

Madeira: da matéria ao material, aos novos produtos, à
construção
o material, o indivíduo e o tempo

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitectura
FAUP

Rita Monteiro Vieira
2011

Orientador: Professor Arquitecto António Madureira

AGRADECIMENTOS

Ao Professor António Madureira, pelo acompanhamento, confiança, dedicação e orientação que, ao longo deste ano, disponibilizou;

À Professora Ana Isabel Costa e Silva, pela ajuda e disponibilidade que demonstrou;

Aos meus pais e irmã, pelo estímulo e atenção que, desde sempre, me dedicaram;
À Margarida, Ju, Inês, Sara e a todos os meus amigos que, de alguma forma, me apoiaram durante todo o meu percurso académico;

Ao Pedro, por tão pacientemente me ter ouvido, pela ajuda, pelo entusiasmo, enfim; pelo apoio incondicional.

Muito obrigada.

RESUMO

No primeiro grande capítulo, uma abordagem inicial será feita à madeira, de modo a poder compreender-se o material em si e as suas propriedades e características, tendo sempre em consideração – e como termos de comparação – o betão e o aço. Para tal, e numa breve introdução, far-se-á referência aos grandes sistemas construtivos tradicionais e à construção em madeira, em geral, por todo o mundo e ao longo dos tempos, incidindo-se, no final, sobre a situação da mesma em Portugal. Em segundo lugar, e como anteriormente referido, explicar-se-ão – e partindo-se da sua composição química – todas as características e propriedades da madeira, cuja compreensão se revela essencial para o entendimento de como os novos produtos surgiram e de como se poderão, ainda, desenvolver.

De seguida, e ainda neste primeiro grande capítulo, mostrar-se-á a versatilidade da madeira e os seus diversos usos e aplicações para além da construção – que virá complementar a informação anteriormente exposta no sentido da compreensão da madeira como *material*, como *matéria*.

Num segundo grande capítulo, tratar-se-á das mais recentes tecnologias na construção em madeira – que viram a sua rápida evolução a partir do surgimento de colas sintéticas –, fazendo-se uma breve referência ao mobiliário desenvolvido, com estas tecnologias, por Alvar Aalto. Cada uma das tecnologias referidas será devidamente explicitada e, quando se proporcionar, acompanhada por exemplos onde tenha sido aplicada. A questão da Sustentabilidade será igualmente abordada, capítulo onde se explicará o papel da madeira no caminho por um *desenvolvimento sustentável* do planeta.

Num momento final, três casos de estudo – todos eles compostos por estruturas em madeira – serão alvo de uma abordagem mais aprofundada: a Capela de Sogn Benedetg, do arquitecto Peter Zumthor, a Casa de Hóspedes em Sintra, de Álvaro Siza e António Madureira e, por fim, um projecto não construído, da minha autoria – situado em Siem Reap, Cambodja –, realizado no âmbito da disciplina de Projecto durante o meu ano de mobilidade em Paris, aproveitando para se mostrar tanto um contexto como um modo de pensar e, consequentemente, *projectar*, ou *fazer projecto*, significativamente diferentes daqueles a que estamos acostumados. Esta abordagem final porá em confronto os três projectos, centrando-se não apenas nas semelhanças e diferenças entre estes, mas focando-se também no efeito da madeira sobre o utilizador, procurando enfatizar o modo como os materiais afectam o espaço e, de igual forma, a presença do corpo, ou a consciência de si próprio, no mesmo.

ABSTRACT

In the first major chapter, an initial approach to wood will be made, so that one can comprehend the material itself and its properties and characteristics, having always in consideration – and as comparison terms – concrete and steel. To that end, and on a short introduction, the major traditional construction systems and all timber construction in general, all over the world and throughout time, will be referred to, inciding, in the end, over its situation in Portugal. Secondly, and as before mentioned, all wood characteristics and properties will be explained – starting on its chemical composition –, comprehension of which is essential to the understanding of how new products emerged and of how they may, still, be able to evolve.

Afterwards, but still in this first major chapter, the versatility of wood and its diverse uses and applications beyond construction will be demonstrated – which will complement the previously disclosed information in the sense of comprehending wood as a material, as matter.

The second major chapter will address the most recent technologies on wood construction – which quickly evolved after the appearance of the first synthetic glues –, with a short reference to the furniture Alvar Aalto designed with these technologies. Each of these will be duly explained and, when suitable, accompanied by examples where it has been applied. The issue of Sustainability will be equally approached. In this chapter, wood's role on the path for a sustainable development of the planet will be explained.

In a final moment, three case studies – all of them using wooden structures – will be subject to a deeper approach: architect Peter Zumthor's Sogn Benedetg Chapel, the Guest House in Sintra, by Álvaro Siza and António Madureira and, at last, an unbuilt project, of my authorship – located in Siem Reap, Cambodia –, held under the discipline of Project during my exchange year in Paris. The analysis of this last project takes the opportunity to show both a context, a way of thinking and, consequently, projecting, or doing project, significantly different from those we are accustomed to. This final approach will confront the three projects, centering itself not only on the similarities and differences between them, but also focusing on the effect wood has on the user, emphasizing the way materials affect space and, equally, the presence of the body, or its self-consciousness, in the same space.

RÉSUMÉ

Dans le premier grand chapitre, on fera une première approche au bois, afin de comprendre la matière première elle-même, ses propriétés et caractéristiques, en y tenant compte - et comme terme de comparaison - le béton et l'acier. Dans une brève introduction, on fera d'abord une référence aux grands systèmes de construction traditionnelle, ensuite on fera une approche à la construction en bois partout dans le monde et le long des siècles et, finalement, on décrira la situation de la construction en bois au Portugal. Deuxièmement, on essaiera d'expliquer toutes les caractéristiques et propriétés du bois, dont la compréhension est essentielle pour établir comment les nouveaux produits sont apparus et comment ils pourront encore se perfectionner.

Ensuite, et encore dans ce premier grand chapitre, on essaiera de montrer la polyvalence du bois et de ses utilisations et applications au-delà de la construction – ce qui complétera les informations déjà divulguées dans le sens de la compréhension du bois comme matériel et comme matière.

Dans un deuxième grand chapitre on se penchera sur les nouvelles technologies de la construction en bois – dont la rapide l'évolution a eu lieu après de l'émergence des colles synthétiques – en faisant une brève référence aux meubles conçus par Alvar Aalto en utilisant ces technologies. Chacune de ces technologies seront clairement précisées et, si nécessaire, elles seront illustrées par des exemples d'application. On traitera aussi la question de l'environnement et le rôle joué par le bois dans une trajectoire de développement soutenable de la planète.

Dans le dernier chapitre on exposera trois études de cas de structures en bois: la chapelle de Sogn Benedetg, de l'architecte Peter Zumthor, la maison d'hôtes à Sintra, d' Alvaro Siza et Antonio Madureira et, finalement, un projet à moi, non construit, - situé à Siem Reap, Cambodge – développé dans la matière de Projet au cours de mon année de mobilité à Paris, avec lequel on a essayé de montrer à la fois un contexte comme une manière de penser et, par conséquent, de projeter bien différent de ceux dont nous avons l'habitude. Cette approche permettra de confronter tous les trois projets, en se concentrant non seulement sur les similitudes et les différences entre eux, mais aussi en se concentrant sur l'effet du bois sur l'utilisateur, en soulignant comment les matériaux affectent l'espace et, tout aussi, la présence du corps, ou la conscience de soi dans le même.

ÍNDICE

I. PREFÁCIO	15
II. MADEIRA	17
1. UMA BREVE INTRODUÇÃO	19
2. CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES	21
3. PARA ALÉM DA CONSTRUÇÃO	33
3.1. Mobiliário	
3.2. Instrumentos musicais	
3.3. Arte	
3.4. Cofragens e andaimes	
3.5. Livros e papel	
3.6. Construção e Arquitectura Naval	
III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA	51
1. INTRODUÇÃO	53
2. SUSTENTABILIDADE	59
3. AS TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA	63
3.1. Madeira sólida estrutural	
3.2. Madeira lamelada colada	
3.3. OSB	
3.4. LVL	
3.5. LSL	
3.6. Three- and five-ply panels	
3.7. Laminated construction board	
3.8. Parallel strand lumber	

3.9. Fibreboard	
3.10. Flat-pressed boards	
3.11. Blockboard and laminated board	
3.12. Timberfabric	
3.13. Madeira líquida	
4. CASOS DE ESTUDO	93
4.1. Igreja Sogn Benedetg	
4.2. Casa de Hóspedes em Sintra	
4.3. Habitação colectiva em Siem Reap	
4.3.1. Um pouco sobre o Cambodja	
4.3.2. O projecto	
4.4. CONFRONTO ENTRE OS TRÊS CASOS DE ESTUDO	111
IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
V. ANEXOS	123
VI. BIBLIOGRAFIA	193
VII. FONTES ICONOGRÁFICAS	203

Wood is universally beautiful to man. Man loves his association with it; likes to feel it under his hand, sympathetic to his touch and to his eye.

Frank Lloyd Wright *

* in PFEIFFER, Bruce Brooks, *Frank Lloyd Wright*, Benedikt Taschen, 1991, Köln

I. PREFÁCIO

Pretende este trabalho debruçar-se, essencialmente, sobre as novas tecnologias – ou novos produtos – na construção em madeira, procedendo-se, para tal, a um estudo mais pormenorizado de três obras seleccionadas e deixando-se a abordagem à construção tradicional em madeira num estado pouco aprofundado, apenas como meio introdutório e de contextualização. Procura, de igual forma, mostrar-se que a madeira constitui um material que pode verdadeiramente competir com o betão e o aço na construção contemporânea. Para tal, estudar-se-ão as características e propriedades da madeira, como material, *matéria*, bem como os mais recentes produtos que dela derivam, estudo este auxiliado, como supramencionado, por três casos de estudo: a Igreja de Sogn Benedetg, de Peter Zumthor, a Casa de Hóspedes em Sintra, dos arquitectos Álvaro Siza e António Madureira e, por fim, um projecto não construído, da minha autoria. É intenção abordar-se o assunto não só num sentido técnico e objectivo, mas também num mais subjectivo e interpretativo, que reflecta sobre os efeitos da madeira no utilizador – ou, dito de uma outra forma, que considere a madeira como gatilho de emoções e sensações.

Poder-se-ia dissertar sobre outros materiais que desempenham, na Arquitectura e na Construção, papéis semelhantes ao da madeira, nomeadamente o betão e o aço; porém, nenhum outro material se revela tão abrangente e versátil como o primeiro que, em parte, por este motivo, se torna no objecto desta Dissertação.

A madeira é um produto natural directo. É uma matéria bruta – em bruto – e primitiva. A madeira é uma matéria *viva* e, tal como o Homem, envelhece. Ao contrário de outros materiais, vai-se transformando, visível e notoriamente, com o passar do tempo, fruto da acção que o meio sobre ela exerce, a um ritmo bem mais aproximado ao do Homem, envelhecendo com ele.

II. MADEIRA - MATERIAL

1. UMA BREVE INTRODUÇÃO

Em primeiro lugar, este capítulo não pretende incorrer num estudo exaustivo sobre as propriedades físicas e mecânicas da madeira, mas apenas introduzir o material e as suas características mais importantes, para que se compreendam as suas potencialidades – e defeitos – como material de construção, utilizando os outros materiais mais correntes na Construção – o betão e o aço – como termos de comparação.

Seguidamente, não se cairá em erro se se disser que a madeira é o material mais antigo usado pelo Homem para construir um abrigo. Com efeito, já as mais antigas Civilizações a utilizavam para a construção dita popular e mesmo para edifícios mais nobres; tendo mesmo sido na construção em madeira que os outros sistemas construtivos, com outros materiais, se basearam, se alicerçaram para se desenvolver.¹ Para além disso, o facto de se tratar de um material disponível – e abundante – em todo o Mundo permitiu que as mais diversas culturas, em diferentes situações geográficas e climáticas, a utilizassem de acordo com as suas necessidades e limitações, provando que este é um material de grande versatilidade e adaptabilidade, capaz de responder às mais variadas exigências.²

Naturalmente, a construção em madeira evoluiu a par com o Homem, o que deu origem a diferentes sistemas construtivos, de acordo com as culturas que os foram desenvolvendo. Assim sendo, actualmente pode falar-se de três grandes sistemas construtivos tradicionais em madeira: o japonês, o nórdico e o americano, cada qual bastante distinto dos outros. Os motivos que os levam a ser os principais sistemas construtivos tradicionais em madeira são semelhantes, uma vez que, geograficamente, se tratam de zonas onde este material é abundante – Japão, Norte da Europa e América do Norte. As diferenças principais entre eles, no entanto, devem-se sobretudo a outras questões: no Japão, a forte e frequente actividade sísmica fez evoluir a construção tradicional em madeira numa direcção, no sentido de se necessitar de uma construção rápida e resistente; no Norte da Europa, a grande variação térmica entre as épocas de Inverno e Verão, aliada à chuva, humidade e vento, exigiam uma grande capacidade de resposta das construções, às quais as típicas cabanas de troncos, executadas com a madeira de grande densidade típica desta zona, se mostraram a solução mais eficiente; finalmente, na América do Norte, a urgência por uma construção rápida e pouco dispendiosa baseou-se nos conhecimentos originais europeus de construção em madeira e evoluiu, mais tarde, para um sistema construtivo baseado na produção em massa de ripado de madeira – pré-fabricação. Claro está que todas estas condições e condicionantes deram

1 Para mais esclarecimentos sobre esta matéria, consultar as obras: HOYET, Jean-Michel (responsável pela edição), *Guide Bardages Bois*, Editions Régirex-France, Co-Edition Centre Technique du Bois & de l'Ameublement – Techniques et Architecture, 1990 e HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

2 Ver HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

origem a muitas outras diferenças, tais como a ausência de elementos metálicos (como pregos ou cravos) nas junções de peças na construção nórdica, ou como a importância dada aos detalhes e acabamentos, bem como à conjugação de várias madeiras diferentes, na construção japonesa.

Em Portugal, actualmente, a utilização da madeira nas estruturas é pouco comum, uma vez que esta “(...) começou a perder significado de forma faseada, primeiro com a vulgarização do tijolo industrial, nos finais do século XIX, que permitiu executar economicamente paredes de reduzida espessura no interior da construção sem o recurso a madeira, e posteriormente com o aparecimento do betão armado, no início do século XX (...)” (GARCIA, 2008: 15). Tal contribuiu para que, em conjunto com o facto de os edifícios de grande importância, como igrejas ou castelos, serem construídos em pedra, se começasse a atribuir, às construções em madeira, uma ideia de falta de qualidade e de precariedade. As pequenas construções de madeira, no litoral do país, erigidas pelas populações pobres de pescadores tiveram, de igual modo, algum peso no assentamento destes preconceitos. Por outro lado, a proibição do abate de carvalhos e castanheiros, árvores das quais se extraía madeira de grande qualidade e que constituíam a principal fonte de madeira estrutural, reduziu drasticamente a possibilidade de se construir em madeira em Portugal, uma vez que a maioria das outras espécies disponíveis, por se tratar de árvores de crescimento demasiado rápido, não providencia madeira de qualidade suficiente para ser utilizada com propósitos estruturais. Algumas das espécies de árvores, com madeira de boa qualidade – e que, portanto, se poderiam utilizar na construção – são demasiado caras por não existirem em quantidade suficiente que permita o seu uso em grande escala.³ Deste modo, quando se aplica madeira (não estrutural) numa construção, existe a intenção do seu enobrecimento, por se tratar de madeira de qualidade e, conseqüentemente, dispendiosa. Posto isto, torna-se perfeitamente claro que, para se construir com madeira em Portugal usando madeiras nacionais, a construção encarecerá, por um lado, caso se utilize madeira com qualidade; ou será, por outro, fraca e precária, caso se empregue uma madeira de crescimento rápido. A alternativa consiste em importar madeira de outros países, o que também irá tornar a obra mais onerosa. Resta, em suma, desenvolver uma solução que conjugue madeiras de crescimento rápido – e, portanto, pouco resistentes – com as novas tecnologias que se conhecem, culminando num material forte que permita a sua utilização em larga escala e a um baixo custo na indústria da construção.

3 O crescimento lento destas espécies e a dimensão reduzida do país, entre outros factores, contribuem, claramente, para que esta “produção” em quantidade seja impraticável.

2. CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES

Embora existam inúmeras espécies de árvores no Mundo – e que podem ser bastante diferentes umas das outras, seja a nível de dimensão, tipo de folhagem, cor, como a nível de durabilidade, dureza, flexibilidade –, a madeira é um material com características e propriedades comuns independentemente da espécie de árvore a que pertence. Com efeito, as árvores podem atingir alturas de 135 metros – como os eucaliptos Australianos –, diâmetros de 12 metros e algumas espécies podem ultrapassar os 1000 anos de vida – veja-se o caso dos pinheiros da Califórnia, as árvores mais antigas do Mundo, com 5000 anos de existência. Das 30000 espécies conhecidas de árvores, entre 1500 e 3000 são utilizadas para fins comerciais ou empregues na construção no Mundo inteiro. As florestas da Europa Central contêm 25 espécies diferentes, 15 das quais detêm um papel importante na indústria da construção. A madeira utilizada na construção provém, porém, de árvores relativamente jovens, com idades compreendidas entre os 60 e 140 anos, dependendo das espécies.⁴

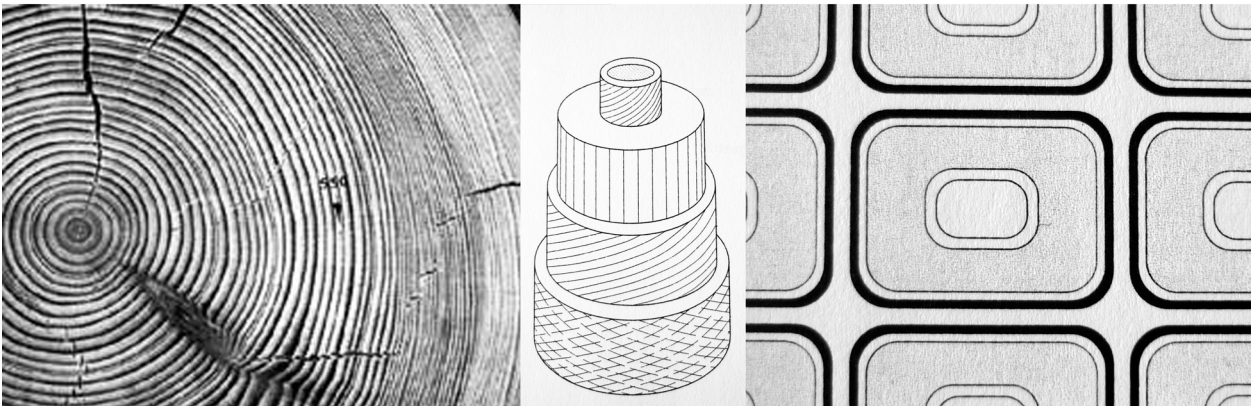
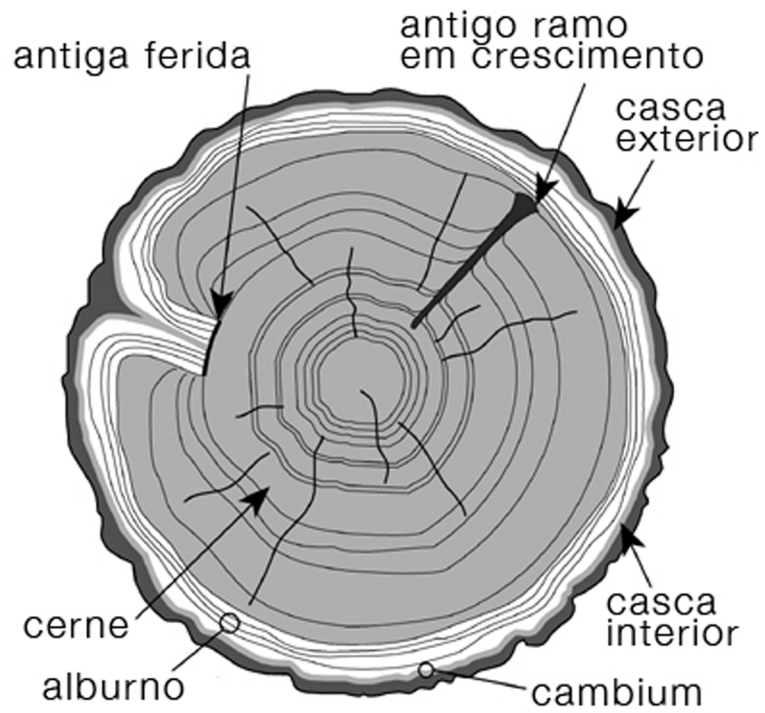
A descrição mais pormenorizada da estrutura da árvore e da sua composição torna-se, aqui, necessária, para que se compreenda melhor – ou para que se preveja – o modo como a madeira reagirá em determinadas situações e os problemas que causará e, conseqüentemente, para que se possam otimizar as soluções às questões assim colocadas. Posto isto, a madeira de qualquer espécie de árvore é composta por, aproximadamente, 55% de carbono, 44% de oxigénio e 6% de hidrogénio. Os seus componentes moleculares são a celulose, hemicelulose e lignina, e existem em quantidades entre 40 e 50% para a primeira substância e entre 20 e 30% para as duas últimas. Para além destas, outras substâncias, como óleos, pigmentos e resinas encontram-se na madeira e são responsáveis seu pelo cheiro, cor e grau de resistência, podendo atingir valores até 10% do total destes componentes.⁵

A madeira utilizada na indústria da construção provém, maioritariamente, do tronco das árvores, embora estas sejam compostas por três órgãos – as raízes, os troncos e ramos e as folhas ou agulhas. O tronco é composto por um núcleo, seguido de uma madeira mais dura, o cerne, de outra mais macia, em produção, ou albúrnio, de uma pequena camada chamada cambium e, finalmente, da casca. À medida que a árvore cresce, formam-se dentro do tronco vários anéis concêntricos, conhecidos como anéis de crescimento.⁶ Estes resultam das novas camadas que

4 Consultar HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

5 Idem.

6 Deverá ter-se em consideração a existência de algumas exceções, nas quais os anéis de crescimento não são legíveis. Estes formam-se, essencialmente, em árvores de zonas temperadas, onde as Estações do ano são mais pronunciadas.



Em cima, esquema de corte transversal por um tronco de árvore. Em baixo, da esquerda para a direita, anéis de crescimento visíveis no corte transversal por um tronco; esquema da estrutura de uma célula de madeira; esquema de um corte transversal num conjunto de células de madeira.

a árvore produz em cada época de crescimento – durante a Primavera e o Verão –, e à paragem deste mesmo crescimento durante o período de Inverno, sendo bastante comum, e consequência do aqui descrito, a diferença de cor entre as camadas formadas no período de crescimento e as que correspondem ao de paragem.⁷ Este crescimento – e, consequentemente, o aumento de diâmetro do tronco – processa-se debaixo da camada de cambium. Este, assim como a madeira da árvore, é protegido, pela casca, de secagem excessiva e de danos mecânicos.⁸ No que respeita à madeira propriamente dita, enquanto que o cerne constitui o suporte mecânico do tronco – e, consequentemente, da árvore, o alburno – madeira nova, em formação – transporta a seiva, através do tronco, das raízes às folhas, estando, no entanto, por se tratar da parte viva da árvore, mais vulnerável a ataques de insectos e fungos. Para que melhor se compreendam as diferentes partes do tronco e as suas funções, leiam-se os seguintes excertos:

“La fonction de l'aubier est de “transporter” la sève des racines aux feuilles, en passant autour du tronc. C'est la partie vivante de l'arbre. Le duramen apporte le support mécanique au tronc. (...) L'aubier (...) est très souvent sensible aux attaques des champignons et insectes.” (HOYET, 1990: 13)

“La coupe transversale d'un tronc d'arbre fait apparaître, de l'extérieur vers l'intérieur:

- Écorce: enveloppe extérieure protégeant les tissus en formation;
- Aubier: couche de bois en formation, épaisse de quelques centimètres, de couleur plus claire que le bois interne. L'aubier est la partie vivante du bois, elle est vulnérable aux attaques des parasites;
- Bois parfait: c'est la masse principale du tronc, appelée aussi bois de cœur ou duramen, elle est plus dense et en général plus sombre que l'aubier;
- Moelle: partie molle et spongieuse qui se trouve parfois au milieu du tronc, appelée aussi cœur mou. En règle générale, c'est une partie à éliminer.” (GAUZIN-MÜLLER, 1990 : 55)

Contudo, para diferentes espécies de árvores existem diferentes estruturas de troncos. Enquanto que, conforme acima descrito, a água e nutrientes são transportados pelo alburno, em algumas espécies, como a bétula, estes são transportados pelo tronco inteiro.⁹ Para além da madeira do tronco, e variando de espécie para espécie, bem como de árvore para árvore conforme

7 Ver a monografia HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

8 Consultar as obras HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004 e HOYET, Jean-Michel (responsável pela edição), *Guide Bardages Bois*, Editions Régirex-France, Co-Edition Centre Technique du Bois & de l'Ameublement – Techniques et Architecture, 1990.

9 A obra HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004 pode ser consultada para esclarecimentos nesta matéria.

as condições individuais de crescimento, uma série de elementos, como nós, fissuras, bolsas de resina ou de casca, descoloração, danos provocados por insectos e diferentes espessuras dos anéis de crescimento, entre outros, contribuem para a classificação da madeira de acordo com a sua qualidade, detendo um papel importante na colocação de cada peça, de acordo com as suas qualidades ou defeitos, no conjunto que compõe a estrutura.¹⁰

A apresentação, a um nível mais pormenorizado, da estrutura da madeira torna-se premente para a compreensão do seu comportamento face a diversas situações. Assim sendo, convirá referir que a madeira, tal como qualquer outro vegetal, é composta por células, a maior parte das quais se encontra orientada no sentido do crescimento do tronco. A forma alongada da maioria das células, em conjunto com a sua orientação, como atrás referido, no sentido longitudinal, contribuem para que estas sejam consideradas fibras. As células dos raios, contudo, estão orientadas no sentido radial, isto é, em direcção ao núcleo do tronco e perpendicularmente ao sentido de crescimento do mesmo. As células do cerne são, também, diferentes das do alburno. Na primeira, estas são de apenas um tipo, transportando água e nutrientes e servindo como suporte a toda a árvore. Na segunda, contudo, são mais especializadas, pelo que se formam túneis ou reservatórios¹¹. A estrutura composta pelas células e túneis, isto é, o modo como cada um se posiciona e direcciona, em conjunto com os anéis de crescimento, são responsáveis por atribuir à madeira a estrutura do seu grão, isto é, dos seus veios, característica que permite distinguir as várias espécies de árvores entre si.¹² A densidade de cada célula – ou melhor, da parede de cada célula, já que estas são compostas, e trata-se aqui de uma descrição bastante simplificada, por paredes que definem, ao centro, uma cavidade – é semelhante para qualquer espécie de árvore. Já o tamanho das cavidades e a espessura das paredes de cada célula varia entre espécies e mesmo dentro de uma mesma espécie, para além de as células das camadas de crescimento terem cavidades maiores do que as da camada de paragem, conforme se pode verificar no texto abaixo:

“The density of the pure cell wall substance is about 1.5g/cm³ for all species of wood. In contrast, the thickness of the cell wall and the size of the cell cavity varies from species to species, and also within a species. Furthermore, the cells of the early wood generally have larger cavities than those of the late wood(...).” (HERZOG, 2004: 32)

São estes pequenos factores que, como facilmente se percebe, determinam, em grande parte, a densidade de cada espécie de madeira. Para concluir, as células da madeira de uma árvore viva

10 Ver HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

11 Idem.

12 Ibidem.

contêm água, podendo a quantidade de humidade atingir os 70% da sua massa. A madeira é, portanto, um material higroscópico, ou seja, que absorve e liberta água de acordo com a humidade ambiente, podendo esta capacidade influenciar, de modo favorável, o ambiente interior de um edifício. Esta aptidão resulta, de igual modo, na variação dimensional da madeira. O aumento da percentagem de humidade presente no ambiente diminui, no entanto, a capacidade de suporte de cargas da madeira e, como se explicitará mais tarde, aumenta o risco de ataques de fungos e insectos. A variação rápida da percentagem de humidade da madeira aumenta drasticamente o risco de o material se partir.¹³

Depois de cortada, a madeira da árvore é submetida a um processo de secagem – ao ar ou artificial –, uma vez que a madeira seca dura mais tempo e está menos sujeita a deformações e ao risco de fissurar.¹⁴ O tipo de corte aplicado a um tronco tem também influência no modo como a madeira, depois de seca, se irá deformar, uma vez que às diferentes partes do tronco correspondem diferentes percentagens de humidade e, consequentemente, diferentes reacções à secagem¹⁵, como se pode observar na figura apresentada na próxima página.

Todas estas características resultam num material, em primeiro lugar, leve, quando comparado com os outros materiais mais utilizados na construção – fala-se, aqui, do betão e do aço – e com uma boa relação de resistência/peso. Significa isto que, para um nível de resistência igual, a madeira apresenta um peso consideravelmente inferior aos do betão e do aço.

É também fácil de trabalhar, montar, desmontar e reparar (e de substituir, o que se torna impossível com estruturas de betão e de aço, tanto por se tratarem de peças, muitas vezes, irreversivelmente unidas entre si em obra, como por terem um peso bastante elevado), para além de apresentar uma boa capacidade de isolamento térmico¹⁶, isto é, uma má condutividade térmica – esta é 10 vezes inferior à do betão e 250 vezes inferior à do aço.¹⁷ Deste modo, em caso de ponte térmica, uma estrutura executada em aço constituirá uma barreira à passagem das temperaturas exteriores para o interior¹⁸ consideravelmente mais fraca do que uma estrutura de betão que, por sua vez, permite maior transferência de temperaturas do que uma estrutura de madeira. Considerando-se ainda o

13 Consultar HOYET, Jean-Michel (responsável pela edição), *Guide Bardages Bois*, Editions Régirex-France, Co-Edition Centre Technique du Bois & de l'Ameublement – Techniques et Architecture, 1990 e HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

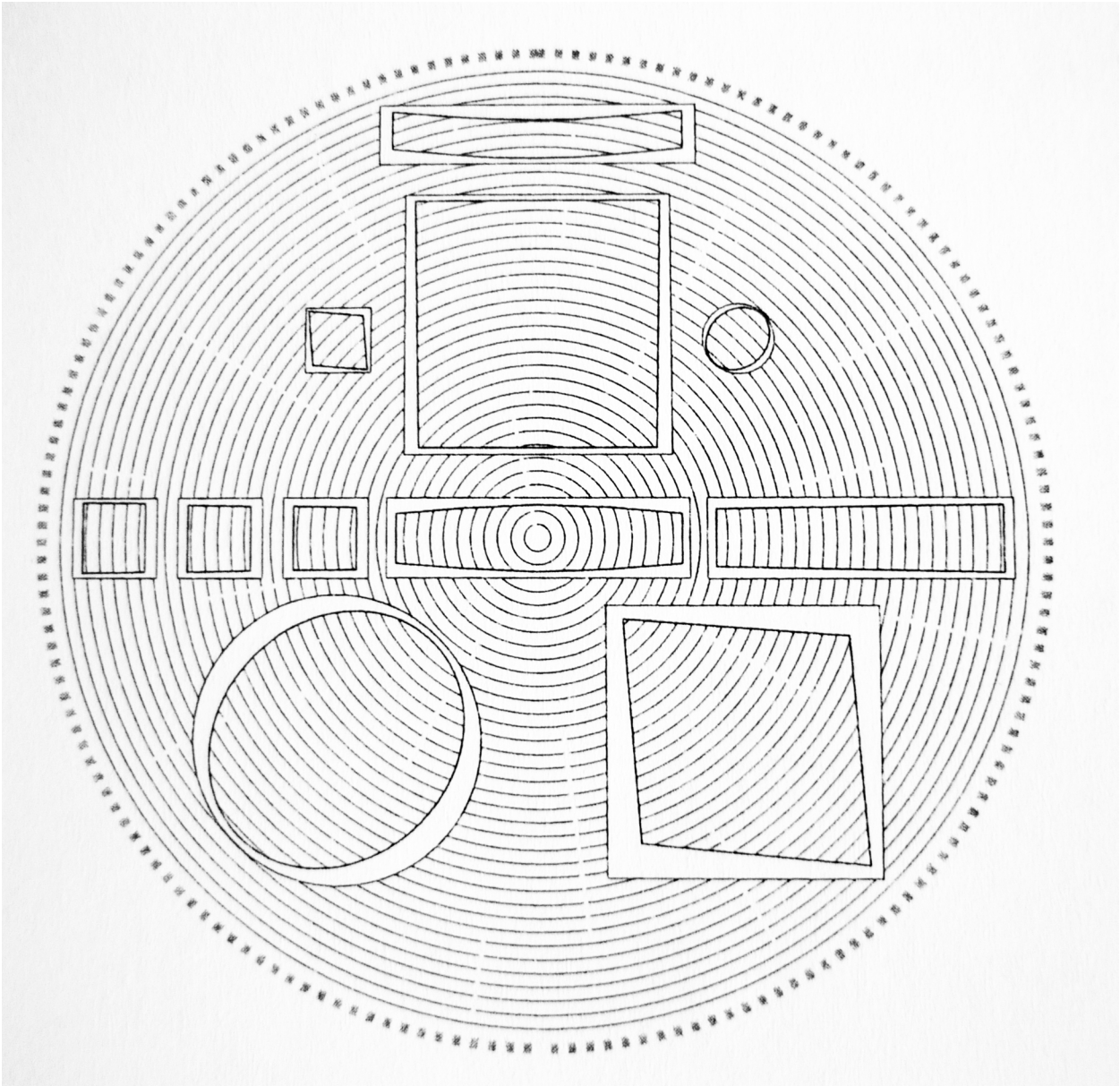
14 Para verificação da informação fornecida, ver HOYET, Jean-Michel (responsável pela edição), *Guide Bardages Bois*, Editions Régirex-France, Co-Edition Centre Technique du Bois & de l'Ameublement – Techniques et Architecture, 1990.

15 Idem.

16 Ibidem.

17 Ver GAUZIN-MÜLLER, Dominique, *Le bois dans la construction*, Éditions du Moniteur, Paris, 1990 e HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

18 E, igualmente, às perdas de energia térmica do interior para o exterior do edifício.



Diferentes tipos de corte em várias regiões do tronco e respectivas deformações.

característico calor ao toque da madeira, bem diferente do frio do aço e do betão, esta constitui, indubitavelmente, a melhor solução *estrutural*¹⁹ no que respeita à capacidade de isolamento térmico e, consequentemente, de eficiência energética do edifício.

Em acréscimo, quando sujeita a temperaturas mais altas, a madeira não sofre alterações volumétricas, ou dilatações, significativas²⁰, ao contrário, por exemplo, do aço. A resistência à tracção e compressão é, também, elevada, embora varie de espécie para espécie, de acordo com a massa volúmica – quanto maior, mais resistente²¹ –; no entanto, e por causa da sua estrutura composta por fibras orientadas numa só direcção, a madeira “(...) est plus résistant dans le sens axial (parallèlement aux fibres) que dans le sens transversal (perpendiculairement aux fibres). (GAUZIN-MÜLLER, 1990 : 69) Esta diferença de comportamento advém da anisotropia, uma das características da madeira.

Para melhor clarificar este conceito, atente-se no seguinte excerto:

“(...) we can consider wood as a bundle of tubes offset from each other in the longitudinal direction. This gives wood distinctly different properties in different directions, especially parallel or perpendicular to the grain. The ability of the cells to accomodate different directions of growth under the same conditions is known as anisotropy. The consequence of anisotropy is the completely different appearance of the various sections (transverse, tangential, radial) and the equally diverse behaviour of the wood parallel or perpendicular to the grain. This affects, for example, permissible stresses.” (HERZOG, 2004: 32)

Por outro lado, e regressando à capacidade de resistência dos materiais a forças de compressão e tracção, o betão apresenta uma grande resistência à compressão mas, no entanto, a mais fraca resistência à tracção dentre a madeira, aço e betão. Já o aço revela uma fortíssima resistência – e de valores iguais, o que advém do facto de este material ser um metal artificialmente criado – tanto às forças de compressão como às de tracção, tratando-se, de todos estes, do material com melhor resposta em termos de resistência mecânica.

Curiosamente, a madeira é um material bastante resistente ao fogo, uma vez que, assim que a camada exterior é queimada, se forma uma pátina que serve como protecção à zona interior da peça, permitindo que, facilmente, se extinga o fogo e, posteriormente, se substituam as peças danificadas, não comprometendo a estrutura do edifício – o que não é possível com estruturas em

19 E somente estrutural, no sentido em que não estão em consideração os isolamentos com que, posteriormente, cada estrutura seria revestida,

20 Consultar HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

21 Informações retiradas de GAUZIN-MÜLLER, Dominique, *Le bois dans la construction*, Éditions du Moniteur, Paris, 1990.

II. MADEIRA - MATERIAL



Da esquerda para a direita e de cima para baixo: igreja Kiji, na Rússia; corte longitudinal pela mesma; várias fotografias de um edifício antigo em Moret-Sur-Loing, França.

betão ou aço que, atingindo o ponto de ruptura do material, que alcançam mais rapidamente do que a madeira, colapsam na sua totalidade, tornando obrigatório substituir toda a estrutura e não apenas algumas peças.

A construção em madeira não requer tanto tempo, nem tanta mão de obra, quanto a construção em aço e betão, em parte por se tratar de uma construção seca, ou seja, por não necessitar de água em estaleiro e, conseqüentemente, por dispensar o tempo de secagem – ao contrário do betão. A pré-fabricação constitui, de igual modo, uma vantagem relativamente à construção *in situ* em betão ou aço, já que a standardização dos elementos constituintes da estrutura resulta numa montagem rápida e fácil dos edifícios. É possível, ainda, e esta pode constituir uma grande vantagem em relação ao aço e ao betão, utilizar madeira não apenas na estrutura, mas também em todo o tipo de revestimentos interiores e exteriores, o que a aproxima, de certa forma, do Homem.

Embora exista a ideia de que as construções em madeira têm, em geral, um prazo de vida curto, estas podem durar vários séculos²² – veja-se o caso das igrejas Kiji, na Rússia, com quase trezentos anos –, tornando-se para isso fulcral uma boa pré-selecção das madeiras a utilizar. Em acréscimo, depois de atingido o limite de vida, é reciclável,²³ contribuindo para o bom-funcionamento ecológico e sustentável do planeta – assunto ao qual se dará mais atenção no capítulo IV.2. *Sustentabilidade* –, para além de existir em abundância e variedade de espécies.

