende-se às origens e à mediatização das mesmas como base da sociedade atual. Os mesmos exemplos podemos encontrar em várias culturas e pontos variados do planeta. Por exemplo, no Japão feudal da segunda metade da Idade Média foi adotada uma unidade base para a construção habitacional, o *ken*, que acabou por ser normalizada e estandardizada para uma trama modular que regia toda a construção. O *ken* definia a estrutura, os materiais e os espaços da arquitetura japonesa⁵⁸. O tatami é então introduzido como trama modular através da unidade base *ken*. O tatami, um tapete então usado nos pisos interiores, torna-se a trama segundo a qual se desenham os espaços. Esta medida base, aproximadamente (0,9 x 1,8 m), rege todos os espaços internos pois já pré-estabelecia uma relação antropométrica segundo a qual, um tatami era a unidade onde duas pessoas se poderiam sentar confortavelmente ou então uma pessoa se poderia deitar. Este módulo poderia ser disposto em grupos formando espaços retangulares como o da figura X ou então formar modelos lineares ou arbitrários.

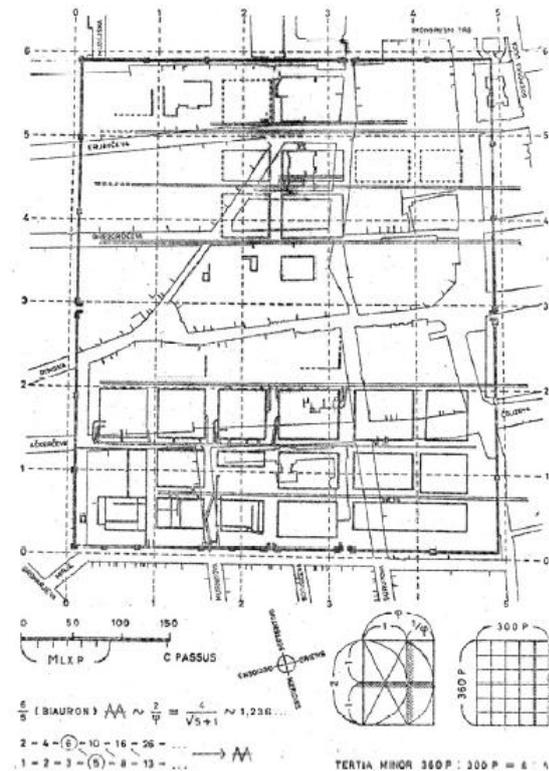


Fig. XX - Planta da cidade de Emona (fonte: GREVEN e BALDAUF, 2007)

⁵⁷ BREGATTO (2008)

⁵⁸ CHING (1998)

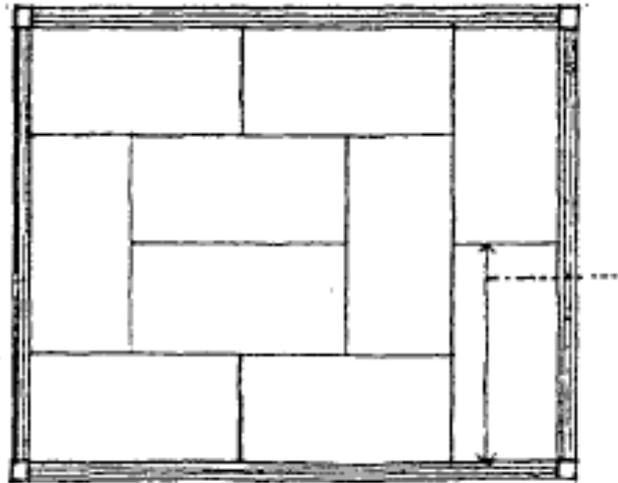


Fig. XXI - Medida fundamental da arquitetura japonesa Ken numa trama Tatami, CHING 1995 Visual Dictionary of Architecture

Da Revolução Industrial aos nossos dias

No século XVIII o mundo transforma-se. A sociedade é agora uma nova máquina e a revolução transporta um mundo para uma nova era. Os desenvolvimentos dão-se a um ritmo alucinante e a sociedade evolui dia após dia. As mudanças e o crescimento mais uma vez buscam o módulo, a peça, como elemento transformador. A velocidade, a produção, o ritmo e o crescimento são agora mais que nunca o poder da unidade, o poder do módulo. De Henry Ford, do modelo T, a evolução é a da máquina e do componente, da montagem e produto. Aqui, o módulo encontra um novo veículo para mudar o mundo.

A arquitetura cresce em capacidade fruto das novas possibilidades, de novos elementos, tamanhos e formas possibilitadas pelo desenvolvimento industrial. Constrói-se maior, mais rápido e mais forte. Constrói-se para o homem e para a máquina. Aço e vidro são a imagem do progresso. Elementos construtivos pré-fabricados de forma mais rápida e padronizada. Neste contexto surge a obra emblemática e incontornável da revolução industrial: o palácio de Cristal de Joseph Paxton.

Aqui tudo está encarnado. O espírito da revolução industrial e tudo que significou para a arquitetura. O edifício, construído entre 1850-51 para a exposição universal de Londres, era uma estrutura de elementos pré-fabricados de aço e vidro cobrindo uma área de 71.000 m². A estrutura desmontável foi edificada em apenas 9 meses e através de uma rede modular conjugou e elementos padronizados de produção industrial que formaram um complexo notável e ímpar até então. Aqui o módulo era o limite, a composição do edifício seguia o alcance dos materiais, então as placas de vidro constituintes alcançavam apenas 240 cm² o que organizou toda a estrutura em redor de esse elemento. A partir de aí a malha distribuída

marca todo espaço. Como várias vezes na história, os momentos de ruptura ou de inovação são precoces e singulares. No caso do palácio de Paxton, o mundo demorou mais um século a acompanhar e a alcançar a industrialização da construção, substituindo o metro pelo módulo, e a construção padronizada de elementos modulares⁵⁹.



Fig. XXII - Palácio de Cristal de Joseph Paxton

No século XX a tecnologia e os avanços construtivos já estavam estabelecidos no panorama construtivo e começavam a ser implementados. Toda uma nova arquitetura era pensada com as novas possibilidades e estudos respeitantes a pré-fabricação e Coordenação Modular começavam a acumular-se. Em 1921, Le Corbusier assume-se como herdeiro da arquitetura como máquina e defende a construção de uma casa como um automóvel de Ford numa linha de montagem. Um movimento começa-se a formar, Walter Gropius projeta e constrói duas casas isoladas no bairro operário de Weissenhof em 1927 e uma “Casa ampliável” em 1932 a partir de uma série de componentes pré-fabricados, estrutura metálica e painéis de corita revestidos com cimento amianto⁶⁰.

⁵⁹ GREVEN e BALDAUF (2007)

⁶⁰ RAMOS (2007)



Fig. XXIII - Vista do bairro operário Weissenhof (Fonte: De Architectura,2009)

No projeto da sua casa para o Bairro de Weissenhof, a planta era completamente modular e no projeto “Casa Ampliável”, Gropius projetou uma possível ampliação da casa através da soma de alguns corpos. Então eram estes os projetos tecnológicos que avançavam os conceitos de Coordenação Modular no campo arquitetônico. Nesta altura começavam a desenvolver-se estudos sobre a aplicação modular à arquitetura baseados sobretudo em esquadrias e equipamentos fixos dimensionados a partir de uma malha de referência, prevendo custos e tempo de montagem⁶¹.

Entre os primeiros estudos publicados destaca-se o de o livro “The Evolving House” em 1930 do americano Alfred Farwell Bemis. Neste, Bemis apresenta uma técnica de coordenação modular chamada “método modular cúbico”. Esta seria a primeira incursão sobre a possibilidade de implementar um sistema modular em construção civil⁶².

O método modular cubico de Bemis, embora tendo sido criticado, é considerado a primeira formulação correta da teoria modular no espectro da construção industrial. O módulo-objeto como componente construtivo. Bemis sustenta este módulo sobre a dimensão das quatro polegadas, (cerca de 10 cm), segundo a qual racionaliza todo o processo subsequente. Bemis acaba por ter mais tarde repercussão sobre os primeiros estudos realizados sobre a construção modular na Europa e nos Estados Unidos⁶³.

⁶¹ CASTELO (2008)

⁶² BREGATTO (2010)

⁶³ BALDAUF (2004)

Em 1938 a *American Standart Association* dá início ao estudo para promover a coordenação dimensional dos componentes destinados a construção. Este estudo despoleta a uma série de países a iniciarem o mesmo e a aprovarem uma série de normas específicas. Um destes países foi a França que em 1942 torna-se o primeiro país a ter uma normativa nacional de Construção Modular. Seguem-se os Estados Unidos em 1945, a Suécia em 1946, e a Bélgica em 1948⁶⁴. Nisto regressamos no entanto a Gropius que já em 1941, desenvolve com Konrad Wachsmann um estudo para um sistema de pré-fabricação para a *General Panel Corporation* com o intuito de produzir industrialmente. O sistema propunha a utilização de painéis em madeira distribuídos por uma trama de 3 pés e 4 polegadas. Este sistema era similar as casas de cobre de Hirsch de 1931. Neste, os painéis são elementos base que funcionam no piso, tetos, paredes e cobertura⁶⁵.

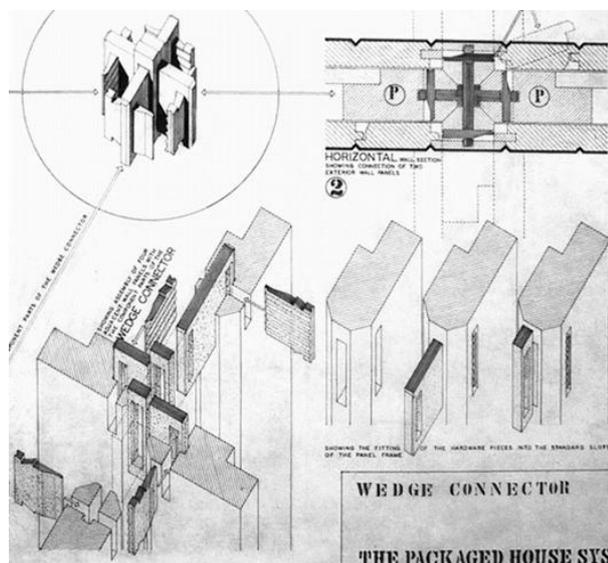


Fig. XXIV - Detalhe do estudo Gropius Konrad Wachsmann

Na mesma altura, Ernst Neufert, ainda durante a segunda grande guerra, avança um estudo rigoroso sobre o tema. A situação alemã de desvantagem motivou Neufert para antecipar um plano para a reconstrução do país que descreveu no seu livro "*Bauordnungslehre*", aqui Neufert desenvolve um sistema de construção baseado num módulo de 12,5 cm. Este sistema visava respeitar as medidas dos tijolos tradicionais alemães. Neufert atualmente associa-se aos vários volumes do mesmo nome sobre o projeto arquitetónico mas na verdade a sua influência e trabalho estendeu-se além disso. Os seus esforços e desenvolvimentos sobre a teoria modular ditaram o aparecimento da primeira norma alemã. Apesar das críticas levantadas acerca da adoção do módulo de 12,5 cm contra o comum módulo decimétrico que era vigente na generalidade dos países, a verdade é que os resultados obtidos comprovaram a sua viabilidade e eficácia.

⁶⁴ Id., Ibid.

⁶⁵ CASTELO (2008).

Em 1942, Le Corbusier confrontado com a norma modular aprovada em França e preocupado com a composição harmoniosa na arquitetura, estuda e desenvolve um sistema de proporções antropométricas bem como utilizando a secção áurea e a série de Fibonacci. Este modelo, um protótipo de construção industrial, tinha as componentes e os princípios harmoniosos mais prezados por Corbusier. No entanto eram apenas o preconizador do maior e mais icónico desenvolvimento corbusiano. A 1948, Le Corbusier publica “Le Módular” o tratado final baseado nas dimensões do corpo humano, e das dimensões estéticas da secção de ouro e da sequência de Fibonacci. Segue-se o seu segundo volume, “Le Módular II” em 1954 que complementaria o primeiro⁶⁶.

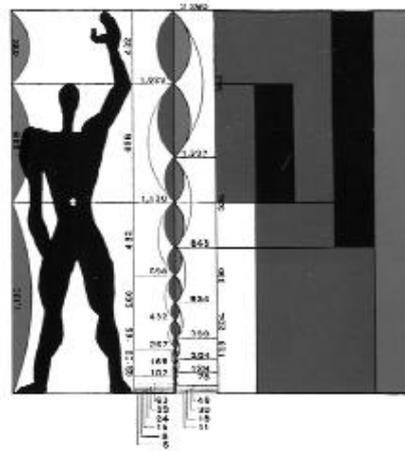


Fig. XXV - Módular, sistema modular desenvolvido por Le Corbusier

A ocasião cria a oportunidade, e é com o final da guerra que toda a atenção se centra na reconstrução de uma Europa destruída e com graves problemas habitacionais. O esforço exigiria uma abordagem eficaz e consequente e era o momento para pensar como faze-lo. Estavam criadas as condições e a necessidade de construir a uma escala internacional que exigiria a cooperação e o desenvolvimento da coordenação modular na construção a uma escala sem precedentes.

Definições da Teoria Modular

Irei agora enunciar alguns dos princípios e definições fundamentais da Teoria Modular, todas as definições que se seguem estão aqui presentes com o intuito de fazer uma contextualização académica e enunciar os princípios modulares utilizados na definição do sistema construtivo do terceiro capítulo. Agora passaremos a sintetizar alguns dos conceitos-chave da modularização.

Coordenação dimensional

A coordenação dimensional deve 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 assumir uma unidade

⁶⁶ GREVEN e BALDAUF (2007)

referencial de dimensão, vulgo módulo. Neste caso ao assumir uma unidade modular passamos para o campo da coordenação modular⁶⁷.

Módulo

O módulo é a unidade básica de medida para a coordenação dimensional dos componentes e partes da construção. Segundo as suas funções essenciais um módulo define-se como⁶⁸:

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

Objetivos da coordenação modular

O objetivo principal da coordenação modular passa pela racionalização da construção. Uma aplicação eficiente de recursos com vista a um produto mais eficaz.

“(…)Uma metodologia, que visa criar uma dimensão padrão, que racionalize a conceção e a construção de edifícios, o que permite elevar o grau de industrialização da construção, mantendo no entanto a liberdade de conceção arquitetónica dentro de valores aceitáveis.⁶⁹“

Todas as fases são abrangidas, o processo adquire a sua eficácia estando presente e ativo em toda a manobra construtiva, desde a sua regulamentação, certificação e projeção passando pelas matérias-primas utilizadas no fabrico, pelos projetos arquitetónicos e estruturais até a montagem e manutenção das edificações. Assim, todos os intervenientes são responsáveis pelo sucesso produtivo e cada um tem inerentes objetivos e responsabilidades indissociáveis.

Para o correto funcionamento desta metodologia, são necessários implementar e definir alguns conceitos base como:

- Sistema referencial;
- Sistema modular de medidas;
- Sistema de ajustes e tolerâncias;
- Sistema de números preferenciais;

⁶⁷ BALDAUF (2004)

⁶⁸ BALDAUF (2004)

⁶⁹ CASTELO (2008)

Sistema referencial

Para que o sistema funcione da melhor forma é necessário criar um sistema geométrico de referência no espaço, a semelhança dos sistemas cartesianos, constituídos por eixos, pontos, linhas e planos. Assim será possível orientar os elementos construtivos fomentando a sua compatibilidade e facilitando a sua localização. O sistema referencial tanto pode ser um sistema tridimensional como bidimensional. O sistema de poderá ser utilizado durante o dimensionamento dos elementos, na implantação da obra no terreno ou depois na sua execução⁷⁰.

Sistema geométrico de referência

Um sistema reticulado modular espacial de referência ou um sistema geométrico de referência, e um sistema composto por planos que se intersectam perpendicularmente, distanciados entre si por uma distância igual ao módulo, formando assim uma malha tridimensional⁷¹.

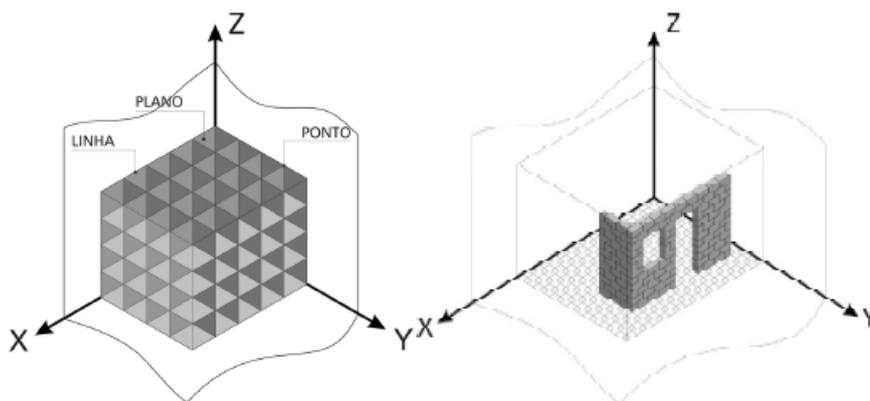


Fig. XXVI - Exemplo de aplicação do sistema geométrico de referência (GREVEN e BALDAUF 2007)

Malhas modulares

Com o intuito de complementar o sistema geométrico de referência, considera-se também um sistema referencial no plano. Este sistema denominado de malha, e um sistema de 2 dimensões, cuja malha a considerar poderá ser mais ou menos apertada consoante a pormenorização do trabalho a realizar. Por norma consideram-se as seguintes malhas⁷²:

- Malha modular básica: utilizada no projeto de componentes e detalhes;

⁷⁰ CASTELO (2008)

⁷¹ BALDAUF (2004)

⁷² CASTELO (2008)

- Malha modular de Projeto: malha utilizada na criação do projeto geral da edificação;
- Malha modular estrutural: malha que auxilia no posicionamento de elementos estruturais;
- Malha modular de Obra: malha utilizada na localização e orientação do edifício;

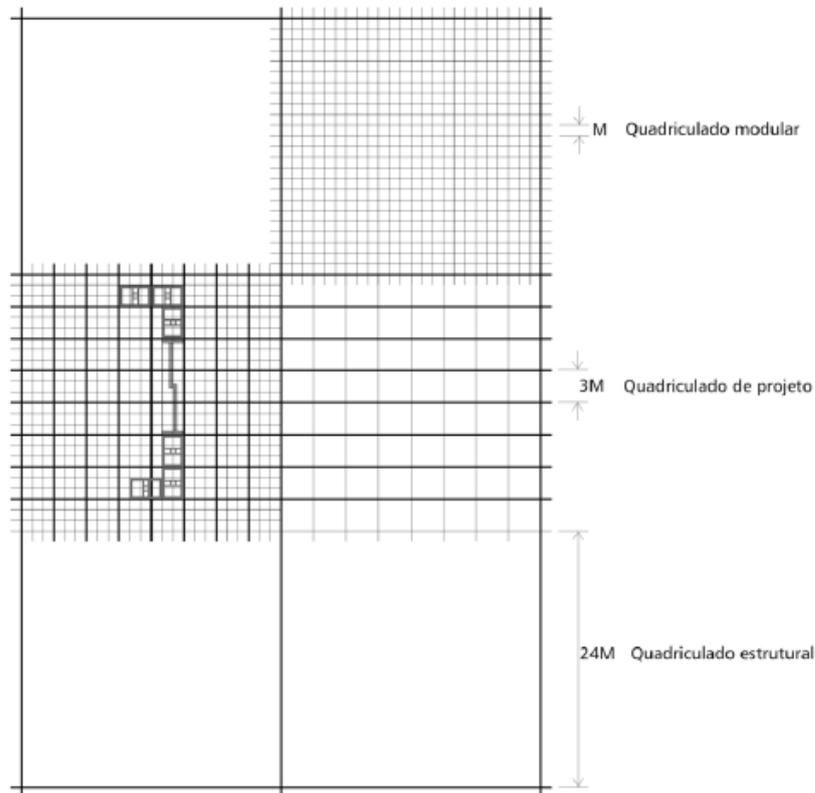


Fig. XXVII - Exemplo da aplicação de malhas modulares (fonte: GREVEN e BALDAUF (2007))

Sistema modular de medidas

Este sistema pretende normalizar as dimensões dos elementos, com base na utilização de apenas algumas dimensões base, múltiplos inteiros ou fracionários previamente selecionados da dimensão módulo base. As características deste sistema, deverão ser⁷³:

- Conter as medidas funcionais e de elementos construtivos típicos;
- Ser aditiva em si mesma;
- Assegurar o intercâmbio das partes mediante a combinação das medidas múltiplas ou submúltiplas do módulo.

