



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

O Sistema Construtivo Modular em Madeira como Contributo à Arquitetura Sustentável

Angélique Caseiro

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

Orientador: Prof. Doutor Luis António Pereira de Oliveira

Covilhã, Junho de 2013

Agradecimentos

Mesmo que as palavras são sempre poucas, queria agradecer, do fundo do meu coração, o meu orientador, o professor Luís António Pereira de Oliveira, pelo seu conhecimento, pelo seu tempo, pela sua ajuda e dedicação, que sem essa ajuda, a finalização desta dissertação não seria possível. Os meus profundos agradecimentos e gratidão por tudo.

Aos meus queridos pais, queria agradecer-lhes pela sua paciência e ajuda, por me ter dado a oportunidade de possuir uma formação académica, que sem isso, isto tudo não seria possível.

A minha família toda, que se encontra no estrangeiro, que mesma a distância, dedicaram-me tempo e apoiaram-me sempre em tudo.

Aos meus queridos amigos e colegas da Universidade, pela troca de ideias e ajuda quando era preciso, e pelas suas amizades sinceras.

E ao meu namorado, pela sua paciência e amor.

Resumo

Dos materiais de construção disponíveis, a madeira é o único que se pode atribuir como um recurso renovável pela natureza. Além disso, a transformação da madeira natural permite a sua utilização para os mais diversos contextos, tornando esse material 100% reciclável. Com este potencial, a arquitetura sustentável tem na criatividade da conceição de um espaço habitável todos os argumentos contemporâneos da tecnologia construtiva a explorar: a modularidade, a flexibilidade e a racionalidade.

Esta dissertação tem como objetivo explorar esses aspetos primeiramente através do levantamento de um repertório de técnicas, da sua organização em termos de viabilidade, da elaboração de teoria modular. Neste estudo pretende-se evidenciar, com ferramentas próprias, os aspetos relativos à sustentabilidade do sistema construtivo estudado. A parte do fato da madeira ser o único material de construção dito renovável, em alguns países, a madeira é hoje em dia um material muito utilizado e muito comum. A sua disponibilidade tanto na forma de madeira natural ou transformada industrialmente juntamente com as suas características físicas e mecânicas são aspetos relevantes para a minha escolha como objeto de dissertação, que aqui se descreve.

Neste sentido pretende-se desenvolver, ainda que academicamente, e forma de um anteprojeto as linhas de um sistema construtivo em madeira como proposta alternativa à construção de habitações. Esta proposta terá como base à teoria da coordenação modular, os critérios de flexibilidade, racionalidade e outros relativos aos conceitos de sustentabilidade.

Palavras-chave

Coordenação modular, sustentabilidade, madeira, módulo, arquitetura

Abstract

Among all available building materials, wood is the only one that can affect a renewable resource for nature. Moreover, the processing of natural wood allows its use through different contexts, which makes it 100% recyclable. With this potential, sustainable architecture has the creativity of a living area design and all the arguments of contemporary construction technology to explore: modularity, flexibility and rationality.

This thesis aims to explore these aspects primarily By doing a repertoire of techniques, their organization in terms of feasibility, and the elaboration of the modular theory. This study aims to demonstrate the sustainability aspects of the building system studied. Part of the fact that wood is the only renewable building material, in some countries, wood is a material widely and commonly used nowadays. Its availability both in the form of natural wood or industrially processed and its physical and mechanical aspects are relevant to the subject of my topic of my thesis, as described here.

In this sense, with the intention to develop the topic in more depth, and as a preliminary outline, a wood construction system would be proposed as an alternative to residential construction. This proposal is based on the theory of modular coordination, flexibility criteria, rationality and other related sustainability concepts.