Inevitavelmente, à construção em madeira associam-se também alguns problemas; contudo, e mais uma vez, uma boa selecção e manutenção do material consegue evitá-los e preveni-los. Agentes xilófagos, como insectos e fungos, podem atacar a madeira, apodrecendo-a; porém, alguns tipos de madeira resistem-lhes naturalmente, sem qualquer tratamento – tome-se o exemplo da madeira de carvalho, que resiste, por si só, aos ataques de insectos. O aparecimento destes agentes pode evitar-se mantendo o teor de humidade da madeira reduzido. Será conveniente referir que a presença de humidade na madeira, *per si*, não a degrada – esta retoma as suas capacidades iniciais uma vez seca –, mas a sua permanência em valores superiores a 20% já permite, por sua vez, o ataque de térmitas e fungos de podridão.²⁴ Para construções novas, e conforme anteriormente referido, é importante ter em consideração este teor de humidade, visto que a madeira vai estar sujeita às novas condições em que foi colocada até reencontrar um equilíbrio higrométrico, variando

22 Atente-se no seguinte excerto, retirado do artigo “Tectónica: madeira_madera”, de João Leite Garcia, publicado na revista *Arquitectura Ibérica*, nº26, 2008: “Normalmente a madeira é considerada pouco durável devido a apodrecimentos ou a ataques de insectos xilófagos. Muitas construções com centenas de anos comprovam, contudo, que é possível construir com madeira de forma durável.”.

23 Ver HOYET, Jean-Michel (responsável pela edição), *Guide Bardages Bois*, Editions Régirex-France, Co-Edition Centre Technique du Bois & de l'Ameublement – Techniques et Architecture, 1990.

24 Consultar GARCIA, João Leite, “Tectónica: madeira_madera”, revista *Arquitectura Ibérica*, nº26, 2008.

II. MADEIRA - MATERIAL



Diferentes tipos de madeira, de várias cores, texturas e desenhos.

em volume e dimensão, conforme secar ou humedecer. No caso da secagem, podem surgir fendas (no sentido das fibras, naturalmente).²⁵ Com o passar do tempo, e por estar exposta aos elementos, a madeira vai envelhecendo, criando uma protecção exterior, uma pátina, providenciando-se a sua própria manutenção.²⁶

Como acima referido, existe uma diversidade imensa de árvores no planeta que, por apresentarem variações no que respeita às características da madeira, são capazes de responder às mais diversas exigências – o bambu, por exemplo, é extremamente flexível e leve, enquanto que a madeira de carvalho é muito mais dura e pesada. Para além de todas estas características, a madeira é um material extremamente apelativo a nível sensorial – é agradável ao toque, quente e, de espécie para espécie, apresenta uma panóplia infindável de cores, desenhos e aromas. No que respeita à cor, a madeira pode variar “(...) du blanc au noir, en passant par un large éventail de jaunes et bruns.” (SEM AUTOR, 1990 : 13), podendo mesmo apresentar tons avermelhados. O modo de secagem e a exposição à luz solar e ao ar também a modificam, com a passagem do tempo. Os desenhos que se vêem na madeira podem, de igual modo, variar muito. São os veios – consequência dos anéis de crescimento – e as pequenas ocorrências como ramos, nós, bolsas de resina e outros, que os gravam na madeira, pelo que se compreende que cada tronco – e, consequentemente, cada peça de madeira de lá extraída – seja único. O odor libertado pela madeira é, também, diferente de espécie para espécie, podendo uns ser mais resinosos.

Em suma, a madeira é um material que, para além de constituir uma alternativa fiável e eficaz ao aço e betão e de apresentar uma inesgotável diversidade de aspectos, é extraordinariamente apelativo para os sentidos, pelo que se consagra como “(...) the most humanly intimate of all materials.”²⁷

25 Ver GARCIA, João Leite, “Tectónica: madeira_madera”, revista Arquitectura Ibérica, nº26, 2008.

26 Para mais informações, consultar a obra GAUZIN-MÜLLER, Dominique, *Architecture écologique du Vorarlberg – un modèle social, économique et culturel*, Éditions Le Moniteur, Paris, 2009.

27 Frase proferida por Frank Lloyd Wright e que se passa a citar na sua integridade: “Wood is the most humanly intimate of all materials.”, in PATTERSON, Terry L., *Frank Lloyd Wright and the meaning of materials*, Editora Van Nostrand Reinhold, New York, 1994.

3. PARA ALÉM DA CONSTRUÇÃO

Ao contrário do betão e do aço, materiais que, no campo da arquitectura e construção são aplicados, quase sempre, apenas na estrutura e muitas vezes revestidos por outros, a madeira revela uma versatilidade tremenda, podendo ser utilizada tanto na estrutura, como nos revestimentos interiores e exteriores – e facilitando a aplicação de barreiras e isolamentos acústicos, térmicos e de impermeabilização.

Por se tratar de um material de grande *trabalhabilidade*, sempre foi utilizado para outros fins que não apenas a construção, e este pequeno capítulo pretende, essencialmente, ilustrar essa versatilidade, essa capacidade de adaptação a diversos fins, a diversas *artes*. Ainda que se afaste ligeiramente do assunto principal deste trabalho, mostrou-se premente dedicar-lhe um pouco de atenção por forma a reforçar, ainda mais, a ideia de que a madeira é um material que se adapta às necessidades (e exigências!) do Homem e que nunca se torna obsoleto – para além de se encontrar disponível e de ser, facilmente, acessível em todo o Mundo. Expõem-se, assim, de seguida, alguns exemplos – uns mais, outros menos ligados à construção e arquitectura – onde a madeira é, ou era, comumente utilizada.

II. MADEIRA - MATERIAL



3.1. MOBILIÁRIO

Não será errado afirmar que as primeiras peças de mobiliário terão sido executadas em madeira – ou melhor, que dentre as primeiras peças de mobiliário, se contavam inquestionavelmente algumas neste material. Com efeito, inúmeros vestígios encontrados apontam para essa realidade no Antigo Egipto - vestígios estes, ou civilização esta, que não serão os primeiros a utilizar madeira para este fim. As peças são de vários tipos, desde simples bancos a caixas, cestos e cómodas, uns mais depurados e outros mais pormenorizados. Actualmente, a madeira é ainda dos materiais mais utilizados na indústria do mobiliário. Pela sua versatilidade, permite executar peças o mais variadas possível – tanto de linhas extremamente simples e depuradas, como de carácter mais complexo, com detalhes impossivelmente intrincados.

Como se explicará no capítulo “IV-1. Introdução”, a indústria do mobiliário sofreu um significativo salto evolutivo depois da Revolução Industrial, no século XIX. Com efeito, Alvar Aalto foi um dos grandes propulsionadores desta evolução, pelas investigações que encetou no sentido de tornar a madeira num material que, como o aço tubular, estivesse adaptado ao fabrico em série e que fosse mais fácil de curvar, podendo assim competir com o mercado de mobiliário da época.²⁸ Actualmente, as aplicações da madeira e produtos dela derivados na indústria do mobiliário são inesgotáveis, sendo possível encontrar-se móveis de diferentes dimensões, desenhos, cores e texturas.

28 A monografia ÓLAFSDÓTTIR, Ásdís, *Le mobilier d'Alvar Aalto dans l'espace et dans le temps – la diffusion internationale du design 1920-1940*, Publications de la Sorbonne, Paris, 1998, poderá ser mais elucidativa sobre este assunto.

II. MADEIRA - MATERIAL



3.2. INSTRUMENTOS MUSICAIS

Uma grande parte dos instrumentos de cordas é executada em madeira. Tome-se o exemplo dos violinos, violoncelos, contrabaixos, violas de arco, guitarras clássicas, cravos, pianos, bandolins, cavaquinhos e harpas, para não referir muitos outros. Dentre os instrumentos de sopro, contam-se alguns em madeira, como são os casos das flautas de bisel, clarinetes, oboés, fagotes, flautas de pã (fabricadas a partir de canas), gaitas de fole (que utiliza cana do reino), cornetas e trompas alpinas. Utiliza-se ainda a madeira em instrumentos de percussão, como alguns tipos de tambores, castanholas, pandeiretas, jambés e mesmo em baquetas. Porém, já as primeiras grandes civilizações executavam os seus instrumentos musicais em madeira. Veja-se o exemplo do Antigo Egito e das suas liras, tambores, tamborins e harpas, conforme se pode verificar nas imagens apresentadas.

II. MADEIRA - MATERIAL



3.3. ARTE

Não são raros os exemplos de arte que utilizam madeira, sejam pinturas ou esculturas, antigos ou mais recentes, pelo que se fará, apenas, uma pequena referência a algumas destas, chamemos-lhes assim, categorias. Era frequente, por exemplo, a utilização de placas de madeira como telas para pinturas, como nos casos das da Kappelbrücke²⁹, em Luzern e de alguns quadros religiosos, normalmente expostos em igrejas. Para além destes, várias esculturas ou relevos executados em madeira eram posteriormente pintados.

Na escultura, o Antigo Egipto serve, mais uma vez, como exemplo: começa-se pelas pequenas figuras dos vários deuses e faraós egípcios e termina-se nos grandes sarcófagos, cuidadosamente pintados, passando pelas pequenas barcas e outras figuras com representações da vida quotidiana. É de salientar que todos estes exemplos eram, *a posteriori*, pintados. Como esta, muitas outras civilizações e culturas produziam esculturas em madeira, e não só neste período como até aos dias actuais.

Pode então, neste seguimento, referir-se ainda a Arte Contemporânea, da qual se apresenta o exemplo de uma obra do ano 2000, sem título, de Rui Sanches, exposta na Fundação Calouste Gulbenkian em Dezembro de 2010, que utiliza placas de contraplacado de tola.

29 Ou Ponte Capela.

II. MADEIRA - MATERIAL



3.4. ANDAIMES E COFRAGENS

Actualmente, uma grande parte dos andaimes utilizados para a construção de edifícios no mundo Ocidental é de metal; contudo, até há relativamente pouco tempo atrás, estes eram compostos por plataformas de madeira. Nos países Orientais, como a Tailândia ou o Camboja, e conforme se pode confirmar nas figuras apresentadas, os andaimes são, ainda hoje, normalmente feitos em bambu. Muitas vezes, a madeira é ainda utilizada como apoio estrutural temporário a construções em restauro.

As cofragens para a construção de edifícios em betão, à semelhança dos andaimes, é, agora, em grande parte, constituída por peças em metal, tendo sido, no entanto, desde os primórdios da construção em betão, compostas por placas de madeira. Deste modo, quase ironicamente, a madeira – material posto de parte na indústria da construção com o aparecimento do aço e do betão – foi durante um largo período de tempo indispensável à construção em betão, deixando mesmo a sua impressão nas superfícies deste material.

II. MADEIRA - MATERIAL



3.5. PAPEL E LIVROS

A celulose, substância que, como explicado no capítulo anterior, existe na madeira, é essencial para o fabrico de papel. Em Portugal, é sobretudo madeira de eucalipto que se utiliza para este fim, visto que é uma árvore de crescimento extremamente rápido, que existe em abundância e que não preenche os requisitos mínimos, em termos qualitativos, para poder ser empregue na construção. Embora a produção de papel, tal como o conhecemos, seja relativamente recente, já os antigos egípcios o produziam, sob a forma de papiro. Existia, igualmente, o pergaminho. As capas de alguns livros antigos eram, por vezes, feitas em madeira, podendo ainda ser suporte para manifestações artísticas, como os relevos ou entalhes que, frequentemente, lhes eram gravados.

Em resumo, a madeira era, e continua a ser, essencial para a produção de papel, que pode apresentar-se em diversos formatos, cores, gramagens e texturas.

II. MADEIRA - MATERIAL



3.6. CONSTRUÇÃO E ARQUITECTURA NAVAL

Os primeiros indícios da existência de construções navais consistem, para um barco à vela, num desenho egípcio de 3100 a. C. e, para um barco não monóxilo³⁰, num modelo esculpido em osso, também encontrado no Egipto, que data de 3000 a. C.³¹. De acordo com as diferentes funções para as quais eram concebidos, existiam diferentes tipos de barcos, desde pequenas pirogas que serviam como modo de locomoção, a grandes navios de guerra, não esquecendo os barcos para pesca e os navios de comércio e transporte de bens. Do mesmo modo, foram várias as civilizações que os desenvolveram, de acordo com as suas necessidades e capacidades, pelo que, do mesmo tipo de embarcações, existem diferentes versões concebidas por diferentes civilizações – desde a antiga civilização egípcia à europeia dos séculos XVII e XVIII, passando pela fenícia, grega, chinesa e japonesa, entre outras. São várias as fontes que comprovam a sua existência e diversidade, como tratados de arquitectura naval, maquetes, representações iconográficas³² e outros, sem esquecer os vestígios de barcos encontrados no caso das civilizações mais antigas. Posto isto, convirá referir que todos estes tipos de barcos, bem como alguns dos modelos, eram executados em madeira, independentemente da forma que tomasse ou da carga que transportasse, bem como das tecnologias disponíveis na altura da sua execução. Com efeito, partindo-se dos primeiros barcos a vela egípcios, foram-se gradualmente conhecendo inovações técnicas ou de desenho que permitiram uma evolução até aos grandes navios do século XVIII, de tal modo que, se durante um grande período de tempo, os conhecimentos de construção naval eram transmitidos de geração em geração, não existindo documentos técnicos que os descrevessem, a partir do século XVI estes conhecimentos começaram a ser registados, de forma a que se pudesse definir “(...) lo que es arquitectura naval, y lo que debe conocer un hombre para ser arquitecto.” (MARCOS, 1988: 133). Estes documentos, para além de mostrarem os conhecimentos de arquitectura naval da época e de incluírem – em particular a obra de Lavanha – “(...) un estudio serio, preciso y matemático, dando datos concretos de cada pieza reseñada y su conjunción entre ellas, enseñando el método para hacerlo.” (MARCOS, 1988: 133), serviam de igual modo para uniformizar as medidas de modo a facilitar a construção de navios do mesmo tipo. Neste sentido, o trabalho e preocupações do arquitecto naval aproximam-se, claramente, dos do arquitecto por excelência, ainda que se possa afirmar que – e somente se se evocar uma zona marítima, onde os barcos proliferam e outra, distante, completamente interior

30 Isto é, para um barco constituído por mais do que uma peça de madeira, ou melhor, que, como as pirogas, não seja escavado num tronco.

31 Consultar GUILLERM, Alain, *La marine dans l'antiquité*, colecção “que sais je?”, Presses Universitaires de France, Paris, 1995.

32 Desde pinturas, mosaicos e esculturas a gravuras e desenhos.

e isolada – a construção naval e arquitectura se desenvolveram separadamente. Por outro lado, a arquitectura e técnicas de construção em madeira desenvolvidas numa zona costeira terão sido, inquestionavelmente, influenciados pela construção naval aí executada. Com efeito, e citando Thomas Herzog, “Shipbuilding, from the longships of the Vikings right up to the warships of the 18th century, whose compound masts were up to 50 m high and yards up to 30 m long, helped in the development of timber frames in particular.” (HERZOG, 2004: 28).

Assim sendo, de todos os exemplos anteriormente descritos que, *para além da construção*, ilustram algumas das aplicações da madeira, o da construção naval é, provavelmente, o que mais se relaciona e aproxima da arquitectura, ainda que, actualmente, apenas pequenas embarcações a remos ou a vela sejam executados em madeira.

Para além dos exemplos acima descritos, a madeira é – ou era – utilizada em inúmeras situações, desde objectos do quotidiano, que nos passam despercebidos, a outros, por vezes já quase extintos. Durante a época dos Descobrimentos Portugueses, por exemplo, os barris que se utilizavam para armazenar vinho e comida durante as longas viagens marítimas eram feitos em madeira. Actualmente, estes ainda são utilizados na produção – envelhecimento! – de vinhos, nomeadamente do vinho do Porto³³ e de whiskies, para mencionar alguns. As rolhas das garrafas, de cortiça, detêm um papel igualmente importante no armazenamento e conservação do vinho.

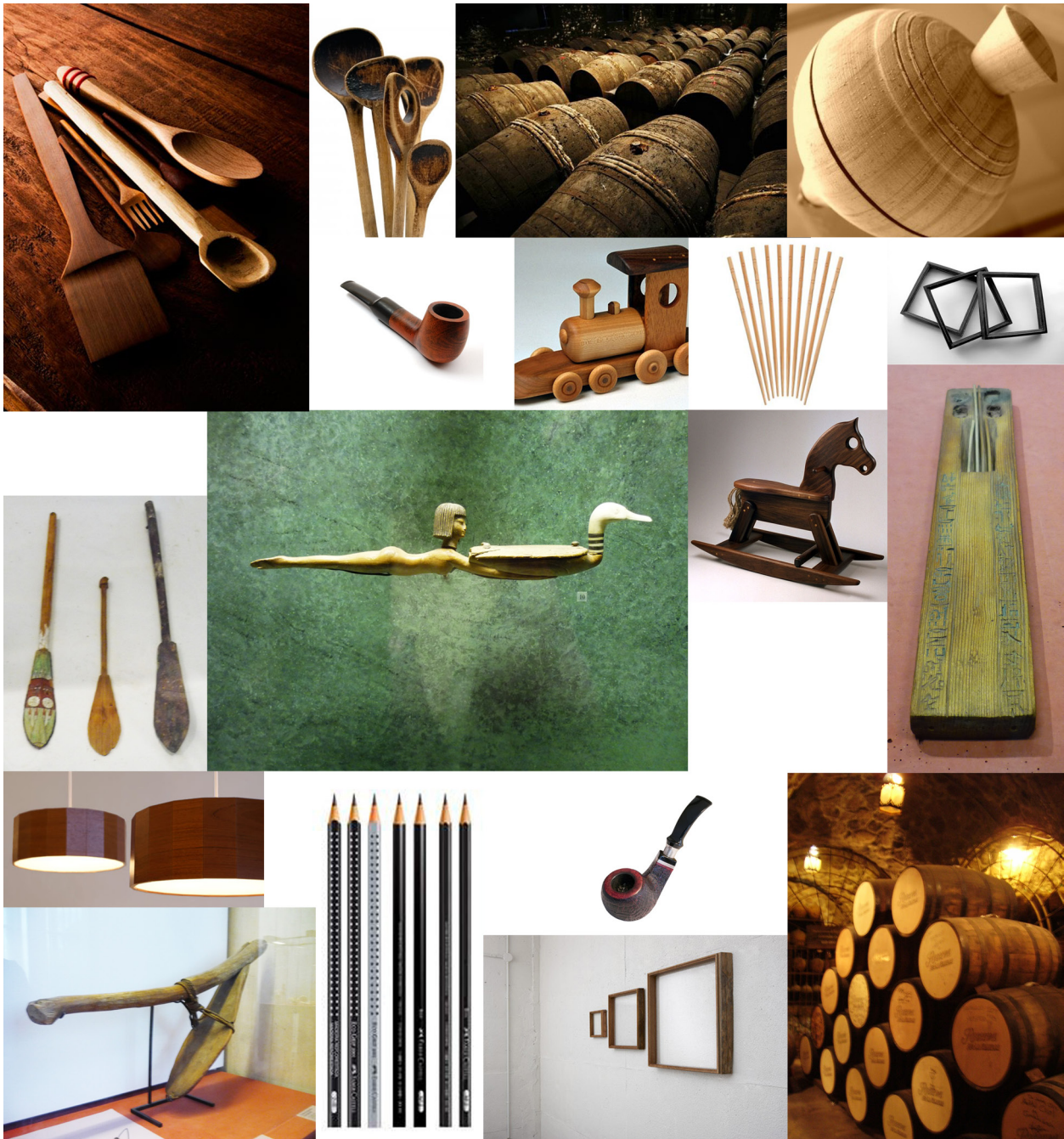
Uma grande porção dos utensílios de cozinha é de madeira. Veja-se o caso das colheres de pau, espátulas, almofarizes, bases para travessas³⁴, tábuas de corte e mesmo dos chamados “pauzinhos” asiáticos. Os exemplos são, aqui, infindáveis.

A madeira é também utilizada, agora consideravelmente menos, em brinquedos. Com efeito, o aparecimento e desenvolvimento, em primeiro lugar, dos plásticos e, em segundo, das tecnologias informáticas, tirou protagonismo aos brinquedos de madeira. No entanto, existem ainda alguns, começando pelo cavalo de baloiço e terminando em pequenos brinquedos artesanais – que actualmente não passam de peças de colecção mas que, há poucas gerações atrás, constituíam uma porção considerável do leque de brinquedos disponíveis.

33 São comuns os rótulos onde figuram frases como “envelhecido em cascos de madeira”.

34 Em madeira e cortiça.

II. MADEIRA - MATERIAL



3. PARA ALÉM DA CONSTRUÇÃO

A utilização de madeira em molduras para quadros e fotografias é, também, comum. No que respeita às primeiras, podemos deparar-nos com uma incrível variedade: enquanto que umas são extremamente detalhadas, qual talha dourada – arte! –, outras são o mais simples e depuradas possível.

Por fim, a madeira é também utilizada no desporto, como comprovam os tacos de basebol e hóquei, entre outros, e objectos ou estruturas para ginástica como o plinto e os espaldares.

Estes constituem apenas alguns dos inúmeros exemplos daquilo que é possível executar, *para além da construção*, com madeira, e que vêm reforçar a capacidade de adaptação, ou melhor, a versatilidade deste material e, consequentemente, a sua relação íntima com o Homem, a sua *dimensão humana*.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONTRUÇÃO EM MADEIRA

1. INTRODUÇÃO

A urgência em se abrigar é uma das necessidades mais primárias do Homem. Inicialmente, e enquanto ser nómada, dependente do que os lugares e a natureza ofereciam, o Homem pré-histórico abrigava-se em cavernas, grutas e outros refúgios naturais que pudessem servir este propósito. Foi mais tarde, a partir do momento em que se sedentarizou e começou a produzir os seus próprios meios de subsistência, que o Homem³⁵ se viu obrigado a construir o seu próprio abrigo, a sua própria casa. Não se pretende aqui filosofar sobre o sentido deste termo, muito menos sobre o preciso momento em que o abrigo, no sentido de *refúgio*, passou a ser a casa, no sentido de *lar*³⁶; mas certo é que a primeira utilização de madeira para a construção de um abrigo está indubitavelmente relacionada com a ideia de um refúgio feito para durar, com a ideia de uma casa, de um *lar*. A madeira começou então, e aqui ainda se pode dizer que pelas mais diversas *civilizações*, a ser largamente utilizada como material de construção, acompanhando as necessidades do Homem ao longo do tempo.

Foi apenas a partir dos finais do século XIX, e como resultado da Revolução Industrial que se fez sentir no mundo desenvolvido (ou em desenvolvimento!), que o papel da madeira na construção se viu, subitamente, reduzido. Na origem desta substituição esteve a criação de novos materiais, de características e propriedades extraordinários, que respondiam de modo irrepreensível às exigências de todo o mercado e indústria da construção da época. A madeira, face a estes novos materiais, era considerada um material frágil e de pouca duração embora, e como já referido no capítulo anterior, esta apresente características e comportamentos que, em muitas matérias relativas à construção, são preferíveis aos do aço e do betão. Durante este período e nos anos que se lhe seguiram, a utilização da madeira na construção³⁷ começou a ser cada vez menos frequente, uma vez que não

35 Ainda pré-histórico!

36 Mas não se pretende, de modo algum, retirar qualquer importância a este assunto,

37 E mesmo noutras artes, como no fabrico de mobiliário ou na marcenaria. Com efeito, a exaltação da máquina, do aço, enfim, dos materiais que simbolizavam a produção em série e a evolução, resultou numa aversão à madeira, que também foi, em grande parte, substituída no fabrico de móveis. Atente-se nos seguintes excertos: ““Les grandes changements qui s’opèrent dans la société du XXe siècle font que le meuble s’approche d’être un objet de consommation. (...) la production industrielle rend enfin accessible un plus grand choix de meubles aux différentes couches de la société. Cette nouvelle consommation implique des changements dans la production et dans la distribution – nationale et internationale – faisant du marché une notion très importante. (...) En considérant l’histoire du mobilier moderne, la deuxième moitié des années vingt en Europe, reste marquée pour beaucoup par la prolifération des sièges métalliques.””, in ÓLAFSDÓTTIR, Ásdís, *Le mobilier d’Alvar Aalto dans l’espace et dans le temps – la diffusion internationale du design 1920-1940*, Publications de la Sorbonne, Paris, 1998 e “(...) una de las actividades características de la arquitectura moderna ha sido la construcción de sillas para lo cual se han adaptado nuevos materiales y nuevos métodos. La silla de acero tubular es ciertamente racional desde el enfoque técnico y estructural: es ligera, fácil de construir en serie, etc.””, in FERRER, Antonio Barrionuevo (direcção e coordenação), *Alvar Aalto – Escritos, 1921-1956*, Elaboración de la edición: Taller 5 del Departamento de

respondia às exigências do mercado e da sociedade da época, e foi apenas com o aparecimento de colas sintéticas para madeira, como se explicitará de seguida, que esta pôde ver-se re-introduzida na construção.

As colas para madeira existiam já desde o início do século XIX; porém, tratava-se de colas orgânicas e fracas que, por mostrarem pouca resistência em situações de alta pressão, calor e humidade, não podiam ser utilizadas em madeiras que pudessem ser submetidas a este género de situações – o mobiliário e a construção civil figuravam, claramente, nesta lista.

Foi apenas no período entre as duas Grandes Guerras que surgiram as primeiras colas sintéticas, de elevada resistência e com uma capacidade de resposta irrepreensível às situações onde as colas orgânicas falhavam³⁸. Tal permitiu que novas tecnologias, digamos assim, de construção com madeira se desenvolvessem, entre as quais se contam a da madeira lamelada colada, uma das mais utilizadas, na actualidade, na construção e mesmo noutras artes.

A resistência destas novas colas é de tal ordem que “en la actualidad se ha demostrado que algunos de los primeros fallos ocurridos en las vigas de madera laminada eran imputables al diseño arquitectónico más que a la sustancia adhesiva o a la calidad de la madera utilizada.” (JOHNSON, 1980: 77).

Grande parte do desenvolvimento da técnica da madeira lamelada deve-se ao contributo de Alvar Aalto, pela sua insistência e incessantes experiências³⁹ na procura por um material flexível, resistente e confortável, de dimensões *humanas*. Com efeito, desde cedo que Aalto se dedicou não apenas à arquitectura mas também ao desenho de mobiliário. O aço tubular que, na época, começava a dominar o mercado do mobiliário por permitir um desenho moderno e minimalista e por, ao mesmo tempo, responder às exigências da standardização, não era, do ponto de vista de Aalto, satisfatório “para el uso humano”, pelo que encetou uma procura incansável pelo material ideal. Efectivamente, e de acordo com as suas próprias palavras, “(...) las superficies de acero y de cromo no son satisfactorias desde el punto de vista humano. El acero conduce demasiado el calor. La superficie de cromo refleja de manera demasiado viva la luz e, incluso desde un punto de vista

Proyectos Arquitectónicos – Escuela de Arquitectura de Sevilla, Sevilla, Março 1993.

38 Verifique-se o seguinte excerto: “Depuis le XIXe siècle (...) les colles organiques disponibles résistaient mal à certaines conditions de grande pression, de chaleur ou d’humidité. Après la Première Guerre mondiale, de nouvelles colles chimiques arrivent sur le marché permettant de donner plus de stabilité et de résistance au bois lamellé.”, in ÓLAFSDÓTTIR, Ásdís, *Le mobilier d’Alvar Aalto dans l’espace et dans le temps – la diffusion internationale du design 1920-1940*, Publications de la Sorbonne, Paris, 1998.

39 Leia-se, para que se compreenda a verdadeira dedicação de Alvar Aalto a esta matéria, o seguinte excerto: “Déjà à Jyväskylä, Alvar et Aino Aalto s’étaient livrés à des expériences sur bois courbé. Le propriétaire d’un magasin de meubles de cette ville s’est souvenu d’un “couple d’architectes fous qui faisaient bouillir des morceaux de bois dans une casserole derrière sa boutique dans les années vingt”., in ÓLAFSDÓTTIR, Ásdís, *Le mobilier d’Alvar Aalto dans l’espace et dans le temps – la diffusion internationale du design 1920-1940*, Publications de la Sorbonne, Paris, 1998.

acústico, no conviene para un espacio interior. Los métodos racionales aplicados a la creación de este tipo de mobiliario han emprendido el buen camino, pero el resultado no será satisfactorio más que si la racionalización se ejerce en la selección de materiales que sean lo más satisfactorios para el uso humano.” (FERRER, 1993: 44).

Aalto começou, assim, por explorar as vantagens do contra-placado – e em particular a do contra-placado curvado –, técnica já bem conhecida e utilizada na Finlândia desde o século XIX⁴⁰, para a concepção das primeiras cadeiras em madeira empilháveis e produzidas em série. Mais tarde, numa tentativa de substituir o aço tubular em consola, e aproveitando o aparecimento das colas químicas, Aalto cria a primeira cadeira em madeira lamelada colada – técnica que consistia em folhas de madeira que, depois de coladas, eram curvadas, em moldes, ao vapor e posteriormente cortadas –, testando e comprovando a grande capacidade de flexão e resistência da mesma, anteriormente impossíveis de obter com o mesmo material, mas com técnicas, ou tecnologias, diferentes⁴¹. Por fim, Aalto cria, em 1936, uma “chaise longue aux formes fluides, (...) qui explore a maximum la solidité du bois lamellé collé.” (ÓLAFSDÓTTIR, 1998: 81)

Será importante referir que Alvar Aalto era, em essência, um *artista*, pelo que criava, de igual modo, esculturas e relevos em madeira, que muitas vezes, e sem qualquer género de objectivo em vista, acabavam por gerar “(...) innovations formelles et structurelles dans son architecture ou son mobilier” (ÓLAFSDÓTTIR, 1998: 79). De facto, e como se pode verificar, o próprio Aalto o afirmou:

“Dans la recherche de soutiens pratiques et esthétiques en architecture, il n’est pas toujours possible de se borner à des considérations rationnelles et techniques, c’est même assez rare. L’imagination doit garder le champ libre. La plupart de mes essais avec le bois ont été faits sans but précis, par jeu; et dans certain cas, ce n’est que 10 ans plus tard qu’il en est résulté une application pratique.” (ÓLAFSDÓTTIR, 1998: 79)

A descoberta destas novas tecnologias é, portanto, um marco de grande relevância nesta época, pelo que a sua aplicação na construção civil não tardou a concretizar-se.

40 Vejam-se, para maior esclarecimento, as seguintes citações: “(...) la pièce de contre-plaqué est collée, chauffée et courbée de façon mécanique, technique bien connue en Finlande à cette époque. (...)

La technique du contre-plaqué courbé n’a pourtant rien de nouveau à cette période, ayant été largement utilisée depuis le XIXe siècle.”, in ÓLAFSDÓTTIR, Ásdís, *Le mobilier d’Alvar Aalto dans l’espace et dans le temps – la diffusion internationale du design 1920-1940*, Publications de la Sorbonne, Paris, 1998.

41 Leia-se a seguinte citação: “Une fois le bois collé, il était courbé à la vapeur dans des moules et découpé après séchage en bandes régulières. La première chaise ainsi fabriquée cherche à remplacer du tube d’acier en porte-à-faux par des pieds en hêtre lamellé, vissés sous le siège incurvé en contre-plaqué. (...)

Avec sa chaise à patins, non soutenue, Aalto demande au bois un travail de flexion sans précédent”, écrivait Sigfried Giedion en 1941. En effet, la qualité de ces fauteuils est leur flexibilité, car les cadres en bois lamellé se fléchissent légèrement sous le poids porté, tout en étant très solides.”, in ÓLAFSDÓTTIR, Ásdís, *Le mobilier d’Alvar Aalto dans l’espace et dans le temps – la diffusion internationale du design 1920-1940*, Publications de la Sorbonne, Paris, 1998, pág. 80.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



Mobília desenhada por Alvar Aalto e pavilhão multiusos de Mannheim, concebido por Frei Otto.

Ao longo do século XX, foram várias as descobertas, ou inovações, no campo das novas tecnologias da madeira, entre as quais se contam a “gridshell” de Frei Otto – uma estrutura, como o nome indica, em rede, de grande flexibilidade, leve, mas forte e que permite construções de grande envergadura, como a sala de exposições de Mannheim, do mesmo arquitecto, com cerca de 60 metros⁴² – e as estruturas de madeira com ligações em metal, onde estas, por lhes conferirem mais flexibilidade, permitem uma grande rapidez e facilidade de montagem – ou desmontagem! – e possibilitam a adaptação do edifício a novos programas e/ou novas necessidades.

42 Atente-se, para esclarecimento, no seguinte excerto: “El descubrimiento más reciente y revolucionario en el campo de la construcción de grandes bóvedas es la estructura “gridshell”, o de parrilla, desarrollada en Europa por Frei Otto. En esencia esta estructura está concebida como una red colgante que luego de “congelarse” en su posición adecuada es invertida. El enrejado que aparece en la fotografía está hecho de pino cembro de Sibéria pero la tsuga del Pacífico es preferible por su mayor flexibilidad. La malla es ligera, fuerte (cada uno de sus elementos está sujeto únicamente por compresión) y de fácil transporte. La estructura que aparece en la fotografía es uno de los pequeños modelos experimentales, pero esta técnica es perfectamente adaptable a estructuras a gran escala. Una de las mayores construcciones realizadas con este tipo de estructura es la sala de exposiciones en Mannheim, erigida en 1975 por Frei Otto, que tiene una envergadura de más de sesenta metros.”, in JOHNSON, Hugh (prólogo), *La Madera*, Editorial Blume, Espanha, 1980, pág. 77.

2. SUSTENTABILIDADE

Do latim *sustentare*, que significa *sustentar, cuidar, preservar*, o termo sustentabilidade pressupõe a preservação de determinado bem ou condição por um certo período de tempo⁴³. Trata-se de uma das grandes preocupações do mundo actual e, mais do que uma palavra, *sustentabilidade* tornou-se, nos últimos anos, num princípio, por defender o uso dos recursos naturais para a satisfação das necessidades presentes sem comprometer a satisfação das necessidades das gerações futuras. Existe, de igual modo, o conceito de *desenvolvimento sustentável*, que abrange não só a sustentabilidade a nível ambiental, mas também em termos económico e social, tentando “conciliar progresso e crescimento económico com uma adequada preservação da natureza.”⁴⁴

Para que o desenvolvimento sustentável seja possível, são vários os campos de intervenção a considerar, desde a utilização de energias renováveis para a produção de energia eléctrica – como as eólica, hidráulica e solar –, à adopção da “política dos três “R”s” – Reduzir, Reutilizar, Reciclar. Por se tratar de uma vasta matéria, vai aqui dissertar-se essencialmente sobre o papel da madeira na procura da sustentabilidade e, portanto, de uma construção e arquitectura sustentáveis.

Primeiramente, e como já referido nesta Dissertação, a madeira existe em abundância por todo o Mundo – as florestas cobrem cerca de 3.9 biliões de hectares (ou 30%) da superfície terrestre⁴⁵. Contudo, e apesar das diversas medidas que procuram contrariar esta tendência, todos os anos desaparecem entre 12 e 15 milhões de hectares de floresta no Hemisfério Sul, perda esta que não se consegue compensar com as plantações florestais – que todos os anos aumentam⁴⁶ –, uma vez que o crescimento das árvores consiste num processo lento para a maioria das espécies. Com efeito, já no reinado de Filipe III de Espanha tinham sido implementadas medidas de preservação de florestas no Norte da Península Ibérica, para que as árvores pudessem crescer e, mais tarde, servir como material de construção dos navios da frota espanhola, conseguindo-se assim não só a preservação das florestas mas, também, a sua renovação. Em acréscimo, a uniformização de todas as embarcações, isto é, a utilização de medidas fixas, tinha como objectivo facilitar a sua construção e, eventualmente, a sua reparação. Atente-se, para melhor compreensão, nos seguintes excertos:

43 Relatório Brundtland, de 1987, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

44 In Infopédia [Em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2011. (Consult. 23-03-2011).

45 Ver HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

46 Com efeito, numerosas tentativas são feitas, todos os anos, no sentido de aumentar as florestas do planeta. Contudo, não conseguem compensar o ritmo a que estas desaparecem: “Despite various conservation activities, between 12 and 15 million ha of forest are lost every year in the southern hemisphere. This loss of tree-growing land and potential for wood cannot be compensated for by establishing forest plantations, even though in 2000 they exceeded 140 ha and continue to increase.”, in HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004, pág. 47.