⁷³ MASCARO (1976) apud GREVEN e BALDAUF (2007)

Acontece que, devido a extensa variedade das dimensões dos elementos de uma habitação, é necessário que exista um sistema que mantenha a proporcionalidade dos elementos.

Medida modular

Entende-se como medida modular a soma da dimensão nominal do componente com a dimensão nominal das respectivas folgas. A medida modular serve para que as dimensões definidas no projeto possam ser corretamente executadas em obra, não correndo o risco de os elementos se sobreporem.

Sistema de tolerâncias e juntas construtivas

Em qualquer sistema construtivo é necessário promover a compatibilidade entre elementos e respetivos materiais. Nos sistemas mais tradicionais este ponto não se revela crucial, mas num sistema modular e pré-fabricado, é necessário garantir que todos os elementos encaixam devidamente, de forma a desempenharem a sua função corretamente⁷⁴.

É necessário ter em conta a montagem em obra, dado que deverá ser realizada sem recurso a adaptações, cortes ou qualquer tipo de alteração relevante dos elementos. O desrespeito a este princípio poderá levar a uma quebra na eficiência dos processos construtivos, diminuindo a eficiência do sistema.

As juntas deverão ter em conta as variações dimensionais causadas pelos processos construtivos, variações térmicas e deformações, prevendo elementos cobre-juntas.

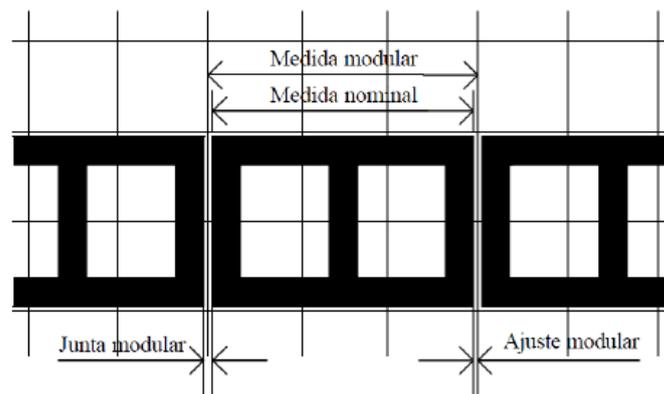


Fig. XXVIII - Ilustração do sistema de tolerâncias e juntas construtivas (fonte: GREVEN e BALDAUF (2007))

⁷⁴CASTELO (2008)

Teoria da construção por camadas

Estudos de Archigram, John Habraken, Cedric Price e os Metabolistas

Embora existam tradições vernáculas de concepção e construção de edifícios para que eles possam responder mais facilmente às mudanças ao longo do tempo sob a forma construção em camadas, uma posição teórica expressa neste tema não aparecem pela primeira vez até à década de 1960 pela mão do arquiteto holandês John Habraken e dos arquitetos metabolistas japoneses. A sua teoria assenta na construção inicial da estrutura fundamental que sustem o telhado e núcleo do edifício seguida de uma construção secundaria independente que determinaria os espaços interiores. Habraken determina que todas as estruturas construídas em madeira assentam nesse método de construção por duas camadas. Mesmo antes disso, Habraken já havia teorizado sobre este mesmo tema quando discutindo a questão da habitação social e da construção da habitação com um maior contributo dos utilizadores. Habraken aí discorre sobre a incapacidade de agradar dos edifícios sociais e os problemas sociais que daí advinham. Propõe então a solução pela construção daquilo que chama, estruturas de suporte. A estrutura de suporte é uma construção que permite a criação de habitações que podem ser adicionadas, alteradas e removidas independentemente umas das outras. Em termos específicos, a proposta é para uma estrutura de vários pisos que se estende ao longo da cidade. Entre os pisos, habitações são construídas lado a lado, como as unidades de um prédio residencial estando no entanto estas concebidas e construídas independentemente. A estrutura principal contém os serviços relevantes e espaços de circulação. A proposta permite diferentes graus de densidade evitando sempre a criação do espaço indiferenciado perdido nos grandes conglomerados habitacionais. Habraken sublinha que mesmo que a estrutura principal pareça uma estrutura inacabada de um grande edifício, é de facto uma estrutura completa e aberta. Conceptualizando assim a teoria da construção por camadas no seu clássico livro de 1961, *Supports: An alternative to mass housing*⁷⁵. Uma das principais características destas cidades seria não aguardarem a decadência mas constantemente atribuir-se novas faces e formas adaptando-se às circunstâncias. A sua principal motivação seria aproveitar a capacidade da produção industrial, aliada a capacidade de adaptação de habitações individuais inseridas numa grande escala. Para tal, utilizar o morador como instrumento para aprimorar e definir as suas prioridades e conseqüentemente melhorar a qualidade de cada uma. Nesta ideia de inserir o consumidor em grande escala acaba por distribuir também a capacidade de criação aumentando a diversidade e a o grau de satisfação do consumidor. Habraken propõe a solicitação numa primeira fase da comunidade estabelecendo as decisões que formam o edifício de suporte e logo numa segunda fase, a sua contribuição individual para o desenho individual de cada habitação. Basicamente, Habraken entrega aos indivíduos e as comunidades as decisões relevantes do edifício.

⁷⁵ CIB Publication, 266, "Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy", 6 de Abril de 2001, (pp. 6-7)

O edifício não é no entanto uma folha em branco, continua a tratar-se de uma estrutura na qual o indivíduo continua restrito e no qual tem a sua liberdade de escolha condicionada, no entanto, apesar de não ser um arquiteto, fica a seu cargo a criação de um espaço seu. Os suportes também estarão condicionados, mas ajustados às suas funções, servirão o seu espaço da maneira mais aberta e honesta possível sendo cada um adaptado à sua realidade, espaço e habitantes. A variedade não deve ser considerada despesista ou caprichosa, a ideia não é agradar a toda a gente, é somente permitir às pessoas agradarem-se a si mesmas e estarem no centro da construção em oposição à atual periferia. Hoje os habitantes são chamados à habitação depois da sua conclusão, até lá todas as suas vontades são presumidas.

Neste plano ainda se permite a expansão e readaptação dos suportes, a construção de anexos, união entre casas ou até a modificação da função das habitações com casas a passarem a lojas e vice-versa. Tudo isto levanta a questão, quais as razões da alteração das suas casas? Porque as pessoas modificam e alteram os edifícios? Habraken avança alguns motivos-chave⁷⁶:

- A necessidade de expressão individual, a casa é um reflexo do seu habitante e como tal personalizam-na;

- Alteração no estilo de vida, alterações de necessidades. Ao longo da sua vida prioridades e vontades mudam e muitas vezes o ambiente da habitação acaba por refletir isso mesmo.

- A introdução de novas tecnologias, um dos mais notáveis exemplos do último século foi a maneira como a televisão moldou a disposição das casas e como se tornou o centro das salas, havendo mesmo a criação de divisões dedicadas a ela.

-A última e mais óbvia, a transformação do agregado familiar. Por isto supõe-se o aumento ou diminuição das famílias e no próprio desenvolvimento das mesmas existindo dinâmicas e comportamentos associados às idades em específico.

Na identificação e proposição dos suportes, o seu desenho deve resolver duas questões essenciais, avaliação e previsão de possíveis usos e a capacidade da coordenação entre espaços e unidades separadas. A união e assimilação dos mesmos devem estar facilitadas tanto em esforço como em custo.

“Há boas razões para acreditar que variedade e adaptabilidade formam uma melhor combinação entre o ambiente construído e a vida que ele abriga. Além disso, o contexto atual em tecnologias construtivas sugere que não há necessariamente um conflito entre produção

⁷⁶ HABRAKEN, N. J. *Supports: an alternative to mass housing*, The Architectural Press, London, 1972, pp. 59-60.

eficiente e variedade da forma. De fato, variedade pode ser a saída mais lógica para a produção eficiente (...)”⁷⁷”

Desenvolvimento da Teoria das Camadas

Um outro *outsider* inovador do mundo da arquitetura foi Cedric Price. Outro pensador inovador que também era preocupado com a expectativa de vida dos edifícios e em particular a forma como as diferentes partes de um edifício podem também elas ter diferentes expectativas de vida diferentes. O seu esquema de design de 1961 para o *Fun Palace* foi, e é, um trabalho inspirador no reino de edifícios adaptáveis. Foi de tal modo influente que, uma década depois, inspirou o projeto para o Centro Pompidou por Rogers e Piano. O projeto de Price consistia em uma estrutura de aço moldado que continha auditórios suspensos, com pisos móveis, paredes, tetos e passadiços. Todo o projeto foi desenhado como um paradigma de obsolescência, imaginado como um edifício manipulado por guindastes recolocavam e guiavam o edifício para novas atividades e funções.

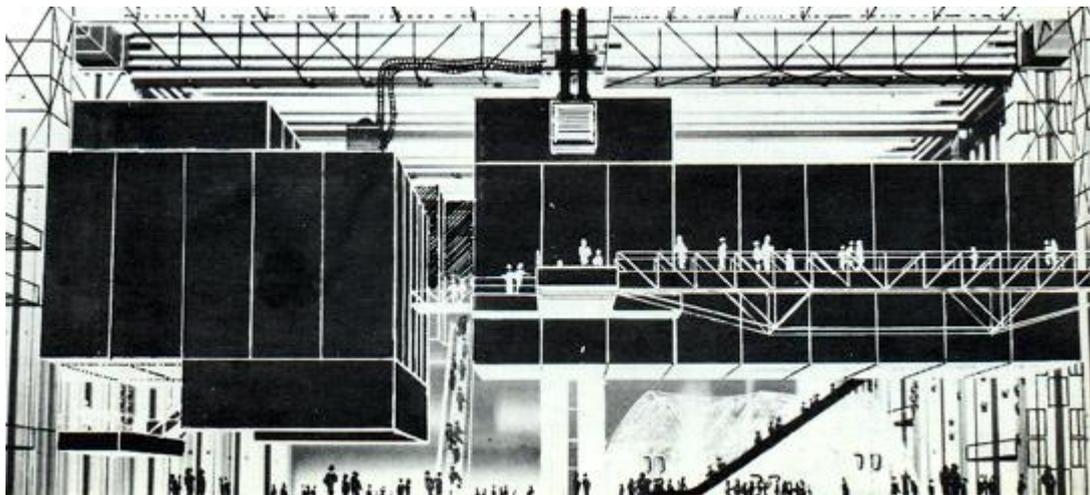


Fig. XXIX - Secção do projeto *Fun Palace* de Cedric Price 1940

Embora este projeto não tenha passado do papel, o *Inter-action*, um centro comunitário em Kentish Town, foi construído em 1970 seguindo alguns destes princípios. Este espaço, um centro comunitário multiusos, foi projetado para permitir nos seus 2000 metros quadrados de área ilimitadas permutas espaciais. Consistindo numa estrutura principal de aço repartida numa trama regular secundária flexível de espaços internos que se desenvolviam independentemente e podiam ser separados e desconstruídos. Módulos separados e autossuficientes como por exemplo casas de banho, podiam ser acopladas em qualquer parte do edifício consoante a sua necessidade. A hierarquização do edifício permitia que a construção se expandisse ou se contraísse no futuro mediante as suas necessidades. O centro

⁷⁷ HABRAKEN, N. John. *The Control of Complexity*. (p. 3)

Inter-action foi mesmo classificado pelo conselho de Kentish Town como uma estrutura temporária e o próprio arquiteto deixou para este instruções completas para uma eventual desmontagem⁷⁸.

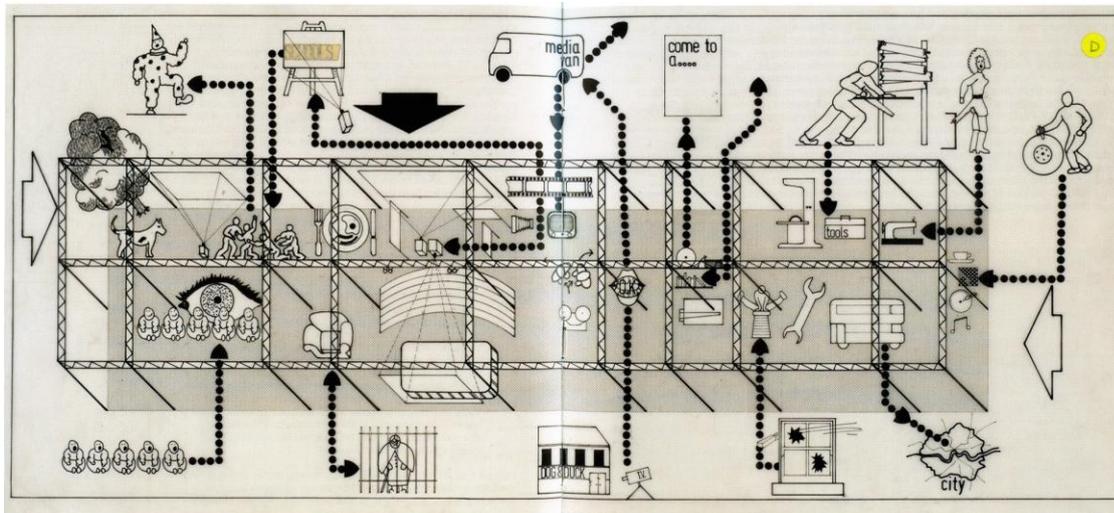


Fig. XXX - Diagrama do Fun Palace de Cedric Price

Muitos arquitetos foram influenciados pelo trabalho de Price. Um destes foi um grupo de arquitetos britânicos, os Archigram, que notavelmente produziram um fluxo quase infinito de projetos para equipamentos portáteis, edifícios adaptáveis e temporários durante o final de dos anos 60 e 70 do século vinte. Uma das suas propostas, a *Plug-in City*, foi diretamente relacionado com a separação temporal das camadas relacionáveis do edifício. Ao estilo *Fun Palace*, todo o ambiente urbano de *Plug-in City* pode ser programado e estruturado para a mudança, baseado numa mega- estrutura de aço que continha os principais corredores e serviços de transporte, esta estrutura de suporte, possuía uma série de unidades destacáveis de habitar e de trabalho que poderiam ser conduzida por guindastes fixados à principal estrutura. As unidades respondiam a uma hierarquia de caducidade onde as partes da construção que precisa ser reparado ou substituídas com mais frequência eram mais acessíveis. Por exemplo, os módulos de vida e áreas comerciais, eram classificadas com um período de vida de três anos para oito anos estando assim mais perto do topo da estrutura, os elementos pesados, tais como estradas e caminhos-de-ferro com uma expectativa de vida 20 anos, estavam mais perto do fundo. Em geral definiam assim as várias expectativas de vida para os serviços:

- Casa de banho e cozinha, 3 anos
- Salas de estar e quarto, 5-8 anos

⁷⁸ CIB Publication, 266, “Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy”, 6 de Abril de 2001, (pp. 8-9)

- Localização do módulo de casa, 15 anos
- Arrendamento em uma loja, 6 meses
- Locais de comércio, 3-6 anos
- Os locais de trabalho e escritórios, 4 anos
- Estradas e obras de construção civil, 20 anos

Ao mesmo tempo que grupos como os Archigram estavam investigando a arquitetura *high-tech* na Grã-Bretanha, os grupos do chamado Metabolismo japoneses procuravam alcançar os mesmos ideais construtivos. No entanto, estes levaram as suas explorações a partir dos princípios vernaculares da sua tradição construtiva aplicando-os à alta tecnologia do seu tempo. Os componentes-chave eram a mutabilidade e a substituição de elementos de maneira a não perturbar o todo. Este sistema verificou-se desde logo em trabalhos iniciais com o ênfase na desmontagem. Um destes foi o sistema *Mova-House*, fazendo lembrar *Plug-in City*, este compunha-se por módulos habitacionais que uma esperança de vida de 25 anos ligados a uma mega estrutura de suporte. Kurokawa descreve os variados componentes e a suas esperança de vida da seguinte maneira⁷⁹:

- Serviços, cinco anos
- Espaço para bens de consumo 5 anos
- Lojas, empresas , instalações de ensino, 10 anos
- Habitações, 25 anos
- Espaços públicos entre edifícios, 125 anos
- Equipamentos culturais e monumentos, 625 anos
- As áreas naturais, 15 000 anos

Embora muito dos projetos do grupo Metabolista não tenham sido realizados, a Exposição Mundial 1970 no Japão, permitiu tornar realidade alguma da tecnologia de desmontagem para ser testada em escala completa. A casa Cápsula no Pavilhão Temático da Expo 70 e o pavilhão Takara permitiam ambos a alteração da construção ao longo do tempo através da concepção

⁷⁹ CIB Publication, 266, “Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy”, 6 de Abril de 2001, (p. 8)

de um edifício em que, um primário quadro estrutural e um conjunto secundário de elementos fazendo criavam o espaço. Estes projetos visionários, entre muitos deles não realizados, apresentavam todos a prática comum de separar o edifício num certo número de camadas de tempo relacionadas. Enquanto que estes projetos podem ser chamados experimentais pela sua maneira de lidar com a tecnologia, acabaram por motivar muitos outros arquitetos e investigadores de áreas de tecnologia de construção mais tradicional a pensar e trabalhar os edifícios segundo a noção de camadas relacionadas no tempo.

Intervir no património

O encontro entre o passado e o presente

Há um iminente encontro com o passado em qualquer intervenção numa cidade. Um encontro que pode ser um princípio ou um fim, um princípio do futuro de uma nova identidade dum lugar trazendo com ele passado, ou então, o fim de um lugar, de uma história, de um passado em que o novo por oposição perde-se a si mesmo e arrasta o *locus* com ele.

Respeitar a cidade é respeitar a sua imagem

A cidade é uma imagem, uma recordação, uma identidade. A história vive no presente através da imagem. São a recordação, a lembrança viva de uma história, fazem o lugar. A nossa posição como criadores de história permite-nos ser gerações visíveis permite-nos tocar e sentir o património e ao mesmo tempo deixar a nossa marca. Hoje caminhamos por Roma e sentimos a sobreposição constante de tempos e espaços, a mesma sobreposição que nos maravilha hoje foi feita da apropriação de legados e de gerações que usaram Roma em seu benefício. Tempos diferentes e motivações diferentes mas monumentos. Aqui defende-se a capacidade de intervir e o direito do homem em fazê-lo. Neste projeto o desafio estava aí desde o princípio, era a ele que me propunha. Como intervir na cidade, reocupar a cidade, sem entrar em confronto com o seu património?

A solução surge no debate. Ao intervirmos numa cidade em que a sua imagem e o seu património histórico são incontornáveis a resposta surge aceitando e abraçando a ideia de imagem. Uma imagem externa e interna mas uma imagem. Aqui a capacidade está em intervir para lá dessa imagem, ou seja, aceitar a bidimensionalidade da imagem e explorar a tridimensionalidade da cidade para lá da imagem. O património encerra e é depositário de todo um conjunto muito maior que a fachada e contudo, é a fachada que lhe aporta a imagem, e por conseguinte à cidade. Trabalhar para lá da imagem é possível respeitando-a.

O monumento adverte e lembra, o monumento é o património. Toma parte como memória coletiva como lembrança de um lugar através das gerações. A sua capacidade de ilustrar e de representar a cidade é precisamente a razão da sua presença. Situemo-nos no Porto, na sua situação atual, como intervir? Como atuar sobre o património sem o alterar ou modificar?

"a partir da segunda metade do século XVIII, noções relativas à intervenção em obras do passado, que haviam surgido desde o Renascimento, começaram a se afirmar para, depois, serem conjugadas nos conceitos relativos ao restauro. A restauração passou a se afastar das ações ditadas por motivos práticos, assumindo paulatinamente uma conotação cultural,

baseada no conhecimento histórico e em análises formais, com maior rigor e método nos procedimentos, sendo a experiência francesa relevante nessas transformações.⁸⁰

Estas questões desafiam arquitetos desde há séculos e dois dos seus maiores antípodas encontram-se em Eugène Viollet-le-Duc e em John Ruskin, dois arquitetos com duas abordagens completamente diferentes que marcam e fazem escola das suas posições em relação à preservação e tratamento do património. Estas visões tornaram-se sinónimo de duas correntes de preservação do séc. XIX e até hoje seguem representando duas abordagens distintas prezem respetivas variações. Viollet-le-Duc torna-se no séc. XIX um dos primeiros teóricos da preservação do património histórico e para resumir a sua visão nada melhor que recorrer às suas próprias palavras “Restaurar um edifício não é mantê-lo, repará-lo ou refazê-lo, é restabelecê-lo num estado completo que pode mesmo não ter existido nunca em um dado momento”. Este conceito de elevação do património a um ideal platónico estabelece uma difícil relação com o próprio tempo e a memória do mesmo. Muitas vezes a presunção da verdade de um edifício pode ser mais desonesta e falsa que a constatação da sua própria identidade como testemunha da própria passagem do tempo. Viollet-le-Duc ao invocar um edifício ideal está preservar algo que nunca existiu e a ser intérprete de algo que deixa assim de ter qualquer raiz histórica ou factual⁸¹.