Keywords

Modular coordination, sustainability, wood, module, architecture

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Índice	xi
Listas de figuras	xiii
Listas de tabelas	xv
Capítulo I - Introdução.	1
1.1. Introdução.	1
1.2. Objetivos da dissertação.	2
1.3. Estrutura da dissertação.	2
Capítulo II - A madeira.	5
2.1. Introdução.	5
2.2. Estrutura da madeira.	5
2.3. Madeira verde/seca	6
2.4. Secagem da madeira	7
2.5. Classificação das espécies	8
2.6. Madeira modificada para a construção	9
2.7. Esquadrias das madeiras	10
2.8. Condições necessárias das boas madeiras	12
2.9. Madeira na construção	14
2.10. Madeira e construção sustentável	18
2.11. Reflorestamento	19
2.12. Madeiras empregadas em Portugal	20
Capítulo III - A sustentabilidade do sistema construtivo em madeira.	25
3.1. Introdução.	25
3.2. A procura da sustentabilidade	25
3.3. Desenvolvimento sustentável	26
3.4. Conceito de sustentabilidade	27
3.4.1 Economia, sociedade e ambiente	27
3.5. Sustentabilidade na Arquitetura	28
3.6. Conceito de construção sustentável	29
3.7. Fatores à considerar para uma construção sustentável	30

3.8. Projetos sustentáveis	32
3.8.1. Fincube House	33
3.8.2. Treehouse	36
Capitulo IV - Sistemas construtivos modulares em madeira.	41
4.1. Introdução.	41
4.2. Definições da coordenação modular	41
4.3. Coordenação modular noutros materiais	42
4.4. Vantagens da coordenação modular	43
4.5. O módulo	44
4.6. Características de um componente ou um conjunto modular	45
4.7. Breve histórico	45
4.7.1. Os gregos	46
4.7.2. Os japoneses	47
4.7.3. Os romanos	48
4.8. Do módulo à coordenação modular	49
4.9. Século XX	51
4.10. O módulo no mundo	53
4.11. Objetivo da coordenação modular	55
4.12. Componentes modulares	55
4.12.1. Sistema de referência	56
4.12.2. Reticulado modular espacial de referência	56
4.12.3. Quadriculado modular de referencia ou malha modular	57
4.12.4. Sistema modular de medidas	58
4.13. Multimódulos	58
4.14. Submódulos	58
Capitulo V - Projeto modular em madeira.	61
5.1. Introdução.	61
5.2. Residência Hélio Olga	61
Capitulo VI - Anteprojeto.	73
6.1. Introdução.	73
6.2. Ante projeto.	73
Conclusões	81
Referências Bibliográficas	82

Lista de Figuras

- Figura 2.1:** Estrutura interna de um tronco.
- Figura 2.2:** Processo de secagem natural e artificial
- Figura 2.3:** Desdobro normal e radial.
- Figura 2.4:** Cortes possíveis no tronco.
- Figura 2.5:** A, B - Barrotes ; C - Tirantes ; D - Tirantinhos.
- Figura 2.6:** A, B, C - Caibros ; D - Caibrinhos
- Figura 2.7:** A - Sarrafos ; B - Ripas.
- Figura 2.8:** A - Tafifes ; B - Pranchoes.
- Figura 2.9:** Tábuas.
- Figura 2.10:** A - Guias ; B - Tábuas de junta seca.
- Figura 2.11:** A - Abas ; B - Rodapé.
- Figura 2.12:** Ciclo CO₂
- Figura 2.13:** Esquerda - Pinheiro ; Direita - Bétula ,na Finlândia.
- Figura 3.1:** Fatores da sustentabilidade.
- Figura 3.2:** Perspectiva.
- Figura 3.3:** Estrutura
- Figura 3.4:** Interior.
- Figura 3.5:** Planta e 3D.
- Figura 3.6:** Plantas possíveis.
- Figura 3.7:** Plantas T0, T1, T2 e T3 possíveis.
- Figura 3.8:** Plantas T4 possíveis.
- Figura 3.9:** Casas possíveis.
- Figura 3.10:** Casas possíveis II.
- Figura 4.1:** Relação entre elementos construtivos típicos da arquitetura grega - alçado e planta.
- Figura 4.2:** Residência típica japonesa.
- Figura 4.3:** Esquerda - Traçado regular da cidade Hipodâmica de Mileto, séc. V a.C. Direita - Valbone, esquema regular sem muralhas.
- Figura 4.4:** Palácio de cristal.
- Figura 4.5:** O Modulor (Le Modulor).
- Figura 4.6:** Sistema de referência.
- Figura 4.7:** Reticulado modular espacial de referência.
- Figura 4.8:** Quadriculados modulares de referência (M, 3M e 24M)
- Figura 4.9:** Medida modular, medida nominal, junta modular e ajuste modular.