“La defensa de los árboles destinados a la construcción naval (...) disponía en España ya de abundante legislación protectora, pero era anticuada. (...) el 17 de marzo de 1606 se dictó una Real Orden para todo el área Norte de la Península (...) obligando las autoridades de los distintos lugares a ayudar al coronel Domingo de Idiaquez a la conservación de los plantíos.” (MARCOS, 1988: 7)

“El objetivo de esta comisión sería conseguir “unas medidas fijas para fabricar los navíos de V. Md.” (MARCOS, 1988: 4)

“(...) Digo Brochero pretendía que se adoptase el sistema de medidas unificado (...) con el fin de que todos los navíos de la Península y del mismo tipo fuesen iguales. El propósito era conseguir un barco velero y fuerte cuyas partes fundamentales fuesen iguales en todos los de su mismo tipo, con lo que aumentaría y se facilitaría la construcción, a la vez que se mejoraría. Al tiempo, se agilizarían las labores de reparación de barcos, al poder disponer de piezas de repuesto en los almacenes, debido a que esto sería rentable al ser modelos unificados.”, (MARCOS, 1988: 13)

Será conveniente referir que o carbono libertado para a atmosfera pelos organismos vivos e por meios artificiais relacionados, inevitavelmente, com a actividade humana, é absorvido pelos seres vivos vegetais que, por sua vez, libertam oxigénio, purificando o ar. Na origem deste processo de renovação do ar, se assim lhe é permitido chamar, encontra-se a fotossíntese, “importante função pela qual as plantas verdes, em presença da luz, fixam o carbono do dióxido de carbono do meio externo e libertam oxigénio”⁴⁷. O ciclo de vida do dióxido de carbono é, por isso, essencial no que respeita ao bom-funcionamento e equilíbrio climático do planeta. É nas florestas que, actualmente, se encontra armazenado 80% do carbono que os organismos vivos – plantas e animais – detêm, existindo em quantidade praticamente igual, sobre a forma de dióxido de carbono, na atmosfera. Assim sendo, uma floresta virgem, ou natural, encontra-se num estado de equilíbrio caso ainda não tenha atingido o nível máximo de saturação de carbono, já que a absorção e libertação deste último são processadas de modo equilibrado e, uma vez atingida a capacidade máxima de armazenamento, se torna impossível a extracção de mais dióxido de carbono da atmosfera. Apenas utilizando a madeira destas florestas volta a ser possível libertá-las do carbono armazenado, permitindo assim que possam, de novo, extrair dióxido de carbono da atmosfera. Ao utilizar esta madeira em quantidade reduzem-se, também, as emissões de dióxido de carbono levando, consequentemente, a um crescimento mais lento dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera. Deste modo, depois de ter servido os seus propósitos, a madeira pode ser reciclada, utilizada para produzir energia ou devolvida ao seu ciclo de vida natural através da decomposição. Porém, este processo apenas devolve o dióxido de carbono à atmosfera, não explorando a potencial energia solar da madeira. Por outro lado, se utilizada para produzir energia, a madeira permite que se reduza

47 In Infopédia [Em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2011. (Consult. 27-03-2011).

significativamente a quantidade de dióxido de carbono emitido para a atmosfera, uma vez que substitui outros combustíveis fósseis⁴⁸. Esta opção – e conforme se poderá confirmar nos excertos de seguida apresentados – tem sido o caminho mais utilizado para a reciclagem, ou reutilização, da madeira, não só por contribuir para o aumento do ozono e por reduzir o efeito de estufa, mas também por ser economicamente vantajoso.

Efectivamente, “(...) the use of waste wood in energy generation is by far the most popular route at present. The ecological assessment has shown that in addition to the economic advantages, the use of waste wood in energy generation has distinct advantages, primarily in terms of the impact categories greenhouse effect, land consumption and ozone potential.” (HERZOG, 2004: 49).

Torna-se assim possível a utilização da madeira para os mais diversos fins sem interferir no equilíbrio climático do planeta, assegurando-se ao mesmo tempo a preservação das florestas e a purificação da atmosfera.

Diferentes produtos, ou materiais, utilizados na construção, tanto para fins estruturais como não, são compostos por partículas de madeira de diversos tamanhos que resultam da extracção da madeira para os fins acima mencionados. Combinadas com as colas sintéticas apropriadas, estas partículas podem resultar numa panóplia de materiais⁴⁹ utilizáveis não só no sector da construção, como em muitos outros, mostrando mais uma vez que a madeira é um material do qual não resulta nenhum *desperdício* e que, portanto, contribui em larga escala para um desenvolvimento sustentável do planeta.

A questão da pré-fabricação, como referido no capítulo anterior, constituiu, no período em que este conceito foi introduzido, um grande entrave à utilização da madeira na construção e noutras áreas. É do conhecimento geral que o trabalho da madeira é dispendioso e, portanto, impossível de incorporar num mercado que privilegia a *standardização* e a redução, tanto quanto se conseguir, dos custos de produção, de modo a que se possa atingir um preço de venda baixo o suficiente para abranger um público o mais vasto possível. Contudo, reforce-se, o aparecimento dos apropriados adesivos sintéticos permitiu que esta voltasse a figurar no mercado e, conseqüentemente, a competir com o betão e o aço, uma vez que os novos materiais derivados da madeira que aqui surgiram se encaixavam nas exigências do novo mundo industrializado, do fabrico em larga escala e, portanto, das medidas standardizadas.

Actualmente, o avanço tecnológico dos últimos anos introduziu novas máquinas na indústria da construção, razão pela qual se pode colocar a questão pertinente sobre se a construção “à medida” não se estará a tornar, aos poucos, mais acessível, no sentido em que o fabrico de peças

48 Consultar HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

49 Que serão devidamente apresentados no capítulo seguinte.

standardizadas requer o mesmo trabalho, ou quase o mesmo trabalho efectivo que as peças “por medida”. Se assim for, e na minha modesta opinião, o impacto que tal terá sobre o desenvolvimento sustentável do planeta será pouco significativo, senão nulo, uma vez que os desperdícios de material poderão sempre ser aproveitados para a produção de outros produtos, derivados de madeira, que serão sempre empregues, entre outros, nos sectores da construção e mobiliário.

Posto isto, a utilização de madeira na construção revela-se uma das soluções com mais potencial, por poder ser empregue numa série de aplicações, desde a estrutura e pavimentação ao mobiliário encastrado e caixilharias, entre muitos outros. Comparativamente ao betão e aço, e em termos ditos *ecológicos*, a madeira é o material que menos fere o ambiente, podendo mesmo afirmar-se que contribui para a manutenção e renovação de florestas⁵⁰, para a produção de energia, para a diminuição de lixos não-degradáveis e não-recicláveis, para a redução das emissões de dióxido de carbono e, conseqüentemente, para o aumento do nível de ozono na atmosfera. Assim sendo, a construção em madeira, se consideradas todas as questões acima mencionadas, constitui um grande contributo para o desenvolvimento sustentável do planeta, restando ao desenho a parte final, mas não menos importante, deste mesmo contributo, no sentido de se conceber uma arquitectura que tome em conta e tire partido da exposição solar, ventilação, arrefecimento e aquecimento naturais e outras questões pertinentes que procurem não só uma construção, mas também uma arquitectura sustentáveis.

⁵⁰ E, conseqüentemente, para a preservação de espécies animais e vegetais, visto que a redução das florestas pode resultar na extinção de determinadas espécies de árvores e, previsivelmente, na de animais que delas dependam, bem como de eventuais micro-sistemas.

3. AS TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA

O aparecimento de colas sintéticas, como anteriormente referido, permitiu uma grande evolução na construção em madeira. Com efeito, os *produtos derivados de madeira* utilizam não apenas a que provém do tronco e de alguns ramos, como aproveitam qualquer parte da árvore, desde a casca, nalguns casos, às zonas com defeitos que, no caso da madeira maciça, são rejeitadas, ao chamado serrim, ou pó de madeira. Estes produtos utilizam, igualmente, madeira de árvores de crescimento rápido⁵¹ – que se traduz, normalmente, numa madeira pouco resistente e de insuficiente qualidade para aplicação na construção mas que, quando conjugada com estes adesivos sintéticos, providenciam materiais de resistência consideravelmente superior. Foram mesmo conseguidas, com estes produtos, inovações a nível estrutural, como mencionado no capítulo IV.1. *Introdução*. Este capítulo procura, assim, apresentar as tecnologias, ou os produtos derivados de madeira com maior potencial que, a partir do aparecimento destas colas, foram sendo criados.

Para que, então, melhor se compreenda o modo como alguns dos produtos derivados de madeira a seguir expostos são compostos e se comportam, torna-se necessário esclarecer o significado do termo *grão* no que se refere à madeira e que se passa a explicar: trata-se das diferentes regiões do tronco de uma árvore, de cores alternadamente mais claras ou escuras e que correspondem aos vários parâmetros de crescimento da árvore de acordo com as diferentes Estações do ano, às quais normalmente nos referimos como anéis de crescimento ou veios da madeira.

A apresentação destes produtos será acompanhada, quando assim se proporcionar, por exemplos de obras construídas com o produto em questão, das quais se poderá obter informações mais detalhadas no capítulo VI. Anexos – 1. *Outras construções em madeira*.

51 Consultar MCQUAID, Matilda, *Shigeru Ban*, Phaidon, New York, 2003.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



3.1. Structural solid wood (Madeira maciça)

As construções em madeira anteriores ao aparecimento das colas sintéticas eram compostas por elementos estruturais de madeira maciça, isto é, por madeira sólida estrutural, onde as peças acabavam por ficar limitadas às dimensões do tronco resultando, por consequência, em construções às quais não era permitido estender-se em grandes vãos. Deste modo, e se, como acima referido, antes do aparecimento de colas específicas para madeira as dimensões dos elementos estavam limitadas ao comprimento do tronco, actualmente, utilizando uma junção tipo *finger jointing*, qualquer dimensão é possível, sem se enfraquecer, sequer, a secção transversal da peça em madeira. Assim, a madeira maciça figura nesta lista de novos, ou recentes, produtos derivados de madeira, não por se tratar de um novo produto, mas por se utilizar de modo diferente – ou seja, por, através do uso de colas sintéticas, se conseguir uma junção eficaz de peças e, consequentemente, dimensões, essas sim, novas.

Nos dias de hoje, a madeira maciça estrutural é utilizada⁵², maioritariamente, em casos que obriguem a requerimentos específicos no que respeita à capacidade de suportar determinadas cargas, de conservação de forma e de exactidão dimensional.⁵³

52 Para ilustrar as aplicações actuais da madeira maciça, consultar o capítulo VI. Anexos – 1.1.3. / 1.1.5. / 1.1.8. / 1.1.10. / 1.2.2. / 1.2.3. / 1.3.1. / 1.3.2. / 1.5.1. / 1.13.1. / 1.14.1. / 1.14.4. / 1.15.4.

53 Verificar, para esclarecimento, a monografia HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



3.2. Glued laminated timber / Glulam (Madeira lamelada colada)

A madeira lamelada colada é composta por pelo menos três peças de madeira resinosa coladas sobre pressão, paralelamente ao grão, de forma a criar elementos de construção estáveis, pelo que esta se pode considerar, no fundo, como uma madeira sólida modificada, onde os defeitos de crescimento da árvore, que pudessem enfraquecer a peça estrutural, foram eliminados quase na sua totalidade. É também utilizada – à semelhança da madeira maciça e de praticamente todas as madeiras que sejam utilizadas para fins estruturais – uma junção tipo *finger jointing*, o que permite, igualmente, qualquer comprimento para cada elemento.⁵⁴

Esta é uma das tecnologias recentes mais utilizadas na construção em madeira contemporânea.⁵⁵

54 Ver HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.

55 Consultar o capítulo VI. Anexos – 1.1.1. / 1.1.6. / 1.1.7. / 1.4.2. / 1.7.1. / 1.8.1. / 1.9.1. / 1.10.1. / 1.10.3. / 1.10.5. / 1.15.5.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



3.3. Oriented strand board / OSB (Prensado de madeiras sobrepostas)

O OSB (Oriented Strand Board) é composto por pedaços achatados de madeira⁵⁶ colocados perpendicularmente entre si em três ou cinco camadas, de acordo com a espessura desejada. Por utilizar apenas colas impermeáveis, o OSB é dos produtos derivados de madeira com maior resistência à água. A disposição dos pedaços de madeira perpendicularmente entre si confere grande força e resistência aos painéis de OSB, permitindo de igual modo que estes tenham dimensões superiores às de outros produtos semelhantes. Com efeito, “excellent mechanical properties have been obtained (two to three times those of normal chipboard types) by machine-cutting the wood parallel to the grain.” (HUGUES, 2004: 46).

Este material pode ser utilizado como revestimento interior e mesmo, com o devido tratamento para se tornar ainda mais impermeável, exterior.⁵⁷

⁵⁶ Cada um com cerca de 75 mm de comprimento. De modo a conseguir-se obter estes pedaços achatados e rectangulares, os folheados de madeira são descascados ou esmagados, e os pedaços que daí resultam, depois de seleccionados, secos e colados: “The flat chips are obtained by peeling and crushing veneers or by using a chipper. They are then sieved, graded, dried, glued, spread out and aligned.”, in HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004, pág. 46.

⁵⁷ Ver, para esclarecimento, as monografias HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004 e MCQUAID, Matilda, *Shigeru Ban*, Phaidon, New York, 2003. Consultar, ainda, o capítulo VI. Anexos – 1.1.9.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



3.4. Laminated veneer lumber / LVL (Madeira lamelada folheada)

A madeira lamelada folheada, ou LVL, começou por ser desenvolvida para a utilização em hélices e outras peças de aparelhos aéreos durante a II Grande Guerra. Este produto é composto por camadas folheadas de madeira dispostas paralelamente ao grão, ao contrário da madeira contraplacada. Estas camadas, com espessura de três milímetros, são primeiro cortadas e depois secas, sendo depois seleccionadas de acordo as características que apresentarem: as áreas com defeitos são removidas e as camadas que forem demasiado leves ou estiverem deformadas são postas de parte. Feita esta selecção, colam-se as camadas aprovadas, como acima referido, paralelamente ao grão e pressionam-se, formando assim um painel de LVL. Estes painéis podem ser utilizados no exterior, pois são facilmente impregnáveis com substâncias aquosas para a preservação de madeira, o que lhes permite estar exposto aos Elementos. Depois de concluído este processo de fabrico, os painéis de LVL podem ser, posteriormente, cortados segundo as dimensões desejadas.

Comparativamente à madeira sólida, o LVL é menos propenso à deformação, sendo muito menos provável que dilate ou encolha, que arqueie ou que torça, pelo que é utilizado em peças às quais é requerido um grande esforço, como as vigas.

Foi a partir dos anos 70 que o LVL começou a ser utilizado na construção e, hoje, é ainda utilizado como componente de alta-resistência em qualquer aplicação na indústria da construção civil.⁵⁸

⁵⁸ Consultar as obras MCQUAID, Matilda, *Shigeru Ban*, Phaidon, New York, 2003, HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004 e o capítulo VI. Anexos – 1.8.1.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



3.5. Laminated strand lumber / LSL (Madeira de lamelado de lascas)

O LSL é muito semelhante ao OSB, uma vez que também é composto por pedaços achatados de madeira, embora se trate de pedaços de dimensões menores e provenientes das madeiras de choupo e de álamo, madeiras estas mais leves e de crescimento rápido. Assim, o LSL utiliza todos os excessos de madeira que seriam demasiado fracos, ou que teriam demasiados defeitos, para ser aplicados nas situações onde se necessita de madeiras sólidas e resistentes. O processo de fabrico do LSL passa por secar os pedaços de madeira, revesti-los com resina impermeável e submetê-los a uma grande pressão sob calor, com injeção de vapor, procedendo-se de seguida ao corte em grandes placas. Deste modo, o material que daqui resulta é resistente o suficiente para se utilizar em apoios de vigas, núcleos e armações de portas e outras aplicações. Este produto é mais caro do que a maioria dos derivados de madeira mas, por outro lado, é mais ecológico.⁵⁹

59 Consultar HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004 e MCQUAID, Matilda, *Shigeru Ban*, Phaidon, New York, 2003.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



3.6. Three- and five-ply panels (Painéis de três e cinco camadas)

Estes painéis são compostos por três ou cinco camadas de madeira leve, cada qual colada no sentido perpendicular à camada adjacente. O número de camadas é ímpar, uma vez que a simetria faz com que a possibilidade de entortamento dos painéis seja significativamente menor. Os painéis de três ou cinco camadas podem ser utilizados em várias situações, como para o apainelamento de telhados e tectos em casas de sistema construtivo em painel. Também podem ser utilizados para fachadas ventiladas, caso sejam previamente selados e protegidos.⁶⁰

60 Ver a monografia HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004 e o capítulo VI. Anexos – 1.10.4.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



3.7. Laminated construction board (Prensado de lamelados perpendiculares)

O LCB consiste num painel composto por camadas perpendiculares entre si de folheados de madeira posteriormente colados. Podem ser utilizadas colas impermeáveis, dependendo do uso pretendido para o painel em questão. O LCB é utilizado como reforço do apainelamento de paredes, tectos e telhados. As madeiras que se utilizam para o fabrico deste produto são as mesmas que para a madeira contraplacada, com a excepção de determinadas espécies tropicais.⁶¹

61 Verificar a obra HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



3.8. Parallel strand lumber (Painel de lascas paralelas)

Actualmente, o PSL é apenas produzido nos Estados Unidos da América e utiliza-se apenas na forma de vigas. Este produto é fabricado a partir de pedaços de madeira de, aproximadamente, dezasseis milímetros de comprimento e três de espessura, que são alinhados longitudinalmente em relação ao eixo da viga e, seguidamente, colados com cola impermeável e pressionados. Durante este último processo, a compressão aumenta a densidade do material, que atinge valores ligeiramente superiores aos da madeira sólida. Os painéis assim formados, depois de atingida a espessura de quatrocentos e oitenta e três milímetros, são depois cortados, obtendo-se assim as vigas. Posteriormente, é ainda aplicada parafina para que a peça se torne ainda mais impermeável, repelindo a água.

As propriedades do PSL são semelhantes às do *glulam*, com a diferença de resistir mais às forças de flexão e compressão. A aparência deste produto é significativamente diferente das dos apresentados até agora, uma vez que são visíveis algumas pequenas cavidades entre os pedaços de madeira alinhados.⁶²

62 Ver HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.



3.9. Fibreboard (Painel de Fibras)

Os painéis de fibras de madeira são, como o nome indica, fabricados a partir de pequenas partículas fibrosas de madeira. Estas são colocadas num tanque desfibrador, tratadas sob vapor e mecanicamente desfibradas, num processo que explora a força adesiva natural das fibras. De acordo com a densidade de cada painel, estes podem ser classificados de várias formas. Na indústria da construção, as classificações variam entre *hardboard* – densidade alta - e *medium-density fibreboard* – densidade média. Esta última classificação está na origem da designação comum MDF (Medium Density Fibreboard), frequentemente utilizada.

Os painéis de fibras de madeira têm várias aplicações, embora estejam restringidos, no caso de construções em madeira, a sistemas construtivos em painel, onde são utilizados como reforço do apainelamento de paredes, tecto e telhados. Podem ser, de igual modo, utilizados em interiores em locais com pouca humidade e, ainda, aplicados em mobiliário.⁶³

63 Consultar, para esclarecimento, a obra HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.



3.10. Flat-pressed boards / FP (Placas prensadas / de aglomerado de madeira)

Pequenas partículas de madeira⁶⁴, alinhadas paralelamente à superfície, ou face, do painel, são coladas e pressionadas de modo a originar grandes painéis homogêneos que, numa fase posterior, poderão ser cortados tanto longitudinal, como transversalmente. De acordo com as colas e produtos de preservação de madeira utilizados, estes painéis recebem diferentes classificações, podendo uns ser utilizados em ambientes de grande humidade e onde a possibilidade de aparecimento de fungos destrutivos seja significativa e outros aplicados apenas em situações de humidade baixa. Na construção, estes painéis são maioritariamente utilizados no reforço do apanelamento de paredes, pavimentos, tectos e telhados.⁶⁵

64 Relativamente pequenas, uma vez que se trata de partículas maiores do que as utilizadas nos painéis de fibras de madeira, mas significativamente menores do que as utilizadas no fabrico de PSL, LSL e OSB, que já se tratam de pedaços e não de partículas de madeira.

65 Ver a monografia HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



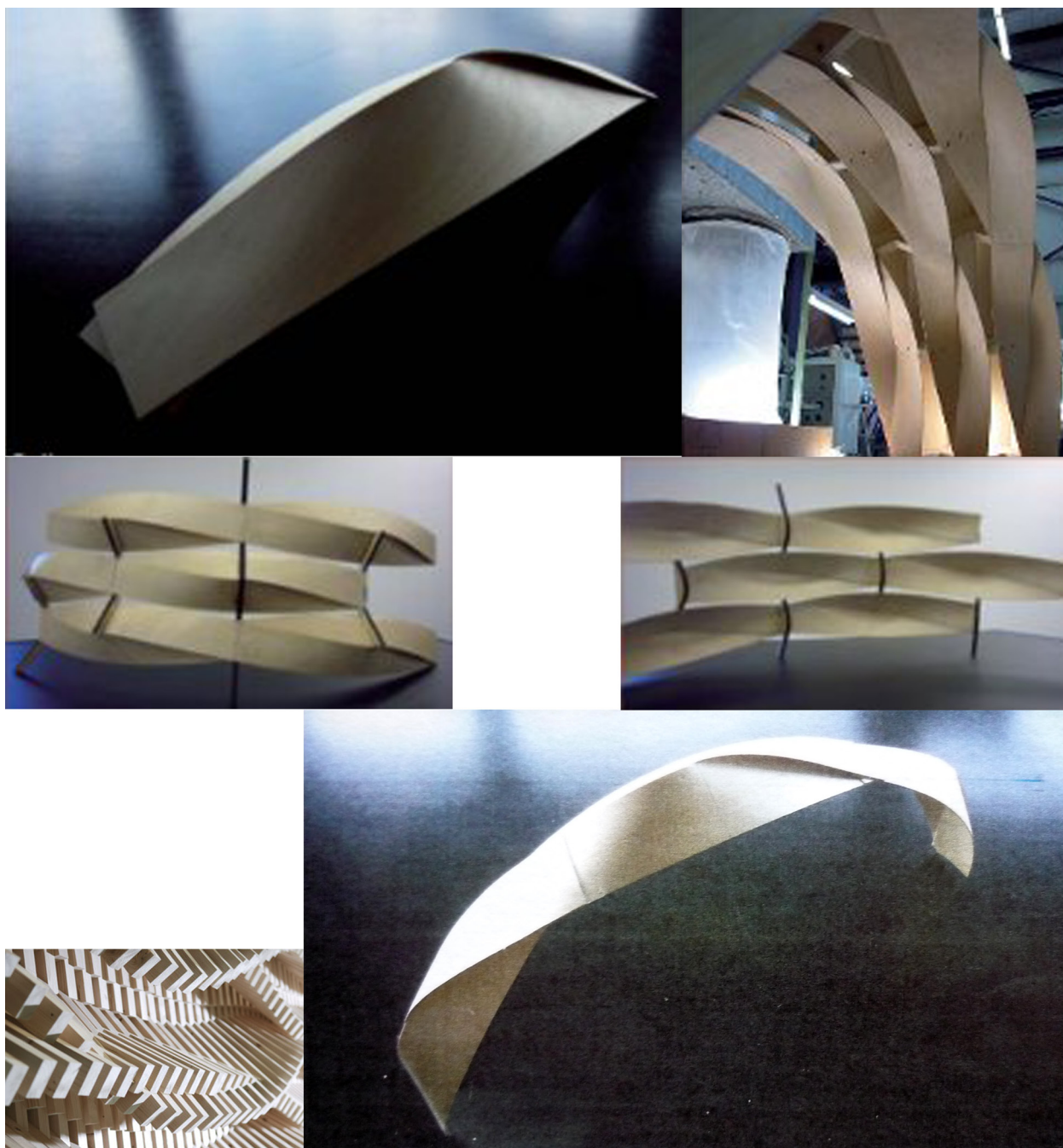
3.11. Blockboard and laminated board (painel-bloco/maciço e painel lamelado)

Os painéis de Blockboard são compostos por um núcleo de bandas de madeira sólida – com larguras compreendidas entre vinte e quatro e trinta milímetros – coladas entre si e por duas camadas de folheado de madeira – uma de cada lado do painel –, onde o grão da madeira corre perpendicularmente em relação à camada adjacente.

Já no que respeita aos laminated boards, o núcleo consiste numa série de bandas de folheado de madeira, coladas perpendicularmente entre si, com espessuras entre cinco e oito milímetros. À semelhança dos Blockboards, de cada lado do painel é colado um folheado de madeira, de grão perpendicular ao da camada adjacente. Ambos os produtos são utilizados no fabrico de mobiliário e em escadas, mas raramente como elementos estruturais. Podem, no entanto, ser utilizados como reforço de alguns elementos de construção.⁶⁶

66 Verificar a obra HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



3.12. Timberfabric (Madeira-tecido)

O conceito de *timberfabric* partiu da simples premissa de se aplicarem “(...) textile principles on a building scale” (HUDERT, 2010: 102). A ideia tem vindo a ser desenvolvida no IBOIS, um laboratório da École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), com a liderança de Yves Weinard e Markus Hudert. Assim, o Timberfabric não corresponde, exactamente, a uma nova tecnologia na construção com madeira, mas a um novo princípio estrutural daquilo que a construção em madeira pode permitir.

As principais características da madeira constituem, *a priori*, uma condição importante para concretização deste estudo, uma vez que este material é, simultaneamente, macio, viscoso e de grande flexibilidade quando comparado com outros materiais de construção, como o aço e o betão, conforme referido no Capítulo III.2- Características e Propriedades. A madeira é composta por uma série de fibras de celulose, fibras estas flexíveis e que permitem determinada deformação elástica ao material. Deste modo, tanto a madeira como os materiais têxteis podem ser considerados tecidos constituídos por fibras, característica esta que move a investigação em torno de estruturas fibrosas a uma micro-escala aplicadas em estruturas à base de madeira.

Em termos gerais – e se comparados entre si –, a uma estrutura em madeira associa-se a imagem de algo rígido, enquanto que a um tecido é atribuída a ideia de um material elástico e flexível. Curiosamente, um dos primeiros protótipos de Timberfabric era de tal forma flexível que se deformava de modo a adaptar-se a qualquer carga sem colapsar, pelo que se tornou impossível o cálculo da carga máxima suportada. Embora este estudo não tenha feito mais esforços no sentido de explorar tal propriedade, esta encontra-se inquestionavelmente entre os assuntos a desenvolver no futuro pelo IBOIS.⁶⁷

Uma outra característica de grande relevância para este estudo é o facto de os tecidos serem constituídos por uma estrutura de uma multitude de fios que se comportam como uma única entidade, trabalhando em conjunto. Assim sendo, este tipo de *comportamento social*, como denominado pelo Laboratório IBOIS, impede que a estrutura colapse caso um dos elementos falhe, uma vez que a carga anteriormente suportada pelo elemento em falta é transferida para os elementos adjacentes. Aplicado à realidade da construção civil, tal princípio aumenta o factor de segurança da estrutura

⁶⁷ Atente-se, para melhor entendimento, nos seguintes excertos: “Traditionally, building structures have striven for rigidity whereas textiles embody the properties of elasticity and suppleness. It is of more than anecdotal interest that, for one of the first Timberfabric prototypes, it was impossible to determine an ultimate load-bearing capacity. While exposed to an increasing load, its elasticity enabled it to perform dramatic deformation and to evade its destruction. The ability of a structure to adapt to a load is a highly interesting property that will be subject to further investigations in the future.”, in HUDERT, Markus, WEINAND, Yves, “Timberfabric – Applying textile principles on a building scale” (2010), AD, Architecture Design – The New Structuralism, volume 80, nº4, Editora Wiley, Londres, 2010, Julho/Agosto, páginas 102 a 107.

que o utilize. Naturalmente, uma estrutura composta por uma série de elementos repetidos abre um vasto leque de possibilidades, permitindo de igual modo a existência de um grande número de variações sobre a estrutura total e fazendo com que estas possam ser optimizadas, o que irá resultar numa “(...) generation of novel structures with highly specific performance profiles, characterised by lightness and robustness in an equal manner (...)” (HUDERT, 2010: 104). O facto de se tratarem aspectos materiais, formais e estruturais a um mesmo nível contribui para a possibilidade de as soluções estruturais produzidas serem excepcionais.

Por outro lado, considerando que, numa fase inicial, o material utilizado consiste em painéis simples de madeira e que, no decorrer do processo de montagem, estes vão ser duplamente curvados, causando assim novas tensões – resultado dos momentos de torção do material –, a questão da escala é de grande relevância, como comprovado pelas diferenças entre os pequenos modelos e os protótipos em escala real. Com efeito, estes últimos estão sujeitos a uma “(...) higher flexibility and dynamic sensibility” (HUDERT, 2010: 107), pelo que a aquisição de conhecimentos sobre como estas questões de escala afectam o comportamento mecânico e espacial das estruturas compõe uma das prioridades do Laboratório IBOIS.

Por fim, e ainda que o elemento-base seja consideravelmente macio, a interacção entre os elementos curvados confere uma determinada rigidez a este tipo de estrutura, como observado em protótipos enquanto uma certa carga lhes era aplicada, onde a inércia da secção sujeita à carga aumentava devido à capacidade de deformação da estrutura.

As potencialidades do Timberfabric continuam a ser exploradas pelo Laboratório IBOIS⁶⁸, mas os resultados até agora obtidos fazem prever uma evolução significativa e prometedora nas artes da arquitectura e construção.

68 Consultar, para esclarecimento, o artigo “Timberfabric – Applying textile principles on a building scale” (2010), de Markus Hudert e Yves Weinand, publicado na revista AD, Architecture Design – The New Structuralism, volume 80, nº4, Editora Wiley, Londres, 2010, Julho/Agosto, páginas 102 a 107.

3.13. Liquid Wood/Arboform (Madeira líquida)

Embora não tenha sido encontrado um número considerável de fontes que comprovem a existência deste material, mostrou-se premente referi-lo nesta Dissertação, nem que apenas por se tratar de um caso tão insólito.

Este material é composto por uma “mistura de farelo de madeira com uma massa de lignino e outras substâncias orgânicas conhecidas como “bioplásticos””⁶⁹ e terá sido desenvolvido por Helmut Nägele e Jürgen Pfitzer no Fraunhofer Institute for Chemical Technology em Pfintzal. Esta mistura, ou *Arboform*, quando aquecida, torna-se maleável. Deste modo, os possíveis erros que poderiam decorrer do corte e dimensionamento de peças de madeira maciça – e que resultariam no seu desperdício – são anulados, uma vez que este produto, quando aquecido, pode ser vertido sobre um molde e, naturalmente, adquirir a forma que se desejar. Uma vez arrefecido, o seu grau de dureza é equivalente ao do ébano. Em acréscimo, é um produto não combustível e praticamente impermeável, o que alarga grandemente as possibilidades de aplicação deste material, quer na indústria da construção civil, como na automobilística e de mobiliário, entre muitos outros.

69 In <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,1914153,00.html>.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



Com efeito, este material foi primeiro aplicado em colunas para sistemas de áudio, criadas pelo IMM Group em Mittweide, Saxony. Estas colunas, esféricas, tiram partido das qualidades acústicas do Arboform de modo a produzir um som de grande qualidade.

À semelhança da madeira não modificada, esta substância pode ser utilizada independentemente da localização geográfica, uma vez que qualquer tipo de madeira, incluindo bambu, soja e cana-de-açúcar, pode servir como componente principal da madeira líquida.⁷⁰

⁷⁰ Ver os sites <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,1914153,00.html> e <http://www.gtai.com/homepage/info-service/publications/our-publications/germany-investment-magazine/archive/vol-2007/vol-032007/innovative-germany6/?backlink=Back%20to%20overview>.

4. CASOS DE ESTUDO

Como se referiu no capítulo anterior, a madeira existe em abundância e variedade por todo o planeta, pelo que a construção em madeira, quer tradicional, quer empregando as novas tecnologias, é naturalmente prolífera. A construção em madeira não é, igualmente, limitativa, podendo aplicar-se tanto em edifícios estruturalmente simples e de dimensões reduzidas, como noutros, de grande envergadura e estrutura complexa. Do mesmo modo, não se condiciona a edifícios de carácter mais efémero, mas estende-se a construções mais sólidas e permanentes.⁷¹ Por estes motivos, a madeira constitui, verdadeiramente, uma opção fiável em relação à construção em betão e aço.

Neste capítulo, serão apresentadas três obras, de contextos distintos, que utilizam soluções estruturais diferentes entre si mas o mesmo produto derivado de madeira – a madeira lamelada colada, ou *glulam*. A selecção dos casos de estudo desta Dissertação não foi, de modo algum, feita de forma imediata. Começou por abranger uma quantidade significativa de projectos que ilustrariam a eficácia e aplicabilidade da madeira, ou de produtos de madeira, em construções contemporâneas de várias tipologias e dimensões em contextos geográficos variados. Rapidamente se tornou claro que um tão largo número de casos de estudo não permitiria a sua análise mais aprofundada, nem a apropriada reflexão sobre os mesmos. Do mesmo modo, não permitiria dissertar sobre o modo como a madeira pode funcionar como gatilho de sensações, ou sobre como a mesma pode criar diferentes espaços, diferentes ambientes, de acordo com o que é pretendido em cada projecto. Posto isto, optou-se por apenas três projectos – uma igreja, uma casa de habitação temporária e um conjunto de habitações permanentes –, de contextos geográficos distintos, que mostram diferentes interpretações de como a madeira pode ser aplicada por forma a criar, em primeiro lugar, espaços de diferentes caracteres e, em segundo, a despoletar sensações variadas, de acordo com estes mesmos espaços, aquilo a que se destinam e aquilo que neles se experimentou.

Em anexo⁷², apresentar-se-ão elementos complementares mas necessários à compreensão de cada projecto, que apenas não se expuseram em conjunto com o texto por se pretender uma leitura mais fluida, acompanhada apenas por imagens que pudessem, rapidamente, ilustrá-la.

71 Ver o capítulo VI. Anexos – I. Outras construções em madeira.

72 Consultar o capítulo VI. Anexos - II. Casos de Estudo - Elementos Complementares.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



4.1. IGREJA SOGN BENEDETG

A antiga igreja de Somvix – uma pequena aldeia do cantão suíço Graubünden –, gótica, com intervenções barrocas, foi destruída numa avalanche em 1984. Tratava-se de um pequeno edifício que, pela pedra branca com que era construído, num estilo “(...) common the world over, usually basically Baroque (...)” (ZUMTHOR, 1998: 56), contrastava com as tradicionais casas da aldeia, em madeira escura e de origens regionais vernaculares.

A nova igreja de Sogn Benedetg⁷³ – da autoria do arquitecto suíço Peter Zumthor –, construída num ponto mais abrigado, acima da aldeia, quebra esta tradição, tão característica desta região, de tensão entre a arquitectura da igreja, que “(...) proclaims a world religion” (ZUMTHOR, 1998: 56) e as pequenas casas, de tradição local. De facto, a nova igreja é construída em madeira e, tal como as casas da aldeia, irá, com o passar do tempo, escurecer a Sul e adquirir, a Norte, uma tonalidade acinzentada.

A igreja é composta por apenas um compartimento, cuja forma corresponde à do exterior do edifício – assemelha-se a uma folha, a uma gota; ou, mais correctamente, em termos geométricos, toma a forma de um lemniscate. Ao contrário das tradicionais igrejas com eixos principais que se intersectam e que exibem força e masculinidade, a forma da igreja de Sogn Benedetg é feminina e acolhedora, evocando “(...) the image of mother church (...)” e evitando criar “(...) an atmosphere of the classical didactic church.” (ZUMTHOR, 1998: 56). O espaço interior do edifício é definido por trinta e sete pilares de madeira, que circundam o chão e suportam o telhado, composto por vigas que estão dispostas de modo a lembrar os veios de uma folha. Por detrás dos pilares, uma parede, revestida, no exterior, por telhas de madeira, e pintada, no interior, de cinzento, fecha a igreja. O chão como que flutua dentro deste espaço, não tocando na parede e estando apenas em contacto com os pilares. Acima, entre a cobertura e a parede, uma faixa contínua de janelas permite que a luz entre na igreja e destaca a cobertura que, à semelhança do chão mas, no entanto, de modo distinto, paira acima do espaço interior do edifício.

Posto isto, e ainda que esta nova igreja siga um caminho diferente daquilo que compõe a tradição da região, como supramencionado, em tudo o resto se aproxima do que é habitual – fala-se aqui do altar tradicionalmente orientado a Este, do pequeno caminho que liga as casas, em baixo, à entrada da igreja, do local de implantação cuidadosamente escolhido pela sua topografia e do modo como a igreja, um pouco como uma torre, se eleva, agarrada à encosta, sobre a aldeia. Contudo, mesmo na diferença, a nova igreja de Sogn Benedetg mantém tradições, uma vez que, ao utilizar madeira, mostra o costume local de construir com este material e a perícia dos habitantes em trabalhá-lo; por outro lado, a sua forma, ainda que pouco convencional, distingue-a das casas da aldeia e proclama

73 Santo padroeiro da igreja.

a sua sacralidade⁷⁴. Ao mesmo tempo, o espaço interior torna-se incrivelmente centralizado, o que nos remete para as antigas igrejas de planta central da região, embora estas componham espaços estáticos e o primeiro nos provoque uma sensação dinâmica, de movimento.

74 Verifique-se a seguinte citação: "(...) expresses its sacredness (...)" (ZUMTHOR, 1998: 56).

4.1. CASA DE HÓSPEDES EM SINTRA

A Casa de Hóspedes⁷⁵ é um pequeno anexo da Casa Alemão, em Sintra, ambas concebidas pelos arquitectos Álvaro Siza e António Madureira. Está implantada a uma cota inferior, mais no centro da propriedade, numa clareira que se evidencia entre as árvores. Trata-se de uma construção pré-fabricada que utiliza o sistema construtivo tradicional nórdico, isto é, de sobreposição de troncos por encaixe⁷⁶. Contudo, os troncos são, aqui, peças compostas por três partes coladas entre si ou, melhor dizendo, são peças de madeira lamelada colada, uma das tecnologias recentes na construção em madeira apresentadas anteriormente.

No que se refere a aspectos formais, a planta do edifício é rigorosamente simétrica, jogando com a junção de quatro sólidos geométricos simples: um prisma octogonal, de altura maior, que corresponde às zonas da sala e cozinha e pelo qual se entra na casa; dois prismas rectangulares – quase quadrangulares! –, que compõem os espaços dos dois quartos e, finalmente, um pequeno cubo, onde se instala o quarto de banho. Estes três últimos prismas têm um pé-direito mais baixo do que o primeiro, diferença esta igualmente reflectida no exterior do conjunto.

⁷⁵ Ou Casa “Rato Mickey”, assim denominada pelas semelhanças formais com a personagem de desenhos animados homónima.

⁷⁶ No presente caso, a empresa contratada é a finlandesa Honka.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



Para que se compreenda melhor este projecto, torna-se necessária a presença, para termos de comparação, da Casa Alemão. Tal deve-se ao facto de as duas casas serem, de certo modo, e se assim se puder dizer, o oposto uma da outra. Em primeiro lugar, a Casa Alemão ocupa uma área consideravelmente maior do que a Casa de Hóspedes. Por outro lado, enquanto que a primeira se prolonga por uma extensão considerável, desenhando uma forma indeterminada no terreno, debruçando-se sobre vários pontos de vista, a Casa de Hóspedes concentra-se num ponto e fecha-se sobre si mesma numa volumetria absolutamente clássica e equilibrada. Isto reflecte-se, de igual modo, na própria volumetria – atente-se sobre o modo como a primeira se achata sobre o terreno, transparente, e no modo como a segunda compõe uma presença sólida, densa, maciça. Todas estas diferenças dependem, de certo modo, umas das outras, no sentido em que a área de ocupação e a ligeira diferença de programas, bem como as características distintas das zonas de implantação de cada edifício, se alimentam umas das outras, provocando estas divergências.