Ruskin no mesmo século defendia o contrário, a intervenção era somente conservativa e todo e qualquer incremento deixaria a obra dotada de um novo espírito, de um novo momento que não era o original. John Ruskin nasce em Inglaterra em 1819 e é sobretudo lembrado pelo seu trabalho como crítico de arte e crítico social. Na sua obra porventura mais célebre, “As sete lâmpadas de arquitectura” defende precisamente o restauro como um trato abominável da história equiparando-a ao próprio ressuscitar dos mortos. Ruskin renuncia a qualquer intervenção que não o romântico respeito pela ruína e pela sua essência. Segundo ele, o pior modo de destruir um monumento é restaurando-o, defender conceitos aplicando-os a uma obra do passado não só falsificará a sua história como reduzirá a um mero fragmento do seu inteiro significado.

“Humildade não significa excluir-se, significa ser fecundo à germinação do que não é seu.”
- John Ruskin

Segundo Maurice Halbwachs⁸² a memória individual existe sempre através da memória coletiva. A imagem da cidade surge através da evocação coletiva de memórias que se cruzam para lá de um conjunto de memórias privadas. Há uma evocação coletiva da imagem da cidade que remete o património e os lugares marcantes da própria cidade que têm lugar no

⁸⁰ Kühl (2007)

⁸¹ Conservation online magazine: “The concept of Cultural Heritage Preservation”

⁸² Maurice Halbwachs, filósofo e sociólogo francês conhecido por desenvolver o conceito de memória coletiva. (http://en.wikipedia.org/wiki/Maurice_Halbwachs)

contexto de memória coletiva. Aqui operarmos com a memória coletiva permite criar uma relação com aquilo que é verdadeiramente relevante para a mesma, ao respeitar o conceito de património e o conjunto visível, permitindo-nos trabalhar na orla do mesmo. Ao assumirmos uma postura Ruskiniana estamos a deixar de lado qualquer intervenção e permitir à cidade tornar-se o próprio corpo morto que Ruskin tanto não queria ressuscitar. A sua conservação apenas o perpetuará. Ao operarmos em contradição, via Viollet-le-Duc, estamos a falsificar um passado num presente que não o concebe. Reivindicar o próprio edifício para os dias de hoje é ignorar o presente, os seus desafios e as suas características. Como podemos esperar que um casto histórico medieval responda no seu ponto alto às exigências e necessidades atuais? Ao concebermos um período histórico estamos também a ditar-lhe limites e a circunscrever a sua ação.

Em 1959, arquiteto italiano Carlo Scarpa é chamado a intervir em Verona no castelo hoje conhecido como Castelvecchio. Scarpa encontra neste castelo do séc. XIII uma construção que já havia sofrido séculos de intervenções, alterações e modificações e, no processo de reconversão deste castelo em museu adota uma recuperação seletiva⁸³. A sua abordagem opta por tirar partido da pluralidade de estratos e legados históricos do edifício. Ao longo da obra, Scarpa deixa a descoberto as raízes e períodos do castelo, evidenciando as marcas do tempo. A recolha seletiva do património, a sua exposição, é exacerbada pela forma nua como o arquiteto trata o lugar. Ao revelar assim a sua história, Scarpa, não está somente a ilustrar o passado está também a dar-lhe um novo valor. Na retirada e na inclusão de elementos Scarpa prestou um melhor serviço ao local e à própria história do que a conservação ou a sua total restauração. O arquiteto na sua ação diária, na sua intervenção tem, inevitavelmente, de atuar sobre o coletivo, atuar na esfera pública. A escolha a decisão e interpretação da própria ação é determinante para o bem comum, seja interpretando um espaço vazio ou um espaço preenchido. Mencione esta obra de Scarpa para introduzir a minha posição relativamente a restauração de património. O tempo deixa sempre as suas marcas, história e a sua ausência.

Como transformar a cidade do património, da história e do passado? Como reabitar todo este esqueleto histórico para uma nova vida?

A cidade é a sua imagem. Interpretar uma cidade sem o seus símbolos, interpretar sem ressaltar a sua génese é corromper a sua maior essência. Ao invocarmos a imagem de uma cidade a imagem, uma sequência surge e ilustra os espaços, a mente, como se de um postal se tratasse. Intervir aqui é adicionar, é contornar a imagem sem a destruir.

⁸³ <http://www.carloscarpa.es/Castelvecchio.html>

Madeira: o “novo” material:

A madeira como “nova” solução construtiva

Durante mais de um século as paisagens urbanas em todo o mundo foram sendo marcadas pelo surgimento de edifícios cada vez mais altos. Fruto dos avanços tecnológicos estes marcos de aço e betão revolucionaram a maneira como construímos. Estes materiais com propriedades estruturais notáveis tornaram-se as bases da construção da era moderna. Arquitetos e engenheiros adotaram estes materiais elevando-os a cada vez maiores graus performance, através do seu desenvolvimento hoje podemos compreender como atuam e como se comportam numa variedade de ambientes desde altas cargas pelo vento até em zonas de sísmicas. Hoje vivemos num novo paradigma que questiona esses materiais, não pelas suas capacidades mas pelas suas consequências. Um paradigma que procura e necessita outras alternativas com menos impacto ambiental. Na atual conjuntura, a capacidade de suprir as necessidades de habitação será sustentada essencialmente por estes materiais. Neste caso a enorme pegada de carbono do betão continuará a ser um e a contribuir para grande problema se não forem encontradas soluções estruturais para os maiores ambientes urbanos do mundo.

A nossa compreensão do clima e da sua evolução bem como a capacidade de compreender os efeitos antropogénicos no mesmo evoluiu. Agora a nossa posição esclarecida apenas pode ser combatida por desinformação ou ignorância dos dados que temos ao nosso dispor. Como tal exige-se uma revisão esclarecida dos processos e das causas que levaram à situação atual. Atualmente sabe-se que o efeito de estufa é parcialmente resultante de emissões gases resultantes da atividade humana. Particularmente as emissões de dióxido de carbono provam-se responsáveis pelo impacto generalizado no aquecimento global. Analiticamente, as duas alternativas para enfrentar as alterações climáticas são:

- 1- A redução das emissões de gases estufa.
- 2- Encontrar maneira de armazenar o dióxido de carbono e outros gases nocivos provocadores de efeito de estufa.⁸⁴

Notavelmente, se falássemos de um novo material que combinasse estas características estaríamos certamente perante uma descoberta magnífica que revolucionaria o futuro da construção. Na verdade, tal material já existe e é usado há milhares de anos, a madeira.

A indústria construtiva representa aproximadamente um terço das emissões de gases de efeito de estufa em todo o mundo. Isto deve-se sobretudo ao consumo de combustíveis fósseis

⁸⁴ GREEN, Michael: *A case for Tall Wood Buildings*, (2012)

associados ao funcionamento dos edifícios. Aquecimento, arrefecimento, iluminação e até mesmo a energia para a produção dos materiais são todos responsáveis por essas emissões. Essencialmente a grande pegada carbónica dos edifícios pode e deve ser reduzida de modo realmente se poder enfrentar o aquecimento global⁸⁵.

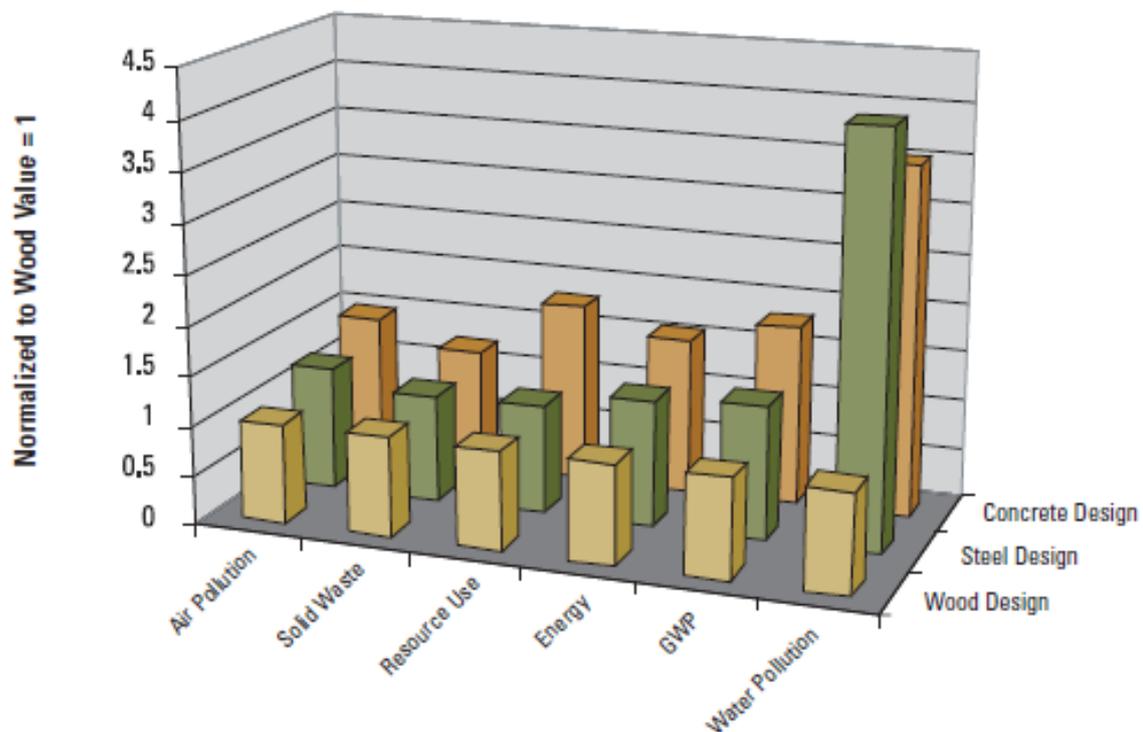


Fig. XXXI - Comparação entre as "pegadas" ecológicas de Aço, Betão e Madeira (Fonte: ACFTB, Michael Green)

Os efeitos da energia incorporada dos materiais não devem ser de todo descurados. A energia deste tipo é contabilizada pelos gastos energéticos na sua criação que dessa forma ficam indelevelmente ligados ao mesmo.

Ao atendermos cada vez mais a capacidade e eficiência energética dos nossos edifícios não podemos descurar todo o percurso dos mesmos. Esse coeficiente energético entre energia incorporada e energia operacional altera completamente o rácio outrora associado ao rendimento energético de um edifício. Numerosas publicações recentemente sublinham o menor impacto de vários materiais notavelmente a madeira. Por exemplo, no maior exportador mundial de madeira, o Canadá, o Concelho Canadano de Madeira em 2004 publicou um documento intitulado, "Energia e o Ambiente na Construção Residencial", no qual apresenta resultados sobre testes à eficiência energética comparada de energias operacionais e energias incorporadas.

⁸⁵ GREEN, Michael: A case for Tall Wood Buildings, (2012)

Neste documento estabelecem-se, entre outras coisas, seis categorias de emissão: energia primária, emissões de gases de estufa, poluição atmosférica, poluição da água, resíduos sólidos, e uso de recursos, nestas, o ciclo de vida do edifício foi levado em conta em todas as suas fases. Essencialmente considerou-se o edifício desde a produção dos materiais, construção *in situ*, manutenção e final de vida do edifício (demolição e remoção de resíduos)⁸⁶. Se tivermos em conta que a proposta do edifício feita, entre dois modelos construtivos, por um lado aço e betão e por outro lado a madeira, verificamos que:

- A construção em aço e betão incorpora respetivamente 26% e 56% mais energia que o projeto em madeira; emitem 34% e 81% mais gases, libertam 24% e 47% mais poluentes no ar, resultam em 400% e 350% mais poluição da água, produzem mais 8% e 24% desperdícios sólidos e são responsáveis por mais 11% e 81% de consumo de recursos (fig. XIX)⁸⁷.

Sequestro de Dióxido de Carbono

Uma floresta remove dióxido de carbono da atmosfera. Ela converte-o então e armazena-o na vegetação e nos solos. Este pode ser libertado parcialmente em árvores em decomposição, fogo florestais, pragas de insectos e manutenção florestal. A floresta, se mantida saudável, é um grande reservatório de carbono e quando uma árvore é transformada num produto, por exemplo construtivo, o carbono acumulado é mantido no mesmo. A madeira pode acumular entre 1 a 1,6 toneladas de dióxido de carbono por metro cubico variando entre as espécies, métodos de colheita ou processamento. Uma típica casa com estrutura em madeira, construída nos estados unidos é capaz de acumular cerca de 28 toneladas de dióxido de carbono, o equivalente às emissões de um automóvel durante 7 anos ou o mesmo que o consumo de 12,500 litros de gasolina⁸⁸. O sucesso do sequestro de carbono depende na capacidade da nossa prática e fomento da florestação bem como do reaproveitamento da madeira em final de vida útil. De qualquer maneira se a utilização de madeira se tornasse o método de construção mais como, certamente aumentaria a quantidade de carbono guardada num edifício.

Recentemente, a necessidade de repensar os materiais com que construímos tornou-se uma solução despertada pelo conhecimento atual sobre as alterações climáticas. Até agora, a necessidade de construir não foi escrutinada e é agora, estando à beira do colapso que repensamos as soluções e os métodos responsabilmente. O aço e o betão no entanto não serão eliminados da construção. Na verdade a radicalização apenas serviria para criar anticorpos e não faria justiça as suas capacidades e propriedades ímpares. Na criação de edifícios, sobretudo de grande proporção, estes materiais seriam componentes chave em

⁸⁶ GREEN, Michael: A case for Tall Wood Buildings, (2012)

⁸⁷ Canadian Wood Council 2004

⁸⁸ BREAAAM 2010, Naturally wood 2010

soluções híbridas em estruturas mais complexas. Qualquer um dos materiais tem o seu propósito no entanto, o uso da madeira em maior escala permite aos edifícios, e a nós, atingir a ideal marca de um edifício neutral ou seja, o carbono despendido e o carbono sequestrado na sua estrutura equivalem-se.

Florestas Sustentáveis

Se houvesse neste momento, uma tal mudança de paradigma, em que a implementação da construção em madeira fosse implementada surge a questão da sustentabilidade da própria floresta. Facilmente concluímos que se neste momento fosse feita uma implementação em grande escala de construção utilizando os moldes atuais, os recursos esgotar-se-iam ou seriam incapazes de responder à procura. A chave está em compreender como podemos nos responder a esse desafio. Para tal, devemos desde logo separar dois conceitos essenciais. A desflorestação e a colheita sustentável das florestas.

A desflorestação é a conversão permanente da floresta em não-floresta para usos como agricultura ou desenvolvimento urbano. A colheita sustentável é a remoção de árvores com a replantação a longo prazo e diversificação de espécies plantadas deixando a floresta continuar uma floresta. Uma floresta gerida de modo sustentável é o necessário para suportar a máquina económica e ecológica necessária à utilização de construção com madeira. A aceitação generalizada do mercado para o maior uso da madeira como material construtivo requiere uma aderência estrita aos seus princípios de sustentabilidade para ser exequível.

Uma floresta sustentável é regulada parâmetros governamentais de modo a garantir a regeneração e ao mesmo tempo respeitando vários valores da mesma. Factores comuns são incorporados nestes valores como por exemplo, a composição da fauna, a densidade, distribuição, idade e altura das árvores e a distribuição das várias espécies de árvores ao longo do terreno. A manutenção das florestas sustentáveis é feita aplicando uma série de indicadores objectivos cujas medições são suportadas por informação e por sistemas certificados. Estes indicadores biológicos incluem diversidade biológica, a condição do ecossistema, benefícios socioeconómicos e responsabilidade social. O Canada tem de longe a mais certificada floresta do mundo, no total mais de 15,1 milhões de hectares; o Canadá tem cerca de 42% da floresta certificada no mundo inteiro. Atualmente a maior parte das florestas com proveito comercial são certificadas⁸⁹.

⁸⁹ Fonte certificationCanada.org

Os requerimentos básicos para a certificação credível de florestas incluem⁹⁰:

- A manutenção sustentável da floresta está conformada com as leis existentes.
- Proteção da biodiversidade, espécies em risco e o habitat selvagem; níveis de colheita sustentável; proteção da qualidade da água e regeneração efetiva e imediata através da replantação.
- Certificação através de terceiros com auditorias por entidade acreditadas.
- Auditorias certificadas e sumarizadas publicamente.
- Envolvimento de várias partes interessadas para a manutenção dos estandartes de desenvolvimento.
- Contemplação da possibilidade de processo de reclamações e apelos.

Fim do ciclo de vida do Edifício

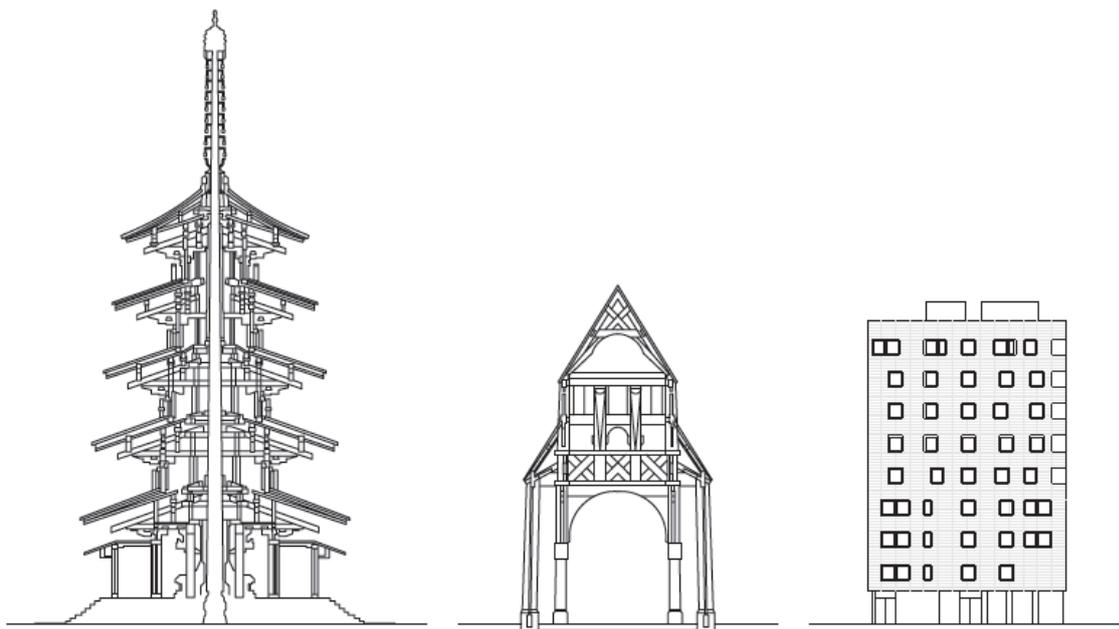
Se no final do ciclo de vida do edifício os seus componentes em madeira não são transformados para outros usos acabamos apenas por atrasar a ameaça e os efeitos catastróficos das alterações climáticas. A libertação do dióxido de carbono através da não reutilização da madeira acaba por resultar da decomposição ou queima da mesma. A transformação de madeira estrutural compósita para outros fins é um dos componentes fundamentais no processo regenerativo sustentável.

Ao longo da história a madeira constituiu desde logo o material construtivo de excelência. Ainda hoje sobrevivem estruturas que são verdadeiros testemunhos de perícia e técnica que atestam a capacidade estrutural, durável e multifacetada da madeira. Quando pensamos hoje nos limites da madeira e nas imposições e restrições estruturais existentes estamos longe de imaginar a complexidade e o tamanho de algumas das estruturas ao longo da história. Apenas recentemente voltamos a aceitar a madeira como um material seguro e fiável quando já o tínhamos feito ao longo da história em vários lugares do mundo. Hoje em dia ainda se encontram vários exemplos centenários que podemos contrapor ao paradigma atual.