Figura 5.1: Utilização e repetição do módulo.

Figura 5.2: Estrutura das vigas pilares.

Figura 5.3: Contraventamento vertical aplicado na fachada.

Figura 5.4: Contraventamento horizontal fixado ao nó estrutural abaixo do piso

Figura 5.5: Vigas secundárias.

Figura 5.6: Detalhe estrutural.

Figura 5.7: Detalhe estrutural II.

Figura 5.8: Planta 00.

Figura 5.9: Planta -3,30.

Figura 5.10: Planta -6,60 e -9,90.

Figura 5.11: Corte A-A'.

Figura 5.12: Perspectivas da Residência.

Figura 6.1: Utilização do módulo 1m x 1m.

Figura 6.2: Encaixes feitos com ajuda de conectores metálicos.

Figura 6.3: Encaixes madeira a madeira

Figura 6.4: Encaixes das diferentes vigas com os pilhars.

Figura 6.5: Estrutura base do anteprojeto.

Figura 6.6: Encaixe de viga e pilhar.

Figura 6.7: Exemplo de um puzzle

Figura 6.8: Exemplo do mecanismo sobre trilho

Figura 6.9: Mecanismo nas paredes interiores.

Figura 6.10: Planta oficial com módulo de 1m x1m.

Figura 6.11: Plantas possíveis

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Durabilidade das espécies.

Tabela 4.1: Componentes modulares.

Tabela 4.2: Medidas modulares romanas.

Tabela 4.3: Módulo adotado em vários países.

Capítulo I - Introdução

1.1. Introdução

Com o passar dos tempos, podemos ver que houve grandes alterações no mundo em vários setores, mas o mais flagrante é o meio ambiente. Este setor veio a se degradar cada vez mais a passar os anos. Essa degradação vai aumentar cada vez mais se não houver alguém ou um domínio essas questões do ambiente se põem em causa.

Essa "deterioração" do meio ambiente é devido a muitos fatores, onde o principal agente foi a revolução industrial a partir do séc. XIX. Essa revolução levou a grandes mudanças tecnológicas com um profundo impacto a nível económico, social e ambiental. Esta mudança levou a um aumento súbito da população, e engrenou a poluição devido a utilização de mais fábricas e mais automóveis. Mas o setor que até hoje, causa mais estragos é o setor da construção civil, pois é o agente principal que causa inúmeros impactos a natureza devido ao consumo excessivo de energia.

O grande culpado é o homem. Ele quer sempre cada vez mais, e mais responder as suas necessidades é capaz de não se preocupar com o ambiente que o rodeio.

A nível da arquitetura, o arquiteto deve pensar no problema na natureza e pensar como responder as necessidades do homem sem causar impactos graves ou quase nenhuma, a natureza, o que leva a questão da sustentabilidade. A responder a um projeto sustentável vai se preocupar com essas questões, e ao mesmo tempo causar um menor impacto ambiental e conseguir um maior ganho a nível social. Neste setor, o arquiteto deve pensar em tudo, dos primeiros esquiços feitos a mão, até a sua demolição. Repensar na questão do meio ambiente é fundamental para um arquiteto para contribuir a um mundo mais sustentável. Para oferecer um ambiente ainda mais saudável, o material que vamos abordar é a madeira, porque apresenta melhor características para uma construção sustentável e uma das melhores vantagens é de ser uma recurso natural e de boas condições.