Retomando a Casa de Hóspedes, pode afirmar-se que, apesar de bem integrada no terreno e na paisagem, foge à tradição construtiva da zona, no sentido em que utiliza um sistema construtivo e um material pouco comuns na região⁷⁷.

77 E, também, no país.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



4.3. HABITAÇÃO COLECTIVA EM SIEM REAP

São diversos os motivos que levaram a que este projecto aqui figurasse como caso de estudo. Em primeiro lugar, o facto de o contexto geográfico ser, aqui, consideravelmente diferente daqueles a que nos habituámos, bem como tudo o que daí resulta – o clima quente e húmido, a fauna e flora, os costumes, a cultura, para nomear alguns – constituíram um motivo forte para que este projecto fosse estudado, nesta Dissertação, mais pormenorizadamente. Por outro lado, o programa da disciplina de projecto⁷⁸ no âmbito da qual este foi concebido consistia num modo de pensar e, consequentemente, de *projectar*, distintos dos nossos padrões, que passavam por obrigar o próprio aluno reflectir sobre as necessidades da população, resultando num programa inicial vago e, portanto, deixado ao critério de cada estudante. No entanto, os critérios e objectivos que existiam, e que se esperava que cada aluno seguisse, eram bastante precisos; o percurso até eles era, porém, uma descoberta que cada um teria que fazer, ao invés de, logo de início, lhe ser tudo fornecido. Por fim, o programa da disciplina previa que, durante o primeiro semestre, se realizasse uma viagem ao local onde os alunos, acompanhados pelos docentes, pudessem aperceber-se das diferenças culturais, sociais, climáticas e outras; durante a qual compreendessem que contextos diferentes obrigam a intervenções, e abordagens, igualmente distintos. Pela duração prolongada da viagem – de, praticamente, um mês –, uma parte do processo de concepção do primeiro projecto – uma abordagem a nível urbano – foi feita *in situ*. O projecto aqui apresentado, concebido durante o segundo semestre, foi fruto de uma reflexão⁷⁹ posterior, que apenas um mês de permanência em Siem Reap, pela experiência que aí se viveu, pôde permitir.

Por se tratar de um caso de estudo consideravelmente diferente dos anteriores – quer a nível geográfico e do que daí advém, quer por ser um projecto não construído e da minha autoria – dedicar-se-lhe-á uma pequena introdução por forma a devidamente contextualizar o projecto.

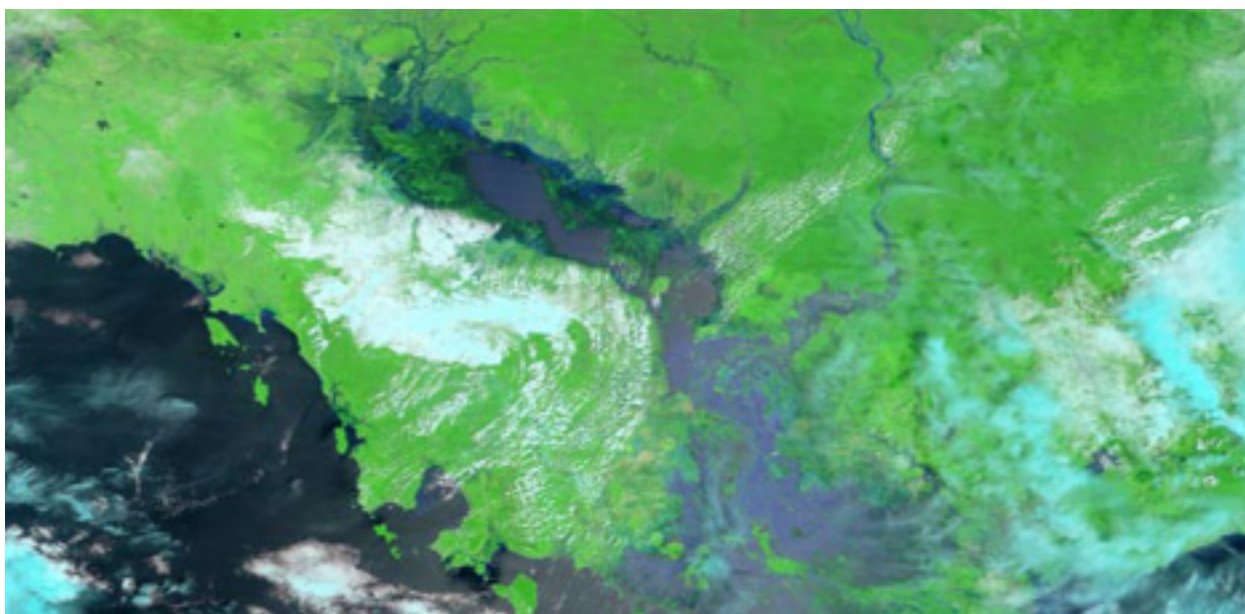
4.3.1. Um pouco sobre o Cambodja

Em primeiro lugar, é de extrema importância compreender que o clima do Sudeste Asiático, bem como a cultura cambodjana e o nível de desenvolvimento do país são substancialmente diferentes do clima, cultura e desenvolvimento europeus, o que resulta num modo de vida inevitavelmente diferente daquele a que estamos acostumados. O clima do país divide-se em dois períodos distintos: de meados de Maio a início de Outubro, altura em que os ventos de Sudoeste arrastam

78 Studio d'Architecture – Siem Reap Angkor, na École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris - Belleville.

79 E de um trabalho, uma vez que este se tratava de um projecto distinto do do primeiro semestre.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA



Fotografias de satélite sobre a região do Tonle Sap em diferentes épocas do ano. Em cima, época de monções, em Outubro de 2002. Em baixo, época seca, em Janeiro de 2003.



fortes chuvas e muita humidade – isto é, a época de monções – e de início de Novembro a meados de Março, em que os ventos e humidade são baixos. As temperaturas chegam a atingir os 40° Celsius em Abril e os 17° Celsius em Janeiro, mas a temperatura média anual é de 28° Celsius⁸⁰. Durante a época de monções, os solos ficam inundados, pelo que a mobilidade das populações é drasticamente reduzida. Durante este período de chuvas, os habitantes do Camboja deslocam-se, quando possível, em pequenos barcos, mantendo-se, porém, durante a maioria do tempo, nos espaços em redor das habitações que sejam, nesta altura, acessíveis.

Por se tratar de um clima predominantemente húmido e de um país pouco desenvolvido, o Reino do Camboja sobrevive das actividades agrícolas – em pequenas quintas e não em larga escala – e piscatórias, onde o cultivo de arroz ocupa 90% da área utilizada para agricultura – aproveitando as áreas férteis em torno do Tonle Sap, lago central do país, e do Rio Mekong, para onde a água se estende na época de monções – e onde o consumo de peixe constitui a principal fonte de proteínas da dieta cambodjana⁸¹.

No que respeita às infraestruturas, o Camboja está, claramente, em desenvolvimento. Se até há poucos anos os aglomerados populacionais viviam em função do mercado, e se as vias rodoviárias serviam este mesmo equipamento e a população a ele associada em função desse elemento aglutinador, a partir de 2002 foi feito um esforço no sentido de ligar populações e promover assim as relações entre o urbano e o rural – bem como o turismo noutras zonas com potencial e que até então lhe eram inacessíveis –, incitando ao desenvolvimento do país⁸².

Os grandes templos Khmer, do início do século XII, atraem inúmeros visitantes, razão pela qual o turismo detém um papel importante na economia e desenvolvimento do Camboja. O complexo dos templos de Angkor, em Siem Reap, são os mais bem conservados e, conseqüentemente, os mais visitados. As estradas que ligam a cidade de Siem Reap a Angkor são, portanto, umas das melhores da área e das poucas que se encontram alcatroadas. Os templos foram declarados património da humanidade pela UNESCO em 1992 e a floresta onde se localizam é considerada zona protegida. Tal impede que a cidade se expanda para Norte - local onde se encontram os templos e a floresta – mas promove o desenvolvimento da mesma no sentido de albergar os visitantes. Deste modo, é comum o confronto entre as pequenas e precárias habitações do povo cambodjano e os hotéis luxuosos que, cada vez mais, se vão construindo. Ficam, assim, praticamente esquecidas eventuais intervenções de carácter social que pudessem realojar uma parte da população que nem sempre tem acesso às condições mínimas de vida.

80 Consultar SEM AUTOR, *The Atlas of Cambodia – National Poverty and Environment Maps, Save Cambodia's Wildlife*, 2006.

81 Idem.

82 Ibidem.

Resta agora explicar o modo como todos estes factores se reflectem na forma de vida dos Cambodjanos, para que se percebam as premissas das quais se partiu para conceber este projecto.

O clima quente e húmido obriga a uma ventilação dos espaços e expulsa a utilização de isolamentos térmicos, o que resulta, no caso da habitação, em pequenas casas construídas com os materiais disponíveis – desde madeira, bambu e entrançados de fibras a chapas de zinco – extremamente ventiladas e sem necessidade de aplicar qualquer vidro nas janelas. As inundações durante a época de monções obrigam a que a maior parte das construções esteja elevada em relação ao nível do solo. As cozinhas, em grande parte dos casos, são exteriores, ou semi-exteriores, pelas mesmas questões de ventilação e, também, por este se tratar de um povo que vive em comunidade – assim, o “cozinhar em conjunto” detém um papel importante no quotidiano cambodjano. As famílias são numerosas e, por vezes, juntam três gerações numa só habitação, o que leva ao seu aumento, de acordo com as necessidades, bem como à apropriação do espaço público (ou não-privado, melhor dizendo) em torno da mesma. Tal advém, também, do *viver em comunidade* tão característico desta cultura, que muitas vezes leva a que, pela apropriação do espaço exterior, este se torne numa outra parte da casa, mas a que qualquer pessoa, da mesma vizinhança, ou comunidade, se se preferir, tenha acesso.

A relação com a água é, inevitavelmente, próxima. Fora da época de monções, os lagos artificiais espalhados pela cidade – que durante o período de chuvas servem como forma de escoamento de água – são utilizados para cultivar várias espécies de plantas, algumas das quais fazem parte da dieta cambodjana. A água destes *bassins* é também utilizada para todo o tipo de necessidades, como para cozinhar ou lavar loiça.

Por fim, e como acima referido, as habitações – trata-se aqui de construções correntes, para a grande parte do povo cambodjano, de origens mais humildes – são construídas com os materiais disponíveis, como a madeira e as chapas de zinco. São os próprios habitantes que as constroem, pelo que a relação com a casa é uma de grande proximidade, bem como aos materiais que a constituem – até porque, não havendo necessidade de *revestir*, o material que cria a barreira entre o exterior e interior se torna no próprio revestimento –, razão pela qual, muitas vezes, se vêem pequenas manifestações de um quase artesanato, digamos assim, nas paredes das casas – os entrançados de fibras que fecham e, simultaneamente, ventilam.

4.3.2. O projecto

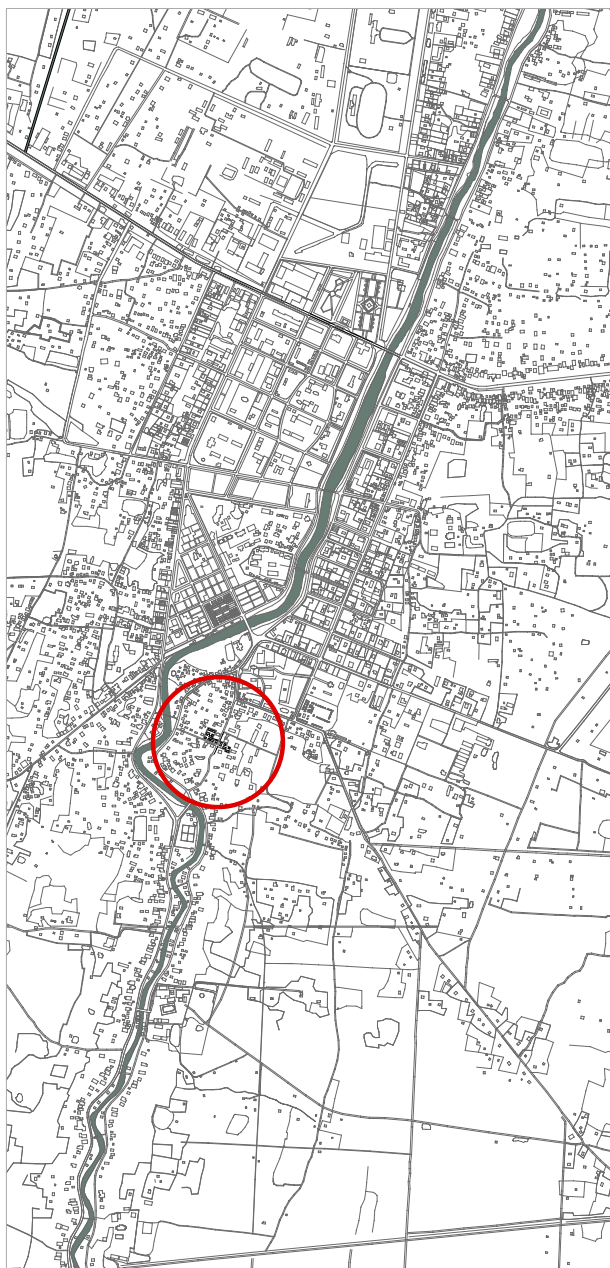
O enunciado do exercício pedia que, no terreno proposto, se construísse uma série de habitações de diferentes tipos⁸³, servidos por um estacionamento semi-subterrâneo⁸⁴, restaurante/café e recepção, que deveria dispor de uma sala de estar e de um apartamento para o recepcionista. Dever-se-ia ter em consideração, de igual modo, questões de ventilação e iluminação naturais e drenagem das águas da chuva, e providenciar estacionamento exterior para bicicletas e veículos motorizados.

Assim, e em primeiro lugar, esta proposta de implantação surgiu da articulação entre uma reflexão sobre as limitações climáticas da região e o modo muito particular de viver no Camboja – e, claro está, em Siem Reap –, pelo que se procurou mimetizar as dimensões das habitações vizinhas.

Pretendia, também, assegurar-se uma série de espaços comuns de que os habitantes pudessem usufruir tanto na época seca como na de monções. Para isso, elevou-se o nível do chão, aproveitando-se o espaço por cima do estacionamento. De seguida, concebeu-se uma série de plataformas de madeira ao nível do primeiro piso que pudessem ser permanentemente acessíveis, tanto pelo espaço comum, em baixo, como pelas próprias casas. Deste modo, durante a época de chuvas, os habitantes não ficam cingidos ao espaço, interior, em que vivem, podendo tirar proveito de um espaço exterior e acessível enquanto as monções duram.

83 De duas, três e quatro *pièces* (divisões), isto é, quartos ou salas, uma vez que o termo não abarca cozinhas e instalações sanitárias.

84 Para carros, motos e motorizadas, visto que os dois últimos são muito utilizados por uma grande parte da população.



Implantação do projecto. À esquerda, vista sobre o rio e parte da cidade. À direita, vista mais aproximada do terreno e, consequentemente, da proposta de implantação que, como se pode por aqui constatar, mimetiza as dimensões das construções circundantes.

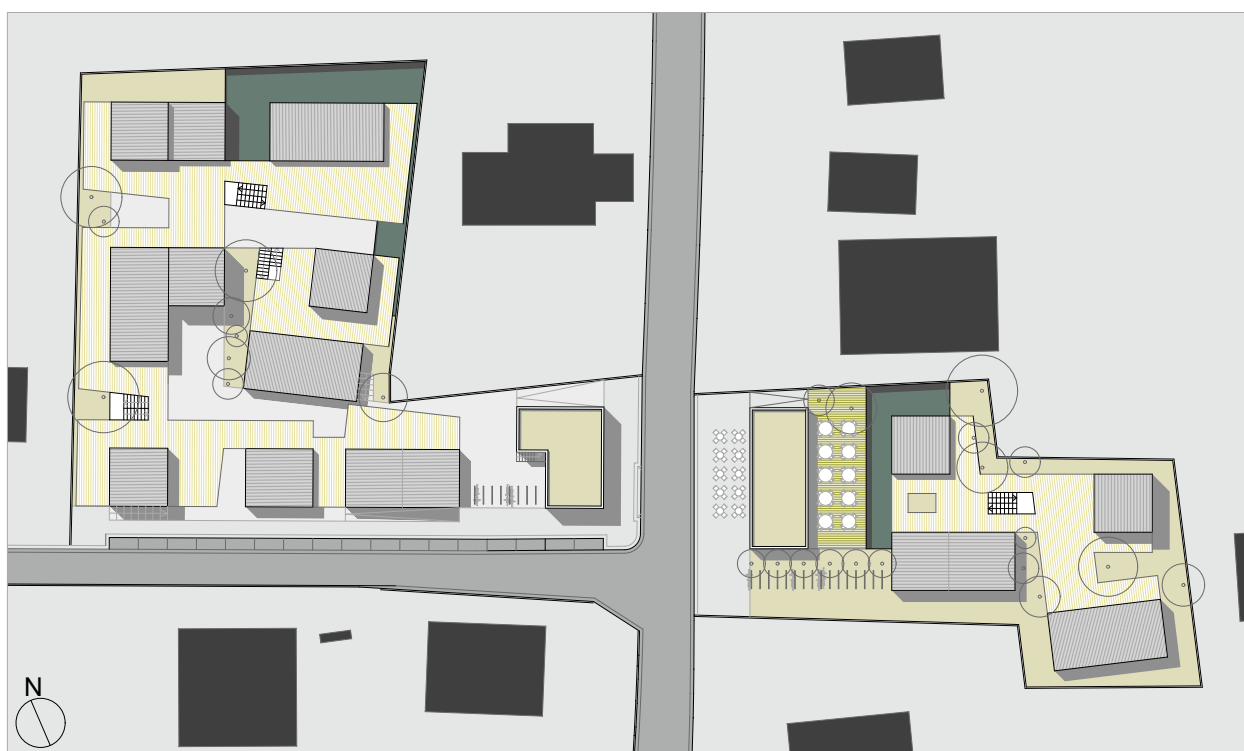
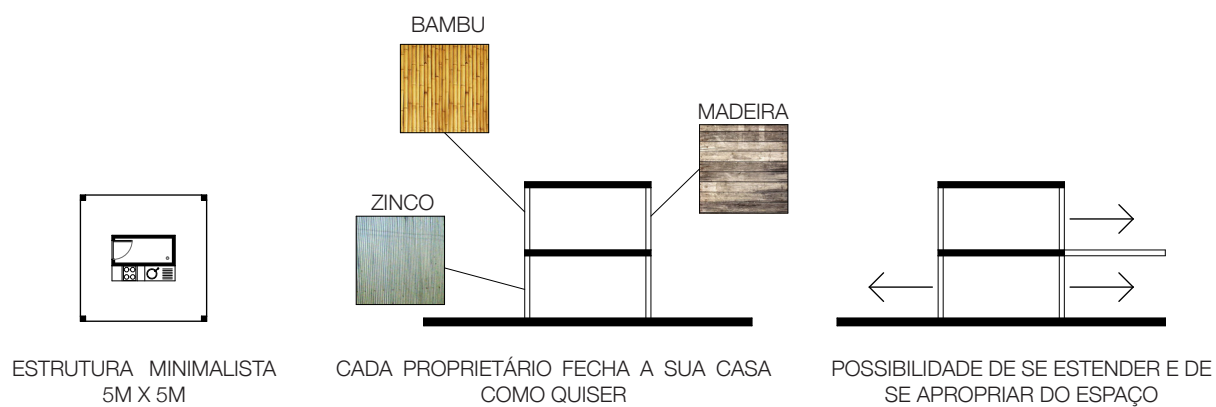
A vegetação espalha-se pelo terreno de modo a criar, também, espaços de sombra – bem necessários durante o Inverno, altura em que o clima se torna extremamente seco e as temperaturas se mantêm altas.

Criou-se assim uma estrutura minimalista de cinco por cinco metros, de dois ou três pisos, com dispositivos de cozinha e instalações sanitárias. Esta estrutura é feita em madeira lamelada colada, e a cobertura inclinada, em telha de madeira, encaminha a água da chuva para os *bassins* que existem em cada uma das partes do terreno. Estão assim asseguradas a ventilação – pelo chão em madeira e aberturas no WC –, a iluminação natural e a recolha das águas pluviais.

Deste modo, cada família pode fechar a sua casa como quiser, utilizando a estrutura que lhe é dada e mesmo, mais tarde, estendê-la, apropriando-se dos espaços à volta. A disposição das pequenas casas incita ao convívio entre as famílias, adaptando-se ao modo de viver desta cultura e não procurando vergá-la a costumes e formas de vida que lhe são estranhos. Com efeito, a cidade de Siem Reap, pela grande afluência de turistas que, ano após ano, ocorre, torna-se aos poucos numa cidade oriental construída para ocidentais que apenas temporariamente a visitam. Os habitantes genuínos, de cultura oriental, assistem, aos poucos, à transformação da cidade que lhes pertence num conjunto de estâncias turísticas claramente dirigidos a uma cultura ocidental, que lhes é estranha. Resta-lhes acomodarem-se nos retalhos que ficam entre as zonas turísticas, terrenos de qualquer modo de valores tão incrivelmente altos que os obriga a uma ocupação ilegal dos mesmos, em pequenas habitações, como supramencionado, construídas pelos próprios. É por estes motivos que este projecto se pretende afastar das poucas intervenções feitas na cidade para o realojamento de famílias mais pobres, no sentido em que estas esqueciam as questões de carácter cultural das populações – pelo hábito de assistir ao desenvolvimento da cidade numa matriz onde apenas cabiam os *visitantes* e não os *habitantes* – e resultavam em habitações que reflectiam uma cultura ocidental, e tudo o que daí advém, esquecendo o conforto, bem como os espaços e condições necessários a um povo com hábitos e um modo de vida muito particulares. Consequentemente, e de modo nenhum, deve acrescentar-se, surpreendentemente, estas foram intervenções condenadas ao fracasso, encontrando-se, actualmente, desabitadas.

Torna-se necessário, neste seguimento, e mais uma vez, reforçar que este projecto se desenvolveu partindo de contextos geográficos e culturais significativamente diferentes dos europeus, mas com os quais se procurou aprender, ao invés de, sobre eles, impor uma outra cultura e pensamento. Em acréscimo, foi reflexo de uma *escola* que, embora europeia, se distingue da prática de projecto da Escola do Porto. Da articulação entre todos estes factores – e incluindo, naturalmente, as duas *escolas* – surgiu este projecto.

III. TECNOLOGIAS RECENTES NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA

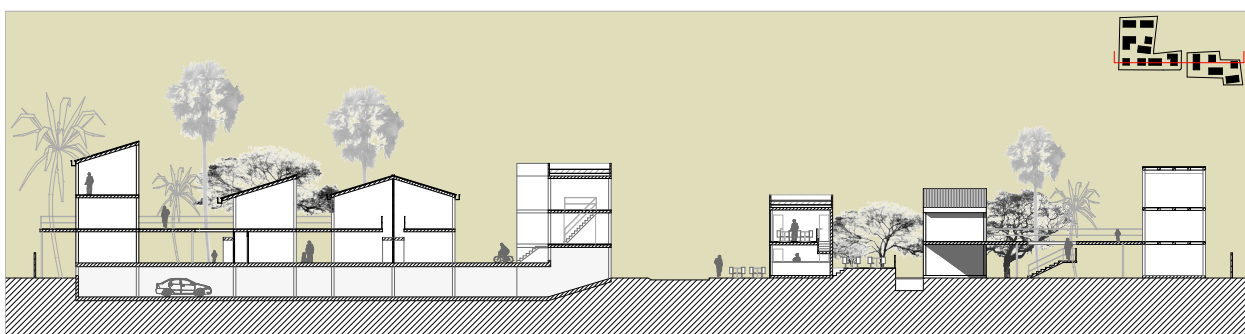


No topo, esquema que expõe as ideias-chave do projecto. Abaixo, planta de cobertura do projecto.

4. CASOS DE ESTUDO

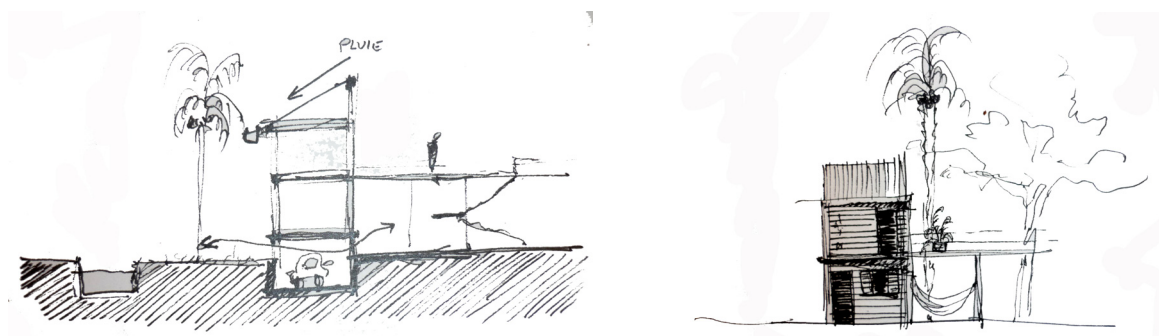


Em cima, simulação 3D de parte do projecto. Em baixo, corte longitudinal pelas habitações.





Em cima, simulação 3D de parte do projecto. Em baixo, desenhos explicativos e ilustrativos da proposta.



4.4. CONFRONTO ENTRE OS TRÊS CASOS DE ESTUDO

ESTRUTURA

Embora, como se pôde compreender pelos textos acima apresentados, estes três projectos apliquem a mesma tecnologia no que respeita a construção com madeira, os sistemas construtivos aplicados são diferentes, bem como os programas, situações geográficas e, conseqüentemente, os resultados. Não será, contudo, apenas nas diferenças entre estes três casos que esta reflexão se irá debruçar, uma vez que, aqui, as semelhanças detêm, de igual modo, um papel de relevância.

Primeiramente, dever-se-á compreender que estão, nestes três casos, representadas diferentes tipologias: uma igreja, uma casa de hóspedes – que se traduz numa utilização pontual daquele espaço, isto é, por curtos períodos de tempo – e um projecto de habitação colectiva. Note-se que este último se diferencia do anterior por vários aspectos: em primeiro lugar, trata-se de um conjunto de espaços de habitação privada num complexo onde o espaço exterior é comum, ao contrário da Casa de Hóspedes, uma habitação privada num terreno privado; em segundo lugar, são habitações principais e, portanto, de ocupação permanente, ao invés de uma de curta duração; por último, prevêem, com a passagem do tempo, a alteração do programa de cada casa privada de acordo com as necessidades das famílias que as ocupam, ao contrário da Casa de Hóspedes, que foi concebida como um espaço que se mantém, enquanto que os seus ocupantes mudam. Ambos os projectos foram concebidos, no entanto, como espaços mínimos de habitação, no sentido em que são equipados com os dispositivos indispensáveis à sua ocupação e utilização – cozinha, instalações sanitárias, sala e quarto(s).

Diferentes tipologias traduzem-se, assim, em diferentes dimensões e, conseqüentemente, em diferentes sistemas construtivos para cada projecto. Com efeito, a igreja de Sogn Benedetg, por ser um espaço destinado à ocupação periódica por fluxos consideráveis de pessoas e, acima de tudo, por se tratar de um espaço de valor simbólico extremamente grande, exigia uma presença forte na paisagem e dimensões generosas. O sistema estrutural utilizado deveria, portanto, ser capaz de comportar cargas elevadas, culminando num edifício que, como as antigas igrejas, se erguesse, robusto e imponente, sobre as casas da aldeia. A madeira respondia a estas exigências; contudo, também uma estrutura em betão ou aço o faria. A diferença detém-se, aqui, com o facto de os habitantes de Somvix terem vindo, desde que se tem memória, a construir em madeira. Ao construir a igreja da aldeia neste material, permite-se que os habitantes mostrem a sua perícia em trabalhá-lo ao aplicá-lo num edifício que lhes é tão significativo.

Já a Casa de Hóspedes, de programa e área reduzidos e, também, desmontável⁸⁵, utiliza, como

85 A Casa de Hóspedes é composta por elementos pré-fabricados que, se desejado, se desmontam, qual brinquedo

anteriormente referido, um sistema construtivo tradicional de rápida montagem. A madeira foi, neste caso, uma escolha óbvia, já que um edifício, ainda que pequeno, construído em betão ou aço, dificilmente seria transportável, ou melhor, dificilmente se desmontaria e tornaria a montar, num outro local, com as mesmas peças. Assim, as paredes portantes em madeira, constituídas por troncos pré-fabricados, proporcionam praticamente todo o isolamento necessário a um edifício que, por exigências de programa, deve ser acolhedor; razão pela qual, no interior, não necessita de estar revestida com outros materiais. Deste modo, a madeira que se vê do exterior é a mesma que aparece no interior.

No projecto de Habitação Colectiva em Siem Reap, a escolha do sistema construtivo teve em consideração, igualmente, diversos factores. Em primeiro lugar, procurou-se um material que fosse abundante na região e de fácil transporte, já que se tratava de um terreno que, apesar de próximo do centro da cidade, era de difícil acesso, pela falta – ou deficiência – de infra-estruturas. A madeira era, assim, o material que correspondia a estes requisitos. Seguidamente, dever-se-ia tomar em conta a relação dos cambodjanos com o material de construção e a facilidade em trabalhá-lo – a madeira, aqui, mais uma vez, mostrava-se a melhor opção, uma vez que a maioria das construções de habitação no Camboja utilizam sistemas construtivos neste material, embora tradicionais. Aqui, à semelhança da Capela de Sogn Benedetg, foi destacada a importância da relação do utilizador com o material do edifício, no sentido em que ambos os projectos elegem, para a estrutura⁸⁶ dos edifícios, um material com o qual os habitantes têm grande afinidade. O facto de a madeira constituir um material versátil, apropriado ao clima em questão e não prejudicial ao ambiente, assim como o de constituir a solução menos dispendiosa nesta situação em particular e de proporcionar uma construção rápida, com a possibilidade de substituição de peças em caso de danificação, encaminhou a escolha por este material e por um sistema construtivo simples: o tradicional sistema de pilar-viga. Pode então dizer-se que as semelhanças entre este sistema construtivo e o da igreja de Sogn Benedetg são grandes, contudo, o primeiro é, estruturalmente, comum e de grande simplicidade, enquanto que o segundo compõe uma estrutura complexa, não só pela forma, mas também pelo modo como os pilares seguram a cobertura que, simultaneamente, faz lembrar uma folha e um barco.

Posto isto, é bem mais que evidente que a escolha do sistema construtivo tem consequências directas sobre os aspectos formais e visuais do edifício em questão. A estrutura da igreja de Sogn Benedetg, por exemplo, apesar de não ser perscrutável do exterior, tem grande expressão no

Lego, tornando-se a encaixá-las, isto é, montando-se novamente o edifício, num outro local. Este encontra-se, apenas, pousado sobre o terreno, não possuindo fundações no sentido em que as conhecemos. Não se trata, aqui, de paredes pré-fabricadas, mas de peças, de troncos, cortados em fábrica com CAD-CAM e posteriormente enviados para o terreno, onde serão montados, cada qual no lugar específico para onde foi desenhado.

86 Bem como para pavimentação e outros revestimentos,

interior do edifício. Efectivamente, as vigas na cobertura fazem lembrar os veios de uma folha e a madeira com que é executada reforça esta ideia, por se tratar da matéria viva – isto é, por simbolizar a árvore – que lhe dá origem. Por outro lado, o edifício assemelha-se a um barco, não só pela madeira utilizada e por se fechar e proteger do exterior com telhas que se assemelham a escamas, mas também pelo facto de, do interior, revelar toda a sua estrutura. Em acréscimo, a própria forma da igreja e o pavimento que, no interior, mal toca os pilares, parecendo flutuar, contribuem para esta aproximação. Na Casa de Hóspedes em Sintra, por outro lado, a estrutura é visível tanto do exterior como do interior. Com efeito, esta constitui, aqui, por inteiro, o próprio edifício, no sentido em que é, simultaneamente, estrutura e limite, parede, divisória mas, também, elemento unificador do projecto. A estrutura é, neste caso, a própria casa. O que dela se consegue ver de fora vê-se, também, de dentro. O projecto de Habitação Colectiva em Siem Reap, por fim, apresenta uma estrutura de madeira simples, como já foi referido, de pilar-viga. A diferença está na possibilidade de cada família poder completar a sua casa, isto é, de, a partir da estrutura que lhe é dada, construir as próprias paredes, utilizando o material – ou os materiais – que mais lhe agradar. Está-se, assim, perante um projecto que, de certo modo, consiste na estrutura daquilo que virá a ser um conjunto de habitações. Aqui, a estrutura é o projecto, a estrutura é a casa. Tal é facilmente compreensível se se pensar que as paredes, isto é, os limites físicos de cada casa, são colocados pelos habitantes, e que podem, e serão, modificados, removidos e recolocados, de acordo com as necessidades de cada família, estendendo-se ou voltando aos limites originais. Assim, a estrutura é aquilo que se mantém intacto, é o que compõe a base do conjunto. A estrutura é o que motiva todas estas transformações e, à semelhança da Casa de Hóspedes, constitui o elemento unificador do projecto.

Constata-se, então, que, em todos estes projectos, e embora de modo diferente entre si, a estrutura é parte integrante dos edifícios e que, em nenhum deles, se procura escondê-la; verifique-se a Casa de Hóspedes, onde a estrutura está, em permanência, à vista; ou o caso da igreja de Sogn Benedetg, onde o volume imponente que se percebe do exterior revela, no interior, uma estrutura que aproxima a luz que, do zénite, e num aconchego, preenche o espaço da igreja; ou, ainda, o projecto em Siem Reap, em que a estrutura pode, ou não, estar visível, encontrando-se sempre, no entanto, legível.

MATÉRIA | TOQUE | TEMPO

A madeira como gatilho de sensações e emoções

Passando, agora, para a perspectiva do material, *per si*, e de tudo o que daí advém, deve referir-se que serão tidas em consideração três grandes questões: a *Matéria*, o *Toque* e o *Tempo*. Dever-se-á, de igual forma, compreender que cada uma destas questões tem influência nas outras, ou que, melhor dizendo, todas estas questões dependem umas das outras. Exemplifique-se: a *matéria* tem poder sobre o *toque*, do mesmo modo que o *toque* será diferente com o passar do *tempo*. Por outro lado, o *tempo* modificará a *matéria* e entrar-se-á, assim, num ciclo interminável de combinações possíveis, em que cada um influencia outro e é, por sua vez, dependente dos outros.

Posto isto, quando se fala, aqui, de *matéria*, pretende tratar-se de tudo o que respeita à madeira no sentido de *material*, desde a cor, aos desenhos dos veios, ao odor. No que se refere ao *toque*, quer-se reflectir sobre a textura da madeira, o calor que dela emana, enfim; das sensações que são, ao tocar o material, despoletadas. Por fim, a respeito do *tempo*, pretende aludir-se a todas as modificações que ocorrem no material à medida que envelhece.

De facto, nestes três casos de estudo, as diversas características da madeira proporcionam, ao utilizador, uma leitura diferente, pessoal, do espaço. Na igreja de Sogn Benedetg, a textura que as telhas de madeira, no exterior, compõem, contrasta com a madeira lisa e clara do interior; providenciando como que uma casca que protege o interior delicado, sagrado, íntimo. Com o passar do tempo, e como já foi referido, as telhas do lado Norte da igreja ficarão cinzentas, enquanto que, do lado Sul, escurecerão. Gradualmente, o seu toque modificar-se-á, tornando-se mais áspero do lado que esteve exposto ao Sol. No interior, a parede pintada de cinzento, em conjunto com a madeira clara dos pilares e tecto – com, apenas, apontamentos de cores mais escuras nas zonas onde existiam nós e outras imperfeições na madeira da árvore – faz a luz pairar na grande sala que constitui a igreja, iluminando-a de um plano alto e separando a cobertura das paredes. Ao mesmo tempo, a cor clara mas quente da madeira, um pouco em contraste com a parede cinzenta e em conjunto com a luz, como que aquecem o espaço, afastando-se da tradicional sensação de frio das igrejas de pedra.

Na Casa de Hóspedes em Sintra, as paredes em madeira maciça, de tons quentes, provocam uma sensação de conforto imediata. Facilmente se imagina o toque ligeiramente áspero das paredes, pontuado pelas frestas que correspondem à passagem de um tronco para outro, e o odor confortável da lenha a queimar na lareira que, com o tempo, se impregnou nas paredes. O facto de, aqui, ser a mesma peça que, tão eficazmente, separa o exterior do interior e que, ao mesmo tempo, se apresenta, despida, dos dois lados; isto é, o facto de a própria estrutura não ser, apenas, e estabelecendo aqui uma analogia com o corpo humano, o *esqueleto* da casa, mas de constituir, também, os seus *músculos* e *pele*, tornam a madeira num material muito próximo do utilizador.

No projecto de Habitação Colectiva em Siem Reap a relação do utilizador com os materiais é um pouco diferente dos dois casos apresentados anteriormente. Tal deve-se ao facto de, numa fase inicial, a madeira estar apenas presente na estrutura e telhados das casas mas de, contudo, se encontrar intimamente próxima do utilizador. Efectivamente, cada pilar está equipado com calhas metálicas perfuradas para que cada família possa, conforme desejar, construir as suas paredes, seja por meio de pranchas de madeira, dispostas vertical ou horizontalmente, canas de bambú, entrançados de fibras, como por chapas de zinco; seguros tanto por pregos e outros grampos metálicos, como por cordas. Os pilares são, aqui, elementos fulcrais e de cuja presença o utilizador terá sempre consciência – os pilares são o que se mantém, com o passar do tempo. E ainda que seja dada uma tremenda liberdade a cada família para completar a sua casa, a madeira e o bambu serão os materiais a que a maior parte das famílias recorrerá, pela sua abundância – e baixo custo – naquela zona. Por se tratar de um clima quente e de, consequentemente, dispensar isolamentos, o material de cada parede ver-se-á – e sentir-se-á! – tanto do exterior como do interior. É neste sentido que a interacção, a proximidade do utilizador aos materiais é grande – uma vez que cada parede foi construída pelos próprios habitantes, num material por eles elegido, com o qual estarão em permanente contacto e que, com o passar do tempo irá, a par com a família, mudar, envelhecer.