O último elemento deste grupo (fig.XXXII), o edifício residencial londrino, atraiu grande atenção mediática pois tornou-se, à altura da sua construção, o maior edifício residencial de madeira do mundo. Este edifício inclui habitação privada e social num total de vinte e nove apartamentos. O edifício foi “montado” utilizando uma única técnica de sistema construtivo da empresa austríaca KLH. O seu arquiteto, Andrew Waugh trabalhou em proximidade com a empresa de modo a integrar esta tecnologia com o seu design e os seus objetivos. Os painéis de madeira lamelada formam uma estrutura celular de paredes e plataformas estruturais

⁹⁰ Forest Stewardship Council: International Center (<https://ic.fsc.org/facts-figures.19.htm>)

totalmente em madeira, incluindo todas as escadas, núcleo central e lajes, tornando este o maior edifício totalmente em madeira no mundo.



Templo Horyu-ji

Arquiteto: Desconhecido
 Data de construção: 603-1603
 Localização: Nara, Japão
 Utilização: Templo
 Design: Pagoda de 5 pisos (32.25 Metros)
 Estrutura: Pilar central de madeira com uniões japonesas

Templo Esloveno Urnes tavkirke

Arquiteto: Desconhecido
 Data de construção: 1130
 Localização: Noruega
 Utilização: Igreja Medieval
 Design: 1 piso
 Estrutura: Madeira maciça, Pórticos

Stadthaus, 24 Murray Grove

Arquiteto: Waugh Thistleton Architects
 Data de construção: 2008
 Localização: Hackney, Londres
 Utilização: Residencial
 Design: Torre de madeira de 9 pisos
 Estrutura: Painéis KLH de madeira lamelada colada

Fig. XXXII - Exemplos de edifícios de madeira ao longo da história (Fonte: ACFTWB)

Cada um dos painéis é pré-fabricado incluindo aberturas para janelas e portas. Assim que chegam ao local de obra, estes são imediatamente colocados e montados através de guias nas suas posições finais reduzindo exponencialmente o trabalho na obra. Deste modo o edifício foi completo em apenas 9 semanas. No total, toda a estrutura será responsável pela captura de 181 toneladas de carbono. Além de que, não utilizando uma estrutura nuclear de betão armado, há uma poupança de 125 toneladas do mesmo gás que seria libertado na atmosfera. No total estamos a falar de cerca de 21 anos de emissões geradas por um edifício desta dimensão ou se recorrermos como lei aos 10% de energia renovável, cerca de 210 anos de emissões⁹¹.

Na conjuntura atual, este edifício demarca-se ainda mais. Se tivermos em conta que neste momento na Europa não existem quaisquer precedentes para este tipo de edifício. Por exemplo na Finlândia, onde existe uma grande tradição no uso de madeira, a legislação atual apenas permite a construção até 3 pisos. Na Áustria apenas abaixo de 5 pisos. De qualquer

⁹¹ Detail Magazine 2009

modo, a capacidade demonstrada deste edifício fez que, o método desenvolvido pela Waugh Thistleton e a KLH, fosse adicionado como anexo ao código de regulamentação da construção britânica. Ou seja neste momento, o Reino Unido é o país a poder produzir os maiores edifícios em madeira em todo o continente⁹².

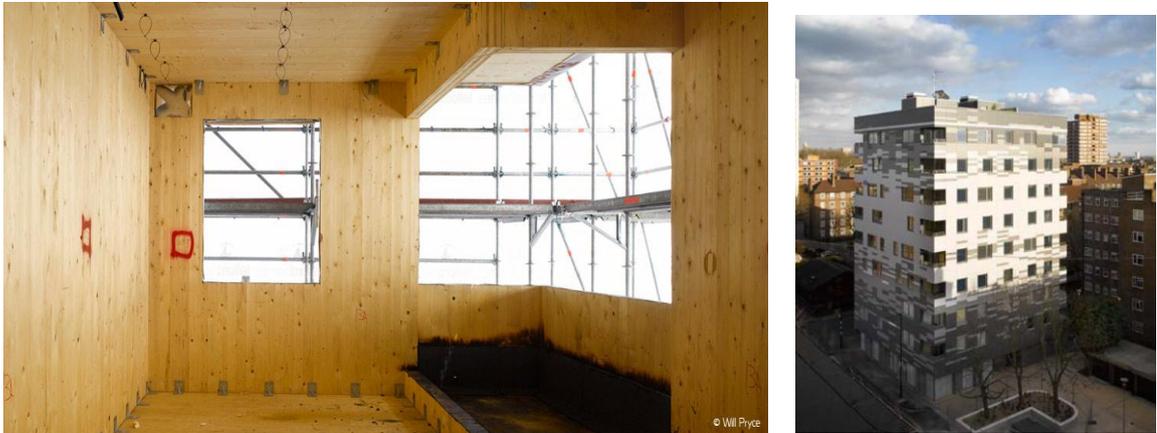


Fig. XXXIII - (ESQUERDA): Painéis KLH no projeto Murray Grove (fonte: KLH) (DIREITA): Murray Grove (fonte: Waugh Thistleton Architects)

O homem e a madeira

A madeira mais que um mero material comporta uma essência de um passado distante entre o homem e a natureza. A sua presença ao longo da nossa evolução traduz-se um diálogo profundo entre espécies. As suas características e importância vão além da sua estrutura e encontram em nós um reflexo da própria natureza, razão pela qual lhe atribuímos valor estético e sentimental. De facto as suas propriedades fizeram da madeira o primeiro companheiro do homem na construção. A sua proximidade e utilização vêm das reconhecidas propriedades mecânicas, e vem também das claramente reconhecidas as suas propriedades físicas, nomeadamente, no que respeita à estética, cheiro, ductilidade (em que na madeira possui de se deixar dobrar ao longo das fibras, sem partir, exceptuando o que respeita à capacidade estrutural). Conhecer as suas capacidades abre um novo leque de aplicações, não tão restringido do ponto de vista estrutural. Neste campo os derivados da madeira, tiveram um papel vital neste novo reconhecimento, tendo sido criados com o intuito de aprimorar e potencializar as características da madeira, tanto do ponto de vista mecânico ou físico, elevando a capacidade da madeira e tornando esta indústria mais competitiva.

Desde o princípio, a madeira foi o primeiro aliado do homem, a primeira ferramenta. O seu carácter quente, fácil e maleável provou-se uma aliança milenar desde as primeiras

⁹² Detail Magazine 2009

ferramentas aos primeiros edifícios. Desde a cabana, o abrigo a madeira foi o companheiro e ferramenta do homem enquanto conquista civilizacional. Tornou-se a procura, a necessidade nos milénios seguintes. Os gregos, ávidos consumidores, registaram a sua escassez, a sua procura e necessidade estava registada no seu dia-a-dia. Dependiam dela para cozinhar, aquecer-se, e para construir casas, barcos. A escassez de madeira é documentada desde o século V antes de Cristo. O mesmo ocorre com os Romanos alguns séculos depois. Sociedades Polinésias e na ilha da Páscoa pensam-se ter desaparecido depois do desaparecimento das suas fontes de madeira. É um cenário recorrente ao longo da história mas que na nossa era teria proporções gigantescas com escasseio de madeira a atingir qualquer parte do globo. Florestas estão a ser perdidas por todo mundo a ritmos alarmantes, habitats a serem completamente devastados e áreas gigantescas como a da selva amazónica a serem completamente arrasadas provocando com isso alterações climáticas de impacto mundial⁹³.

Todo este impacto é provocado pelas extraordinárias qualidades da madeira. As suas características únicas de força, flexibilidade e maleabilidade. Hoje não é possível conceber o mundo sem esse material. Desde a indispensabilidade do papel, às nossas casas, a madeira adquiriu um lugar fundamental em todos os aspectos da vida humana. Na arquitetura, as suas capacidades materiais são por si mesmas inacreditáveis. A sua resistência à tensão e a compressão aliada a uma facilidade de corte, manuseio e ligação fazem da madeira um material praticamente perfeito. Se a isto juntarmos a sua capacidade térmica, o seu carácter altamente ecológico e a capacidade de ser criada, estamos perante uma evidência. A madeira é um material intemporal⁹⁴.

Neste capítulo proponho fazer uma revisão de algumas dessas aplicações da madeira e rever alguns dos seus tipos e formas mais comuns. Desde a madeira maciça às variadas utilizações compósitas da mesma, veremos alguns dos mais comuns materiais utilizados na construção, deixando em análise algumas das suas características e proveniência.

Características da madeira

A madeira maciça, o componente de todos os sistemas conhecidos, destaca-se obviamente na indústria, convém portanto estabelecer algumas características que definam o material base para servir de ponto comparativo com os restantes sistemas.

A madeira é um material de origem biológica, composto de uma matéria heterogénea e anisotrópica (ou seja, as suas propriedades físicas variam consoante a sua direção) que advém de organismos vivos, as árvores. Devido à sua origem como fenómeno natural uma complexa

⁹³ <http://www.eh-resources.org/wood.html>

⁹⁴ Cruz Lina Nunes, H. A madeira como material de construção.

gama de características compõem este elemento contudo, neste caso apenas realçarei os pontos mais relevantes com maior interesse para a aplicação da madeira na construção.

A madeira que usamos provém quase exclusivamente do tronco das árvores, responsável pelo suporte e pela condução de substâncias. Para este fim os troncos dispõem-se em fibras longitudinais que têm particular expressão na sua capacidade física variando nas suas várias espécies, idade e condicionantes ambientais.

Como referi antes, a sua disposição, tal como o crescimento do lenho aumentando o seu diâmetro, provoca uma simetria axial que resulta na anisotropia da madeira. Isto verifica-se pela particular capacidade física da madeira em diferença de resistências entre diferentes planos de retração, o plano transversal perpendicular às fibras e o plano longitudinal paralelo às mesmas.

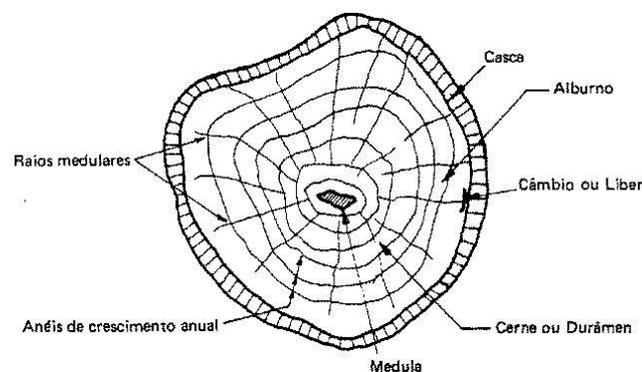


Fig. XXXIV - Secção transversal de um tronco e Planos da madeira

A madeira maciça divide-se dois grandes grupos por meio de proveniência: de árvores resinosas e de árvores folhosas. Estas árvores folhosas como o carvalho, o castanheiro, e o eucalipto são anatomicamente mais complexas e variadas que as resinosas como o são o pinheiro, o abeto, e o cedro. A sua diversidade leva a uma proliferação de designações e variedade comercial que leva a um desconhecimento geral das propriedades das mesmas. As suas características físicas são relevadas para segundo plano face à sua proveniência ou exotismo⁹⁵.

Convém portanto fazer algum levantamento das suas características mais importantes para avaliar o comportamento especificações da madeira. Os principais factores são a quantidade de água presente na madeira e a suas repercussões, a sua estabilidade dimensional, a sua resistência mecânica e também muito importante, a maneira como estes factores se correlacionam.

⁹⁵ Cruz Lina Nunes, H. A madeira como material de construção. (2010)

Qualquer defeito ou anomalia da madeira reflete-se ou condiciona em vários sentidos como estético ou estrutural o que determina e compromete a sua aplicação ou uso em várias situações.

Em Portugal, os defeitos existentes estão exaustivamente escrutinados na NP 180:1962⁹⁶ e podem ser sumarizar em defeitos endémicos associados à sua morfologia ou resultante de influências exteriores. Entre vários defeitos, os mais frequentes são a ocorrência de nós na madeira, facto que além de inestético pode em alguns casos comprometer a sua capacidade estrutural, haver um fio inclinado, que aponta para a existência de um ângulo entre o corte longitudinal e as fibras (o que pode comprometer também a sua resistência), fendas e defeitos de manuseamento⁹⁷.

A humidade está associada a um dos principais problemas quando falamos de madeira. Uma das mais notáveis e observáveis razões é o facto de estar associada a variações dimensionadas na mesma. É uma presença natural da madeira e ocorre em maior quantidade na madeira “verde” e a sua remoção ocorre naturalmente após o corte ou implica decomposição química para uma secagem completa. Após o seu abate, a perda de água leva a madeira a atingir o Ponto de Saturação de Fibras na qual a ocorrência de água ronda os 30%, neste caso já não se verificando neste estado alterações por retração ou implicações na resistência mecânica. Ao invés, atingido este ponto a perda de água é mais lenta e gradual com especial implicação na retração do material⁹⁸.

De modo a estabilizar a madeira procedem-se a variados métodos e técnicas de secagem. O seu ponto ideal de humidade, é no nosso clima, de cerca de 14%. Os processos, naturais ou industriais distinguem se pela maior demora e espaço enquanto que os processos industriais são levados a cabo em estufas de secagem de modo a atingir o equilíbrio higroscópico. Estes factores devem ser tidos em conta sobretudo quando exista a possibilidade do humedecimento fruto das condições de trabalho ou exposição direta no edifício⁹⁹.

GLULAM - Madeira Lamelada Colada (MLC)

O MLC é composto por lâminas de madeira individuais, “especificamente” seleccionadas e posicionados na madeira, com base nas suas características de desempenho, e ligados em

⁹⁶ NP 180 - Anomalias e defeitos da madeira. IPQ, 1962.

⁹⁷ Cruz Lina Nunes, H. A madeira como material de construção. (2010)

⁹⁸ Id.,Ibid.

⁹⁹ Id.,Ibid.

conjunto com colas duráveis, resistentes à humidade. O MLC está disponível em espessuras de 15 a 180 centímetros e em comprimentos de até 100 metros ou mais¹⁰⁰.

O MLC é precisamente concebido como uma formado como componente estrutural laminado. Ele é fabricado pela colagem precisa em conjunto de lâminas de madeira aplainada, com seus grãos na direção longitudinal do elemento. Isso forma uma unidade estrutural de grande força e estabilidade dimensional¹⁰¹. As raízes deste material podem ser encontradas nos finais do séc. XIX mas é já em pleno século XX que as verdadeiras potencialidades deste material são verdadeiramente alcançadas. Em 1906, o alemão Otto Hetzer obteve uma patente e foi capaz de iniciar comercial produção de MLC utilizando adesivo de caseína. Mas não foi até depois da Segunda Guerra Mundial que MLC como a conhecemos hoje, começou a emergir, após a chegada de resina adesiva sintética poderosa e o ímpeto da demanda de guerra para componentes laminados para aeronaves e marinha. Madeira laminada foi utilizada por exemplo na construção dos caças/bombardeiro Mosquito, e grandes avanços técnicos foram feitos tanto na seleção madeira de propriedades uniformes bem como na colagem de laminações sob o rigoroso controlo de qualidade, procedimentos necessários para a construção de aeronaves. Quando MLC para edifícios começou a ser produzido como uma proposta comercial após a guerra, fábricas abriu-se na América do Norte, Europa continental e em toda a Escandinávia.



Fig. XXXV - Montagem de Madeira Laminada Colada (fonte: Buildipedia)

¹⁰⁰ Glulam Laminated Timber Associaton, *Specifiers Guide* (<http://www.glulam.co.uk/> acedido a 8 de Agosto de 2013)

¹⁰¹ Glulam Laminated Timber Associaton, *Specifiers Guide* (<http://www.glulam.co.uk/> acedido a 8 de Agosto de 2013)

O MLC tem vários benefícios importantes para a construção moderna¹⁰²:

Versatilidade

Podem ser feitas para qualquer tamanho e usadas para arcos e portais, telhado, lintéis e vigas de piso, para colunas, vigas e treliças e em paredes transversais. Os elementos podem ser de uniformes ou de espessura variável. Eles podem ser retos ou em encurvados para atender a requisitos estéticos ou para modelos estruturalmente mais eficientes Este alcance faz o MLC adequado para cada tipo de edifício.

Sem revestimento

A escolha de uma MLC permite a conceção de uma construção e dos seus elementos estruturais sem necessidade de proteção individual ou revestimento, no local e custo, e adicionar uma nova dimensão estética.

Grandes vãos

MLC pode ser usado em vãos de mais de 50 metros. Tamanho, comprimento e forma são limitadas apenas pela capacidade das várias plantas de fabrico ou, mais comumente, pelas restrições que regem o transporte para o local.

Boa resistência à relação de peso

MLC é um dos materiais estruturalmente mais fortes por unidade de peso. Em comparação com o aço estrutural ou o betão pode produzir uma superestrutura leve com a consequente economia na construção de fundações.

Desempenho Superior Fogo

MLC tem uma elevada e previsível resistência ao fogo. Ao contrário do aço e betão armado não incorre em torção ou rotura enfrentando fogo e, em alguns países as vigas em MLC, possuem apólices de seguro de incendio mais baixas do que as equivalentes estruturas de aço.

Resistente à corrosão

MLC não se corrói. Tem também uma elevada resistência ao ataque químico e em ambientes poluídos.

¹⁰² Glulam Laminated Timber Associaton, Specifiers Guide (<http://www.glulam.co.uk/> acedido a 8 de Agosto de 2013)

Capítulo 3: Ação, criação de um sistema construtivo

Introdução

O presente capítulo é dedicado à ação, à resposta do autor as questões e ao conhecimento adquirido. Ao longo desta tese foram apresentados os fatores e as razões mais relevantes que levaram à sua elaboração. Perguntamo-nos o porquê da situação atual, a problemática habitacional e ambiental e o lugar da arquitetura nas respostas que temos que dar. Fizemos um levantamento das razões, descrevemos um cenário e a importância da arquitetura neste contexto. Traçamos um porque da situação da arquitetura

Na preparação deste projeto a materialização adquire um carácter fundamental. Os recursos a utilizar, sobretudo num contexto de expansão e crescimento urbano, adquirem proporções e impacto significativo com qualquer escolha. No atual contexto a resposta a um problema não pode acarretar o agravamento de outro. Neste caso, na resolução do problema de habitação não podemos, como tem sido apanágio do sector construtivo, contribuir para a destruição do meio ambiente. Como tal, todas as intervenções e propostas têm que vir de a ser sustentáveis num campo neutro ou se possível com potencialidades mitigadoras. A solução que proponho é uma amálgama dos capítulos anteriores, ou antes uma recollecção dos pontos essenciais da experiência e desenvolvimento em diversas áreas.

Nos capítulos anteriores elegi, numa abordagem diferenciada, enveredar por aqueles campos que no contexto atual se propõem, ou estão mais perto de resolver as questões levantadas. Numa pesquisa concertada sobre as problemáticas da habitação e sustentabilidade. A pretensão agora é, com o material reunido e as conclusões tiradas, infundir os elementos chave de modo a teorizar sobre uma possibilidade construtiva e uma eventual solução que aborde estes problemas. Nas próximas páginas descreverei um sistema construtivo, a sua materialização e implantação bem como apresentarei um exemplo da sua aplicação no contexto relevado anteriormente, o centro da cidade do Porto. À medida que o for apresentando referirei as razões para as escolhas e apontarei as referências e as origens da sua escolha. Mais tarde, nas considerações finais, farei uma abordagem mais concertada no qual tentarei contextualizar os usos, apropriações e potencialidades do projeto bem como a sua conjuntura mais relevante. Como tal, mesmo nas considerações que faça, tentarei ser sucinto e deixar que o restante capítulo se leia como um levantamento técnico-descritivo do sistema construtivo. Tentarei ser o mais ilustrativo possível e relegarei a informação técnica mais detalhada para os anexos.

Sistema Construtivo

A abordagem inicial deste projeto contempla sobretudo a questão de como, de que maneira resolver este problema. O sistema construtivo tem de ser um preconizador das ideias chave recolhidas anteriormente. Tem de ser: sustentável, versátil, de rápida execução, adaptável e reversível e económico. Condensaremos estratégias de pré-fabricação, a utilização de materiais sustentáveis e construção reversível. O sistema estrutural será do ponto de vista prática eficiente se obedecer a ser sustentável, expansível, versátil e removível.