Para conseguir a maior sustentabilidade possível numa edificação, muitas indústrias utiliza a coordenação modular para poder ter uma ordenação perfeita do espaço e evitando deste modo, os desperdícios. A coordenação modular é empregado em todo o Mundo, com um módulo, submódulo ou multimódulo pré-definido em cada país. O emprego deste método, possui grandes vantagens, como a nível económico que reduz os custos em diversas etapas do processo construtivo.

O emprego da coordenação modular em relação a sustentabilidade consegue uma excelente utilidade nos materiais construtivos, e assim, um desenvolvimento do consumo de energia, de matéria-prima, de produção e de custos.

1.2. Objectivos da dissertação

A abordar este tema, é preciso conhecer um pouco ou que foi estudado até agora sobre a sustentabilidade e a arquitetura e sobretudo qual é o impacto que pode ter a arquitetura sobre o meio ambiente que nos rodeia.

A este fim, os objetivos desta dissertação são as evoluções que possui a madeira para conseguir uma construção sustentável, as vantagens que pode constituir uma construção sustentável e se pode contribuir para a natureza, o emprego da coordenação modular em todo o ciclo da vida de uma construção, dos materiais e das ligações que vão ter entre si.

Em síntese, com esses temas todos abordados, vai se aplicar a metodologia estudada num caso de estudo, de uma construção sustentável, para poder assim demonstrar que o material a madeira numa construção, com ajuda da coordenação sustentável contribui a uma arquitetura sustentável.

1.3. Estrutura da dissertação

Para melhor compreender o tema global desta dissertação, apresenta-se a estrutura com a descrição dos capítulos:

Capítulo 1: É explicado o objectivo da dissertação e ao enquadramento da dissertação e explicar a motivação que levou a escolher esse tema

Capítulo 2: Neste capítulo refere-se ao material a madeira, as suas vantagens e modificação do produto e como chega do estado natural ao estado de um material para uma construção. É explicado quais são as diferentes fases que a “árvore” passa para chegar ao estado final de “tábua”, “pilar” ou “viga”.

Capítulo 3: É abordado o tema da sustentabilidade, das diferentes definições e explicações que forem feitas até hoje, e é explicado também como é que o material a madeira é um produto sustentável no setor da construção civil. É dado dois exemplos de casas com o conceito a sustentabilidade.

Capítulo 4: É explicado neste capítulo, a utilização da coordenação modular numa construção e a sua evolução, o emprego do módulo no mundo em diferentes países e época, e como se evolui ao longo dos tempos essa maneira de projetar com a ajuda do módulo.

Capítulo 5: Por final, neste capítulo vai se fazer uma proposta de uma edificação habitacional que reúne todos os capítulos que foram abordados. A casa vai abordar os seguintes aspetos: ser uma casa sustentável, vai ser feita do início até ao fim com o material a madeira e feito através de um módulo.

Capítulo II - A madeira

2.1. Introdução

O material a madeira, utilizada como estrutura para afim de uma construção aumentou nas últimas décadas, aumentando assim ao mesmo tempo as construções em madeira, principalmente casa unifamiliares, como também aumentou a industrialização tal como a o nível social, económico e funcional.

Neste capítulo, é apresentado como a madeira chega da floresta até a construção, das diferentes etapas que se faz na modificação deste material. Vamos ver também, que este material é o mais sustentável, e que ao utiliza-lo contribui para obter um meio ambiente mais saudável.

2.2. Estrutura da madeira

O crescimento das árvores depende da espécie, do clima, da natureza do solo e da sua exposição. Este material possui características muitas diferentes dos outros materiais, essa diferencia está na sua estrutura fibrosa heterogénea e anisotrópica (qualidade de certos materiais cujas propriedades são diferentes consoantes as direções).O processo de transformação da madeira procura alterar as características tornando esse material mais homogéneo. A anisotrópica determina o tipo de madeira consoante as direções estão viradas, neste caso existe 3 direções, que é, transversal, tangencial e radial.