Perante isto, pode agora afirmar-se que a proximidade do utilizador ao material é semelhante na Casa de Hóspedes em Sintra e neste projecto em Siem Reap; porém, neste último, trata-se de uma relação mais íntima, por se referir a um processo de uma construção que não é apenas física, mas que se estende, também, a um nível mais subjectivo; trata-se de um processo no qual o utilizador participou desde o início, desde a escolha do material em si – ou à sua manufactura –, à selecção de cada peça em concreto, que irá depois fazer parte da parede que o próprio *construiu*. Na Casa de Hóspedes, esta relação cinge-se à presença do material e ao contacto com o utilizador.

A propósito do *tempo*, deve acrescentar-se que não tem que ver, apenas, com o modo como a madeira, *material*, vai mudando e envelhecendo; diz respeito, igualmente, à forma como os espaços também mudam. Assim sendo, a igreja de Sogn Benedetg irá, com o tempo, não só mudar a nível físico mas, também de um outro modo: simbolicamente, o seu valor aumentará e poderá, até, influenciar ou, melhor dizendo, ter influência sobre as casas que a rodeiam – tanto sobre as que já existem como nas que se construirão. Do mesmo modo, a Casa de Hóspedes poderá vir a tornar-se numa residência a tempo inteiro ou, ainda, ser montada num outro lugar. O projecto de Habitação Colectiva em Siem Reap tomará várias formas, texturas e cores com o passar do tempo, de acordo com as mudanças aplicadas pelos habitantes – como já foi dito, não só as casas aumentam ou diminuem, como a sua *pele*, os seus revestimentos, mudam; bem como o significado que cada casa, pela apropriação dos espaços e dos materiais, tem para cada família.

Pode ainda olhar-se estes projectos sob uma outra perspectiva: são, todos eles, espaços que convidam, ou podem convidar, à introspecção. Em primeiro lugar, pelo próprio programa – igreja

e habitação – e em segundo pelo conforto e ambiente criados pela conjugação do material com o espaço. Atentando na igreja de Sogn Benedetg, pode perceber-se como todos os seus elementos se conjugam de modo a propiciar um espaço onde o indivíduo possa encetar um diálogo consigo mesmo: para começar, o facto de se tratar de uma igreja, local, em parte, dedicado à meditação; seguidamente, as semelhanças com um barco, que podem simbolizar a viagem espiritual em que cada um embarca na procura incessante pela *palavra* de Deus. Para completar, a forma como a luz entra e se espalha no espaço, destacando a cobertura que como que flutua acima da capela, ajudam a esta sensação de aproximação a Deus, de elevação ao céu. A cor atractiva e agradável da madeira, o toque um pouco rugoso, ainda que suave e quente, o seu odor ligeiro tornam o espaço confortável, quer a níveis térmico e acústico, como no que se refere ao apurar dos sentidos do utilizador, podendo contribuir para que este se imerja num estado profundo de introspecção e meditação. Pode olhar-se a Casa de Hóspedes, por outro lado, como um lugar dedicado ao descanso, ao repouso; como um sítio onde se está isolado do Mundo. Neste sentido, e em conjunto com o ambiente acolhedor que as paredes de madeira maciça formam, juntamente com os espaços pequenos mas bem proporcionados, oferecem um lugar confortável à reflexão e meditação. Por fim, a relação do utilizador com o espaço no projecto em Siem Reap difere, ainda, dos anteriores. Trata-se de uma aproximação que se relaciona com a apropriação do espaço e de construção de uma casa que pertence, em todos os sentidos, ao indivíduo. Com efeito, cada família constrói a sua casa, modificando-a à medida que novas necessidades surgem, apropriando-se do espaço. Porém, esta relação não se restringe a esta apropriação, física; tem que ver, também, com o modo como cada casa reflecte uma tradição, um costume, um modo de construir cambodjano e com o facto de aquele ter sido um espaço criado pelo indivíduo para si mesmo. É uma relação que se constrói em torno das vivências, dos costumes, da *memória*; relação esta que se encontra intrinsecamente ligada ao espaço, físico, que compõe cada casa, cada *lar*.

Consideradas estas questões, coloca-se a inevitável pergunta: não seriam estes três projectos, porventura, os mesmos, se utilizados outros materiais que não a madeira? Ou, melhor dizendo, não seriam irrelevantes as diferenças relativamente aos projectos originais?

Estruturalmente, cada projecto seria muito semelhante ao original, em madeira; isto é, a nível formal, não ocorreriam, praticamente, nenhuma modificação. Visualmente, e como facilmente se compreende, as diferenças seriam evidentes. Contudo, as diferenças mais notórias ocorreriam a nível do conforto e da relação do utilizador, como acima desenvolvido, com o espaço.

No que respeita ao conforto, em todos os projectos a madeira constitui um elemento importante, no sentido em que é um material quente, acolhedor, aconchegante. Ao substituí-la, na estrutura, por betão ou aço, ter-se-ia que, em primeiro lugar – e nos projectos onde, climaticamente, tal se impusesse – introduzir isolamentos térmicos e acústicos e revesti-los, de seguida, com um outro

material. Caso se pretendesse prescindir destes isolamentos, os espaços tornar-se-iam, em termos de conforto, desagradáveis, por não impedirem a entrada a temperaturas baixas no Inverno e altas no Verão, sobrearrefecendo ou sobreaquecendo, respectivamente, os edifícios. Em acréscimo, uma superfície interior em betão ou em aço seria desagradável ao toque, pelo facto, apenas, de estes se tratarem de materiais frios – o conforto térmico estaria, nesse sentido, condenado. Acusticamente, o betão e o aço apresentam um coeficiente de absorção mais baixo, o que se traduz em espaços onde o som poderia reverberar de forma descontrolada: tome-se o caso da Capela de Sogn Benedetg, na qual uma reverberação excessiva impediria o decorrer normal de uma cerimónia religiosa. Ao aplicar madeira por todas as suas superfícies, o som pode percorrer o espaço na medida certa, para além de soar de forma mais calorosa. Basta, para servir como termo de comparação, imaginar uma igreja onde todas as superfícies fossem de aço: o som seria muito mais metálico, áspero, frio. Em termos de *linguagem*, cada edifício adoptaria um aspecto consideravelmente diferente. Atente-se na Igreja de Sogn Benedetg: com uma estrutura em betão ou aço, seria impraticável revesti-la com escamas do mesmo material utilizado na estrutura, restando as hipóteses de deixar as paredes exteriores despidas ou de, posteriormente, as revestir com um outro material. Na Casa de Hóspedes, uma estrutura em betão poderia mimetizar os sulcos entre troncos, mas uma estrutura em aço implicaria um outro aspecto, bastante diferente do original. Já no projecto de Siem Reap, pilares em betão ou aço tornar-se-iam em elementos que não se integrariam no conjunto.

Posto isto, facilmente se adivinha que os espaços – embora, teoricamente, se mantivessem –, teriam um carácter completamente diferente. Na igreja de Sogn Benedetg, dificilmente o ambiente frio convidaria à meditação, actividade de duração prolongada; ou, na Casa de Hóspedes, um espaço frio rapidamente se tornaria claustrofóbico ou, melhor dizendo, saturado e cansativo, por estar tão despido. A madeira, ao contrário do betão e do aço, como que preenche os espaços sem ser, no entanto, intrusiva. Talvez por poder estar sempre tão próxima, ou talvez por, ao contrário daqueles, ser uma matéria viva, que *envelhece* a par com o Homem.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para concluir, resta reforçar que a madeira, mais do que um material que consegue competir com o betão e o aço, é um material que, desde tempos imemoriais e para além da arquitectura e construção, tem vindo a ser utilizado em inúmeras situações, provando a sua versatilidade e trabalhabilidade. Em acréscimo, a abundância desta matéria-prima por todo o mundo, bem como a incrível variedade de espécies de árvores – que resulta, naturalmente, num leque bastante extenso de diferentes madeiras, com diferentes durezas, cores, densidades, odores e outros –, tornam-na num material sem paralelo nas vastas áreas da construção e arquitectura. Efectivamente, as propriedades mecânicas, térmicas e acústicas da madeira constituem algumas das características de maior relevância deste material que contribuíram, desde cedo, para que diversas civilizações o adoptassem como material de construção.

Por se tratar de um material natural, em bruto e extraído da natureza, que, ao contrário do betão e do aço, não é, se assim se pode dizer, artificialmente fabricado, colabora, se devidamente explorado, para o desenvolvimento sustentável do planeta, não o poluindo. A madeira é, em termos ecológicos e como explicado no capítulo *IV. 2. Sustentabilidade*, o material de construção que menos agride o ambiente; motivo que tem vindo a suscitar, nos últimos anos, crescentes investigações em torno da chamada “green architecture”, que reconhece o valor da madeira enquanto material “amigo do ambiente” e o seu potencial para investigações futuras. Com efeito, e considerando os avanços que as colas sintéticas permitiram, os novos produtos derivados de madeira que foram surgindo aproveitam qualquer desperdício – proveniente de defeitos do tronco e outros, conforme anteriormente explicado –, antigamente desaproveitados.

Atentando agora no caso de Portugal, a utilização da madeira como material estrutural diminuiu drasticamente com a difusão do tijolo industrial nos finais do século XIX e, posteriormente, com o aparecimento do betão no século XX. A proibição do abate de árvores como o carvalho e o sobreiro contribuíram, de igual modo, para este decrescer na construção com madeira; já que as restantes espécies de árvores existentes em território nacional são de crescimento demasiado rápido e, portanto, não constituem um bom material estrutural. Por outro lado, a importação de madeira para construção acresce enormemente aos custos de construção, culminando tudo isto, como facilmente se adivinha, no abandono, em Portugal, deste material para uso estrutural. Contudo, e considerando o estudo feito, nesta Dissertação, sobre os novos produtos derivados de madeira e as possibilidades que as colas sintéticas permitiram⁸⁷, não se pode deixar de indagar sobre a viabilidade de, utilizando estas mesmas madeiras de crescimento rápido, como o eucalipto, se criar novos produtos que anulem os seus defeitos, possibilitando que também este país tire partido dos

87 E permitem!

seus próprios recursos e contribua para um desenvolvimento sustentável do planeta.

A análise aprofundada dos casos de estudo seleccionados⁸⁸ ajudou à compreensão de que a madeira é um material que pode ser aplicado em diferentes tipos de edifícios, de envergaduras distintas e em qualquer parte do mundo e que resulta, igualmente, em diferentes linguagens, que respeitam aquilo que cada um pretende expressar. Com efeito, Peter Zumthor, a quem a expressividade dos materiais é tão cara, criou, na Capela de Sogn Benedetg, um espaço que nunca, em betão ou aço, carregaria tamanha carga simbólica como a que, na realidade, transmite a quem a visita. Do mesmo modo, a Casa de Hóspedes em Sintra, dos arquitectos Álvaro Siza e António Madureira, destina-se a um uso pontuado, durante o qual se procura como que um exílio do mundo, pelo que a madeira provoca não só uma sensação de conforto e de aconchego, como traduz uma linguagem e um modo de pensar diferentes dos do exemplo anterior, que se justificam tanto pelas diferenças relativas às situações geográfica e tipológica, como pela autoria. Finalmente, o projecto de habitação em Siem Reap reforça a ideia de que a construção em madeira não se vê condicionada pelos recursos, ou pelo estado de desenvolvimento de determinado local, do mesmo modo que o betão e o aço; adaptando-se facilmente à mão-de-obra e ao seu grau de afinidade com o material numa construção que, contribui, simultaneamente, para o desenvolvimento do país e para a preservação do ambiente e de valores de carácter cultural.

Todos estes casos de estudo demonstram, igualmente, que diferentes materiais afectam, de modo distinto, os espaços. No caso da madeira, pode afirmar-se que se acentuam sensações de conforto, para as quais contribuem a sua cor, ou o seu variado leque de cores e desenhos, os seus odores, o toque quente e variado, que vai mudando conforme se sentem os seus veios, as suas imperfeições, as suas cicatrizes. Tudo isto porque a madeira, à semelhança do corpo humano, é matéria viva, que grava em si as memórias – as marcas! – daquilo por que foi passando, daquilo que foi vivendo. Tudo isto porque a madeira, mais do que qualquer outro material, se aproxima do Homem; porque, como matéria viva que é, nasce, cresce, morre.

88 Bem como a dos exemplos apresentados em anexo.

*Le bois pâlit avec le temps, se délave, se creuse. Il est un des rares matériaux à laisser peu à peu entrevoir sa structure, son squelette, ses veines, tout en gardant sa beauté et sa dignité de matière vivante. **

* HOYET, Jean-Michel (responsável pela edição), *Guide Bardages Bois*, Editions Régirex-France, Co-Edition Centre Technique du Bois & de l'Ameublement – Techniques et Architecture, 1990

V. ANEXOS

ANEXOS - ÍNDICE

I. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA	126
1. HABITAÇÃO UNIFAMILIAR	126
1.1. Casa Adpropeixe Carlos Castanheira & Clara Bastai	
1.2. Lake House in Schrampe Pfeiffer Architekten	
1.3. Casa Gugalun Peter Zumthor	
1.4. Refract House, Solar Decathlon Team California, SCU + CCA	
1.5. The Dairy House Skene Catling de la Peña	
1.6. Gunnar's House Huus Og Heim Architecture	
1.7. Casa Kike Gianni Botsford Architects	
1.8. Guest House AATA Associate Architects	
1.9. POB 62: Prototype of precast wooden house Counson Architectes	
1.10. Soe Ker Tie House TYIN Tegnestue	
2. IGREJA	136
2.1. Capela temporária para as Diaconisas de St-Loup Localarchitecture e Danilo Mondada	
2.2. Capela de Campo em Boedigheim Alunos do College of Architecture at the Illinois Institute of Technology	
2.3. Capela em Tarnow Beton	
3. BIBLIOTECA	139
3.1. Biblioteca Safe Haven TYIN Tegnestue	
3.2. Biblioteca do Mercado Velho TYIN Tegnestue	
4. RESTAURANTE	141
4.1. Cave Restaurant Koichi Takada Architects	
4.2. Centopeia no Jardim Guilherme Machado Vaz	
5. ADEGA	143
5.1. Adega Casa da Torre Castanheira & Bastai Arquitectos Associados	
6. HOTEL	144
6.1. Hotel Temporário IAA Architects	
7. MUSEU	145
7.1. Museu da Madeira Tadao Ando	

8. GINÁSIO	146
8.1. School Gym 704 H Arquitectes	
9. TORRE	147
9.1. Jübertower Hemer Birk und Heilmeyer Architekten & Knippers Helbig Advanced Engineering	
10. PAVILHÃO	148
10.1. The termite pavillion Softroom Architects, Freeform Engineering, Atelier One, Chris Watson, Haberdasherylondon, KLH e Festival	
10.2. Art615 Alunos da Aalborg University	
10.3. Pavilhão da Noruega Expo '10 em Xangai Helen & Hard	
10.4. Read-Nest Dorte Mandrup Arkitekter	
10.5. Pavilhão do Japão Expo '92 em Barcelona Tadao Ando	
10.6. Bluepoint Sales Pavilion Paul Raff Studio	
11. ESTACIONAMENTO	
11.1. Estacionamento em Soissons Jacques Ferrier Architectures	154
12. ESTAÇÃO DE SERVIÇO	
12.1. Estação de Serviço Viamala Raststätte Iseppi-Kurath	155
13. OSSÁRIO	
13.1. Ossário Orthen Buijsenpennock Architects	156
14. INSTALAÇÃO	
14.1. Cabanas no Pompidou Tadashi Kawamata	157
14.2. Path of the Senses Architekturbüro Matthias Loebermann	
14.3. Pallet Pavilion Architekturbüro Matthias Loebermann	
14.4. Destiny of Trees Atelier Klaus Bittner	
15. CASA NA ÁRVORE	
15.1. Wencke Tree House Andreas Wenning/Baumraum	161
15.2. Meditation Tree House Andreas Wenning/Baumraum	
15.3. Scout Tree House Andreas Wenning/Baumraum	
15.4. Plendelhof Tree House Andreas Wenning/Baumraum	
15.5. Louisa Tree House Andreas Wenning/Baumraum	

II. CASOS DE ESTUDO - ELEMENTOS COMPLEMENTARES	171
1. IGREJA SOGN BENEDETG	173
2. CASA DE HÓSPEDES EM SINTRA	177
3. HABITAÇÃO COLECTIVA EM SIEM REAP	184

I. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

1. HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

1.1. Casa Adpropeixe | Carlos Castanheira & Clara Bastai

Localização: Gerês, Portugal

Construída entre 2005 e 2008, utiliza uma estrutura composta por pilares e vigas em madeira lamelada colada, com junções em metal e fundações em betão.



1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

1.2. Lake House in Schrampe | Pfeiffer Architekten

Localização: Arendsee, Saxony-Anhalt, Alemanha.

Inspirada nas tradicionais *cottages* dos anos 30, esta casa é revestida por telhas em madeira que envelhecerão com o tempo.



1.3. Casa Gugalun, Peter Zumthor

Localização: Versam, Suíça

A Gugalun House é composta por uma antiga casa de quinta do século XVIII e uma nova intervenção, de 1990, onde troncos de madeira se sobrepõem, horizontalmente, formando assim a estrutura do edifício.



1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

1.4. Refract House, Solar Decathlon | Team California, SCU + CCA

Localização: Califórnia, Estados Unidos da América

Este projecto foi, em 2009, o vencedor do concurso “Energy Solar Decathlon – US Department”, propondo a construção de uma casa que utilizasse apenas a luz solar como fonte de energia.



1.5. The Dairy House | Skene Catling de la Peña

Localização: Somerset, Inglaterra, Reino Unido

Este projecto resultou da reconversão de uma antiga leitaria/vacaria numa casa de cinco quartos. Um pequeno volume é composto por camadas alternadas de madeira de carvalho e de vidro.



1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

1.6. Gunnar's House | Huus Og Heim Architecture

Localização: Os i Østerdalen, Noruega

Construída entre 2007 e 2008, esta casa utiliza uma estrutura de madeira lamelada colada aplicada a uma grelha de 3 por 3 metros.



1.7. Casa Kike | Gianni Botsford Architects

Localização: Cahuita, Costa Rica

Construído para um escritor, este edifício composto por dois pavilhões utiliza uma estrutura em madeira lamelada colada, com vigas de 10 metros de comprimento e 355 milímetros de secção que permitem um interior livre de colunas ou pilares.



1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

1.8. Guest House | AATA Associate Architects

Localização: Licanheu, Navidad, Chile

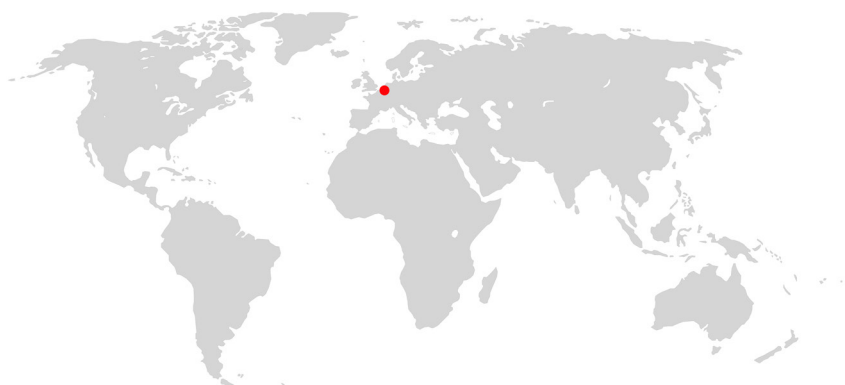
Este projecto, construído entre 2005 e 2006, utiliza um sistema estrutural simples em madeira. As paredes, por questões de aproveitamento energético, são compostas por fardos de palha, juntamente com lama, e revestidas por placas onduladas de policarbonato transparente.



1.9. POB 62: Prototype of precast wooden house | Counson Architectes

Localização: Houffalize, Bélgica

Este edifício, de 2003, é um módulo composto por uma estrutura em espruce à qual se fixam painéis de OSB. No exterior, está revestida por telhas de madeira.



1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

1.10. Soe Ker Tie House | TYIN Tegnestic

Localização: Noh Bo, Tak, Tailândia

Este projecto, terminado em 2009, é composto por seis unidades de habitação, que utilizam estruturas em ferro e madeira, feitas no local, e paredes revestidas com bambú e entrançados de fibras.



2. IGREJA

2.1. Capela temporária para as Diaconisas de St-Loup | Localarchitecture e Danilo Mondada

Localização: Hôpital de St-Loup, Suíça

Esta capela foi construída em 2008, como substituição temporária da Igreja de St-Loup enquanto esta se encontrava em obras de renovação. Em colaboração com Hani Buri e Yves Weinand do Laboratório IBOIS da EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne), conceberam um pequeno pavilhão de estrutura composta por painéis de madeira de 6 centímetros de espessura.

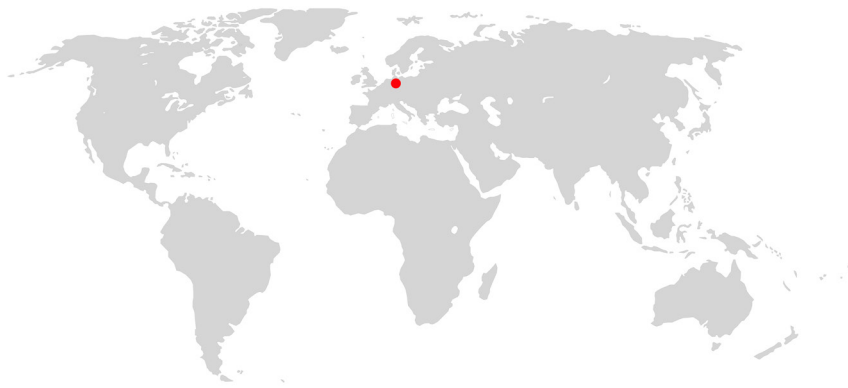


1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

2.2. Capela de Campo em Boedigheim | Alunos do College of Architecture at the Illinois Institute of Technology

Localização: Boedigheim, Alemanha

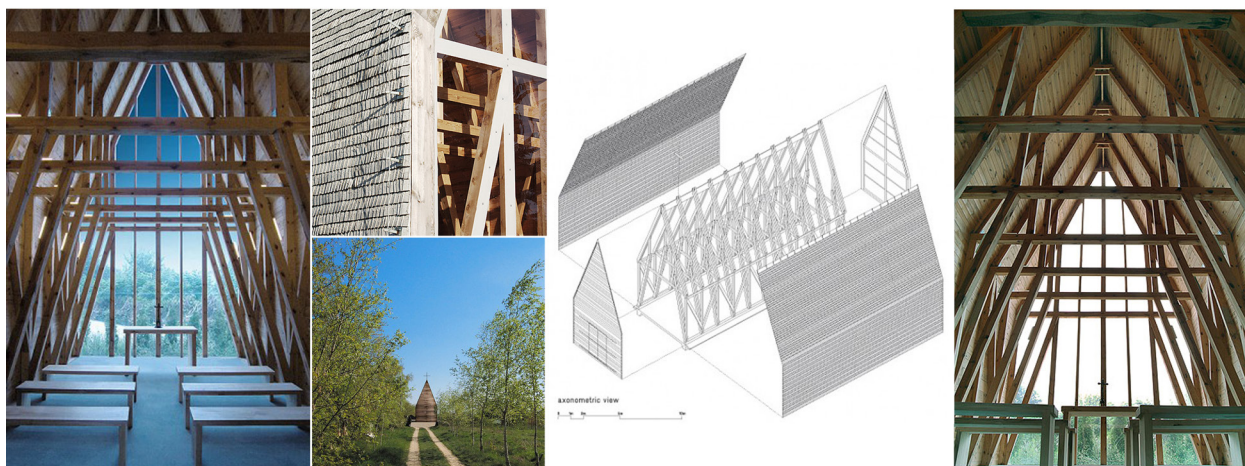
Construída, em 2009, pelo alunos que a conceberam, esta capela utiliza uma estrutura simples em madeira maciça e é composta por peças cortadas numa máquina própria para o efeito, de acordo com os desenhos dos alunos. Nenhuma peça foi cortada no terreno; porém, a madeira utilizada é de origens locais.



2.3. Capela em Tarnów / Beton

Localização: Tarnów, Polónia

Pela falta de habilidade dos trabalhadores locais que encetaram a sua construção, em 2009, a capela de Tarnów utiliza uma estrutura simples de madeira, com revestimento em telhas de madeira, que se apoia sobre uma laje de betão.



3. BIBLIOTECA

3.1. Biblioteca Safe Haven | TYIN Tegnestue

Localização: Ban Tha Song Yang, Tailândia

Esta biblioteca foi concebida, em 2009, por 15 alunos noruegueses. Uma base de betão, bem como pilares e vigas em madeira e ferro, compõem a estrutura do edifício, enquanto que a fachada em bambú ventila o interior do edifício.



3.2. Biblioteca do Mercado Velho | TYIN Tegnestue e Case Studio Architects

Localização: Min Buri, Bangkok, Tailândia

Edificada dentro de um antigo mercado, a biblioteca do Mercado Velho foi construída com madeira maciça em segunda mão. A nova estrutura teve o cuidado de não se agarrar à antiga, dado o mau estado de conservação desta última.

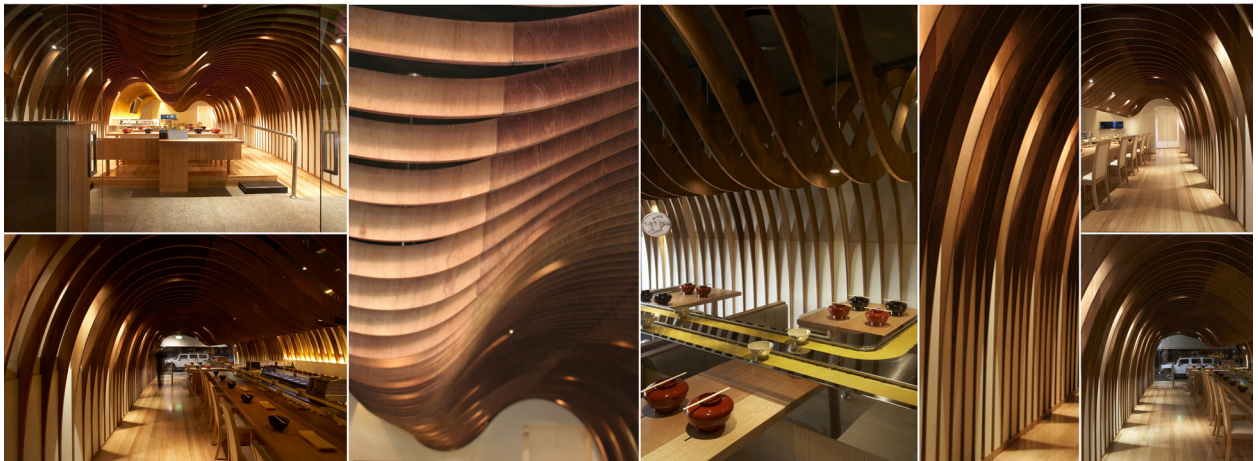


4. RESTAURANTE

4.1. Cave Restaurant | Koichi Takada Architects

Localização: Maroubra, Sydney, Austrália

Com o intuito de mudar a forma como se conversa em restaurantes, este projecto, construído em 2009, estudou os diversos níveis de ruído que cada perfil de madeira poderia proporcionar num ambiente semelhante a uma gruta. Cada uma destas peças foi testada com modelação em computador e cortada a partir de dados 3D gerados por computador.



4.2. Centopeia no Jardim | Guilherme Machado Vaz

Localização: Matosinhos, Portugal

Esta casa de chá, erigida entre 2004 e 2005, é composta por uma estrutura em painéis de madeira lamelada colada de dimensões diferentes. Por se tratar de um edifício pré-fabricado, pode, se necessário, desmontar-se e voltar a construir-se noutro local.

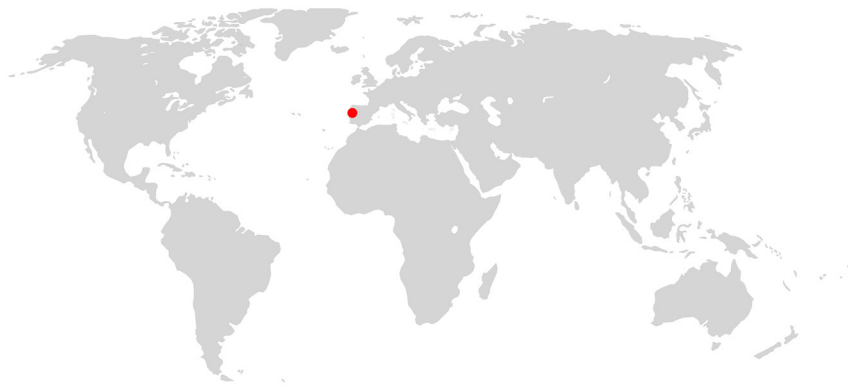


5. ADEGA

5.1. Adega Casa da Torre | Castanheira & Bastai Arquitectos Associados

Localização: Vila Nova de Famalicão, Portugal

Este projecto corresponde à extensão, em 2008/2009, de uma adega já existente. Os novos edifícios são compostos por estruturas simples em madeira maciça. Alguns cabos de aço são utilizados para diminuir a força horizontal originada pelo peso da estrutura e da cobertura.

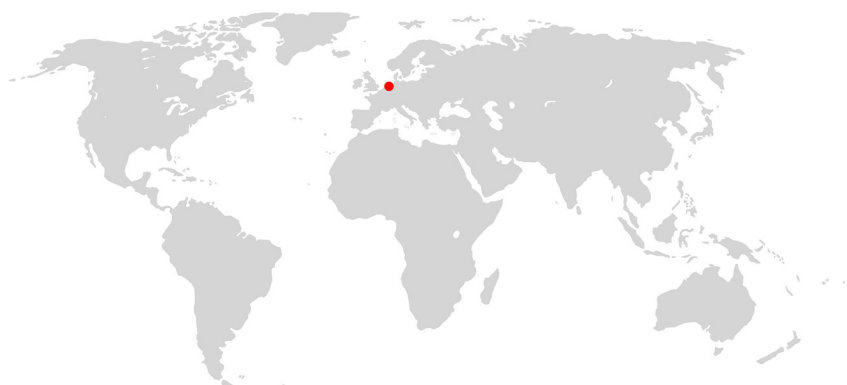


6. HOTEL

6.1. Hotel Temporário | IAA Architects

Localização: Grenswerk, Holanda

Este hotel temporário foi concebido como uma instalação, de modo a poder ser encarada como uma peça de arte. Construído para servir como alojamento a quem visitasse a Grenswerk Festival of Arts, este edifício, pela leveza da estrutura – composta essencialmente por painéis folheados a madeira e outros derivados deste material – permite que, do exterior, os movimentos dos utilizadores possam ser vistos, e encarados como parte da instalação.



7. MUSEU

7.1. Museu da Madeira | Tadao Ando

Localização: Hyogo, Japão

Construído para comemorar o 45º Festival Nacional da Madeira, ergue-se sobre uma estrutura em aço e betão armado. Este museu é composto por vigas e pilares de madeira laminada de cedro. Os últimos chegam a atingir os 16 metros de altura.

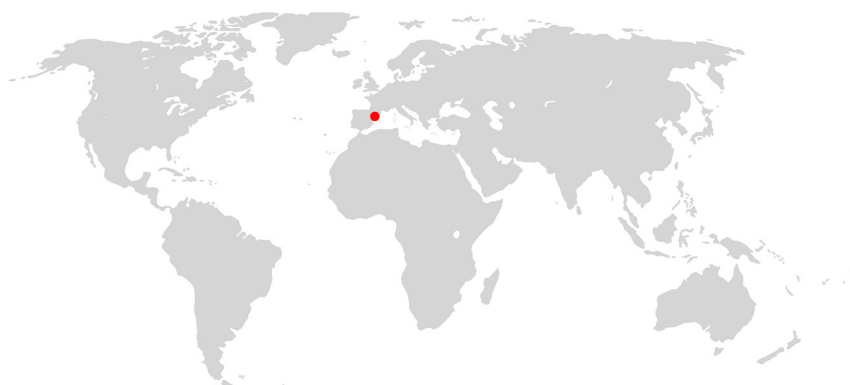


8. GINÁSIO

8.1. School Gym 704 | H Arquitectes

Localização: Barberà del Vallès, Catalunya, Espanha

Este ginásio multifunções, construído entre 2007 e 2008, utiliza um sistema construtivo pré-fabricado à base de madeira lamelada colada e LVL, do tipo Kerto. No exterior, está protegida por um revestimento de policarbonato transparente.



9. TORRE

9.1. Jübertower Hemer | Birk und Heilmeyer Architekten & Knippers Helbig Advanced Engineering

Localização: North Rhine-Westphalia, Alemanha

A estrutura desta torre, construída em 2010, baseia-se no princípio da hiperbolóide. Consiste em 240 peças de madeira lamelada colada que desenharam uma rede que define os limites do edifício.



10. PAVILHÃO

10.1. The termite pavillion | Softroom Architects, Freeform Engineering, Atelier One, Chris Watson, Haberdasherylondon, KLH e Pestival

Localização: Londres, Inglaterra, Reino Unido

Feito em diversas camadas de madeira lamelada colada, este pavilhão reproduz o interior de uma parte de um ninho de térmitas.

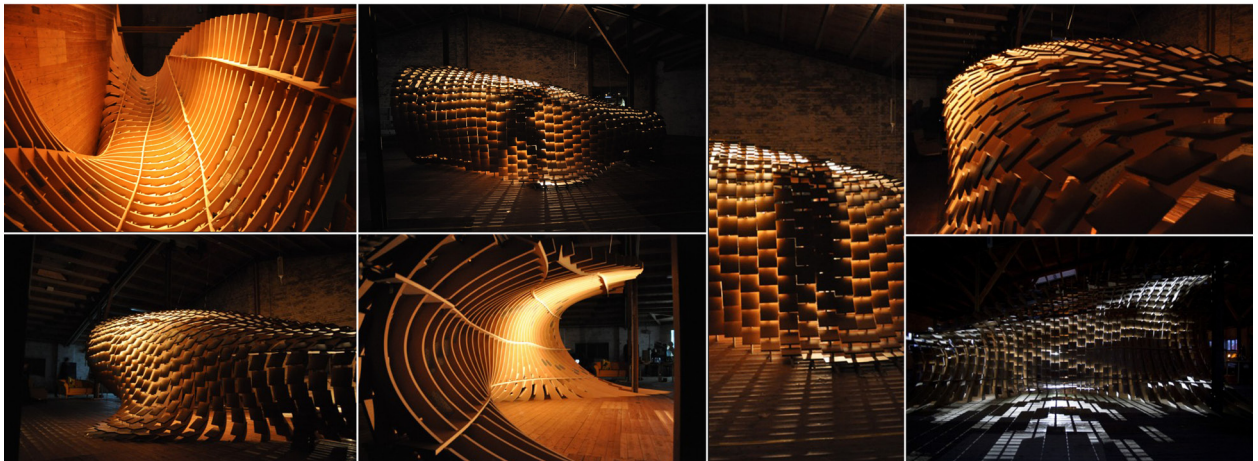
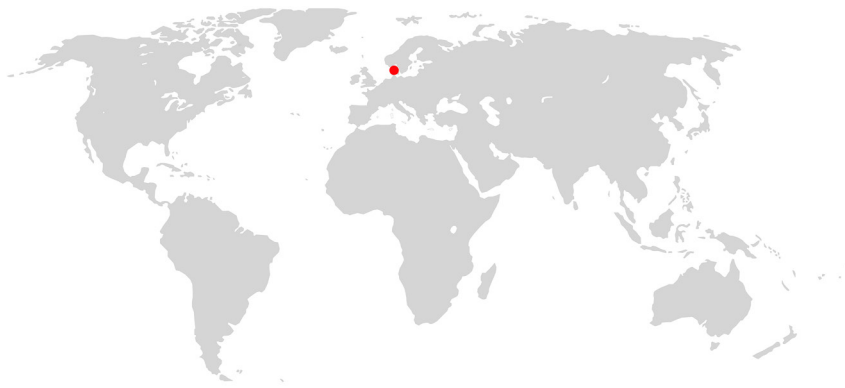


1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

10.2. Art615 | Alunos da Aalborg University

Localização: Aalborg, Dinamarca

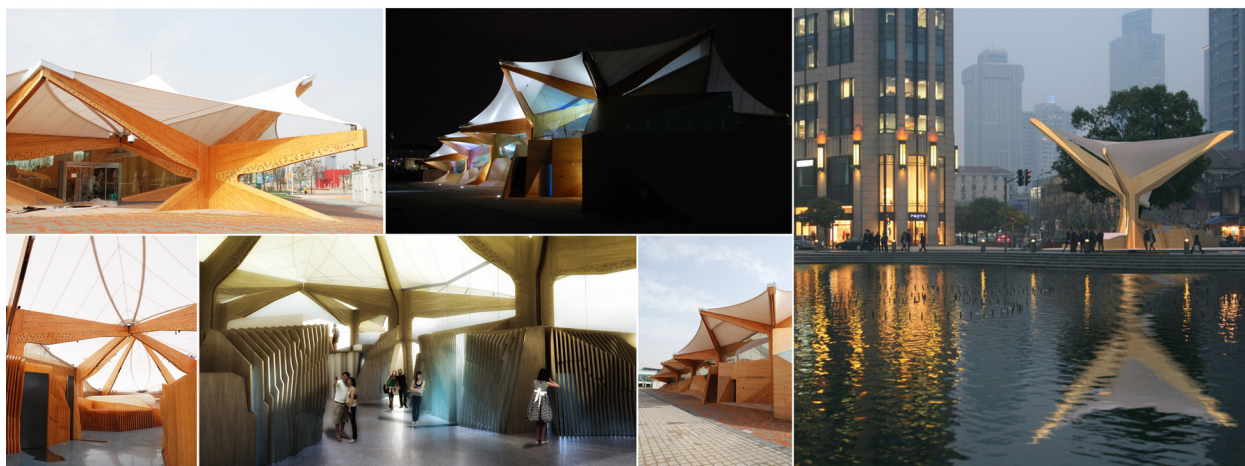
Este pequeno pavilhão, em MDF, foi especificamente concebido para um parque com um nível de criminalidade elevado, com o intuito de desviar as atenções e criar um espaço onde os visitantes se sentissem abrigados e livres de perigo.