A intenção resumida é criar um sistema construtivo que permita construir e desconstruir em qualquer espaço que o requeira, seja num espaço aberto sem limitações ou espaços condicionados num contexto citadino como umas ruínas ou espaços intersticiais urbanos. O sistema tem de ter a capacidade de ser autoportante (não depender estruturalmente do ambiente circundante) ser autossuficiente (ter serviços mínimos incluídos) e ter a capacidade de ser desconstruído sem que haja vestígio da sua presença bem como a ausência de destruição da sua estrutura. O objetivo é construir um sistema que, uma vez construído, possa sem prejuízo para o local circundante, ser removido e reconstruído noutra local. Como tal estaremos na presença de (salvo qualquer dano sofrido) de um sistema com um ciclo de vida permanentemente renovável. Um sistema deste género terá por obrigação de ser altamente personalizável, seja pelas potenciais restrições físicas impostas pelo local seja pela capacidade de se adaptar às necessidades habitacionais do seu utente. A sua capacidade de se introduzir em qualquer ambiente confere-lhe também a capacidade de atender de se criar um sistema construtivo altamente personalizável que, tendo um sistema produtivo em massa unificaria pontos-chave que agilizariam a sua construção. Havendo uma base modular, os processos podem ser aglutinados para que o utente, além das áreas, decida também os acabamentos e personalize ao máximo o seu espaço. Estando este ao mesmo tempo regido por elementos comuns que se produzem em massa e “encaixam” na estrutura a escolher.

Para tal temos que nos assegurar que este sistema é feito de um material ele próprio estruturalmente versátil e adaptável. Pelas razões apontadas anteriormente o material é a madeira, mais especificamente a madeira processada, MLC, madeira lamelada colada. Reunindo hoje capacidades técnicas para responder a qualquer desafio estrutural.

Pré-dimensionamento

O conceito introduz-se na criação de uma matriz tridimensional adaptável que regule a estrutura. Estabelecendo parâmetros mínimos habitáveis, a estrutura replicar-se ia formando uma grelha adaptável ao local e suficientemente versátil que permita o acoplamento de grelhas paralelas. O conceito do projeto é criar uma matriz ao generatriz que

potencie as capacidades e possibilidades de implantação num determinado local, para tal bastaria aplicar uma matriz ao espaço existente e através do mesma explorar e potencializar as potencialidades construtivas sem estar restrito a uma estrutura pré-definida. Estabelecendo uma grelha modular no qual o módulo base é um metro, podemos traçar desde o ponto de origem mais favorável e preencher com um alto grau de precisão as necessidades. Porque o módulo base de um metro? Para além de ser uma medida com elevado grau de percepção e de facilidade de compreensão pública, ou seja, a capacidade do utente pensar e desenhar o seu espaço em distâncias concretas e comuns permite-o imaginar e ter uma maior controlo sobre o espaço. Há também a questão arquitectónica, em termos de suporte e desenho, uma medida *standard* que permita englobar a maior parte dos elementos facilita o seu desenho e construção. A medida mínima de um metro permite acondicionar uma porta, uma janela, elementos técnicos, ou de serviço. Além do mais em termos estruturais e de precisão, medidas elementares facilitam e diminuem riscos de produção. A capacidade de transporte, estando dividido em metros, todo o sistema (à exceção da estrutura) será divisível por elementos do mesmo calibre, ou seja, o edifício será efetivamente desenhado de metro a metro. Tomando uma grelha ortogonal, a introdução dos elementos base de desenho bidimensional de uma planta será feita por incrementos de um metro.

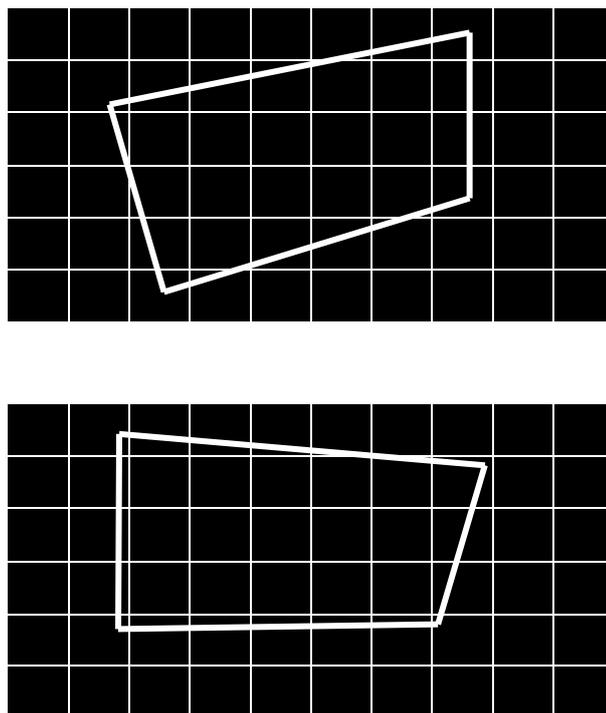


Fig. XXXVI - Adaptação da malha às condicionantes do terreno

Uma das capacidades chave da estrutura seria a capacidade de montagem e desmontagem, ou seja, esta estrutura poderia ser inserida no local e posteriormente removida para remontagem noutros lugares sem perdas. A capacidade de desmontagem reflete-se diretamente nas ligações constituintes do material. Os seus encaixes deverão ser à prova de desgaste e resistentes à montagem e desmontagem. As propriedades técnicas do MLC que

será usado na construção da estrutura permitem, além do alcance, uma variedade de propriedades extensíveis. Aqui para propósitos explicativos será apresentado o módulo base. Recorde-se, este módulo base está programado para um ambiente urbano massificado como tal apresentarei um módulo base de dois pisos que seria multiplicável. A altura estabelecida como mínima habitável são os 3 metros pelo que os incrementos de pisos se processam nessa medida permitindo a adaptação às variadas necessidades ou usos do edifícios bem como responder a necessidades técnicas.



Fig. XXXVII - Vista do elemento estrutural pilar/viga com às conexões *standard* em alumínio

Estrutura

Primeiro de tudo, os elementos fundamentais que compõem a estrutura: pilares e vigas. Os elementos em MLC atingem vãos e estruturalmente como vimos nos anteriores capítulos, a capacidade estrutural não é objecção quando se trata de desenhar edifícios de grande porte. Aqui vou a propor elementos projetados para um edifício de média densidade até 3 pisos. As medidas estruturais dos elementos estão previstas dentro do perfil usado e utilizam-se como exemplo ilustrativo do sistema. Neste caso, dimensionar a estrutura não seria a principal dificuldade. A ideia é projetar elementos que, produzidos em fábrica, se adaptem às exigências físicas e ao mesmo tempo tenham liberdade para se ligarem e formarem um conjunto coerente. Neste caso, o primeiro obstáculo é sobretudo a capacidade de montagem e desmontagem da estrutura. Se atendermos as atuais praticas na construção de MLC, as ligações, apesar de poderem ser executadas de maneira a serem removíveis, no melhor dos casos provocam desgaste das ligações e não há construções desse género programadas ou sequer pensadas para essa hipótese. Ligações permanentes estão fora de questão e a estrutura terá de ser completamente desarmável para ser uma eficiente solução a nível de transporte e introdução em malhas urbanas complexas. Como tal, a estrutura tem como material integral o MLC estando no entanto auxiliado por um sistema de conexões universais que lhe permite ao longo do seu eixo e nas suas quatro faces, receber conexões e armação completa num feixe em alumínio embutido à face da viga e do pilar. Estas conexões, têm ao longo dos seus carris a capacidade de receber fixações dos mais diversos níveis, desde componentes de parede a janelas ou qualquer outro elemento pela sua capacidade de conectar com fixadores comuns (Fig. XXVIII). Basicamente trata-se de um sistema construtivo *open-source*, em que não só os componentes têm uma agregação universal como também podem ser criados a partir de outras fontes.

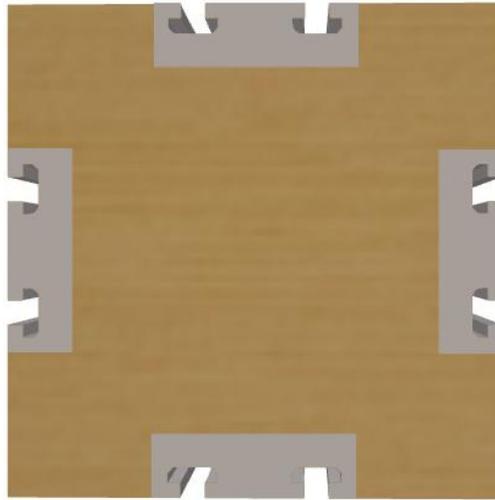


Fig. XXXVIII - Detalhe do corte de um elemento estrutural

O pré-dimensionamento destas vigas e pilares pretende estar diretamente associado a uma estandardização de processo ou seja, a estrutura teria associados níveis de construção médios nos quais os componentes estruturais seriam iguais. Haveria um dimensionamento para 1 piso apenas, entre 2-3 pisos outro dimensionamento standard e a casos mais complexos obedeceriam a um sistema mais diretamente ligado. De referir que a introdução e remoção de elementos é feita por aparafusamento entre componentes metálicos o que exclui a erosão provocada por montagem e desmontagem. Todos os produtos estariam preparados para a introdução da regra “+1”. Ou seja, os elementos construídos de base estariam preparados à adição de mais um módulo vertical (V) ou contínuos módulos horizontais (H).

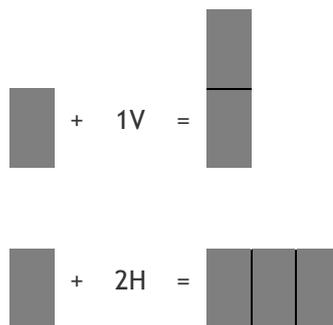


Fig. XXXIX - Soma de módulos e previsão de crescimento vertical e horizontal

Além da capacidade de remoção dos elementos, o sistema estrutural está preparado também para o aumento da sua capacidade conferindo-lhe assim ainda maior flexibilidade. O módulo inicial pode estar adequado às necessidades do utente podendo ser expandido

consoante futura vontade. Basta para isso adquirir a estrutura restante e agrega-la à estrutura existente formando uma estrutura maior sem que haja ou repetição de elementos, ou necessidade de comprar um novo módulo inteiro, basta apenas comprar as peças individuais que completariam o edifício seguinte.



Fig. XL - Ligações estruturais entre elementos.

Paredes Externas

As paredes exteriores foram desenhadas de modo a acoplar-se perfeitamente na estrutura existente. Blocos individuais de um 1 metro por 3 entram à face da estrutura e aparafusam-se às juntas estruturais que neste caso fazem uso dos veios para fixarem as paredes tanto exteriormente como interiormente. Cada uma destas “paredes” individuais vem com isolamento próprio e com acabamentos personalizáveis. A estrutura interna destas com o isolamento repete-se em massa havendo a possibilidade de escolha tanto da superfície e aparência externa bem como o acabamento interior. O seu núcleo é composto por painéis isotérmicos, tipo *Coretech*, ligados por travessas de madeira estando isoladas por lã de vidro na cavidade interior. Os painéis base com acabamento exterior ocupam 20 cm sendo eventualmente expansíveis até 23 cm com a adição de acabamento interior personalizado. Estes módulos ligam-se à estrutura nas suas extremidades verticais e horizontalmente quando em contacto com o pilar, caso contrário fixam-se entre eles.

Os materiais e aparência exterior configuram-se à medida da escolha no entanto, fruto das medidas standard, o seu núcleo é pré-fabricado em massa e produzido em fábrica sendo posteriormente introduzidos os acabamentos finais.



Fig. XLI - Separação de elementos de uma parede exterior (da esquerda para a direita painel isotérmico, isolamento lâ mineral, caixa estruturante em madeira, painel isotérmico e acabamento exterior).

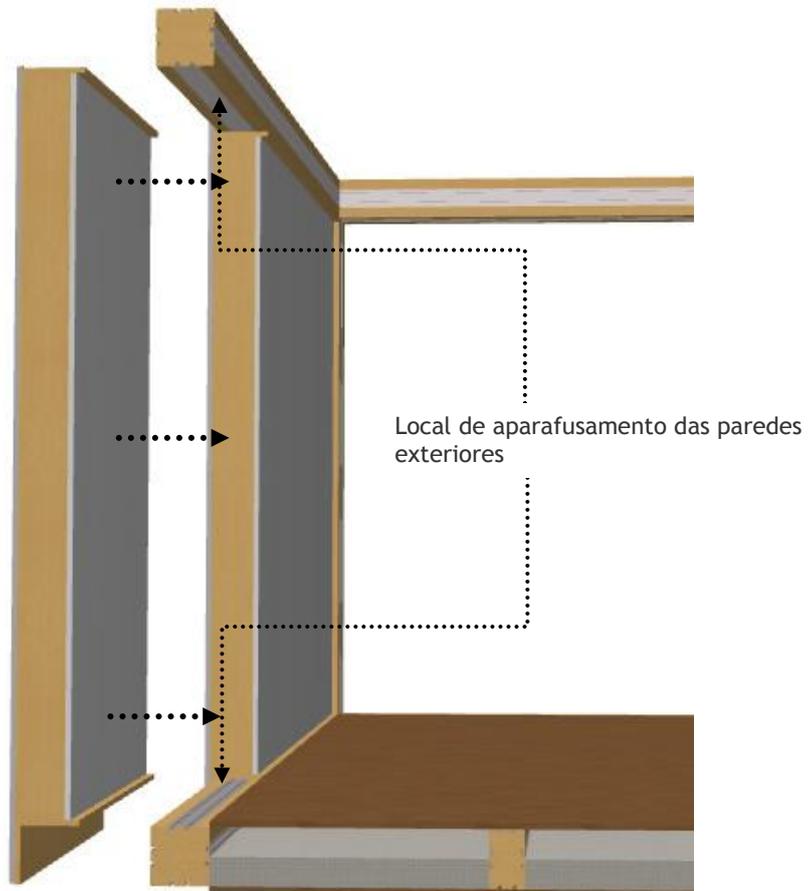


Fig. XLII - Detalhe da montagem das paredes exteriores

Vãos

Os vãos estão maioritariamente inseridos em estruturas similares às paredes externas. Nestes inserem-se portas ou janelas consignadas a um metro. O mesmo processo ocorre nas portas internas que se inserem em estruturas similares as paredes interiores. Existem também a possibilidade para vãos maiores que formam estruturas únicas correspondente a dois ou três módulos podendo ainda, sob consulta, serem criados quaisquer módulos específicos requisitados pelo cliente.

As estruturas dos vãos, como avançado anteriormente estão inseridas no mesmo sistema de encaixe das paredes o que os restringe à medida modular de um metro. Estando isoladas da mesma maneira e o seu encaixe sendo realizado numa estrutura similar à das paredes exteriores, não havendo assim qualquer necessidade de encaixe particular podendo ser introduzidas como qualquer outra parede exterior.



Fig. XLIII - Ilustração de dois tipos de vãos.

Pisos

Após a criação da estrutura principal procede-se à introdução do estrado interior responsável pelos pisos e tetos. Este estrado repete-se em todos os pisos e é composto por vigas internas na menor direção que se unem com a estrutura principal nas ligações universais das vigas mestras. Estas vigas secundárias estão também dotadas de um sistema de conexão universal no qual se conecta um sistema de suporte em alumínio e de ligações internas dos pisos. Aí uma camada de isolamento de poliestireno cruza entre elas e uma camada de placas de painéis quadrangulares de 1x1m assenta sobre a grelha formando o revestimento do piso interno. Estes painéis são também personalizáveis em diferentes materiais. Nos pisos e entre vigas, conexões intersticiais permitem as ligações de água e saneamento bem como ligações elétricas.

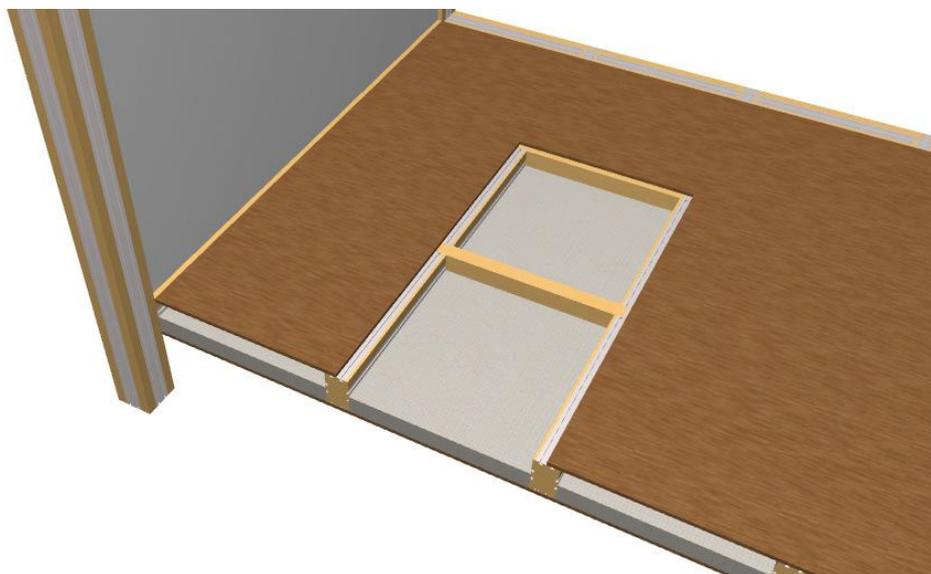


Fig. XLIV - Detalhe da montagem de um piso (colocação as placas que compõem o piso).

Paredes Interiores

As paredes interiores são compostas por duas placas de contraplacado lacado o folheado com acabamento à escolha e com isolamento em poliestireno ocupando até 10 cm. Estes módulos também são de 1 metro por 2,80 m e fixam-se no piso e no tecto e entre paredes. Podem ser dispostos em qualquer dos eixos internos podendo assentar centradas ou lateralmente.

Módulos Técnicos e Serviços

O sistema modular pretende sobretudo evitar ao máximo a construção *in situ* e como tal, não só se pretende agilizar a construção estrutural do mesmo mas também reduzir ao máximo as instalações técnica como a ligações da água, luz e as correspondentes conexões internas. Para tal todos os sistemas de serviços de especialidade vêm programados e parcialmente construídos aquando da montagem do edifício. Todos os elementos que requerem instalação de tubagens ou ligações elétricas vêm com o seu próprio sistema montado. Estes elementos possuem uma caixa técnica própria associada que contém as ligações técnicas essenciais que posteriormente são ligadas à rede do edifício.

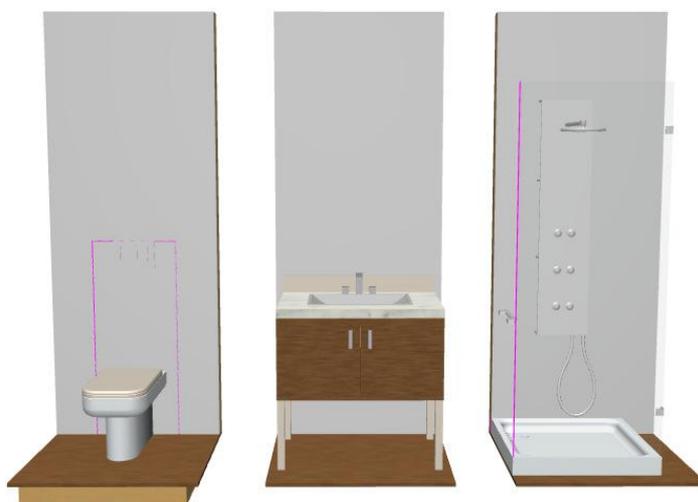


Fig. XLV - Módulos sanitários completos com caixas técnicas

Todos os serviços estão portanto pré-desenhados não havendo intercalação de intervenções de várias especialidades técnicas aquando da montagem, todas as ligações e as suas conexões já vêm associadas a cada elemento e apenas requerem a sua união *in situ*. Estes módulos com modelos sanitários incluídos são também personalizáveis no entanto chegam ao local como uma peça única, ou seja, estes módulos individuais vêm montados de fábrica com caixas técnicas, piso e peça sanitária montada. Estas peças encaixam na estrutura do mesmo modo que as demais havendo apenas o cuidado de efetuar as ligações a canalização do sistema central. Todos os módulos sanitários vêm compostos de materiais hidrófugos com a possível aplicação de materiais cerâmicos. A mesma situação repete-se nos módulos da cozinha. As suas ligações de água e gás vêm pré-estabelecidas e introduzem-se já com a sua caixa técnica correspondente. Todos estes módulos são montados na segunda fase de montagem para permitir a conexão das redes previamente a colocação dos demais elementos. Isto, no entanto, não condiciona uma possível alteração futura das suas posições.



Fig. XLVI - Módulo de Cozinha com instalações técnicas

Coberturas

A estrutura interna das coberturas é a mesma que a dos pisos internos com a exceção de que os módulos superiores são para coberturas planas ou coberturas inclinadas tendo isolamento e capacidade de escoamento. Ambos podem ser acessíveis e receber painéis solares bem como uma variedade de acabamentos desde simples cobertura plana, telhados inclinados ou cobertura ajardinada. A escolha da cobertura obedece aos mesmos princípios da escolha, basta como tal ajustar os componentes de modo a promover uma inclinação equitativa de toda a cobertura. Isso é feito através de um pré-dimensionamento e adaptação de cada uma das peças de cobertura.