10.3. Pavilhão da Noruega Expo '10 em Xangai | Helen & Hard

Localização: Xangai, China

Este projecto consiste em estruturas independentes que se assemelham a árvores que podem ser dispostas em conjunto ou separadamente. Cada uma das estruturas utiliza madeira lamelada e aplicações em bambú.

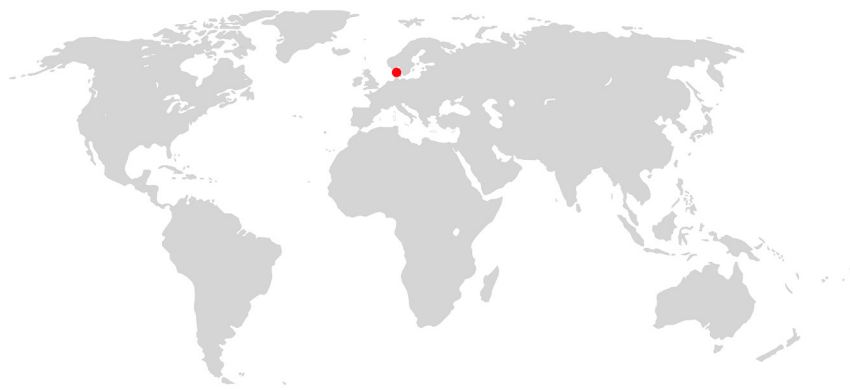


1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

10.4. Read-Nest | Dorte Mandrup Arkitekter

Localização: Dinamarca

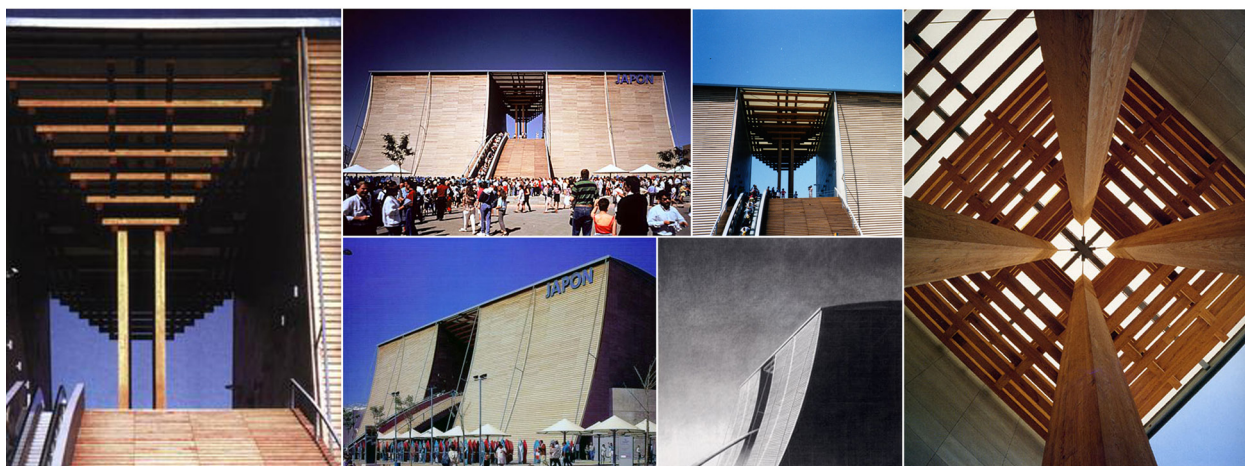
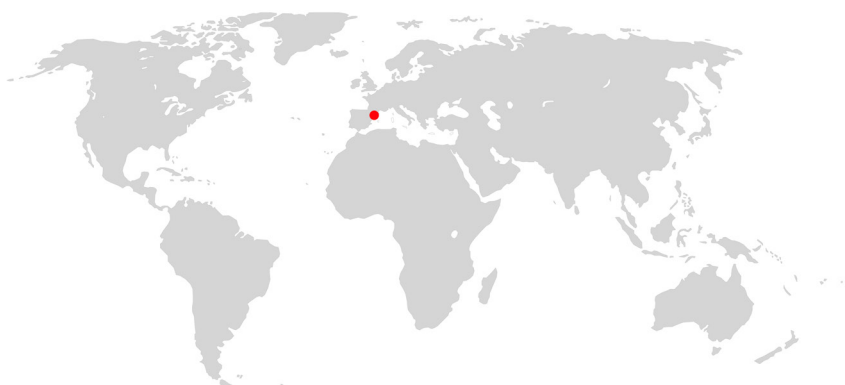
Este projecto de 2007 consiste num pequeno pavilhão de leitura composto por paredes exteriores em madeira naturalmente oleada com estrias verticais e revestimentos interiores em painéis de três camadas folheados a madeira.



10.5. Pavilhão do Japão Expo '92 em Barcelona | Tadao Ando

Localização: Barcelona, Espanha

Neste pavilhão, o uso de madeira lamelada colada permitiu uma escala maior do que a habitual, sem comprometer a segurança do edifício. No ponto mais alto, o pavilhão do Japão media 25 metros de altura, enquanto que de largura media 60 e de profundidade 40 metros.



1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

10.6. Bluepoint Sales Pavilion | Paul Raff Studio

Localização: Phuket, Tailândia

Utiliza técnicas tailandesas antigas de construção de barcos para, aqui, criar um revestimento contínuo em madeira, de modo a poder curvÁ-la como de outra forma não seria possível.

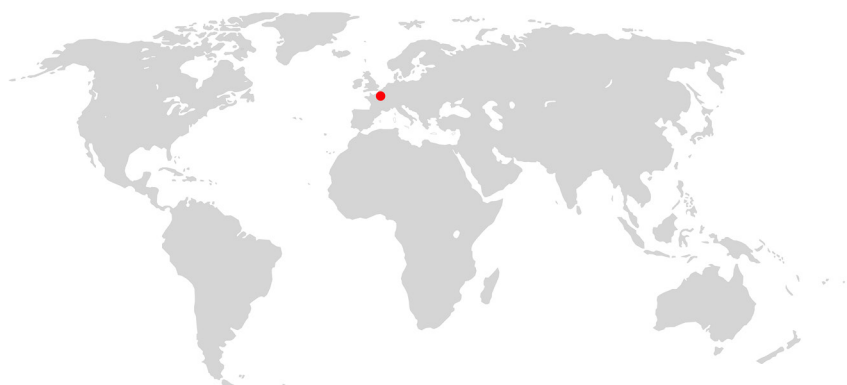


11. ESTACIONAMENTO

11.1. Estacionamento em Soissons | Jacques Ferrier Architectures

Localização: Soissons, França

Este parque de estacionamento, construído em 2010, é composto por uma estrutura em betão e por uma pele, um revestimento, em peças de madeira, que conferem uma certa transparência e, ao mesmo tempo, ritmo, ao edifício.

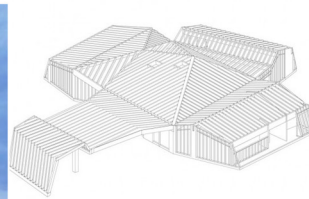


12. ESTAÇÃO DE SERVIÇO

12.1. Estação de Serviço Viamala Raststätte | Iseppi-Kurath

Localização: Grisons, Suíça

A estrutura principal desta estação de serviço é constituída por peças em madeira, embora existam algumas lajes em betão para lhe conferir maior estabilidade.

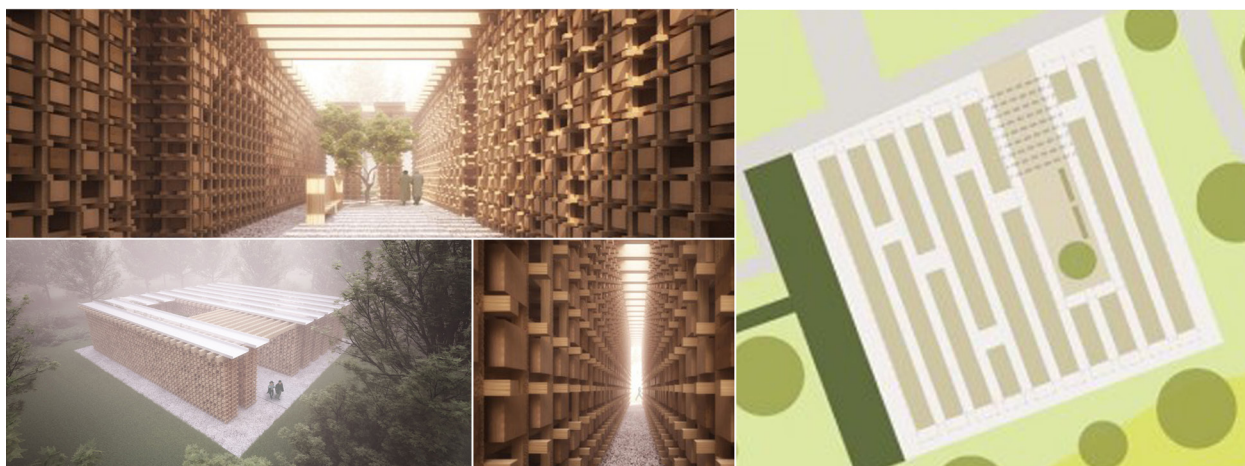


13. OSSÁRIO

13.1. Ossário Orthen | Buijsenpennock Architects

Localização: Orthen, Holanda

Neste projecto, a estrutura é composta por uma espécie de rede, em madeira maciça de carvalho, que irá sendo preenchida com as caixas, também em madeira, onde se depositarão os restos mortais de cada pessoa, dando expressão, assim às paredes que por elas vão sendo definidas.

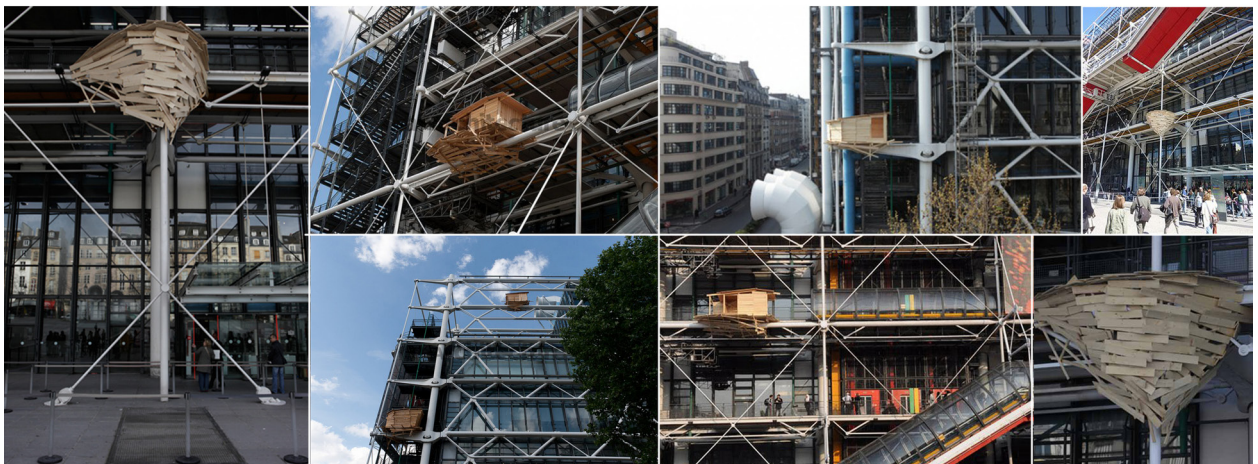


14. INSTALAÇÃO

14.1. Cabanas no Pompidou | Tadashi Kawamata

Localização: Paris, França

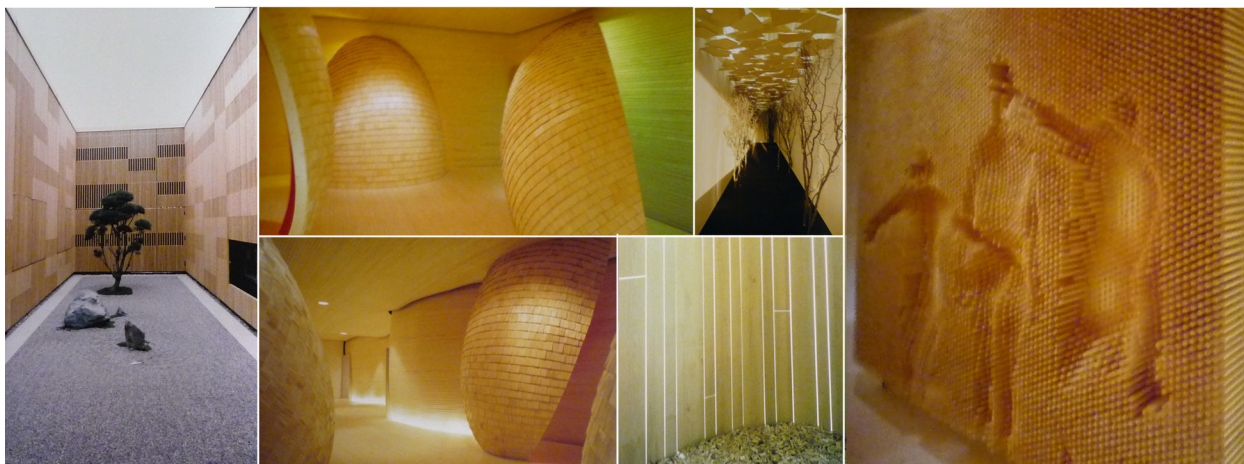
Estas pequenas cabanas, agarradas à fachada do Centre Georges Pompidou, eram feitas em madeira sobre uma base de cartão e procuravam destoar do ambiente urbano e da linguagem do edifício.



14.2. Path of the Senses | Architekturbüro Matthias Loebermann

Localização: Alemanha

Esta instalação é um percurso que pretende mostrar a quem o experimenta as diferentes qualidades sensoriais da madeira, como a cor, a textura, o cheiro e os sons.

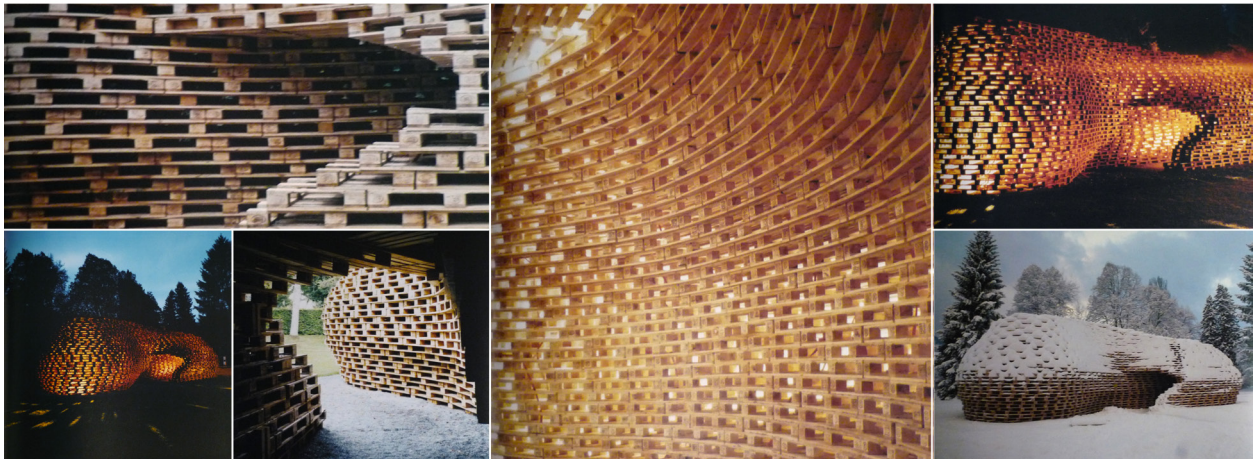
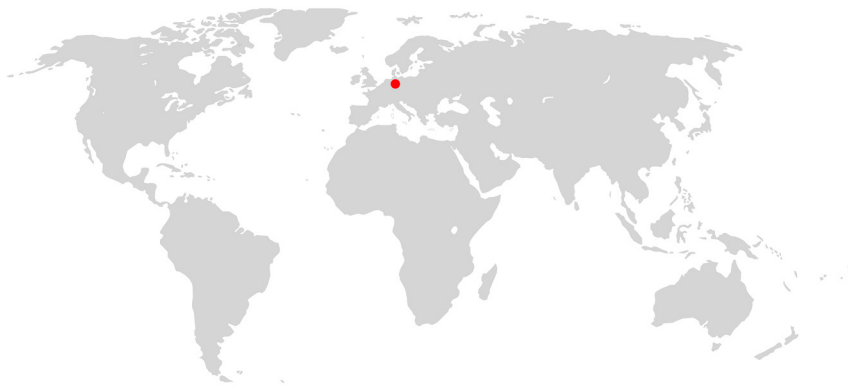


1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

14.3. Pallet Pavilion | Architekturbüro Matthias Loebermann

Localização: Oberstdorf, Alemanha

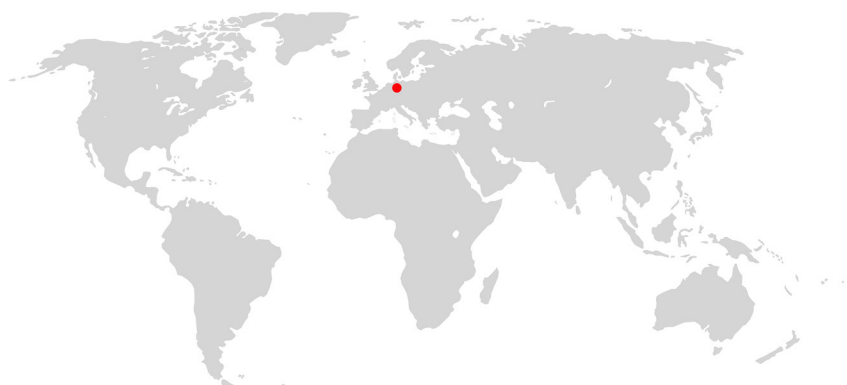
Concebido como ponto de encontro dos participantes na Taça do Mundo de Esqui Alpino em 2005, este pavilhão era constituído por 1300 paletes recicladas que, no fim do evento, foram utilizadas para outros fins.



14.4. Destiny of Trees | Atelier Klaus Bittner

Localização: Alemanha

Colocada num trilho florestal, esta peça de arte é composta por um contentor – uma gaiola quadrada – e por pedaços de madeira, dispostos de formas variadas no interior daquele.

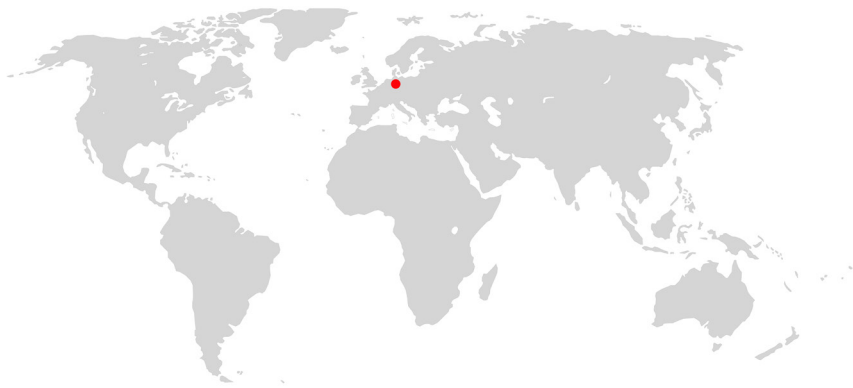


15. CASA NA ÁRVORE

15.1. Wencke Tree House | Andreas Wenning/Baumraum

Localização: Alemanha

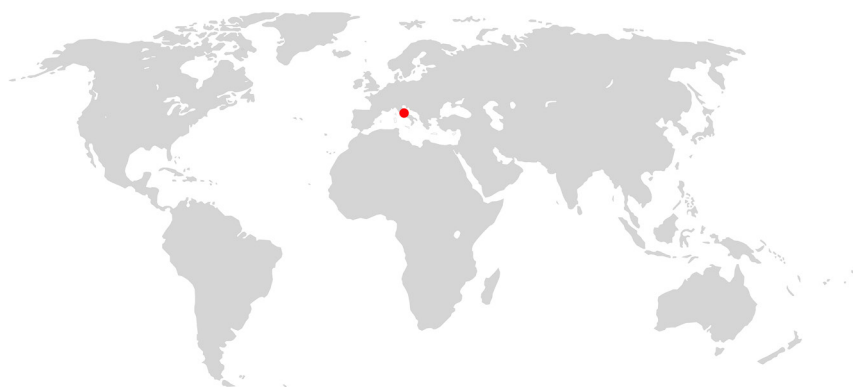
As árvores em que se apoia foram, antes da construção da casa, sujeitas a uma inspecção que as determinou adequadas para suportar o peso do pequeno edifício. Este, com acabamentos em lariço, foi concebido para uma família com três crianças.



15.2. Meditation Tree House | Andreas Wenning/Baumraum

Localização: Itália

Concebida como espaço de meditação, esta casa é suportada por dois pilares, enquanto que as esplanadas se apoiam nas árvores.

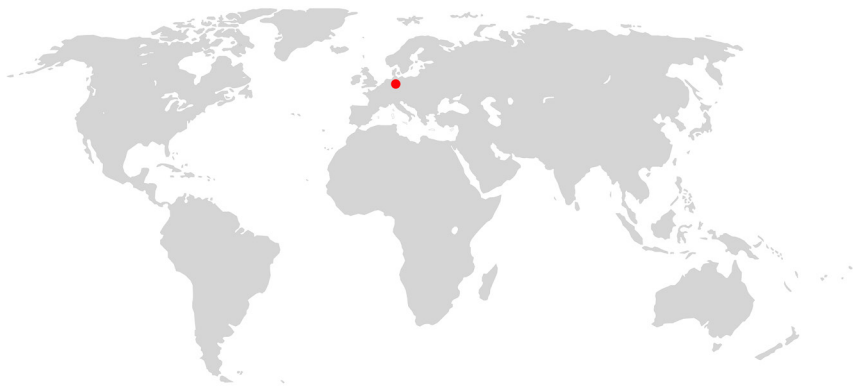


1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

15.3. Scout Tree House | Andreas Wenning/Baumraum

Localização: Wolfsburg, Alemanha

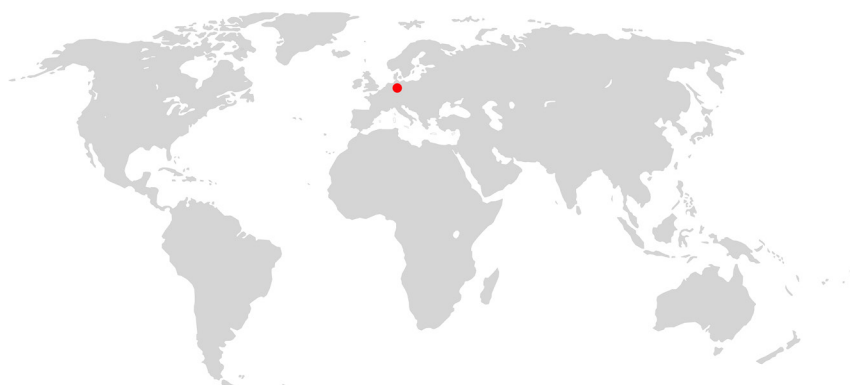
Esta casa na árvore, com dois níveis, é revestida, tanto no interior como no exterior, por tábuas de lariço.



15.4. Plendelhof Tree House | Andreas Wenning/Baumraum

Localização: Alemanha

Este pequeno edifício, de forma triangular, é composto por vigas de lariço aparafusadas e, no interior, revestida com madeira de espruce.

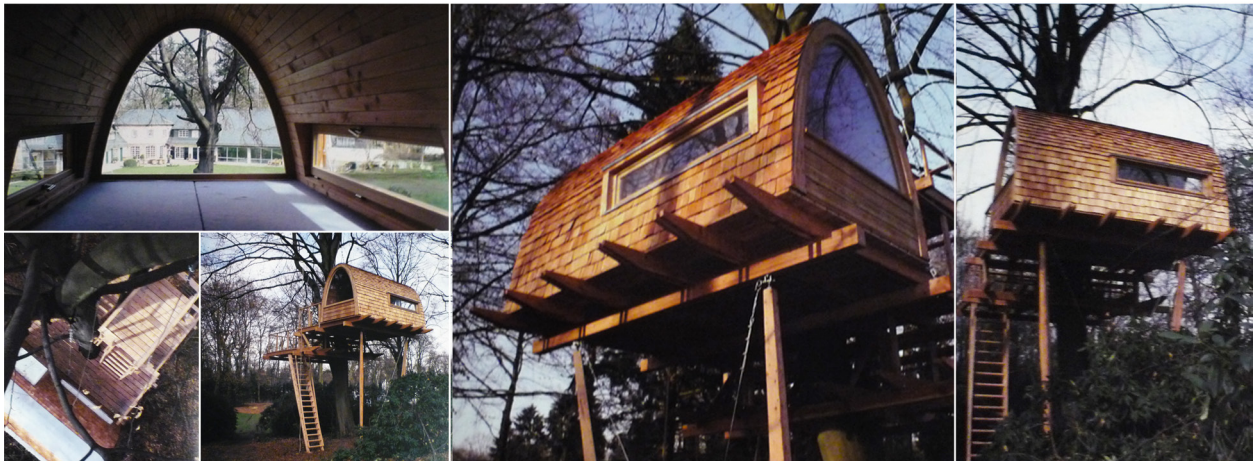
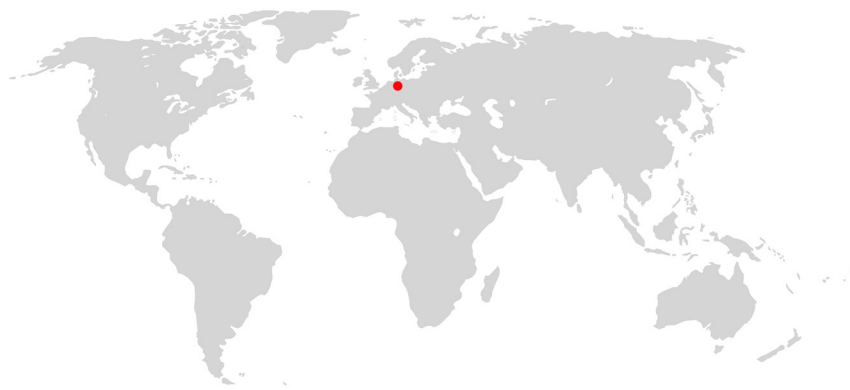


1. OUTRAS CONSTRUÇÕES EM MADEIRA

15.5. Louisa Tree House | Andreas Wenning/Baumraum

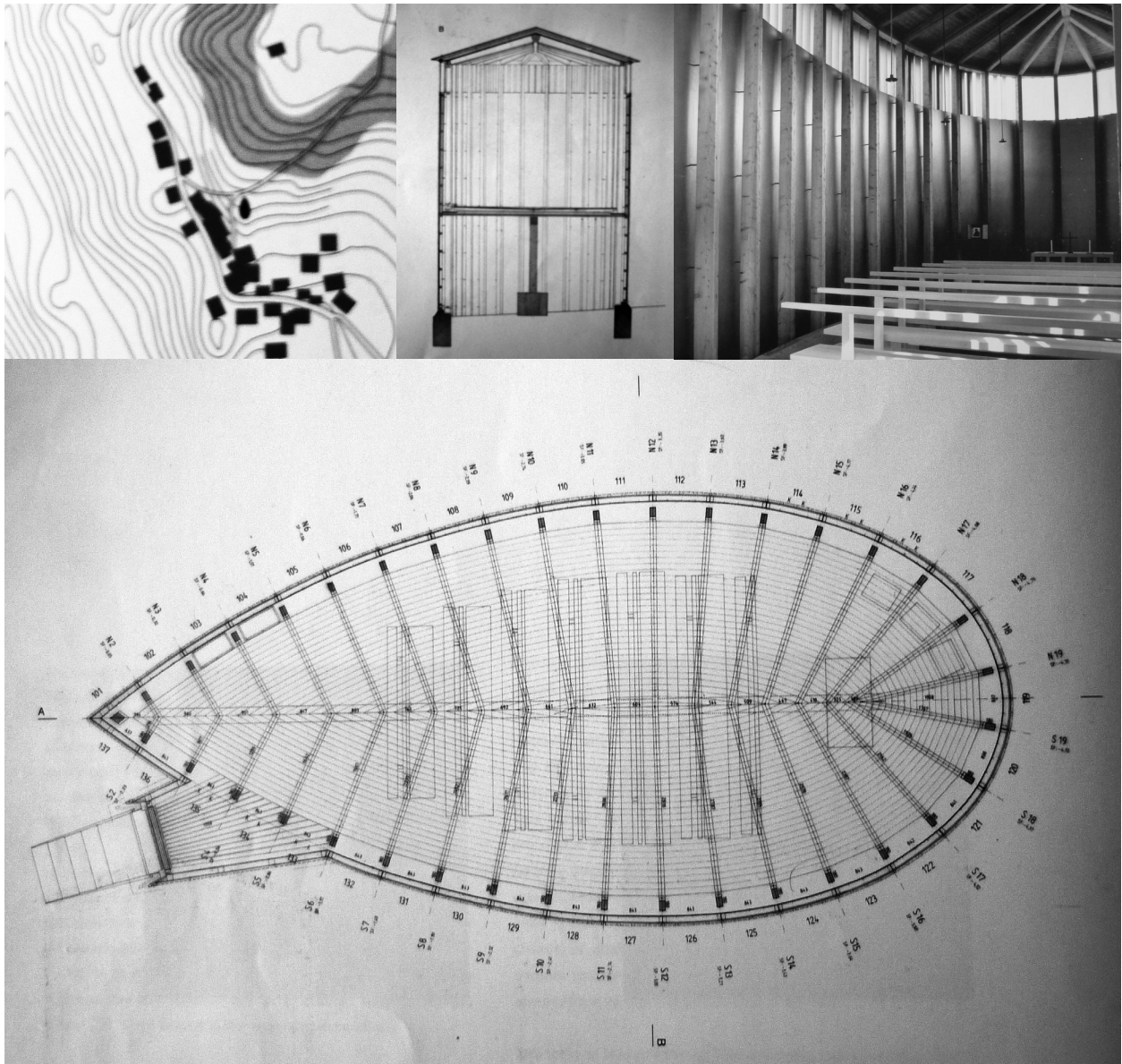
Localização: Frankfurt, Alemanha

Em forma de arco, esta casa utiliza uma armação em aço curvo flanqueada por arcos em madeira lamelada colada. No interior, está revestida com tábuas de lariço e, no exterior, por telhas, também do mesmo tipo de madeira.

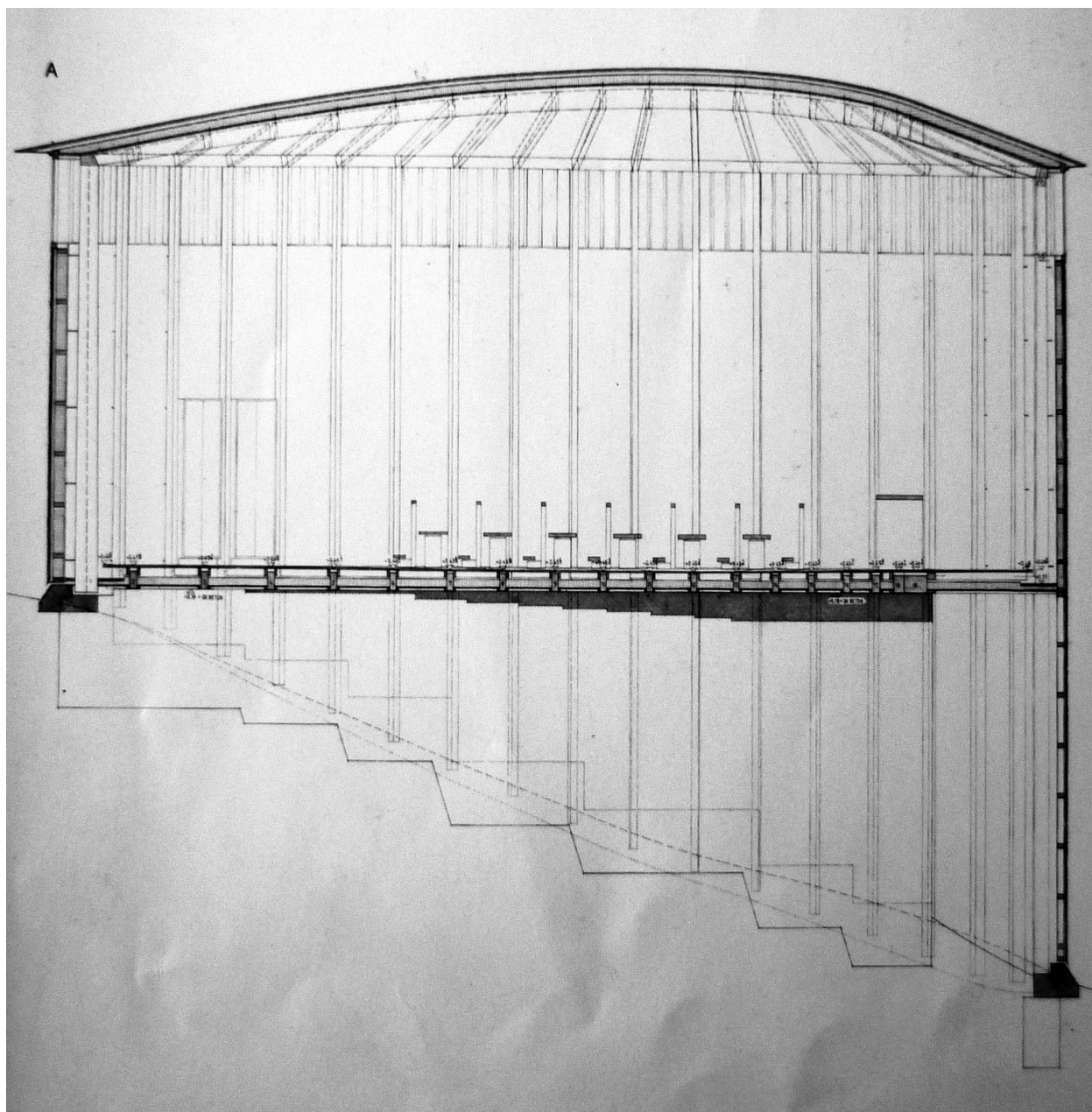


II. CASOS DE ESTUDO

1. IGREJA SOGN BENEDETG



No topo, da esquerda para a direita, implantação da igreja, corte transversal pela mesma e fotografia do interior. Em baixo, planta do edifício.



Corte longitudinal pela igreja de Sogn Benedetg.



Fotografia do exterior da igreja.

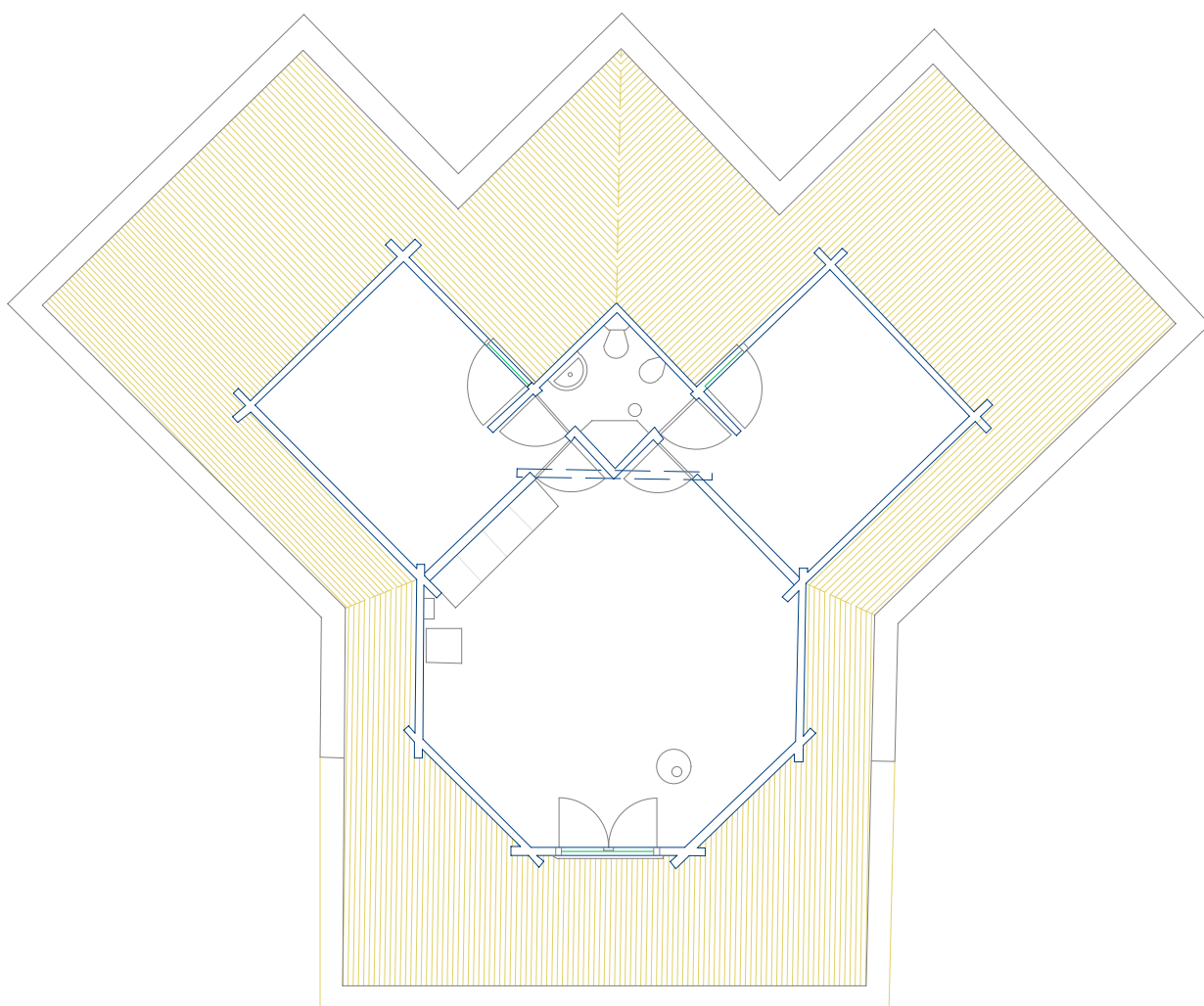


Fotografia do interior da igreja. São, aqui, claramente perceptíveis os pilares de madeira destacados da parede, bem como o pavimento, que como que flutua acima do nível do terreno.

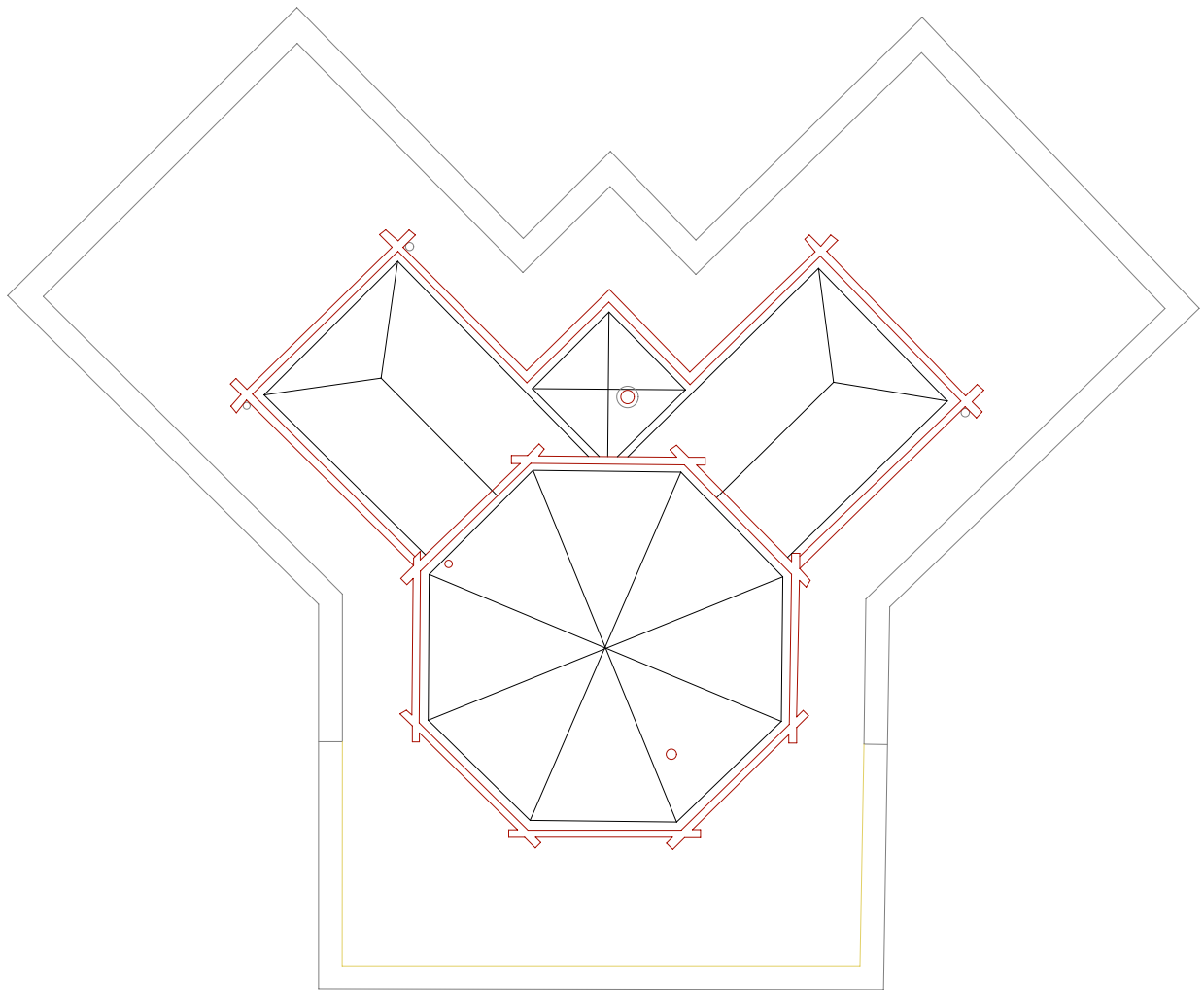
2. CASA DE HÓSPEDES EM SINTRA



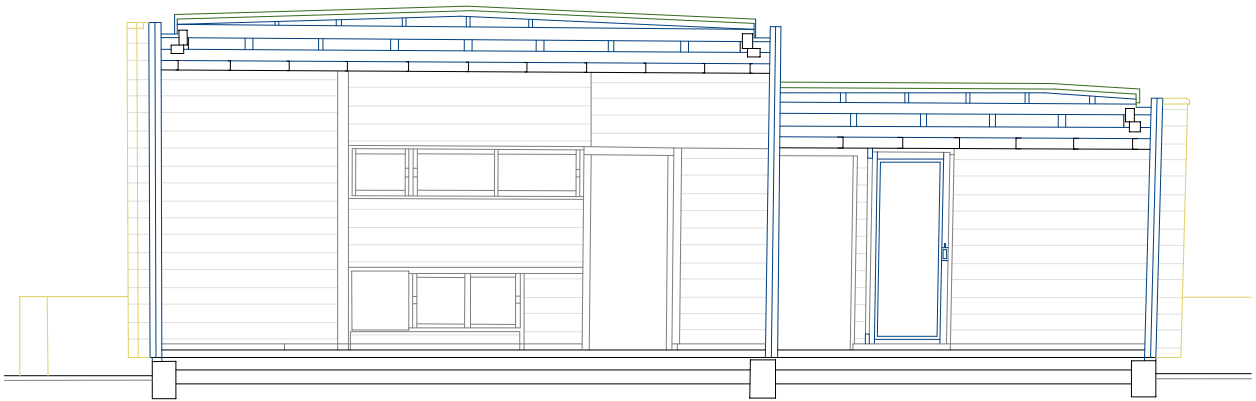
Implantação das casas Alemão, em Sintra. A vermelho, a Casa de Hóspedes.



Planta do rés-do-chão da Casa de Hóspedes.

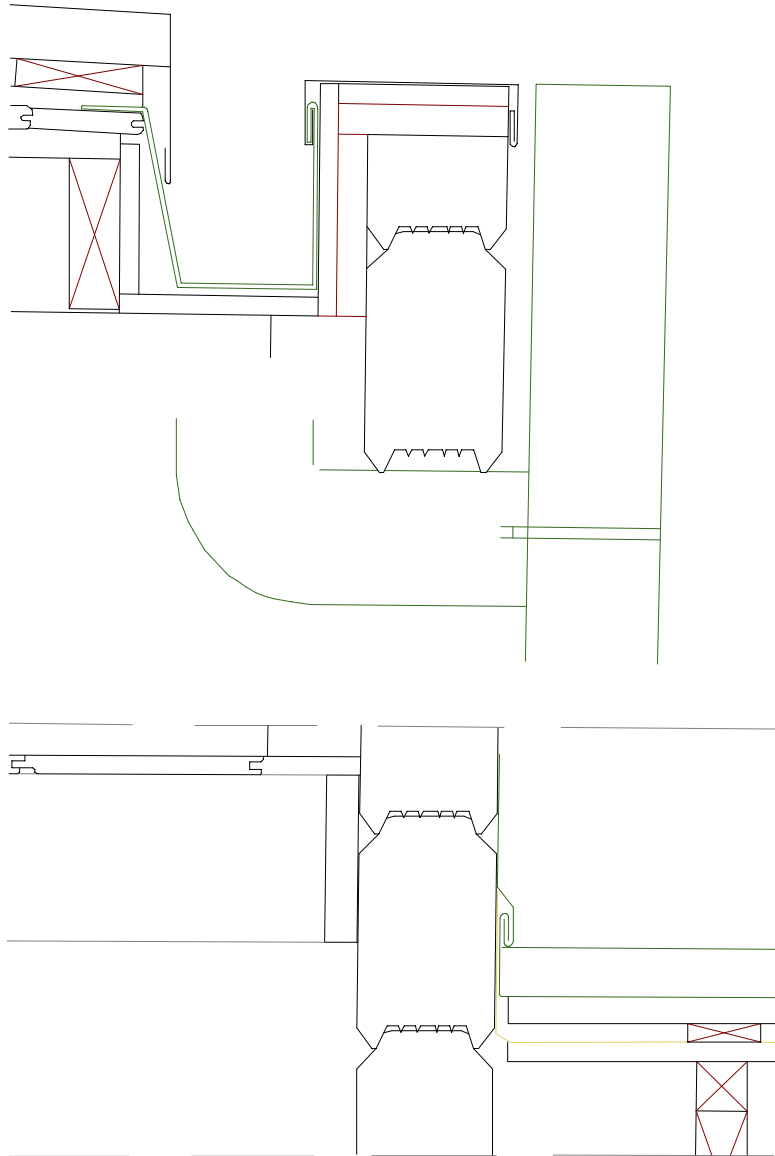


Planta de cobertura da Casa de Hóspedes.



Corte longitudinal pela cozinha e um dos quartos.

2. CASOS DE ESTUDO



Pormenor, em corte, dos remates da parede em troncos de *glulam* na cobertura e quando em contacto com o solo.



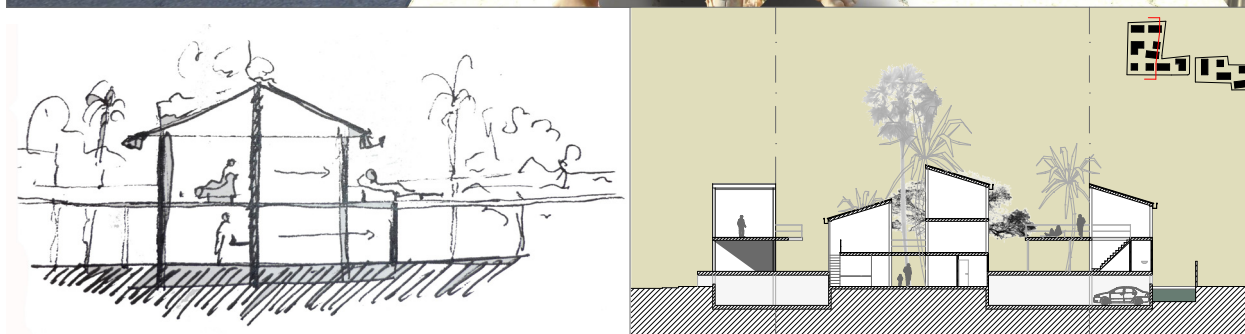
Fotografias da maquete da Casa de Hóspedes e fotografia das instalações sanitárias, durante o processo de construção.

2. CASOS DE ESTUDO



Fotografias da Casa de Hóspedes durante o processo de construção.

3. PROJECTO DE HABITAÇÃO EM SIEM REAP



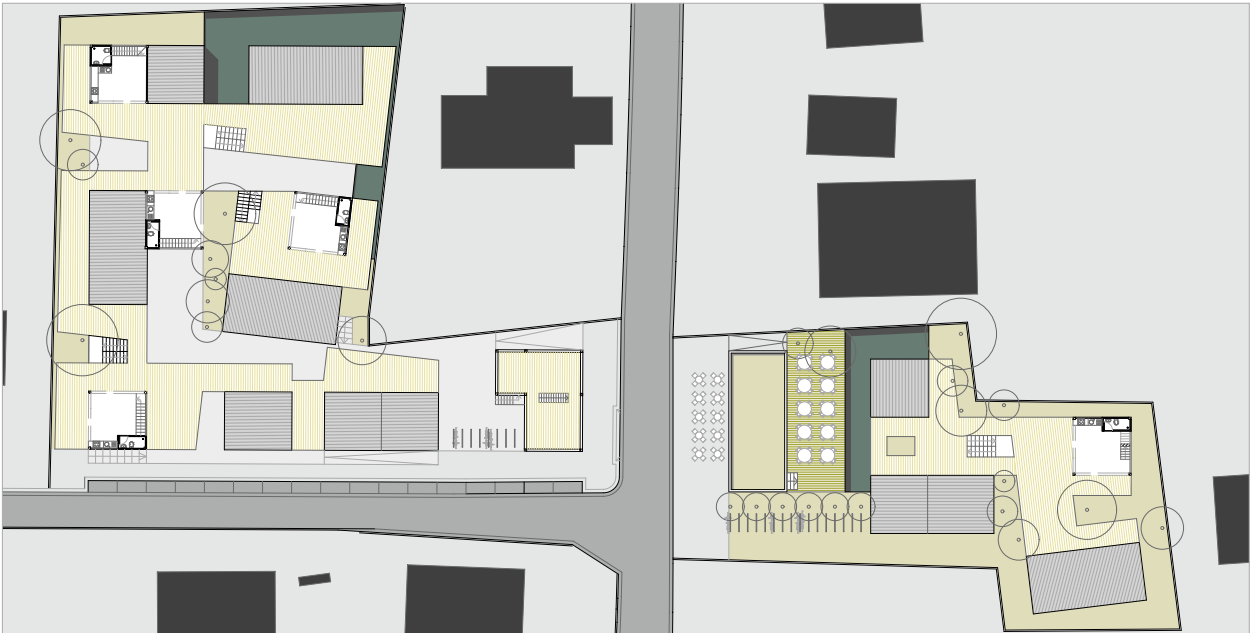
No topo, simulação 3D do projecto. Mais abaixo, desenho e corte transversal.

2. CASOS DE ESTUDO

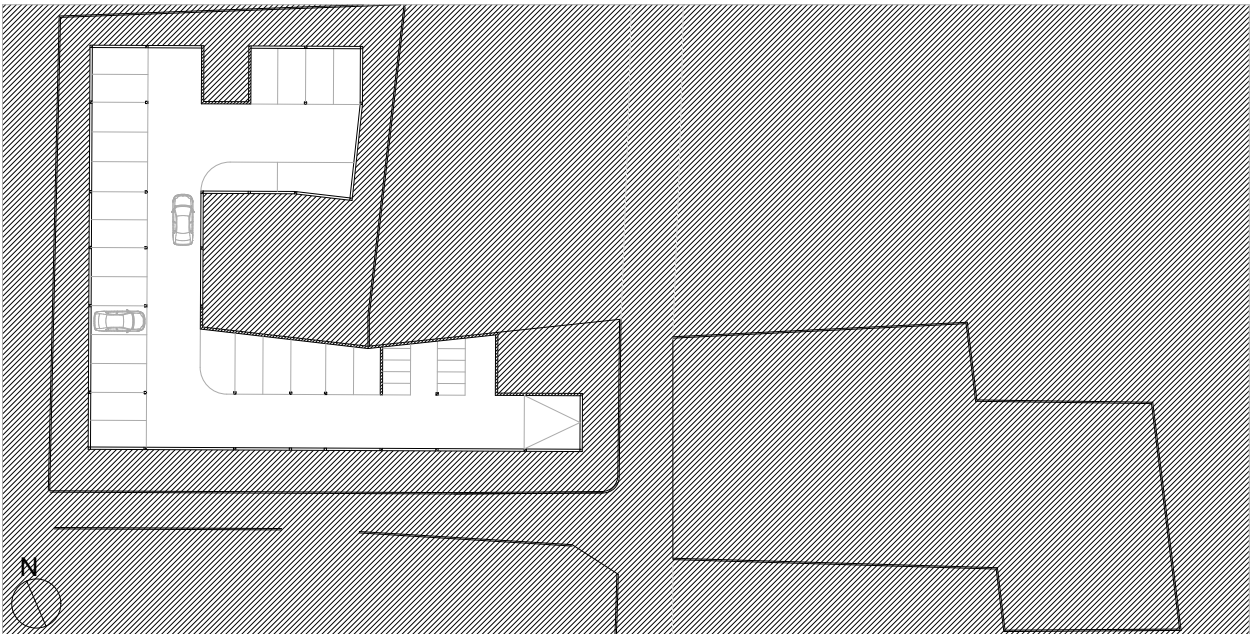


Em cima, planta do rés-do-chão. Em baixo, planta do primeiro piso, onde se conseguem claramente ver as plataformas de madeira que interligam as diversas habitações.

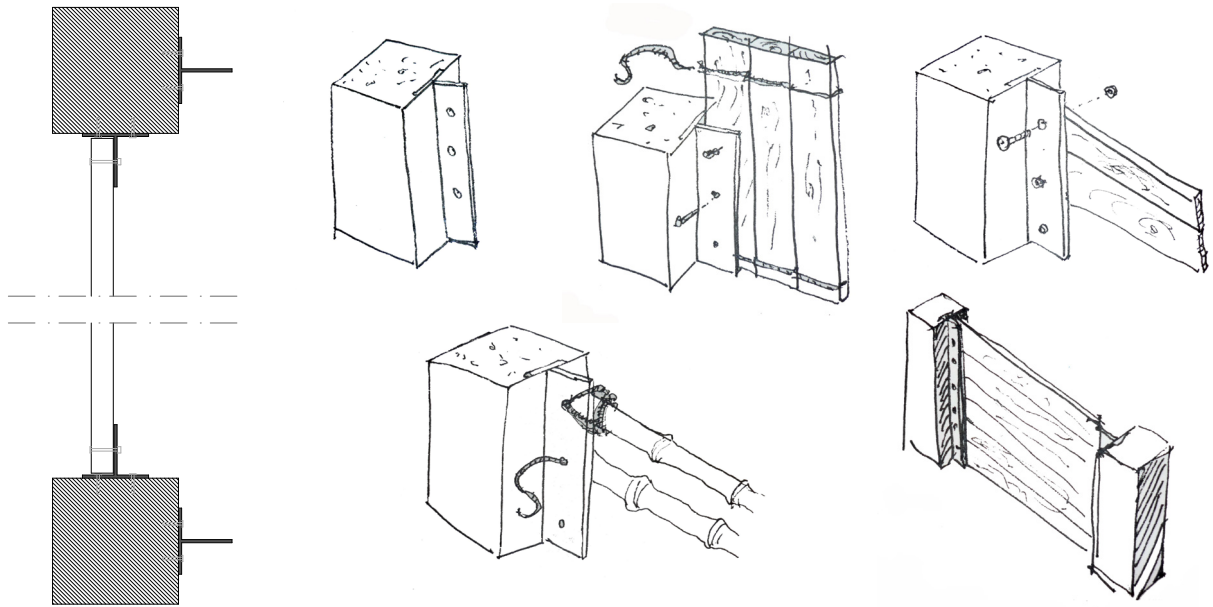




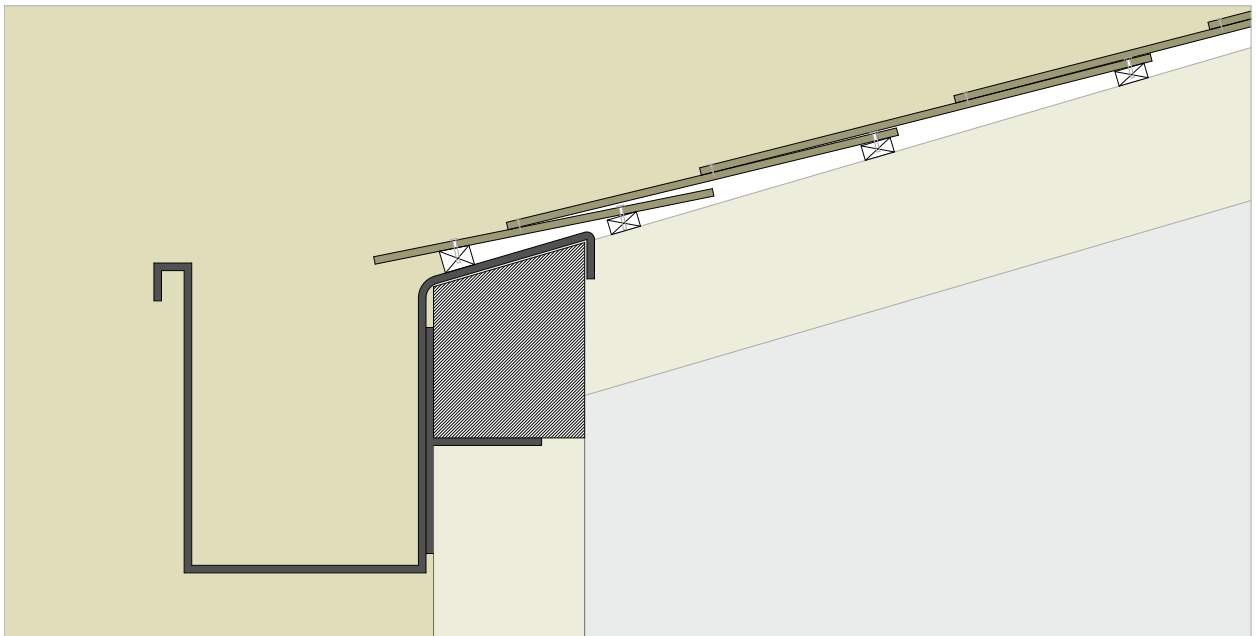
Em cima, planta do segundo piso. Em baixo, planta do estacionamento semi-subterrâneo.

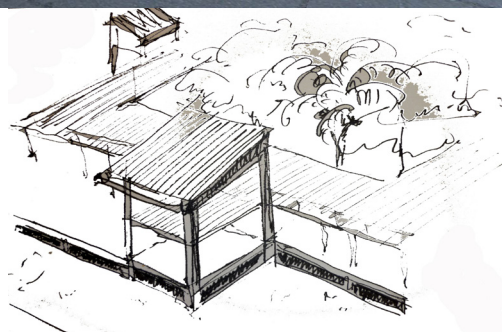
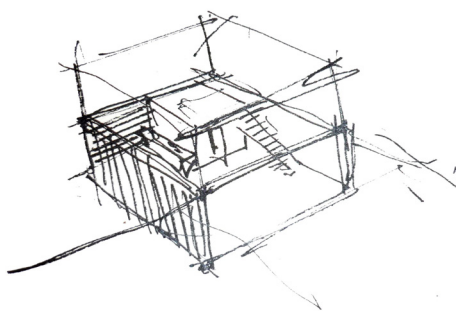


2. CASOS DE ESTUDO



Em cima, pormenor, em planta, dos pilares de cada casa e desenhos que ilustram como estes podem ser utilizados como apoio para as paredes. Em baixo, detalhe, em corte, das telhas de madeira e calceira.



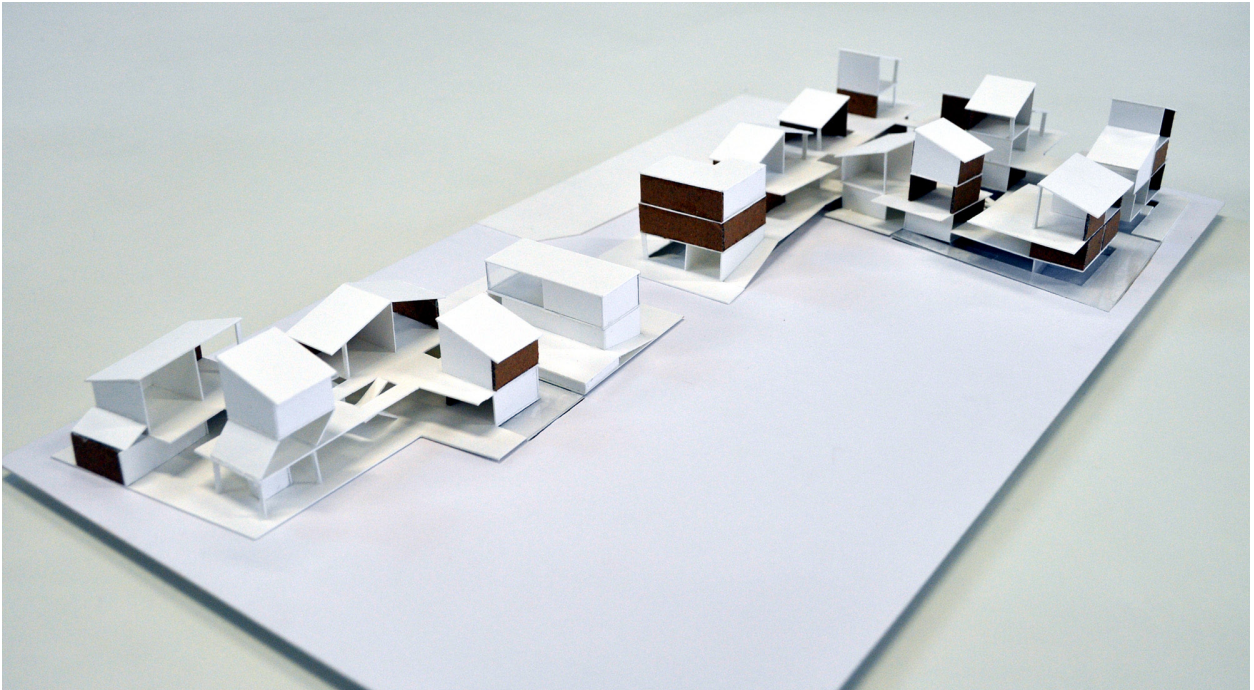


No topo, simulação 3D do projecto. Em baixo, desenhos explicativos e ilustrativos do projecto.

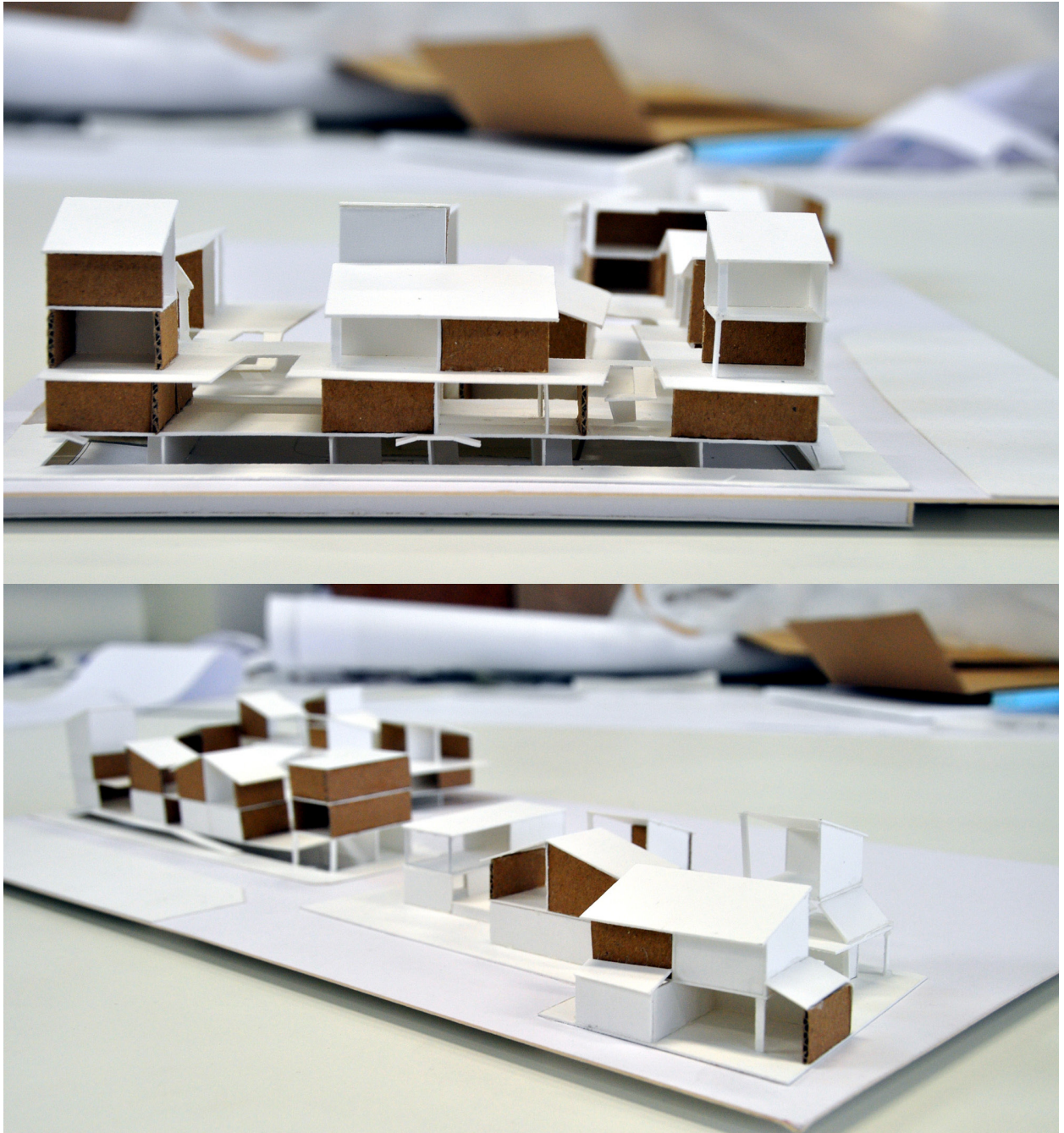
2. CASOS DE ESTUDO



Simulações 3D do projecto.

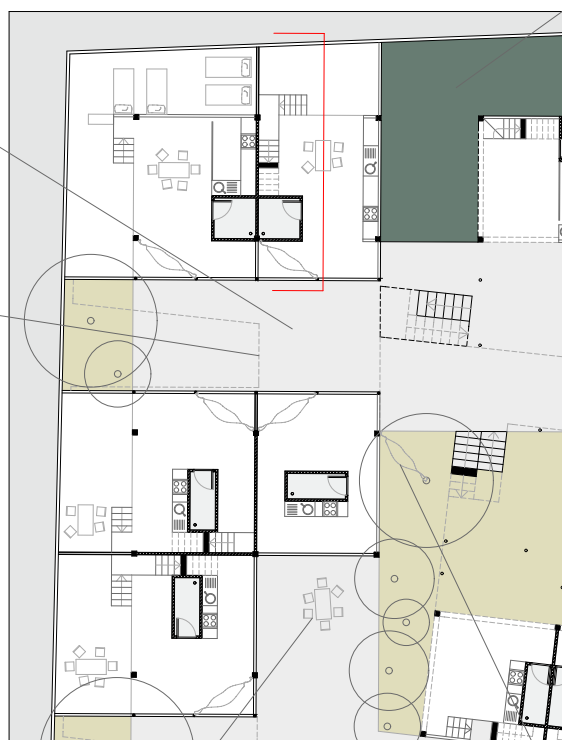


2. CASOS DE ESTUDO



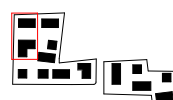


VIVER EM CONJUNTO - ESPAÇO ONDE AS CRIANÇAS BRINCAM



ZONA DE ÁGUA - ZONA DE CULTIVOS

COZINHAR EM CONJUNTO NO EXTERIOR

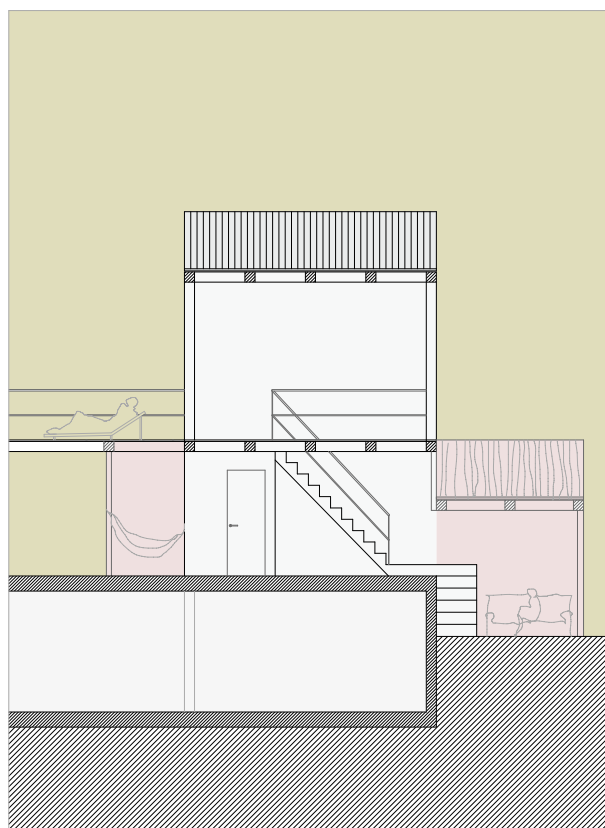
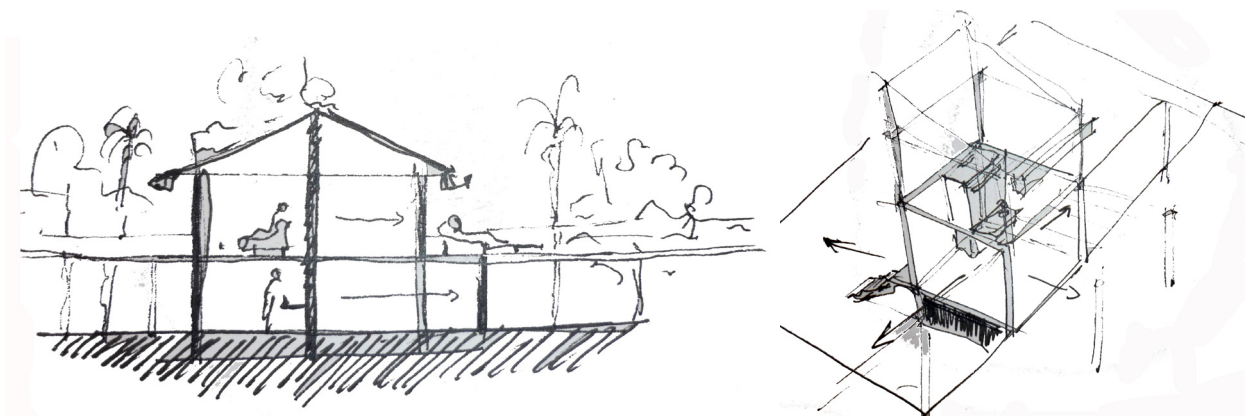


ZONA DE DESCANSO



10 anos depois: exemplo de apropriação do espaço e seus possíveis modos de utilização. Planta parcial do rés-do-chão.

2. CASOS DE ESTUDO



Em baixo, alçado e corte por uma habitação, 10 anos depois. Em cima, desenhos que demonstram a possibilidade de se estender e apropriar do espaço.