Fundações

As fundações são essencialmente o único ponto de contacto destes edifícios com a envolvente. Só em último caso as fundações serão feitas com a aplicação de betão diretamente no local (tipo ensoleiramento geral). A primazia é dada à colocação de plataformas de betão que sustentam a o edifício e fazem a amarração direta à estrutura de madeira através de ligações estruturais metálicas reversíveis.

Acessos

Os acessos têm duas possibilidades principais relativas à finalidade do edifício. No caso da construção de um edifício destinado a habitação multifamiliar ou funções que requerem um acesso diferenciado, utiliza-se um bloco de acessos comum. Este bloco é desenhado atendendo às necessidades do edifício e está separado estruturalmente do mesmo, ou seja, funciona como um elemento inalterável o que lhe permite manter a sua função

independentemente das alterações feitas na estrutura. Este bloco pode ser colocado em qualquer ponto da malha respeitando as suas dimensões mínimas e, quando possível, prevendo a introdução de um elevador. Quando o edifício for de utilização privada, os acessos serão feitos por um vão de escadas interior, sendo como tal possível a introdução de vários tipos de acessos, todos eles ligados à estrutura principal assegurando a estabilidade da mesma. No projeto inicial é necessário prever a sua introdução para fazer a amarração da escada às vigas principais (fig.XXXVII) de modo a direcionar as vigas secundárias responsáveis pelo piso.

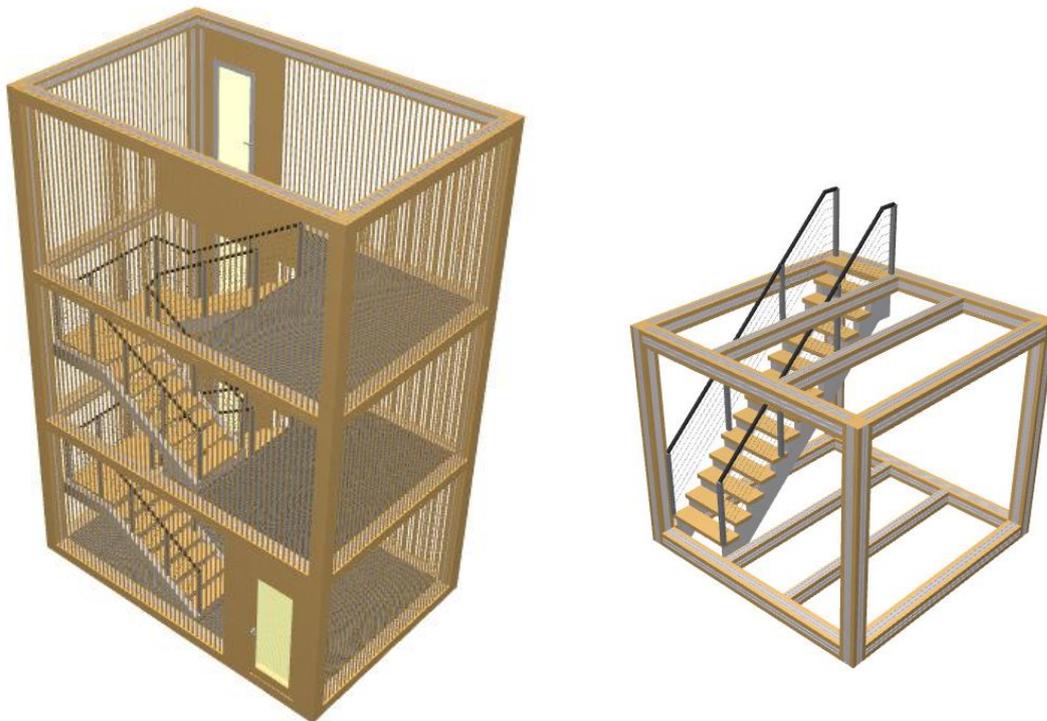


Fig. XLVII - Bloco de escadas-tipo para um edifício multifamiliar (esquerda) e a aplicação de um vão de escada interno na estrutura (direita)

Materiais

Neste projeto a seleção dos materiais representa dois momentos chave da sua ideologia. Primeiro, na tomada de posição em relação ao meio ambiente e às práticas insustentáveis da construção. Segundo, na liberdade de escolha dada aos clientes para a personalização do seu próprio espaço. Se em relação a estrutura inicial já falamos sobre os componentes principais em MLC e alumínio, na escolha da aparência do edifício, das paredes, dos pisos e dos tectos as possibilidades recaem na escolha do utilizador. Neste ultimo campo a capacidade de

adaptabilidade e variedade de opções é essencial. Se tivermos em conta a técnica da pré-fabricação podemos verificar que todo o projeto no seu interior engloba as suas premissas, a estrutura base modular bem como a pré-fabricação dos componentes de paredes que se diferenciam pela sua diversidade externa. Neste campo estamos a dar um passo atrás naquilo que é o pensamento e o papel vital do arquiteto e criar uma relação interpessoal entre a arquitetura e o cliente. Trata-se sobretudo de relegar a personalização e a capacidade de adaptação a quem realmente habita os espaços, que vive com eles e quem beneficia realmente das soluções. Neste caso, na composição dos espaços o cliente também é livre de escolher os acabamentos exteriores e interiores do edifício que farão parte de um leque de escolhas variado, no qual, após conceberem a planta serão levados a decidir entre uma paleta de acabamentos e materiais que decidirão o aspeto final do seu projeto.

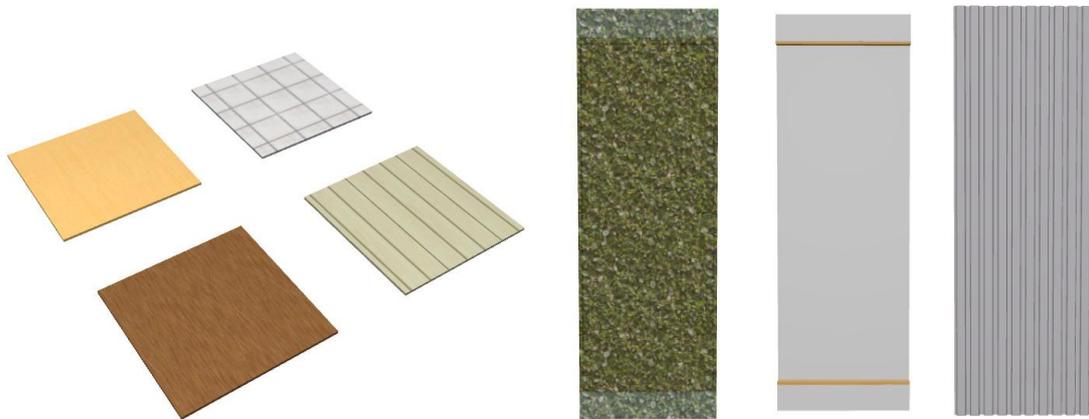


Fig. XLVIII - Exemplos de acabamentos; esquerda: Acabamentos de pisos; direita: Acabamentos exteriores

Acessorização e detalhes

A capacidade de receção universal da estrutura principal possibilita uma capacidade infinita de acabamentos e “acessorização” da mesma. A colocação de elementos estéticos ou funcionais como guardas, *brise-soleil*, ou qualquer elemento que se queira adicionar. Permite portanto mesmo assim que facilmente se desenvolvam aplicações para a estrutura e se adicionem à mesma, elementos com as mais diversas funções. As uniões universais de aparafusamento, mais que abrir possibilidades de conexão, criam um sistema de *open-source* para o qual se podem desenhar e encaixar qualquer tipo de acessórios através de um simples sistema de conexões.

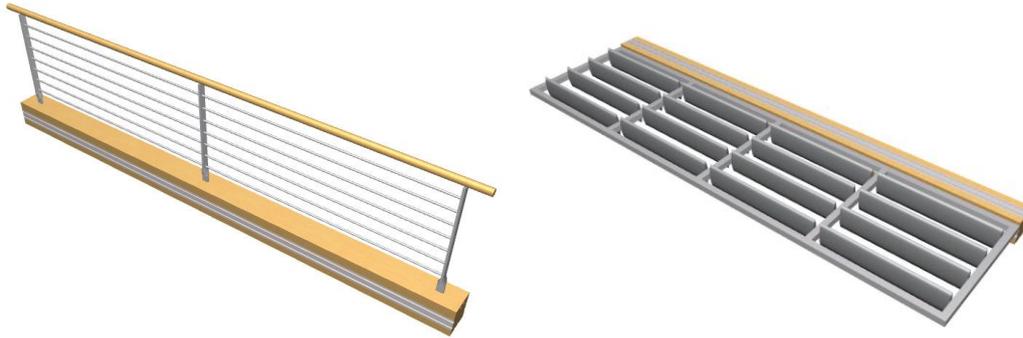


Fig. XLIX - Exemplos de acessórios que se podem adicionar ao sistema.

O mobiliário interno existe com a oferta de variedade de peças especialmente dimensionadas para o efeito, sobretudo em caso de economia de espaços e em peças específicas como os blocos com ligações externas (águas, gás e eletricidade). Podemos mobilar os espaços com equipamento pré-dimensionado mas na maioria dos casos o objetivo é permitir ao máximo a utilização de qualquer tipo de mobiliário convencional.

Conexões

O sistema estrutural, por necessidades de um foro mais específico possui conexões especiais para entrada e articulação dos seus elementos. Baseadas em ligações comuns tipo “Strongtie” estas conexões adaptam-se às necessidades específicas e aos encaixes das vigas embutidos de série.



Fig. L - Parafusos típicos de acoplamento à estrutura. (BoschRexroth)

A capacidade da introdução do resto dos elementos como paredes, pisos e acabamentos é feita pelo simples aparafusamento às conexões universais da estrutura-mãe. A adição de

qualquer tipo de novas peças ou diferentes tipos objetos será sempre possível em qualquer dos casos podendo-se utilizar conectores comuns acessíveis no mercado.

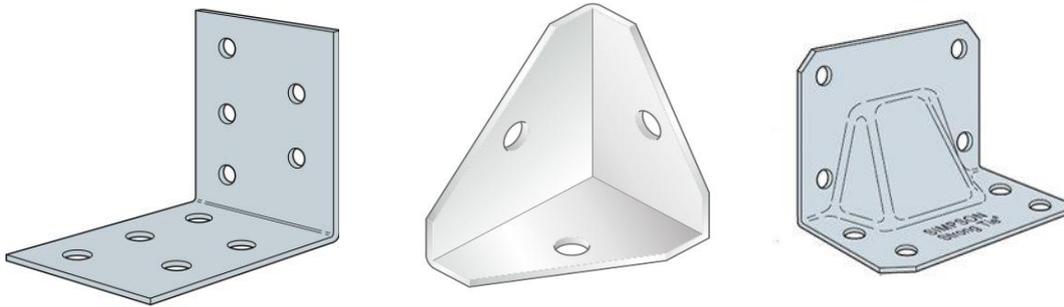


Fig. LI - Tipos de ligações adicionáveis à estrutura.

Fabrico, Transporte e Aplicação

O sistema construtivo na sua génese distribui-se por um alargado sistema de componentes pré-fabricados produzidos individualmente. A sua configuração e capacidade de dispersão em diferentes elementos capacita-o a ser produzido em fábrica muito mais rapidamente. Cada um dos elementos é separado e independente do conjunto e apenas é unido à estrutura final *in situ*. A separação em componentes, como vimos no caso da produção automóvel, possibilita a existência de sistemas de produção paralelos dos vários componentes e o seu armazenamento em *stock* para posterior montagem. Neste caso, cada elemento é produzido independentemente aos demais, estando apenas restrito à necessidade, isto permite que os vários componentes sejam produzidos sem atrasos e sem dependerem do conjunto final. Por exemplo, os painéis parede são produzidos independentemente dos pilares ou vigas, sendo produzidos até um *stock* máximo. Na fase construtiva, os elementos são escolhidos do *stock* principal e enviados para obra. Quaisquer elementos personalizados serão produzidos para o efeito estando contudo em cadeias de fabrico paralelas. Sendo montados em obra, cada um dos componentes é transportado separadamente até ao local onde os trabalhadores o acoplaram à estrutura que entretanto foi erguida da mesma maneira. Havendo separação de componentes, não só não existe sobreposição de trabalhos técnicos como também facilita e agiliza o seu transporte, cada unidade é agrupada e enviada para obra desde a fábrica. A sua produção individual surge e adequa-se, além da potencialização da produção em massa, à introdução deste sistema construtivo até nos mais exigentes locais. Quaisquer constrangimentos de ordem física ou dificuldades de transporte são contornados pela natureza do sistema. Cada elemento pode ser levado, até individualmente, a qualquer espaço independentemente das restrições que haja.

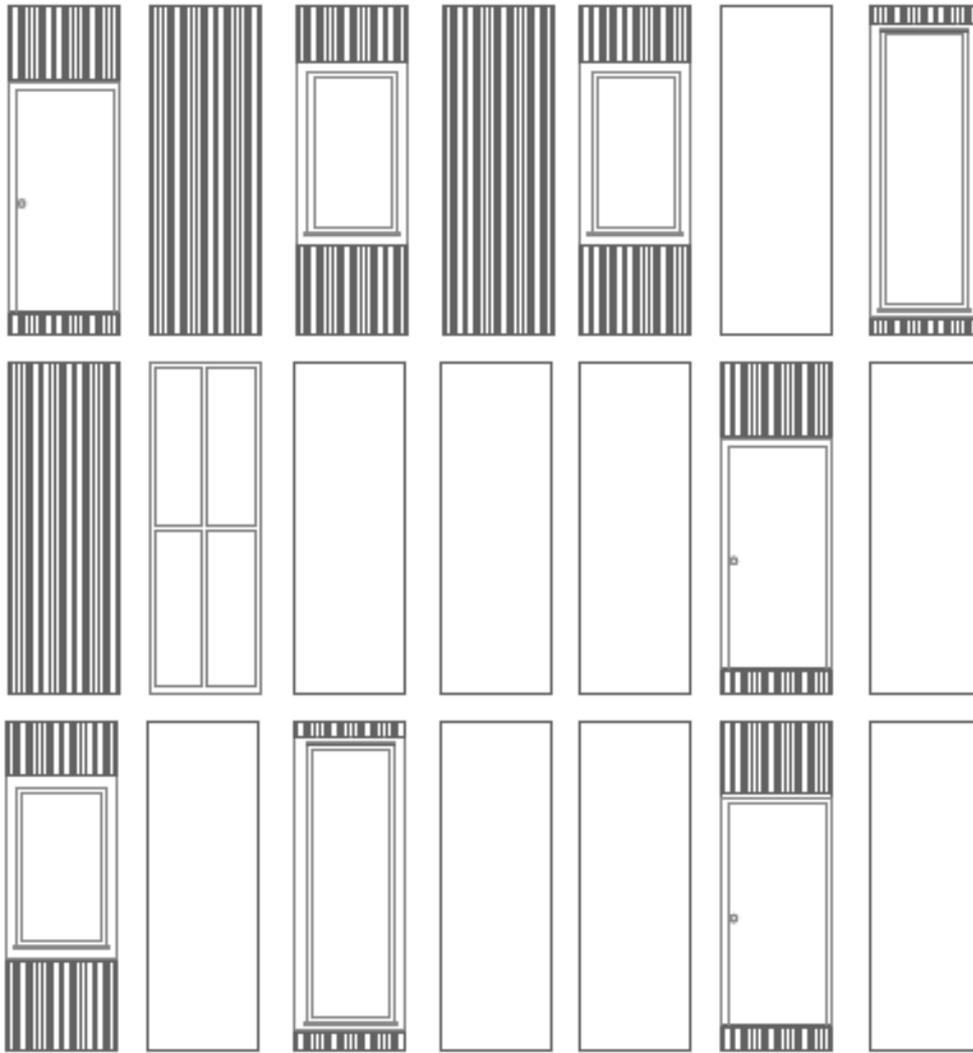


Fig. LII - Exemplo de um catálogo de paredes exteriores.

Intervenção: aplicação do sistema construtivo

Memória Descritiva

O desenho de uma aplicação prática deste projeto destina-se a ilustrar as possíveis aplicações do sistema construtivo e a demonstrar as suas capacidades num contexto real. Desde o início desta tese o objetivo era utilizar o Porto como laboratório de estudo deste projeto. Queria também fazê-lo em condições difíceis que realmente pusessem à prova as capacidades e sobretudo testassem a viabilidade do mesmo. Neste caso o local de implantação surgiu da pesquisa realizada sobre o contexto urbano portuense. O local escolhido foi o número 28 da rua do Loureiro que se encontra paralela à estação de S. Bento no Porto. As razões que me levaram a esta escolha prendem-se desde logo com a sua localização no centro histórico do Porto, o seu estado de degradação (ruína), a sua exposição (o edifício tem o seu alçado lateral completamente aberto deixando-o exposto, o que facilita a visualização do novo edificado), as suas características tipológicas, uma típica casa portuense de 4 pisos, e uma disposição longa e estreita (cerca de 6 metros por 25 m) “entrincheirada” na malha urbana. Encontrando-se numa situação de proeminência este edifício encontra-se na realidade voltado para a avenida D. Afonso Henriques estando praticamente sobre a entrada do metro da estação de S. Bento e a no centro da cidade, duas das grandes vantagens que desde logo este projeto quer patrocinar.



Fig. LIII - Área de intervenção

O edifício encontra-se atualmente praticamente demolido, apenas a fachada principal se encontra erguida com a ajuda de uma estrutura metálica construída para o efeito. A sua fachada tem detalhes estéticos comuns nas casas históricas do porto sendo também como a maioria, construída em pedra. Os seus vãos neste momento encontram-se fechados,

completamente tapados por cimento. No seu interior o espaço está completamente descoberto à vista de quem passa. De notar que este edifício está num dos principais pontos de interesse da cidade, junto de uma estação de comboios reconhecida pela sua beleza e na avenida principal que liga a praça central da cidade à sua catedral e à sua ponte mais emblemática. Não poderia portanto, como comprovam as imagens, estar num local de mais destaque.



Fig. LIV - Vista aérea da avenida D. Afonso Henriques com o local de intervenção evidenciado.

Tendo em conta a localização e o seu nível de importância, faremos algum levantamento histórico reportando-nos àquela que é a avenida mais relevante para o projeto, a avenida D. Afonso Henriques.

Através da sua presença e da consequente rutura que representa no centro urbano e do tecido da História, apresenta uma forte influência sobre Morro da Sé. A sua nova função urbana que agora tem de representar tendo em conta a redução de tráfego automóvel intenso criado pelo fechar da ponte a veículos. Tem agora um potencial de regeneração que pode induzir sobre a cidade e o seu grande destaque assim o exige.

Necessita um verdadeiro modelo para resolver um dos verdadeiros conflitos urbanos, que ofende a dignidade do património aí presente. É um espaço no Porto que ao longo dos anos viu projetados vários projetos que durante décadas, junto com estudos e planos, nunca foram executados. Entre eles, Barry Parker, Fernando Távora, Luis Cunha e Siza Vieira. Tem características especiais de destaque e a sua relevância é de sublinhar sendo um dos grandes centros de chegada e conexão da cidade do Porto, sendo para muitos, um dos primeiros encontros com a cidade. Tal como o resto do centro histórico requiere vivamente a introdução de novos projetos e energia tão importantes como o restauro arquitetónico. Um dos exemplos mais recentes desta renovação pode-se encontrar mesmo em frente, na agora Praça das

Cardosas, um projeto inaugurado em 2013 que recuperou a malha urbana existente criando uma praça de uso público com 52 apartamentos e 19 lojas e um hotel. Um projeto conseguido através de investimento privado e público. Fez parte do programa de intervenção da SRU.



Fig. LV - Renovação da Praça das Cardosas no Porto (Arquivo Pessoal)

O projeto da Praça das Cardosas é um exemplo de como se podem abrir novas áreas escondidas na cidade. A recuperação de espaços e de áreas “perdidas” permite rejuvenescer e reinventar a própria cidade dentro dela mesma.



Fig. LVI - Vista da fachada da área de intervenção (rua do Loureiro)

Caracterização do local de intervenção

O lote em questão é um lote aberto, exposto a Este e a Sul. Tem exposição solar praticamente todo o dia e à exceção do edifício adjacente a Norte não tem impedimentos.