VI. BIBLIOGRAFIA

MONOGRAFIAS

AAV, *Curso de construcción en madera – estructuras mixtas, rehabilitación y carpintería*, Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid, 1988

BAREIA, Edmilson, PUMAR, Marcia (pesquisa e redacção), PUCCIONI, Silvia (orientação técnica), *Manual Técnico 1 – madeira, características, deterioração, tratamento*, BRASIL. Ministério da Cultura, Secretaria do Património Histórico e Artístico Nacional, Fundação Nacional Pró-Memória, 1985

BLASER, Werner, *Wood Pioneer architecture: masterpieces of the last 100 years*, 1995

BURCHELL, Jim, SUNTER, F. W., *Design and build in timber frame*, Longman Scientific & Technical, Great Britain, 1987

BURCHELL, Jim, *Timber-frame housing*, Construction Press (an imprint of: Longman Group Limited), New York, 1984

CIGNI, Giuseppe, *Nuove tecniche di consolidamento di travi in legno*, 1981

COMPREDON, J., *Le bois : matériau de la construction moderne*, 1948

DANGEL, Ulrich, *Sustainable Architecture in Vorarlberg – energy concepts and construction systems*, Birkhäuser, Berlin, 2010

FERRER, Antonio Barrionuevo (direcção e coordenação), *Alvar Aalto – Escritos, 1921-1956*, Elaboración de la edición: Taller 5 del Departamento de Proyectos Arquitectónicos – Escuela de Arquitectura de Sevilla, Sevilla, Março 1993

GAUZIN-MÜLLER, Dominique, *Architecture écologique du Vorarlberg – un modèle social, économique et culturel*, Éditions Le Moniteur, Paris, 2009

GAUZIN-MÜLLER, Dominique, *Le bois dans la construction*, Éditions du Moniteur, Paris, 1990

GRAUBNER, Wolfram, *Ensembles en madera*, Ediciones Ceac, Barcelona, Espanha, 1991

GUILLERM, Alain, *La marine dans l'antiquité*, colecção “que sais je?”, Presses Universitaires de France, Paris, 1995

GUTDEUTSCH, Gotz, *Building in wood – construction and details*, Birkhäuser, Basel, Switzerland, 1996

HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004

HOYET, Jean-Michel Hoyet (responsável pela edição), *Guide Bardages Bois*, Editions Régirex-France, Co-Edition Centre Technique du Bois & de l'Ameublement – Techniques et Architecture, 1990

HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004

JODIDIO, Philip, *Ando – Complete Works*, Taschen, Barcelona, Spain, 2004

JOHNSON, Hugh (prólogo), *La Madera*, Editorial Blume, Espanha, 1980

LAHTI, Markku, *Alvar Aalto Houses*, Ed. Rakennustieto Oy, Helsinki, Finland, 2005

LANGLOIS, Charles Barré, *Carpintaria : corte e conservação da madeira, sua paisagem e clarificação – entalhes – construção de tabiques, soalhos, telhados, escadas, portas e caixilhos de madeira*, sem data

MACHADO, José Saporiti, *Proposta para o estabelecimento de classes de qualidade para madeira de pinheiro bravo para estruturas e respectivos valores característicos de resistência mecânica*, 1993

MARCOS, Jesús Varela, *La pretendida reforma naval de Felipe III: La política de protección de bosques, saca y elaboración de maderas para la construcción naval*, Centro de estudos de história e cartografia antiga, série separatas, 195; separata da Revista da Universidade de Coimbra, Vol. XXXIV; editora: Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa, 1988,

MATEUS, Ricardo, BRAGANÇA, Luís, *Tecnologias construtivas para a sustentabilidade da construção*, Edições Ecopy, Coleção Prometeu, nº5, Porto, 2006

MCQUAID, Matilda, *Shigeru Ban*, Phaidon, New York, 2003

MENDES, Enrique Morales, *I Curso de construcción en madera*, Demarcacion en Sevilla del Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental, Sevilla, 1991

MOLA, Francesc Zamora, *Wood Houses*, FKG Loft Publications, Barcelona, Espanha, 2009

NATTERER, Julius, GÖTZ, Karl-Heinz, HOOR, Dieter, MÖHLER, Karl, *Construire en bois: choisir, concevoir, réaliser (volume 1)*, Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1987

NATTERER, Julius, HERZOG, Thomas, VOLZ, Michaël, *Construire en bois 2 (volume 2)*, Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1994

NATTERER, Julius, SANDOZ, Jean Luc, REY, Martial, *Traité de Génie Civil de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne – Volume 13, Construction en bois : matériau, technologie et dimensionnement*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 2004

NEVADO, Miguel Angel Rodriguez, *Diseño estructural en madera: una aproximación en imágenes al estado del arte europeo a finales del siglo XX*, Aitim, Madrid, 1999

ÓLAFSDÓTTIR, Ásdís, *Le mobilier d'Alvar Aalto dans l'espace et dans le temps – la diffusion internationale du design 1920-1940*, Publications de la Sorbonne, Paris, 1998

PATTERSON, Terry L., *Frank Lloyd Wright and the meaning of materials*, Editora Van Nostrand Reinhold, New York, 1994

PFEIFFER, Bruce Brooks, *Frank Lloyd Wright*, Benedikt Taschen, Köln, 1991

POMEY, Patrice, RIETH, Eric, *L'archéologie navale*, collection "Archéologies" dirigée par Alain Ferdière, Éditions Errance, Paris, 2005

PRACHT, Klaus, Collection Architecture et Technologie, *Les systèmes constructifs en bois – structure et architecture des constructions à ossature ou à murs porteurs en bois*, Éditions du Moniteur, Paris, 1981

PETITPAS, J., *Technologie comparée des industries du bois*, 1947

RUSKE, Wolfgang, *Timber construction for trade, industry, administration - basics and projects*, Birkhäuser, Basel, Switzerland, 2004

RUSKE, W., *Le bois en architecture extérieure*, Éditions Delta & Spes, Denges, Suisse, 1985

SCHILDT, Göran, *Alvar Aalto: masterworks*, Otava Publishing Company, Italy, 1998

SCHILDT, Göran, *Alvar Aalto – Obra completa: Arquitectura, Arte y Diseño*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, Spain, 1996

SEM AUTOR, *Eurocódigo 5 – regras comuns unificadas para estruturas de madeira*, (Trabalho integrado no Plano de Estudo no Domínio dos Edifícios), PORTUGAL. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1988

SEM AUTOR, *The Atlas of Cambodia – National Poverty and Environment Maps*, Save Cambodia's Wildlife, 2006

SEM AUTOR, Preparado pelo Forest Products Laboratory, *The encyclopedia of wood – Revised edition*, Sterling Publishing Co., New York, 1989

STEURER, Anton, *Developments in timber engineering – the swiss contribution*, Birkhäuser, Basel, Switzerland, 2006

STOCK, Wolfgang Jean, *Europäischer Kirchenbau 1950-2000 European Church Architecture*, Prestel, München, Alemanha, 2003

STUNGO, Naomi, *Arquitectura en madera: nuevas tendencias*, 1999

WACHSMANN, Konrad, *Building the wooden house – technique and design*, Birkhäuser, Basel, Switzerland, 1995

WESTON, Richard; *Alvar Aalto*, Phaidon, Hong Kong, 1996

ZANI, Antonio Carlos, *Arquitectura em Madeira*, 2003

ZUMTHOR, Peter, *Peter Zumthor Works – Buildings and Projects 1979-1997*, Lars Müller Publishers, Baden, Suíça, 1998

PERIÓDICOS

ABAD, Carlos Pita, EIRAS, Carlos Quintáns, *Arquitectura y Madera, Lignum Facile*, Galicia, 2009

ARCH + - Zeitschrift für Architektur und Städtebau, KUHNERT, Nikolaus, KRAFT, Sabine, editora: Holz, September 2009

Darco Magazine – Revista técnica de arquitectura –, Bevk Perovic Architects, Arquitectos Anónimos, César Machado Moreira, nº 09, direcção editorial LEAL, Ana, sem data

Darco Magazine – Revista técnica de arquitectura –, Tony Fretton Architects, Jonathan Woolf Architects, Hélder Coelho Arquitectos, nº 12, direcção editorial LEAL, Ana, sem data

GARCIA, João Leite, “Tectónica: madeira_madera”, revista *Arquitectura Ibérica*, nº26, 2008

HUDERT, Markus, WEINAND, Yves, “Timberfabric – Applying textile principles on a building scale” (2010), AD, *Architecture Design – The New Structuralism*, volume 80, nº4, Editora Wiley, Londres, 2010, Julho/Agosto, páginas 102 a 107

PROVAS FINAIS / DISSERTAÇÕES

ABRAÚL, Fabiana, *Arquitectura de terra em Portugal – viabilidade contemporânea*, 2010

CARNEIRO, Ana Sofia Relvas Pires Soares, *A construção em madeira em Portugal*, 2001

CUNHA, Sara, *Reabilitação e sustentabilidade: uma experiência de projecto*, 2007

MESQUITA, Inês Moreira Oliveira, *Rumo à sustentabilidade – da cidade ao detalhe*, 2008

MOUTINHO, Daniel Fernando Oliveira, *Edifícios de construção tradicional em madeira: o exemplo dos palheiros do litoral central português*, 2007

OLIVEIRA, Ricardo Macedo de, *Uma inevitabilidade chamada sustentabilidade*, 2007

RIBEIRO, Sara Filipa Guiomar, *Os velhos materiais na nova arquitectura*, 2008

SILVA, António Jorge Pinto da, *O papel da madeira na arquitectura*, 2009

WEBSITES

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Madeira> (Consult. 25-09-2010)

<http://moleskinearquitectonico.blogspot.com/2007/04/el-museo-de-la-madera-tadao-ando.html>
(Consult. 25-09-2010)

<http://www.designboom.com/eng/interview/ando.html> (Consult. 25-09-2010)

http://en.wikiarquitectura.com/index.php?title=Japan_Pavilion_for_Expo'92 (Consult. 25-09-2010)

<http://www.dezeen.com/2010/02/17/centre-pompidou-metz-by-shigeru-ban/> (Consult. 27-09-2010)

<http://www.pleatfarm.com/2010/02/15/centre-pompidou-metz-by-shigeru-ban/> (Consult. 27-09-2010)

http://www.shigerubanarchitects.com/SBA_WORKS/SBA_OTHERS/SBA_OTHERS_8/SBA_Others_8.html (Consult. 27-09-2010)

http://www.worldarchitecturenews.com/index.php?fuseaction=wanappln.projectview&upload_id=14510 (Consult. 29-09-2010)

<http://www.livingmodernchicago.org/content/andrea-deplazes-bearth-and-desplazes-switzerland>
(Consult. 29-09-2010)

<http://www.zigersnead.com/current/blog/post/stadhaus-the-worlds-tallest-timber-structure-and-the-beauty-of-collaboration/09-29-2010/2712/> (Consult. 29-09-2010)

<http://www.bearth-deplazes.ch/start.html> (Consult. 29-09-2010)

<http://www.neuemonterosahuette.ch/> (Consult. 29-09-2010)

http://www.section-monte-rosa.ch/cabanes_4.htm (Consult. 29-09-2010)

<http://www.mimoa.eu/projects/Switzerland/Zermatt/Neue%20Monte%20Rosa%20H%FCtte>

(Consult. 29-09-2010)

<http://www.architonic.com/aisht/neue-monte-rosa-htte-bearth-deplazes-architekten/5100162>
(Consult. 29-09-2010)

<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/05.051/556> (Consult. 29-09-2010)

http://www.fe.up.pt/si/conteudos_geral.conteudos_ver?pct_pag_id=1639&pct_parametros=p_ano_lectivo=2006/2007-y-p_cad_codigo=EC5199-y-p_perodo=2S&pct_disciplina=EC5199&pct_grupo=9762&pct_grupo=9658#9658 (Consult. 01-10-2010)

http://advantageaustria.org/pt/zentral/focus/technology/neuesbauen/Neues_Bauen_Wohnen_generell.pt.jsp (Consult. 01-10-2010)

<http://www.holzbauforschung.at/index.php?id=22&L=1> (Consult. 01-10-2010)

http://content.yudu.com/Library/A1nf9k/Inovaonaconstruonava/resources/index.htm?referrerUrl=http%3A%2F%2Fwww.google.pt%2Furl%3Fsa%3Dt%26source%3Dweb%26cd%3D9%26ved%3D0CCsQFjAl%26url%3Dhttp%253A%252F%252Fcontent.yudu.com%252FLibrary%252FA1nf9k%252FInovaonaconstruonava%252F%26rct%3Dj%26q%3Dconstru%25C3%25A7%25C3%25A3o%2520madeira%2520novas%2520tecnologias%26ei%3D0wKmTLm2BM_Aswa0z-CdCA%26usg%3DAFQjCNEjNWzpabDTJ2aPI9Ftrknzcx9ffw (Consult. 01-10-2010)

<http://www.goethe.de/ges/umw/dos/nac/buw/pt3360841.htm> (Consult. 01-10-2010)

<http://www.dw-world.de/dw/article/0,,1914153,00.html> (Consult. 01-10-2010)

<http://www.sindusconsp.com.br/msg2.asp?id=3244> (Consult. 01-10-2010)

<http://www.arq.ufsc.br/arq5661/Madeiras/historia.html> (Consult. 30-11-2010)

<http://www.furniturestyles.net/ancient/> (Consult. 22-01-2011)

<http://www.infopedia.pt/> (Consult. 23-03-2011)

<http://www.gtai.com/homepage/info-service/publications/our-publications/germany-investment->

magazine/archive/vol-2007/vol-032007/innovative-germany6/?backlink=Back%20to%20overview
(Consult. 02-05-2011)

<http://www.baumraum.de> (Consult. 02-05-2011)

<http://wythtech.posterous.com/arboform-liquid-wood-bye-bye-non-biodegradabl> (Consult. 22-07-2011)

<http://verbal-scribbles.blogspot.com/2010/08/material-collabo.html> (Consult. 22-07-2011)

<http://gammaquad.uproxx.com/2010/07/isnt-it-good-liquid-wood> (Consult. 22-07-2011)

<http://www.tecnaro.de/english/arboform.htm> (Consult. 22-07-2011)

<http://www.ctba.fr> (Consult. 25-07-2011)

VII. FONTES ICONOGRÁFICAS

CAPA

Fotografias de Rita Vieira, Pedro Palmeirim, Ricardo Leal, Hélène Binet (retiradas de ZUMTHOR, Peter, *Peter Zumthor Works – Buildings and Projects 1979-1997*, Lars Müller Publishers, Baden, Suíça, 1998) e provenientes dos seguintes websites:

www.archdaily.com
www.faqs.org
<http://fotobank.ru>
www.arnoldline.com
<http://monsterguide.net>
<http://3.bp.blogspot.com>
www.simplessolucoes.com
<http://teoriadodesign.files.wordpress.com>
<http://c3.quickcachr.fotos.sapo.pt>
www.soundlikeaustin.com
www.cj-source.com
www.simplesdecoracao.com
www.harpistsonline.com
<http://artdrum.com>
<http://ak2.ostkcdn.com>
www.ruppsdrums.com
<http://bcwdrums.com>
<http://sound-dust.co.uk>
<http://1.bp.blogspot.com>
<http://cdn2.iofferphoto.com>
www.dionisiodias.com
www.ruadireita.com
www.tastesoftorisholme.co.uk
<http://4.bp.blogspot.com>
www.woodentoy.com
<http://24.media.tumblr.com>
www.papelariapaula.com
<http://tequilatalk.files.wordpress.com>
<http://whatwedoissecret.org>

Da esquerda para a direita e de cima para baixo.

Página 22

1. Corte transversal por um tronco de árvore. Imagem retirada de <http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/uf/treeguidehtm/chapter4.htm>.
2. Anéis de crescimento visíveis no corte transversal por um tronco. Imagem retirada de http://1.bp.blogspot.com/_fWMESRR3nAk/SVBG38ofNcl/AAAAAAAAAIE/rl14nSAC61E/s320/11.jpg.
3. Estrutura de uma célula de madeira. Imagem retirada de HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.
4. Corte transversal num conjunto de células de madeira. Imagem retirada de HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

Página 26

1. Diferentes tipos de corte em várias regiões do tronco e respectivas deformações. Imagem retirada de HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.

Página 28

1. Igreja Kiji, na Rússia. Imagem retirada de <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Kiji2.JPG>.
2. Corte longitudinal pela mesma. Imagem retirada de HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004.
- 3, 4 e 5. Edifício antigo em Moret-Sur-Loing, França. Fotografias de Pedro Palmeirim.

Página 30

1. Diferentes tipos de madeira, de várias cores, texturas e desenhos. Imagens retiradas de MOLA, Francesc Zamora, *Wood Houses*, FKG Loft Publications, Barcelona, Espanha, 2009

Página 34

1. Cadeira, Alvar Aalto. Imagem retirada de http://teoriadodesign.files.wordpress.com/2009/11/artwork_images_424513210_309090_alvar-aalto.jpg?w=300&h=199 (03-12-2010)
2. Cestos egípcios, Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
3. Cofre egípcio, Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
4. Cadeira, Alvar Aalto. Imagem retirada de http://c3.quickcachr.fotos.sapo.pt/i/N2002f4bf/5368073_uJVck.jpeg (03-12-2010)
5. Imagem retirada de <http://www.soundslikeaustin.com/wp-content/uploads/2011/03/wood-furniture.jpg> (31-03-2011)
6. Imagem retirada de http://www.cj-source.com/woodfurniture/antiquerepro/chairs/img/antique_reproduction_louis-xv-upholstered-armchair.jpg (31-03-2011)
7. Bancos, Alvar Aalto. Imagem retirada de http://www.simplesdecoracao.com.br/wp-content/uploads/2010/05/Alvar_AaltoFanLegStool1958.jpg (03-12-2010)
8. Carrinho de chá, Alvar Aalto. Imagem retirada de <http://c5.quickcachr.fotos.sapo.pt/i/>

N7701f1a3/5368151_wN89p.jpeg (03-12-2010)

9. Mobiliário egípcio, meados da 18ª Dinastia (1450 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.

Página 36

1. Violino. Fotografia de Rita Vieira.
2. Instrumentos musicais egípcios, 18ª Dinastia (1550-1295 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
3. Harpas. Imagem retirada de <http://www.harpistsonline.com/photo1200harp.jpg> (31-03-2011)
4. Jambé. Imagem retirada de http://artdrum.com/IMAGES/PHOTOSDRUMSINSTRUMENTS/ASHIKO_12_INCH_MANGO_WOOD_LIGHT.jpg (31-03-2011)
5. Flauta de bisel. Imagem retirada de <http://ak2.ostkcdn.com/images/products/L12098344.jpg> (31-03-2011)
6. Piano de cauda. Fotografia de Rita Vieira.
7. Tambor. Imagem retirada de http://www.ruppsdrums.com/shop/images/Taye-Drums---Taye-StudioMaple-Wood-Hoop-Snare-Drums24807-7015_th.jpg (31-03-2011)
8. Estrutura de tambor. Imagem retirada de <http://bcwdrums.com/images/In%20stock%20items%20169.jpg> (31-03-2011)
9. Cravo. Imagem retirada de <http://sound-dust.co.uk/wp-content/uploads/2009/02/harpsichord-2.jpg> (31-03-2011)
10. Guitarra clássica. Fotografia de Rita Vieira.

Página 38

1. Pormenor de sarcófago egípcio, 17ª Dinastia (1600 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
2. Estátuas portadoras de oferendas, Antigo Egipto, Império Médio (1950 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
3. Pinturas da Kappelbrücke, Luzern, Suíça. Imagem retirada de http://i116.photobucket.com/albums/o10/TurkanaDK/switzerland/luzern/lucerneIMG_8463.jpg (25-05-2011)
4. Sarcófago egípcio, 17ª Dinastia (1600 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
5. Pintura sobre parede de madeira de um templo, Bangkok, Tailândia. Fotografia de Rita Vieira.
6. Instalação, sem título, Rui Sanches, exposição temporária da Fundação Calouste Gulbenkian, Dezembro de 2010. Fotografia de Rita Vieira.
7. Estátua da Deusa Ísis, Antigo Egipto, época ptolomaica (332-30 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
8. Estátuas variadas, Antigo Egipto, final do Antigo Império e início do Médio Império (2300-2000 a. C.). Fotografia de Rita Vieira.
9. Pormenor de instalação, sem título, Rui Sanches, exposição temporária da Fundação Calouste Gulbenkian, Dezembro de 2010. Fotografia de Rita Vieira.
10. Pintura sobre parede de madeira de um templo, Bangkok, Tailândia. Fotografia de Rita Vieira.
11. Pormenor de instalação, sem título, Rui Sanches, exposição temporária da Fundação Calouste Gulbenkian, Dezembro de 2010. Fotografia de Rita Vieira.

Página 40

1. Suporte estrutural em templo no complexo de Angkor Wat, Siem Reap, Cambodja. Fotografia de Rita Vieira.
2. Andaimos em edifício em construção, Siem Reap, Cambodja. Fotografia de Rita Vieira.
3. Impressão sobre betão de cofragens de madeira, Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
4. Mau Gênio (andaimos e madeira) de Renata Lucas, Museu de Arte da Pampulha, 2002. Imagem retirada de [http://www.polemica.uerj.br/8\(4\)/cimagem/p8\(4\)_6.htm](http://www.polemica.uerj.br/8(4)/cimagem/p8(4)_6.htm) (25-05-2011)
5. Cofragens em madeira. Imagem retirada de <http://www.flickr.com/photos/joaornelas/2078231800/> (25-05-2011)
6. Impressão sobre betão de cofragens de madeira, Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
7. Andaimos em edifício em construção, Siem Reap, Cambodja. Fotografia de Rita Vieira.
8. Andaimos em edifício em fase de restauro, Bangkok, Tailândia. Fotografia de Rita Vieira.

Página 42

1. Papiro, Antigo Egito, 26ª Dinastia (533 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
2. Diversos tipos de papel colorido. Imagem retirada de http://farm4.static.flickr.com/3387/3604328751_7580465ae0.jpg (25-05-2011)
3. Notas de dólar. Imagem retirada de <http://images.paraorkut.com/img/papeldeparedede/1024x768/n/ notas-2899.jpg> (25-05-2011)
4. Jornais. Imagem retirada de http://2.bp.blogspot.com/-ymnH1l_dLQ8/TZsh-Rp6wII/AAAAAAAAAN0/H8QoVoO54ik/s1600/papel.jpg (25-05-2011)
5. Estante com livros. Imagem retirada de <http://www.joaopedroresende.com/wp-content/uploads/2010/08/books.jpg> (25-05-2011)
6. Jornais antigos. Imagem retirada de <http://thenextweb.com/uk/files/2010/07/newspapers-by-shironekoEuro.jpg> (25-05-2011)
7. Folhas de papel. Imagem retirada de <http://i.ehow.com/images/a04/pc/ia/save-lots-paper-college-200X200.jpg> (25-05-2011)
8. Livro. Imagem retirada de <http://cdn2.iofferphoto.com/img/item/162/820/508/2F0w.jpg> (03-12-2010)
9. Lombada de livros. Imagem retirada de http://1.bp.blogspot.com/_td2966JclC4/THLgl3Fxpbl/AAAAAAAAAV0/Nj6_EeyiElg/s1600/Livros+Extintos.JPG (31-03-2011)
10. Rolo de papel higiénico. Imagem retirada de <http://info.abril.com.br/aberto/infonews/fotos/papel-higienico-20100202103121.jpg> (25-05-2011)
11. Livros. Imagem retirada de <http://4.bp.blogspot.com/-jYCHvmtKTmA/TbrEvYV2xjI/AAAAAAAAACAs/Nm4h6vnsyZA/s1600/livros%2Bmenores.jpg> (25-05-2011)
12. Papel. Imagem retirada de http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/n_bracelpa_papel_23932.jpg (25-05-2011)
13. Papéis de várias cores. Imagem retirada de http://www.jerrysartarama.com/images/resized/386x450/PRODUCTS/SUMI_E/PHENOMENON/0083329000000-ST-01-Shell-Paper-Group-Shot.jpg (25-05-2011)
14. Jornais. Imagem retirada de <http://www.feedmasher.org/wp-content/uploads/2010/03/old-newspaper-i5b.jpg> (25-05-2011)
15. Papiro, Antigo Egito, Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.

Página 44

1. Casas-barco, lago Tonle Sap, Cambodja. Fotografia de Rita Vieira.
2. Modelos de barco, Antigo Egipto, Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
3. Barco Viking. Imagem retirada de http://farm3.static.flickr.com/2339/2204287234_021935eccd_z.jpg?zz=1 (03-12-2010). Fotografia de Ricardo Leal.
4. Secção transversal de um navio francês de 74 canhões, século XVIII. Imagem retirada de HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004, página 28.
5. Barco. Imagem retirada de <http://monsterguide.net/images/how-to-build-a-wooden-boat.jpg> (31-03-2011)
6. Barco. Imagem retirada de http://www.arnoldline.com/images/wood_boat.jpg (31-03-2011)
7. Vista em perspectiva da estrutura de um navio francês de 74 canhões, século XVIII. Imagem retirada de HERZOG, Thomas, *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, 2004, página 28.
8. Modelos de barco, Antigo Egipto, Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
9. Mulher em pequeno barco a remos, Floating Market, Bangkok, Tailândia. Fotografia de Rita Vieira.
10. Modelo de barco, Antigo Egipto, Império Médio (2000 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
11. Barco de procissão da Deusa Anouket, Antigo Egipto, 19ª Dinastia (1250 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
12. Destroços de barco de draga descoberto aquando das escavações na Praça Jules Vernes em Marselha. Imagem retirada de POMEY, Patrice, RIETH, Eric, *L'archéologie navale*, collection "Archéologies" dirigée par Alain Ferdière, Éditions Errance, Paris, 2005, página 50.

Página 48

1. Utensílios de cozinha. Imagem retirada de <http://www.dionisiodias.com.br/gallery/conceitos%20jpg/18-05-09/colheres-de-pau.jpg> (03-12-2010)
2. Colheres de pau. Imagem retirada de <http://www.ruadireita.com/info/img/o-reino-da-colher-de-pau.jpg> (03-12-2010)
3. Barris. Imagem retirada de <http://fotobank.ru/img/SF17-1449.jpg?size=l> (03-12-2010)
4. Pião. Imagem retirada de http://3.bp.blogspot.com/_6lyky75Y_Wo/SwPryws6bqI/AAAAAAAAAMo/QDQK79ySxbQ/s1600/piao.jpg (31-03-2011)
5. Cachimbo. Imagem retirada de http://www.faqs.org/photo-dict/photofiles/list/2196/2879tobacco_pipe.jpg (03-12-2010)
6. Brinquedo (comboio). Imagem retirada de <http://www.simplessolucoes.com.br/blog/wp-content/uploads/2008/09/brinquedo-de-madeira.jpg> (31-03-2011)
7. "Pauzinhos" asiáticos. Imagem retirada de <http://www.tastesoftorisholme.co.uk/ekmps/shops/tastesoftorris/images/10-x-oriental-chinese-reusable-bamboo-wooden-chopsticks-42-p.jpg> (31-03-2011)
8. Molduras. Imagem retirada de http://4.bp.blogspot.com/_wqljDORCGtQ/TLInp1DwIDl/AAAAAAAAAnQ/P2UWRP4tAb8/s800/IMG_9664.jpg (03-12-2010)
9. Gouvernail (colher de pau?) egípcio, Império Médio (cerca de 2000 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
10. Colher egípcia, Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
11. Cavalo de baloiço. Imagem retirada de <http://www.woodentoy.com/images/walhor.jpeg> (31-03-2011)
12. Paleta de pintura do escriba egípcio Paÿ, fim da 18ª Dinastia (1300 a. C.), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.

13. Candeeiros. Imagem retirada de http://24.media.tumblr.com/tumblr_l5y3u8pQRB1qb4f72o1_500.jpg (31-03-2011)
14. Lápis. Imagem retirada de <http://www.papelariapaula.com.br/fotos/lapis.jpg> (31-03-2011)
15. Cachimbo. Imagem retirada de http://www.faqs.org/photo-dict/photofiles/list/2196/4273tobacco_pipe.jpg (31-03-2011)
16. Barris. Imagem retirada de <http://tequilatalk.files.wordpress.com/2008/03/cuervobarrels.jpg> (03-12-2010)
17. Instrumento agrícola egípcio (Houe), Museu do Louvre. Fotografia de Rita Vieira.
18. Molduras. Imagem retirada de <http://whatwedoissecreet.org/madebyblog/wp-content/uploads/2008/12/frame0.jpg> (03-12-2010)

Página 56

1. Banco, Alvar Aalto. Imagem retirada de <http://img356.imageshack.us/img356/4862/stool33fc1.jpg>.
2. Banco, Alvar Aalto. Imagem retirada de http://cavin2009.com/wp-content/uploads/2009/07/28-g_aalto-furniture.JPG
3. Cadeira, Alvar Aalto. Imagem retirada de http://www.vam.ac.uk/vastatic/microsites/1331_modernism/files/67/33_aalto_chair.jpg
4. Pavilhão multiusos de Mannheim. Imagem retirada de <http://whatwow.org/wp-content/uploads/2010/12/1372074-600x450.jpg>
5. Pavilhão multiusos de Mannheim em construção. Imagem retirada de http://2.bp.blogspot.com/_OquNEjMZUiY/SXd_QwotUJI/AAAAAAAAAHo/KZwsot91hNM/s320/image3.jpg

Página 64

1. Madeira maciça. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.
2. Madeira maciça. Imagem retirada de http://media.tumblr.com/tumblr_lfuhc3CUIVP1qfzknv.jpg.
3. Madeira maciça. Imagem retirada de <http://www.ikdkitchens.com/sitebuildercontent/sitebuilderpictures/SolidWoodWorktopJoint.jpg>.
4. Madeira maciça. Imagem retirada de http://www.dynea.com/files/dynea/solutions/solutions_finger-jointing.jpg.
5. Madeira maciça. Imagem retirada de <http://2.imimg.com/data2/PL/SB/MY-3306506/finger-joint-wood-products-250x250.jpg>.

Página 66

1. Madeira lamelada colada. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.
2. Madeira lamelada colada. Imagem retirada de http://img.alibaba.com/photo/114514963/GLULAM_BEAMS.jpg.
3. Madeira lamelada colada. Imagem retirada de <http://img.alibaba.com/photo/103685506/glulam.jpg>.
4. Madeira lamelada colada. Imagem retirada de <http://images.fordaq.com/p-800000-797928-D3/Glulam--->

straight-beams--PFEIFER.JPG.

5. Madeira lamelada colada. Imagem retirada de http://d2gzmlqnfjqmm.cloudfront.net/data/product/content/agg/boisecascadelc/Boise-Cascade-LLC/Boise08/FC9988B25A8BA39280DEE707533B1B42_boise_glulam.detail.png.

Página 68

1. OSB. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.
2. OSB. Imagem retirada de <http://www.iverica.hr/web/img/osb11.jpg>.
3. OSB. Imagem retirada de http://cms.esi.info/Media/productImages/SmartPly_Europe_SmartPly_OSB_boards_1.jpg.
4. OSB. Imagem retirada de http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/OSB_production.jpg.
5. OSB. Imagem retirada de <http://www.usodzain.com/ampliados/lixreiraOSB.jpg>.
6. OSB. Imagem retirada de http://img.alibaba.com/photo/106053390/SELL_OSB_3_OSB_4_SUPER_FINISH_timber.jpg.

Página 70

1. LVL. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.
2. LVL. Imagem retirada de http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/47/Laminated_Veneer_Lumber.png/497px-Laminated_Veneer_Lumber.png.
3. LVL. Imagem retirada de <http://www.trulinetruuss.com/assets/images/LVL.jpg>.
4. LVL. Imagem retirada de <http://www.trada.co.uk/images/topics/engineeredwood/lvl.jpg>.
5. LVL. Imagem retirada de http://www.goforwood.info/image.php/2010-08-02_1,P20lvl.jpg,qwidth=450,aimage=,_uploads,_2010-08-02_1,P20lvl.jpg.pagespeed.ce.qH3oM5LwBM.jpg.
6. LVL. Imagem retirada de http://buildipedia.com/media/k2/items/cache/f7f8c4727a011019fe43a7eaa92bf9a5_XL.jpg.

Página 72

1. LSL. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.
2. LSL. Imagem retirada de http://www.finehomebuilding.com/CMS/uploadedImages/Images/Homebuilding/Departments/021188wd102-03_med.jpg.
3. LSL. Imagem retirada de http://www.lpcorp.com/uk/images/structure/global/lsl_side.jpg.
4. LSL. Imagem retirada de <http://www.dataholz.com/Public/Baustoffe/Abbildungen/ls1.jpg>.
5. LSL. Imagem retirada de <http://images.pennnet.com/fe/misc/20080527havel1.jpg>.

Página 74

1. Painéis de três e cinco camadas. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.

2. Painéis de três e cinco camadas. Imagem retirada de http://www.holz-pfeifer.com/uploads/pics/nhp_02.jpg.
3. Painéis de três e cinco camadas. Imagem retirada de http://www.joinerystore.com/image/oak3ply_thumb.jpg.
4. Painéis de três e cinco camadas. Imagem retirada de <http://www.merillat.com/images/pic/door-styles-accessories/classic/deluxe-options/plywood-end-panel-large.jpg>.
5. Painéis de três e cinco camadas. Imagem retirada de http://i00.i.aliimg.com/photo/107918293/three_ply_shuttering_panel.jpg.

Página 76

1. LCB. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.
2. LCB. Imagem retirada de <http://dragonplywood.com/upload/products/2011629641.jpg>.
3. LCB. Imagem retirada de <http://images-en.busytrade.com/108323700/OSHA-Laminated-Scaffold-Plank.jpg>.
4. LCB. Imagem retirada de http://www.jnl.co.nz/Shared/ProductCategories/Headers/DSC_0265.jpg.
5. LCB. Imagem retirada de <http://static.traderscity.com/board/userpix29/23183-laminated-scaffold-board-1.jpg>.
6. LCB. Imagem retirada de <http://www.gunjaninterior.com/product/laminated-board/big/laminated-board-b-1.jpg>.
7. LCB. Imagem retirada de http://imgusr.tradekey.com/images/uploadedimages/offers/0/0/sell-softwood-scaffolding-plank-pine-lvl-wood-woods-xiamen-construction-material-co-ltd_B1811-20080717034500.jpg.

Página 78

1. PSL. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.
2. PSL. Imagem retirada de <http://www.hellopro.fr/images/produit-2/4/2/8/bois-reconstitues-les-psl-parallel-strand-lumber-206824.jpg>.
3. PSL. Imagem retirada de <http://images.musterkiste.de/1801-parallel-strand-lumber.jpg>.
4. PSL. Imagem retirada de <http://www.trada.co.uk/techinfo/library/view/3B8B8E98-9D09-43BD-9177-32B952B5C3CC/Timber+composites/PSL.jpg>.
5. PSL. Imagem retirada de <http://www.beverlys.co.jp/canadaplace/tokuchou/kouzou/kouzou-06.jpg>.
6. PSL. Imagem retirada de <http://www.woodaware.info/fireframe/images/dynamic/PSL.JPG>.
7. PSL. Imagem retirada de http://farm3.static.flickr.com/2631/4154984547_1f17213745.jpg.
8. PSL. Imagem retirada de <http://www.dnr.state.md.us/ed/lumber.jpg>.
9. PSL. Imagem retirada de http://photo.blogpressapp.com/photos/11/07/10/s_4115.jpg.

Página 80

1. Paineis de Fibras. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.
2. Paineis de Fibras. Imagem retirada de http://1.bp.blogspot.com/_1z8A03k6cbc/S75Ov_r54al/

AAAAAAAABwA/wtTAGVw58Fw/s400/mdf2.jpg.

3. Painel de Fibras. Imagem retirada de <http://media-1.web.britannica.com/eb-media/34/65334-004-180FFB45.jpg>.
4. Painel de Fibras. Imagem retirada de http://www.bikudo.com/photo_stock/514870.jpg.
5. Painel de Fibras. Imagem retirada de <http://2.imimg.com/data2/DV/AE/MY-2721089/medium-density-fibreboard-m-250x250.jpg>.

Página 82

1. FP. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.
2. FP. Imagem retirada de <http://carpintaria.etc.br/wp-content/uploads/2009/10/aglomerado-de-madeira2.jpg>.
3. FP. Imagem retirada de <http://moveisnoroeste.weebly.com/uploads/2/9/6/8/2968461/410697.jpg>.
4. FP. Imagem retirada de <http://eng.bucina-ddd.sk/obrazky/0/205.jpg>.
5. FP. Imagem retirada de <http://mademinternacional.com/imagenes/productos/aglomerado.jpg>.
6. FP. Imagem retirada de [http://images.fordaq.com/p-17850000-17845922-D0/Medium-Density-Fibreboard-\(MDF\)--2-25-mm.JPG](http://images.fordaq.com/p-17850000-17845922-D0/Medium-Density-Fibreboard-(MDF)--2-25-mm.JPG).
7. FP. Imagem retirada de http://glossario_design_de_interiores.blug.ig.com.br/imagens/aglomerado.jpg.
8. FP. Imagem retirada de http://pelanatureza.pt/imagens/empresas/galeria/04_nsl.embar_painel_aglomerado_part%C3%ADculas.jpg.

Página 84

1. Blockboard. Imagem retirada de HUGUES, Theodor, STEIGER, Ludwig, WEBER, Johann, *Detail Praxis: Timber Construction – details, products, case studies*, Birkhäuser, Edition Detail, Munich, Germany, 2004.
2. Blockboard. Imagem retirada de <http://www.bombayharbor.com/productImage/0040934001251101030/Blockboard.jpg>.
3. Blockboard. Imagem retirada de <http://www.linyiplywood.com/productpic/block4.jpg>.
4. Blockboard. Imagem retirada de <http://www.bombayharbor.com/productImage/0856382001275119053/Blockboard.jpg>.
5. Blockboard. Imagem retirada de http://www.jastimber.co.uk/images/pictures/sheet-materials/blockboard/blockboard_18mm_hardwood_faced.jpg.
6. Blockboard. Imagem retirada de http://www.dichengroup.com/product_editor/UploadFiles/200971617304387916.jpg.

Página 86

- 1 a 6. Timberfabric. Imagem retirada de “Timberfabric – Applying textile principles on a building scale” (2010), AD, Architecture Design – The New Structuralism, volume 80, nº4, Editora Wiley, Londres, 2010, Julho/Agosto, páginas 102 a 107.

Página 90

1. Madeira líquida. Imagem retirada de <http://s3.amazonaws.com/files.posterous.com/temp-2010-07-19/>

imDokbgFvBaiyckqnHAAAtanjICgitathcigChqzjyexliEoxdFcrsyJtubkH/arboform-liquid-wood-plastic-lignin-technaro-germany-wythtech5.jpg?AWSAccessKeyId=AKIAJFZAE65UYRT34AOQ&Expires=1311348743&Signature=L7OpslxzJ1Evsbbt0roxUqRKG5A%3D.

2. Madeira líquida. Imagem retirada de http://3.bp.blogspot.com/_rjhAqb2xkZo/TE9IMDxphpl/AAAAAAAAABG4/V408iqGWKpU/s1600/liquid-wood-injection-mold.jpg.
3. Madeira líquida. Imagem retirada de http://4.bp.blogspot.com/_rjhAqb2xkZo/TE9ILhY8Ftl/AAAAAAAAABGw/0KZKVooV0rQ/s1600/liquid-wood-product-designs.jpg.
4. Madeira líquida. Imagem retirada de <http://cdn.gs.uproxx.com/wp-content/uploads/2010/07/arboform.jpg>.

Página 94

1. Igreja Sogn Benedetg. Imagem retirada de http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Saint_Benedict_Chapel.jpg3.jpg.
- 2 a 5. Igreja Sogn Benedetg. Fotografia de Hélène Binet (retirada de ZUMTHOR, Peter, *Peter Zumthor Works – Buildings and Projects 1979-1997*, Lars Müller Publishers, Baden, Suíça, 1998).
6. Igreja Sogn Benedetg. Imagem retirada de http://eaesthete.files.wordpress.com/2009/04/redpeter_zumthor_pi_prize_main.jpg?w=350&h=293.
7. Igreja Sogn Benedetg. Imagem retirada de http://farm4.static.flickr.com/3626/3378602331_b1de445074_z.jpg.
8. Igreja Sogn Benedetg. Fotografia de Hélène Binet (retirada de ZUMTHOR, Peter, *Peter Zumthor Works – Buildings and Projects 1979-1997*, Lars Müller Publishers, Baden, Suíça, 1998).
9. Igreja Sogn Benedetg. Imagem retirada de http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/Saint_Benedict_Chapel.jpg.
10. Igreja Sogn Benedetg. Imagem retirada de Fotografia de Hélène Binet (retirada de ZUMTHOR, Peter, *Peter Zumthor Works – Buildings and Projects 1979-1997*, Lars Müller Publishers, Baden, Suíça, 1998).
11. Igreja Sogn Benedetg. Imagem retirada de http://farm4.static.flickr.com/3469/3378612581_984fe388d3_z.jpg.

Página 98

- 1 a 7. Casa de Hóspedes em Sintra. Fotografias de António Madureira.

Página 100

1. Siem Reap; casas sobre o rio. Fotografia de Rita Vieira.
2. Siem Reap; casa. Fotografia de Rita Vieira.
3. Vista sobre o Lago Tonle Sap. Fotografia de Rita Vieira.
4. Complexo de Angkor Wat; monge em templo. Fotografia de Rita Vieira.
- 5 e 6. Complexo de Angkor Wat; pormenor. Fotografia de Rita Vieira.
7. Siem Reap; estrada em construção. Fotografia de Rita Vieira.

Página 102

- 1 e 2. Fotografias de satélite sobre a região de Tonle Sap. Imagem retirada de <http://roteirodamoda.com/>

pati/modamundi/mapa.jpg.

Páginas 106, 108, 109 E 110

Imagens, fotografias e desenhos de Rita Vieira.

Páginas 130 a 161

Imagens retiradas de <http://www.archdaily.com>.

Páginas 162 a 169

Imagens retiradas de MOLA, Francesc Zamora, *Wood Houses*, FKG Loft Publications, Barcelona, Espanha, 2009

Páginas 173 a 176

Fotografias e desenhos retirados de ZUMTHOR, Peter, *Peter Zumthor Works – Buildings and Projects 1979-1997*, Lars Müller Publishers, Baden, Suíça, 1998 e de STOCK, Wolfgang Jean, *Europäischer Kirchenbau 1950-2000 European Church Architecture*, Prestel, München, Alemanha, 2003

Páginas 177 a 183

Desenhos e fotografias de António Madureira.

Páginas 184 a 191

Imagens. fotografias e desenhos de Rita Vieira.