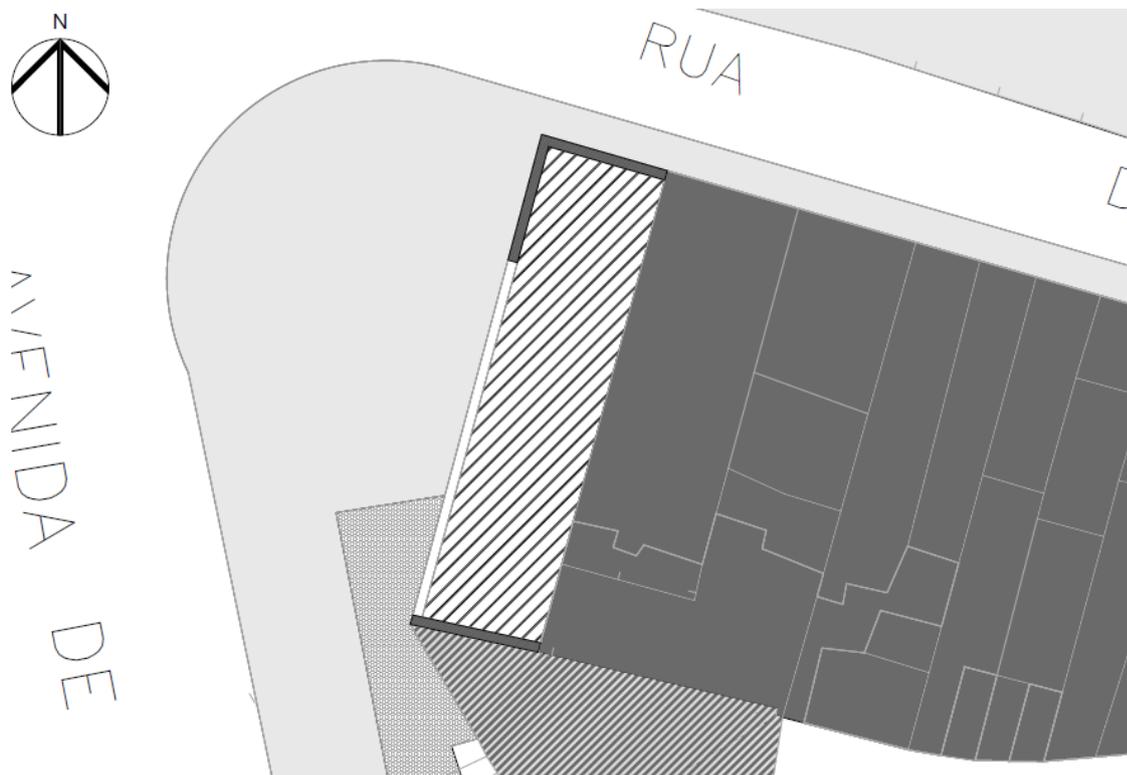


Fig. LVII - Planta de implantação

Este lote tem portanto a facilidade de acessos, e o espaço necessário mínimo para habitar. O lote tem precisamente as dimensões de 26 metros de profundidade por 6,7 metros de largura.

Conceito e Projeto

Nesta abordagem optei por formar um conjunto habitacional que incorporasse e exemplificasse a filosofia que defendo. Como viram anteriormente este sistema construtivo pode tomar uma miríade de formas. Muitas das quais podem ser e serão exploradas visualmente. No entanto, o projeto que levei a detalhe é para mim a essência do que seriam os benefícios da aplicação deste projeto em grande escala. Toda a abordagem conduzida anteriormente revelou algumas preocupações mais prementes. No caso desta cidade, o vazio populacional e a conseqüente perda de vitalidade deste centro histórico é claramente visível. A necessidade de reintroduzir jovens e o dinamismo que os acompanha é essencial. Aproximar

também a cidade dos seus habitantes e devolver o centro às pessoas que o querem habitar. Trata-se de fazer da cidade o que ela é, uma concentração de pessoas, de fluidez, de densidade, de mobilidade, de ocupação. Como tal, e tomando este como o porta-estandarte da proposta, proponho a criação de habitação para estudantes e ou casais jovens, bem como estando abertos à capacidade de ser habitações de ação social. Nesta proposta, como desenvolverei mais à frente, toma-se o cliente como sendo o Estado, na medida em que impõe uma implantação incólume e determina os seus fins sem prejuízo ou detrimento de interesses privados. Ou seja, este projeto estaria sobre a alçada do interesse público. Há obviamente a capacidade de funcionamento através do privado mas isso são modelos que desenvolverei mais adiante.

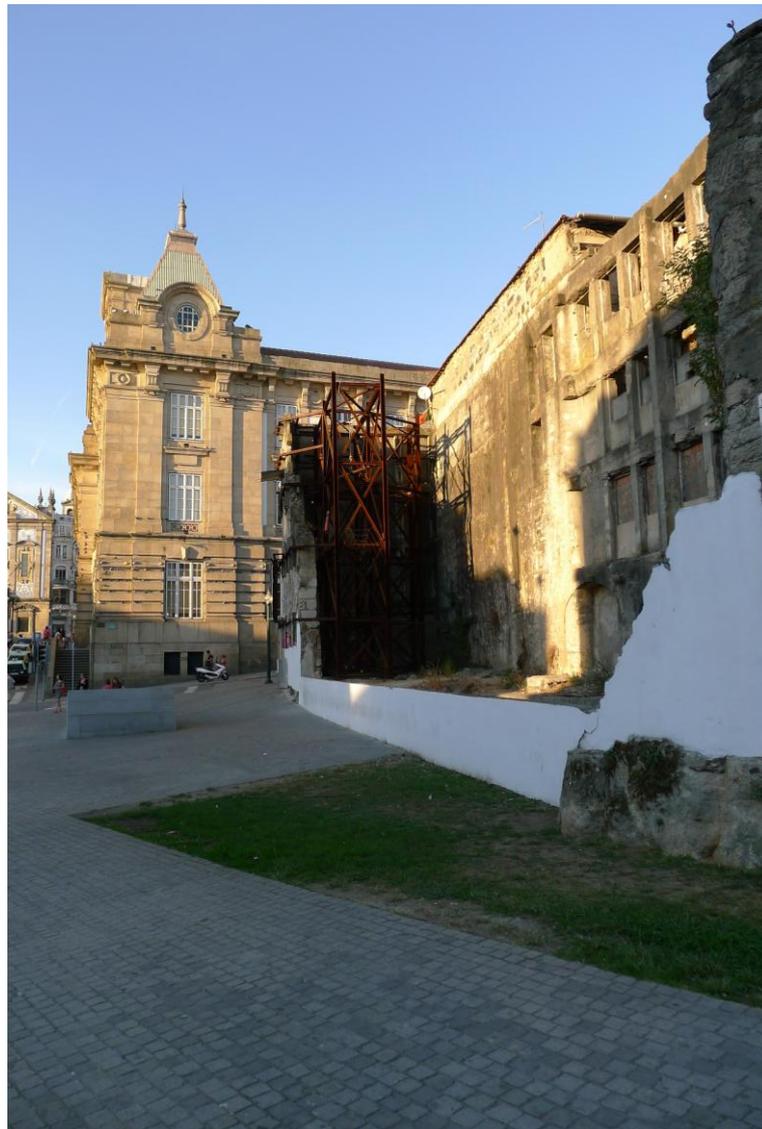


Fig. LVIII - Fotografia do Lote a intervir.

A função deste edifício é portanto a criação de espaços habitáveis para jovens que se poderiam fixar aí temporariamente arrendando ou tendo sido atribuídos esses espaços. Temos portanto a necessidade de configurar o máximo de espaços, ou módulos habitáveis possível, mantendo, e isto é essencial qualidade na criação dos espaços, tanto internos como externos. O conceito deste projeto neste caso específico é sobretudo a criação de habitação mínima, com espaços comuns para habitantes com necessidades temporárias.

O conceito foi portanto criar 4 módulos distintos, 3 habitacionais e um deles foi dimensionado como um espaço de trabalho temporário destinado a aluguer. Em termos de tipologia temos dois módulos de características semelhantes, T0 e Escritório e, dois maiores módulos habitacionais, T1. Outros módulos poderiam ser obviamente experimentados mas o interesse principal era a criar variedade dentro dos próprios sistemas externos e internos. Para demonstrar as diferentes formas exteriores e a variedade de formas interiores.

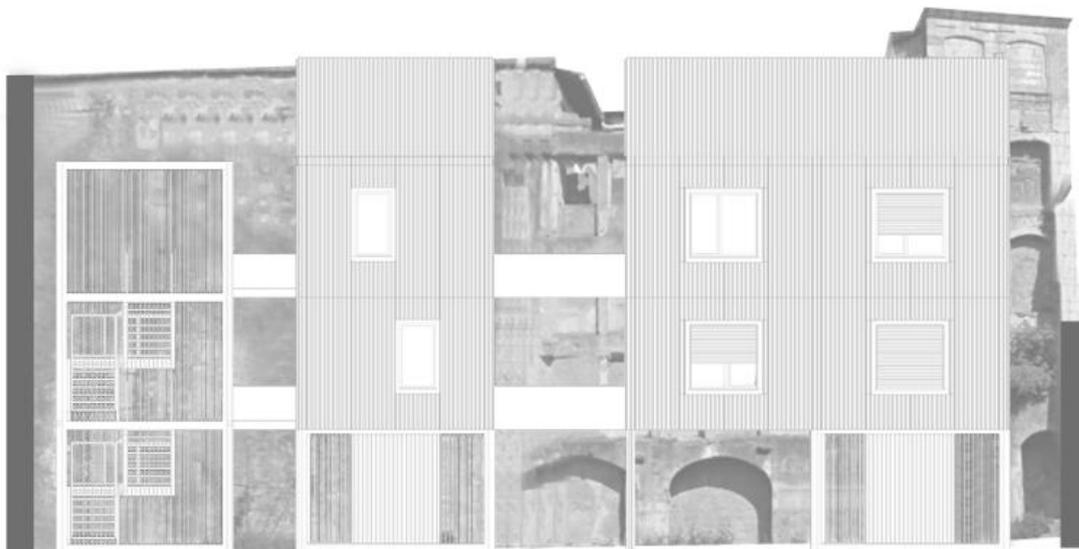


Fig. LIX - Alçado Poente

Tal como a oportunidade habitacional criada neste espaço também a oportunidade social e comunitária dos espaços comuns foi trazida para primeiro plano. Minimizando a implantação ao máximo é possível potencializar espaços comuns e criar interações e fenómenos de dinamismo fora da própria habitação. Uma série de balcões separam os dois blocos comuns, provocam a sua individualidade e ao mesmo tempo um espaço de lazer e de reunião, para os habitantes e para a cidade. O espaço de acesso encontra-se “escondido” na parte mais fechada do espaço pré-existente, a entrada mantém-se para a Rua do Loureiro estando assim ao mesmo tempo a permitir a abertura do edifício para a rua e a avenida D. Afonso Henriques.

No piso térreo, a planta livre permitiu criar duas salas comuns acessíveis aos habitantes de cada bloco, estando abertas para o exterior através de um sistema de ripado no qual penetra

a luz mantendo o espaço semiprivado. Entre estas salas encontra-se um jardim/horta para o usufruto e proveito dos residentes. È também ele um espaço de encontro e de estímulo social e ecológico convidando à plantação e criação de uma pequena horta comunitária.

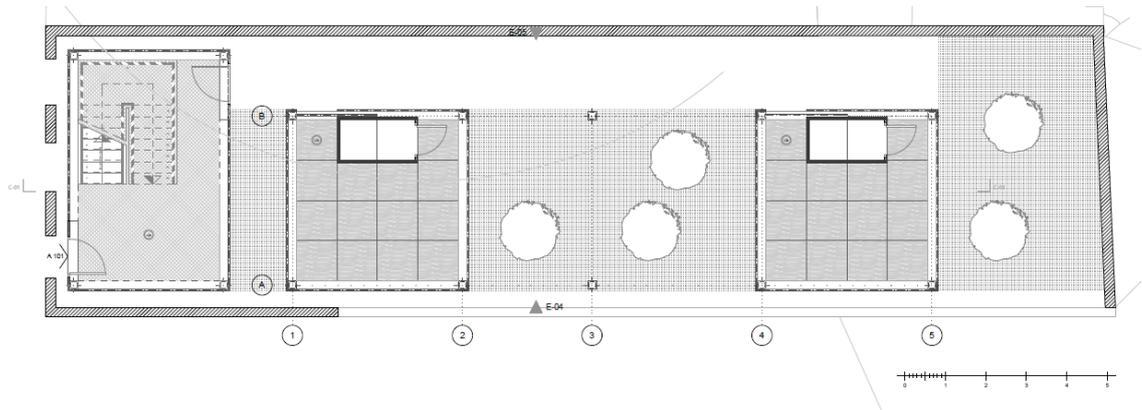


Fig. LX - Piso térreo.

Nos 2 pisos seguintes desenvolvem-se os grupos habitacionais. Um passadiço fixo às estruturas dá acesso desde o bloco de escadas até aos apartamentos. Os apartamentos, T1 têm os serviços acomodados nas duas pontas do quadrado de 4 por 4 metros. Um estúdio flexível permite a ocorrência de várias funções no mesmo espaço. Um pequeno módulo sanitário, composto de sanita e lavatório encontra-se no centro sendo ladeado pela entrada e o chuveiro. No módulo oposto à entrada, encontramos um móvel modular multifunções, ao fundo no canto direito um módulo cozinha com armário lateral forma um pequeno centro para refeições enquanto que à sua esquerda o módulo cama/mesa e arrumos completam as funções do espaço. Gostaria de ressaltar o conhecimento das limitações deste tipo de tipologia mínima. No entanto, o intuito desta dissertação é também providenciar soluções de implantações mínimas excepcionais. Neste caso, optei por minimizar o espaço para explorar as capacidades do sistema.

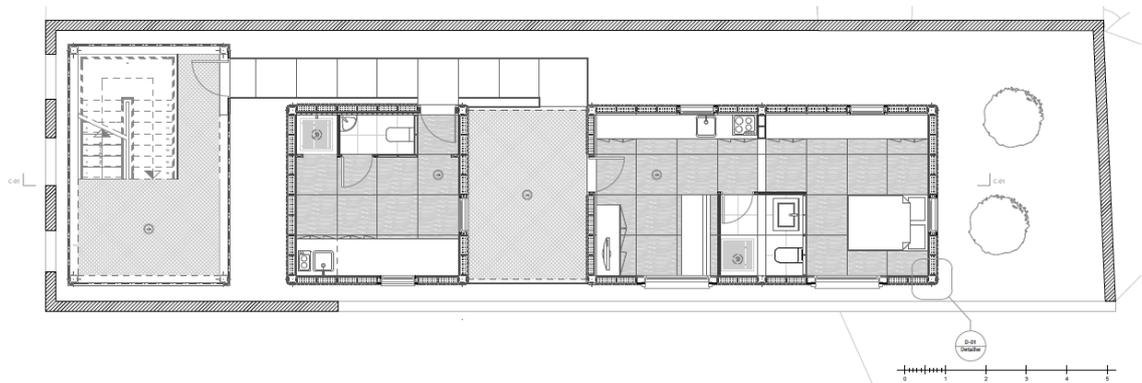


Fig. LXI - Pisos superiores

Na outra extremidade do edifício encontra-se o apartamento T1. Este é uma dupla replicação da área do T0, aqui demonstrando a capacidade de extensão dos mesmos e da anexação de estruturas a um módulo inicial. O T1 tem no primeiro bloco a sala e cozinha abertas sendo o segundo bloco para um quarto/escritório. Entre os dois o bloco sanitário separa as duas funções criando um corredor.

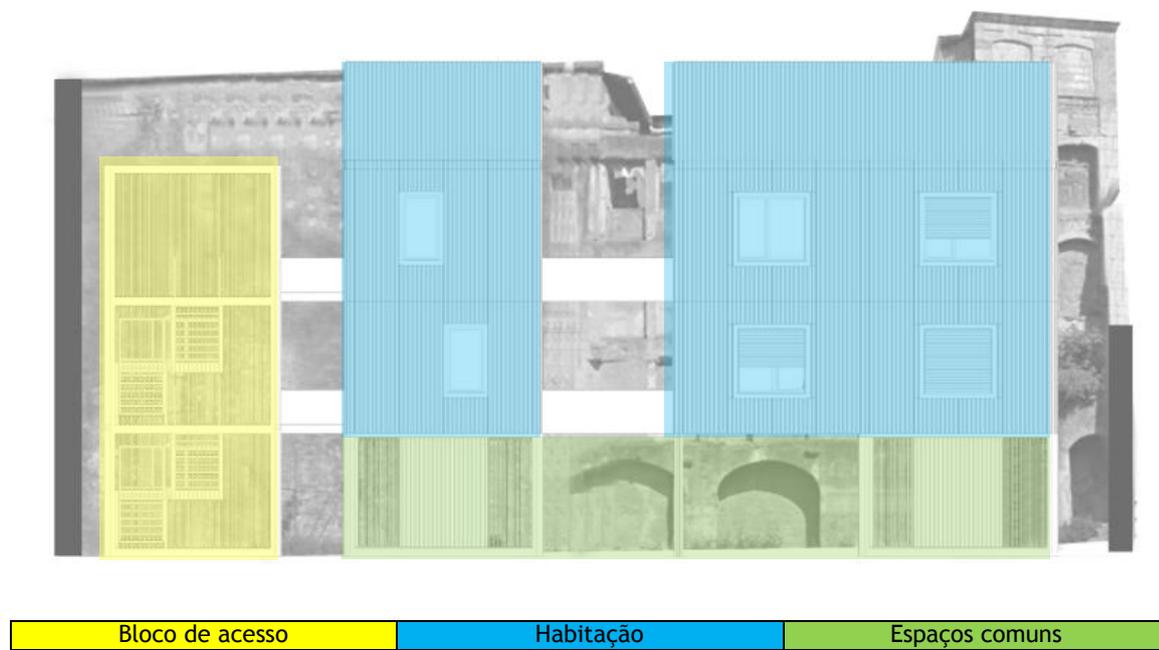


Fig. LXII - Diagrama de funções

Na constituição das plantas desenhamos os dois módulos de áreas distintas mas de disposições interiores diferentes. O Módulo A1 e A2.

A1

O módulo A1 - Habitação tem um espaço interior útil de 16 metros quadrados. Aqui uma cozinha aberta e um espaço secretária que desdobra como cama compõem as funções do espaço útil. Encontram-se também a existência de instalações sanitárias. Este espaço é destinado a uma pessoa, possivelmente um estudante. Sendo um espaço para serviços mínimos sendo quase um módulo de habitação básica para um indivíduo. O outro espaço dimensionado possui a mesma área e a capacidade de readaptação a um T0 no entanto destina-se a um espaço de trabalho que pode receber até 3 pessoas.

A2

O módulo A2 - Este espaço destina-se sobretudo à habitação de um casal. Tendo 32 metros quadrados, este espaço salvaguarda as funções mais importantes, tendo um quarto, uma cozinha aberta e uma casa de banho.



Fig. LXIII - Projeção tridimensional alçado nascente

De referir que tanto os espaços como as suas dimensões são no sentido de maximizar o aproveitamento dos lugares e das possibilidades privilegiando o espaço público comum. As tipologias e dimensões internas estão pensadas para a introdução de uma vida dinâmica e como um pequeno refúgio citadino para pessoas que tenham um grande contacto e necessidade da cidade. Procura-se privilegiar o próprio dinamismo da mesma relevando áreas e funções das habitações para o espaço público como é exemplo a utilização de jardins e salas comuns. Neste exemplo específico o utente é um jovem, dinâmico, estudante que usa a casa como base para uma vida fora dela. Neste caso quis levar à máxima a oportunidade que o lugar oferece, para ser também ele uma oportunidade para o seu utente que aqui consegue num espaço reduzido dar também oportunidade às pessoas que dele necessitam.



Fig. LXIV - Projeção tridimensional Alçado Nascente

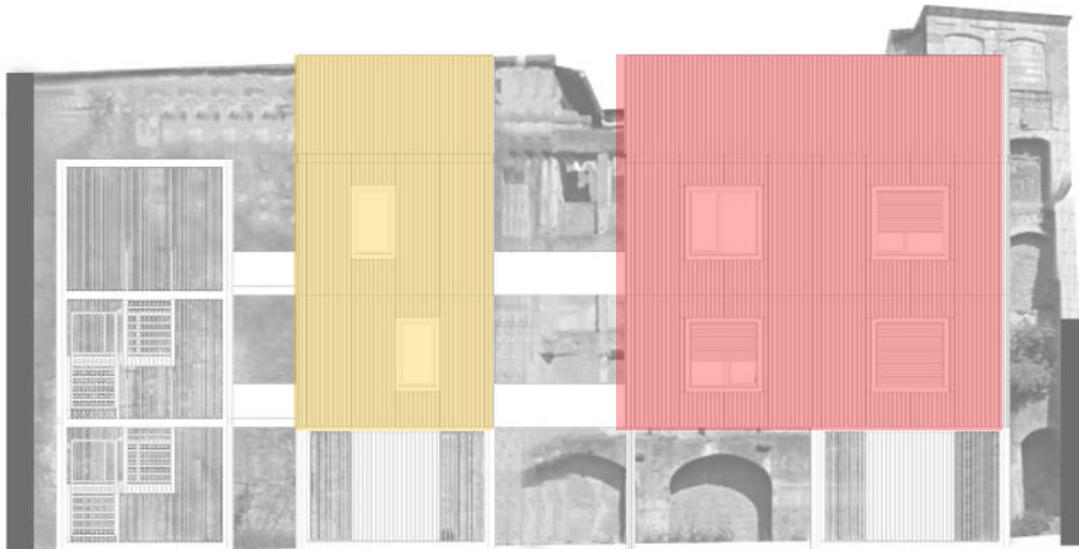


Fig. LXV - Diagrama de tipologias

Em termos da materialização do edifício optamos por fazer uma referência velada à própria cidade. A forma marcada pela sua cobertura inclinada aponta para os próprios telhados da cidade que fruto das suas tipologias são compridos e inclinados. Fazendo uma alusão e ao mesmo tempo uma reverência ao espaço e as formas da cidade que ao inovar não pretende quebrar. Na escolha do material que cobre as fachadas optei pela chapa metálica por ser ela própria uma marca da cidade, não como material de eleição mas sim como material de emendas. Um pouco por toda a cidade este material e estas formas encontram-se em telhados e em fachadas, sendo usados como recurso para remendar os próprios edifícios. Sendo este projeto uma ideia de recuperação, querendo ser um remendo para a própria cidade, não poderia haver melhor material para começá-lo.



Fig. LXVI - Referências conceptuais da cidade

Visualmente este é porém um exemplo das possibilidades físicas e estéticas do projeto. O papel do arquiteto e do cliente está por isso sempre assegurado junto deste sistema, a capacidade de expressão continua existindo num sistema que sustenta. Aqui o esforço estético foi no sentido de integrar respeitando a sua envolvente. A intervenção por essa mesma razão manteve intocada a sua envolvente.



Fig. LXVII -Projeção tridimensional do projeto a partir da Av. D. Afonso Henriques

Aqui vemos o edifício completo, a sua capacidade de adaptabilidade pode ver várias alterações ao longo dos anos. Dependendo das escolhas uma instalação destas poderia ter vários donos e várias expressões estando sempre ao serviço do seu utente sem implicações para o espaço ou a envolvente.

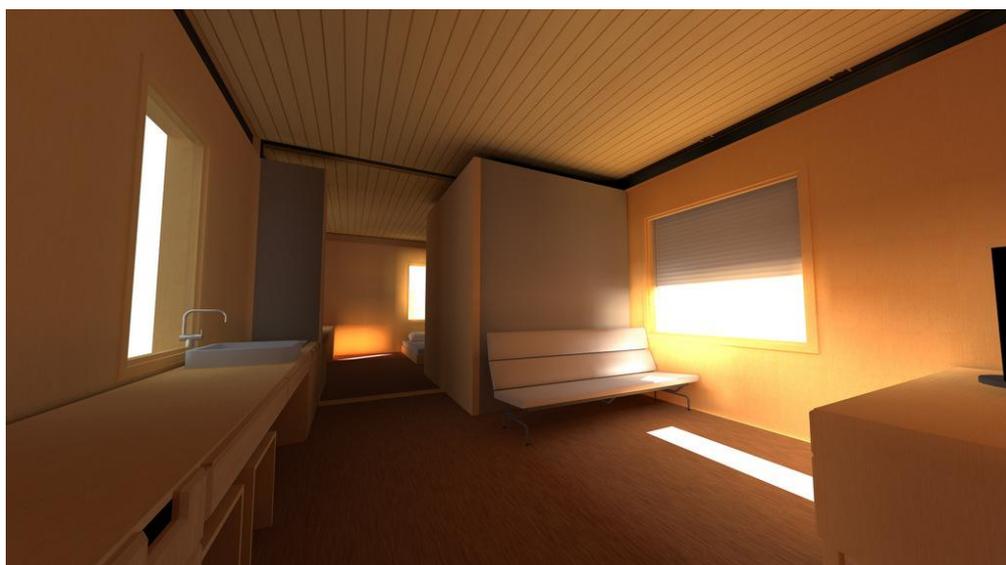


Fig. LXVIII - Pré-visualização dos espaços interiores T1

Nos quadros seguintes podemos imaginar uma possível evolução do projeto ao longo do tempo com alterações estéticas, funcionais e estruturais.



Fig. LXIX - Possíveis evoluções do projeto ao longo do tempo.

Considerações finais

Um edifício é, no fundo, nada mais do que um conjunto de materiais que formam um algo maior. Reconhecemos que estes materiais vieram de algum lugar e por artes construtivas são mantidos juntos por um tempo e que, em algum momento futuro transitarão para outro estado. Enquanto nós tendemos a pensar em edifícios como permanente, eles são na verdade apenas um estado de repouso para os materiais, um equilíbrio temporário que está destinado a ser perturbado pelas forças entrópicas que impulsionam o universo físico. Trata-se de aceitar a inevitabilidade. Nesta dissertação não fiz nenhuma reivindicação para a permanência. Como uma estrutura que é, em primeiro lugar, uma matriz para a realização de materiais em conjunto, tentamos dar lugar de tal maneira a criar um invólucro habitável. O conceito chave aqui esta em unir elementos, e não em fixá-los. Até certa medida tudo deveria ser recuperável, as decisões e vontades reversíveis. Não há razão para condenar numa vida as restantes com a pretensão à permanências. A ideia do projeto é podermos libertá-lo a qualquer momento. Seja para reuni-lo de novo mais tarde noutra lugar, seja para restitui-lo ao seu ciclo material ou seja para dar-lhe outro fim, mas nunca deixá-lo como algo intermédio, inerte, num purgatório físico. Uma solução nunca deve ser um problema tal como se devem deixar as pontas de um nó, também com a construção devemos prever a própria retirada. Quando os materiais são fixados um a outros eles tornam-se parte de uma estrutura em material compósito, a partir da qual pode ser libertada apenas gastando grandes quantidades de energia. Num edifício os materiais individuais são num certo sentido irrelevantes, é sim a maneira pela qual eles são unidos que define a essência de uma estrutura.

Muitos projetos pré-fabricados procuram conseguir reduzir edifícios em módulos que são feitos numa fábrica e montados no local. Isto é ainda construção convencional, houve apenas uma industrialização da mesma, sendo a fábrica agora o local de construção ao invés de verdadeiro local da construção. Tais projetos normalmente incorporam uma abordagem do fim para o princípio: projetam do edifício e, em seguida, criam um sistema para que ele funcione. Continua a ser uma réplica da construção convencional e conduz no mesmo sentido.

Neste projeto optamos pela abordagem inversa. Começamos com o sistema estrutural como base que permita a arquitetura crescer para lá das suas oportunidades e limitações. O que emerge é um projeto que é holístico na sua abordagem, não há uma conformação com o sistema modular, não há uma predefinição estrita de espaços. Há sim a arquitetura ao serviço da necessidade. Na verdade este sistema é mais que tudo um sistema de pré-fabricação *offsite*, porque a arquitetura deve ser capaz de obedecer aos locais de maneira única e individual, respondendo às necessidades de todas as partes envolvidas, ao invés de enviar um espaço vazio em módulos convencionalmente construídas.

O sistema conta com um sistema de elementos personalizáveis. Uma moldura de madeira e alumínio serve como uma matriz em que outros elementos feitos de fábrica, como pisos e tetos, escadas, instalações sanitárias e áreas técnicas que podem ser anexados. O esqueleto estrutural de madeira é aparafusado nas conexões metálicas universais de fábrica, ao invés de soldadura, permitindo que ela seja tão facilmente desmontada como é montada. Além disso, esta estrutura permite que qualquer uma das paredes, pisos, estrutura ou da cobertura exterior serem substituídos em qualquer altura sem modificações invasivas. Através de modificações simples, a casa pode se adaptar a uma variedade de fatores climáticos, orientações solares, encostas e adjacências. Uma vez que todas as cargas estruturais são transportadas por elementos de estrutura exteriores, também é simples de reorganizar plantas de interior. Um par de quartos por exemplo, podem ser criados em lugar do escritório ou do jardim, caso o exija uma família com necessidade de espaço extra. A gama de opções de materiais também permite que a casa seja personalizada para as diferentes necessidades, gostos e bolsos dos consumidores. Alguém que deseje um custo mais baixo pode escolher um pacote completamente diferente de materiais. Os usuários são encorajados a alterar a matriz de componentes e *layouts* como entenderem. Independentemente das alterações que são feitas, o método de fabricação continua o mesmo.

Idealmente o modelo é fabricado praticamente com *Building Information Modeling* (BIM). Isso faz com que a fabricação simultânea *offsite* seja possível. A certeza geométrica e dimensional do modelo virtual permite que as peças a construir e a sua montagem estejam de acordo com as tolerâncias exigidas. O BIM produz uma mais eficaz coordenação estrutural e mecânica, maior gerenciamento de peças e horários para aquisição, uma abordagem mais clara da montagem e do seu sequenciamento, e um maior controle sobre fabricação e construção. O modelo virtual é a única fonte de informação a partir do qual todos os detalhes, cronogramas, listas de peças e desenhos de fabricação são derivados.

Ao criar um sistema em que os materiais pré-existentes podem ser simples e facilmente inseridos, este modelo reduz drasticamente o número de consultores necessários para construir uma casa. Praticamente todos os elementos da casa estão facilmente disponíveis através de uma rede nacional de fornecedores *open-source*, e podem ser montados em qualquer lugar a qualquer momento. O fabricante *offsite* simplesmente coordena a estrutura e as conexões e os materiais para paredes e pisos, e a casa está pronta para montar. Devido à natureza das articulações, não há ferramentas especializadas ou instalações necessárias, de modo que o número de fabricantes elegíveis é praticamente ilimitado.

O sistema é montado em vez construído. Ele pode desaparecer tão facilmente como aparece. No final da sua vida útil vai ser desmontada em vez de demolido. A qualquer momento, os seus componentes podem ser modificados e trocados com facilidade, sem necessidade de ferramentas ou habilidades especializadas. Quando necessário, as conexões podem ser removidas e as camadas desunidas, de cima para baixo. Todas as paredes internas

são mantidas no lugar por inserções removíveis encaixadas na estrutura, estas podem ser removidas numa questão de minutos sem afectar a mesma. Durante todo este processo, os materiais individuais mantêm a sua integridade, e podem ser facilmente extraídos, trocados, reutilizados ou reciclados. Madeira, plástico, vidro e alumínio pertencem a um fluxo de resíduos com um ciclo bem estabelecido permitindo que toda a casa de ser desmontada, classificada e separada em cadeias de reciclagem existentes não deixando resíduos remanescentes.

Dar novo uso às peças é também um conceito cujo benefício estende a capacidade do edifício além da sua função primária, podendo dar origem a uma indústria de peças recuperadas. Abre-se um novo mercado em que as estruturas inteiras são mais uma vez feitas a partir de materiais reciclados e partes de estruturas anteriores. Essa nova economia cria um proprietário com a capacidade de adquirir toda uma estrutura, ou parte de uma estrutura através do fabricante ou, talvez, através de terceiros e montá-lo apenas com apenas alguns trabalhadores.

O processo de montagem começa com *offsite* com a fabricação do piso e teto, e dos painéis centrais das paredes exteriores. Bem como toda a gama de conexões que distribuem aquecimento radiante, água quente e fria, águas residuais, ventilação e energia elétrica através da casa. A casa de banho e sala de mecânica, módulos totalmente integrados e com as conexões básicas pré-instaladas são levantados para a sua posição. Painéis de parede exterior contendo estrutura, isolamentos, janelas, acabamentos interiores e cobertura exterior completam a montagem.

Uma das potencialidades deste projeto e deste sistema é a capacidade de criação de exceções ao mesmo, ou seja, a criação de peças únicas adaptadas a necessidades e funções específicas. Qualquer necessidade que saia do âmbito das peças produzidas em massa pode ser idealizado e desenhado para encaixar no próprio sistema. Se o cliente desejar uma peça personalizada, ou um tipo de instalação específica como uma janela ou um determinado tipo de porta ou acabamento, pode fazê-lo bastando que para isso se mantenham os encaixes e a estabilidade requerida. O sistema permite também ser parte integrante de um corpo distinto podendo ser um anexo a uma construção pré-existente ou mesmo podendo receber intervenções específicas de outro tipo de construção (pese no entanto a capacidade de condicionar a remoção do mesmo) que lhe aportam uma nova dimensão não prevista no sistema inicial.

Esta metodologia confronta não só a questão de como podemos montar a nossa arquitetura mas também a nossa obrigação de assumir a responsabilidade pela sua desmontagem. Todos os componentes podem ser montados no local rapidamente com uma chave de fendas, e, mais importante, também da mesma maneira eles podem ser desmontados rapidamente. Este modelo representa uma muito mais extensa agenda de remoção e desmontagem. É uma visão

em que a nossa arquitetura, ao mesmo tempo que é desmontada em algum momento desconhecido, pode ser transferida e remontada em novas formas a partir de peças recuperadas.

Aplicações do sistema construtivo

Sendo um sistema construtivo o limite de aplicações é infinito. Neste caso específico foi considerado para um sistema habitacional estando contudo habilitado a qualquer tipo de finalidade e função. A sua aplicação não restringe, salvo impedimentos de ordem física, o seu uso para quaisquer tipos de funções. A sua capacidade adaptativa torna-o também uma excelente solução para comércio ou lazer. Numa aplicação massificada do mesmo pode-se mesmo imaginar toda uma série de edifícios e conjuntos habitacionais, comércio e de serviços existindo “dentro” da própria cidade. Ocupando os seus espaços intersticiais, este sistema permitiria o aparecimento de mega comunidades “escondidas” atrás das fachadas da cidade podendo ser criadas novas dinâmicas, espaços e soluções.

Administração e Aplicações

No âmbito das possíveis aplicações deste sistema construtivo foi pensado um sistema semicomercial tutelado pelo Estado com a possibilidade de investimento semiprivado. A manufatura e a montagem estariam a cargo de um sistema centralizado com parcerias e destacamentos locais que conduziriam a construção do sistema para fins sociais e de utilidade pública. A construção basear-se-ia na maior parte dos casos na procura de soluções e materiais portugueses incentivando a indústria e a economia locais. Os processos seriam conduzidos através das administrações locais existindo grupos especializados em cada região responsáveis pelo cálculo e aplicações das estruturas. O sistema de construção governamental seria sobretudo para construção de equipamento e habitação social, estando prevista a capacidade de intervenção na área urbana das cidades sob a alçada do interesse público. Tendo este sistema construtivo uma aplicação que não afeta a sua envolvente, a sua imposição e intervenção nos espaços privados seria de consequências mínimas, existindo um contrato de aluguer público de espaços onde não existissem planos para restauro ou reconstrução urbana. Assim o Estado poderia rapidamente intervir e assegurar espaços vitais no seio das suas malhas urbanas que pudessem ter imediato impacto social, estando assim ao mesmo tempo sem comprometer interesses privados havendo a possibilidade de remoção completa findo o prazo de aluguer.

O equilíbrio financeiro desta proposta seria atingido pela comercialização do sistema construtivo. Aqui entraria o investimento privado que equilibraria os custos de produção da obras de cariz social. O sistema estaria disponível para a compra por qualquer indivíduo. Existiriam por todo país vendedores autorizados em que o cliente entraria e escolheria e desenharia o seu próprio projeto. Tendo à escolha toda uma série de modelos e acabamentos

poderia facilmente comprar as peças necessárias à construção que seriam posteriormente aplicadas pela própria agência governamental responsável pelas estruturas havendo assim uma considerável aceleração do processo construtivo e evitando trâmites burocráticos de aprovação dos projetos. A sua aplicação estaria de acordo e seria assegurada pelo próprio Estado. Da mesma maneira que os edifícios sociais poderiam ser removidos pelo Estado, também as habitações privadas poderiam ser desmontadas tendo essa característica agora uma nova dimensão. Havendo a construção destas estruturas ou pelo Estado ou por incentivo privado, elas também poderiam ser alugáveis, ou seja, existiriam suportes físicos estruturais nas cidades que poderiam ser alugados ou comprados por clientes individuais. Isto na prática equivaleria à capacidade de transporte e mudança do local da nossa habitação. Usando estas redes estruturais de acesso público, um indivíduo poderia ter uma casa montada num destes espaços no Porto e transportá-la consigo para Lisboa montando numa malha semelhante.

A grande orientação de toda a dissertação foi, acima de tudo uma tentativa de delegar e equilibrar a relação da arquitetura com o seu utilizador e, além dos compromissos ecológicos, estabelecer uma ligação mais estreita com o utilizador comum e libertar o projeto de arquitetura. Trabalhar no sentido de uma criação livre e adaptável que escapa e pode ser mais que os próprios desígnios iniciais. Dar poder as pessoas de escolher e fazerem elas próprias a sua arquitetura é o primeiro passo para despertar o seu espaço na consciência coletiva para que possa fazer a diferença.

Bibliografia

SMITH, Ryan E. (2011). "Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction". John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey

BALDAUF, A. S. F. (2004). Contribuição a implementação da coordenação modular na construção do Brasil Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BREGATTO, P. R. (2008). Coordenação modular - Parte I,II e III. Agosto, 2013, de:

- <http://bregatto.blogspot.com>

CHING, F. D. K. (Ed.). (1998). Arquitectura: forma, espacio y orden. Mexico: GG.

CASTELO, J. L. D. C. (2008). Desenvolvimento de modelo conceptual de sistema construtivo industrializado leve destinado a realização de edifícios metálicos. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

RAMOS, A. T. (2007). Prefab perfection. Essential Lisboa, 20.

- <http://www.modular-system.com/images/1227811430.pdf>

TIMBERLAKE, Kieren, Stephen, and James, (2004) Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction. New York: McGraw Hill.

GREVEN, H., e BALDAUF, A. (2007). Introdução a coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada (Coleção Habitare ed., Vol. 9). Porto Alegre, Brasil: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC.

Canadian Wood Council. "Adhesives." Canadian Wood Council-Products.

- <http://www.cwc.ca/products/connections> (accessed 02 16, 2011).

Detail. Murray Grove. 2009.

- http://www.detail360.com/project/murray-grove-pjid_1501.htm (accessed 01 19, 2011).

Naturally:wood. "Wood Product Supplier Directory." naturally: wood. 2010.

- <http://naturallywood.com/productdirectory/default> (accessed March 03, 2011).

UN-HABITAT. State of the World's Cities 2010/2011: Bridging the Urban Divide. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2008.

Urban Arts Architecture. "Canadian Wood Council." Expanding Market Demand for Canadian Wood Products. March 8, 2008.

Permanent Modular Construction 2011: Annual Report. 2011. The Modular Building Institute.

- <http://www.triumphmodular.com/permanent-modular-building.php>

LU, Na. (2007), Investigation of the Designers' and General Contractors' Perceptions of Offsite Construction Techniques in the United States Construction Industry, Clemson University, Clemson, GA.

Bergdoll, Barry, and Peter Christensen. 2008. Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling. New York: The Museum of Modern Art.

Alves, Tiago Rodrigues, "Metade das casas do Centro Histórico do Porto estão vazias", Jornal de Notícias, 02 de Novembro de 2011.

UN-HABITAT, Relatório "State of the world Cities 2010/2011", 2010

Yardley, Jim (2011), "In One Slum, Misery, Work, Politics and Hope", New York Times, 28 de Novembro.

"Replacement Migration: Is it a Solution to Declining and Ageing Populations?", Population Division, Department of Economic and Social Affairs, Nações Unidas, Nova Iorque, 2000.

CIB Publication, 266, "Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy", 6 de Abril de 2001, (pp. 6-7)

EUROCONSTRUCT (2004), "The Outlook for the European Construction Sector".

INE - Censos 2011 - Resultados preliminares. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P. (2011) em www.ine.pt, acedido a 6 de Junho de 2013.

HABRAKEN, N. John. The Control of Complexity. (p. 3)

- http://www.habraken.com/html/downloads/control_hierarchies.pdf

CRUZ, Lina Nunes, H. A madeira como material de construção. (2010)

Anexos

Desenhos técnicos e Informações adicionais