Podemos dividir a madeira em 2 grupos distintos, o grupo dos endógenas, onde a espécie que o desenvolvimento do caule (tronco) se dá de dentro para fora como as palmeiras e bambus e é pouco aproveitada como material de construção. O segundo grupo que é o grupo dos exógenas, onde a espécie em que o crescimento do caule se dá de fora para dentro, com adição de novas camadas em forma de anel, chamados anéis anuais de crescimento. Estas espécies classificam-se em ginóspervas e angiospervas. A ginósperva é onde tem o lenho mais mole e a angiosperma onde possui árvores frondosas. Para poder utilizar a madeira como material de construção, tanto como estrutura como de revestimento, é preciso ter um conhecimento da parte interna da madeira, para poder saber qual vai ser a

madeira utilizada em determinado lugar. Este conhecimento vai trazer durabilidade e segurança a construção. (MELO 1999)

A árvore é composta de diferentes partes, temos a raiz, a caule e a copa, o lenho é o que nos interessa como material de construção.

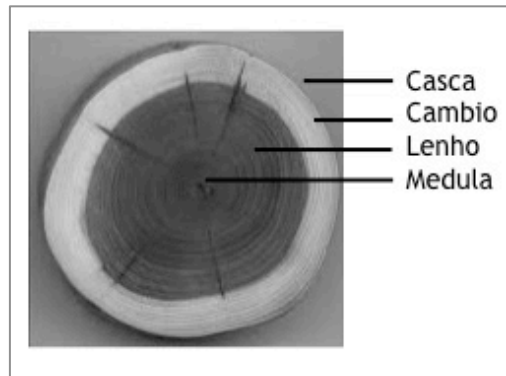


Figura 2.1: Estrutura interna de um tronco. Fonte : <http://pt.wikipedia.org/>

2.3. Madeira verde/seca

Os defeitos da madeira são difíceis de verificar enquanto que a árvore ainda está viva, mesmo depois de abater a árvore. O conhecimento dos defeitos das madeiras é muito importante em relação a resistência, a durabilidade e mesmo aos aspetos das construções. Alguns defeitos que possuíam as madeiras, provem de doenças e vícios da árvore de alterações feita após o corte, outros surgem depois da sua utilização na construção. A madeira que provem de árvores recém-abatidas é denominada de verde e não se recomenda para a construção porque esta sujeita a deteriorar-se facilmente e a sofrer deformações. Para que possa ser usada convenientemente deve estar seca. As madeiras podem-se dividir em três grupos. As duras, médias e brandas. As madeiras duras distinguem-se geralmente pela sua dureza, cor carregada e o seu peso. As mais usadas são o carvalho, o pinho, o eucalipto e o louro, são empregadas em obras expostas a ação das intempéries como pontes, estacadas, dormentes e nas construções civis para confecção de esquadrias externas, portas e janelas. As madeiras médias mais utilizadas são o pinho e o cedro, são aplicadas em obras protegidas ou de caráter provisório, são de fáceis obtenção e o seu preço relativamente baixo faz com que a sua utilização vira-se mais no vigamento de pisos e telhados, nos forros. (PLACE 2003).

2.4. Secagem da madeira

A secagem da madeira pode ser feita por meios artificiais ou natural. A secagem natural é o processo de secagem natural que consiste em conservar a madeira empilhada em ambientes bem ventilados e livres de ação do calor. Para isso coloca-se a madeira em camadas sobrepostas, que se cruzam, sendo afastada umas para as outras. De vez em quando a madeira é virada a fim de evitar que fermente nos pontos onde se tocam. O chão deve ser seco. Deve permanecer assim durante um a dois anos, conforme seja branda ou dura. A secagem pode ser feita também ao ar livre, empilhando convenientemente os troncos, onde neste caso conserva-se a casca. É preferível, o armazenamento, descascando-se a árvore logo depois de abatida, o que reduz o tempo de secagem como também evita os insetos se abrigar na casca e atacam a parte do lenho. Este modo de procedimento apresenta o inconveniente de ser mais ou menos morosa, o que depende da qualidade e das dimensões da madeira. A secagem artificial é o processo em que consiste em colocar a madeira em estufas onde é submetidas a ação do ar quente, a uma temperatura de 30 a 50°, conforme as dimensões. A seiva se solidifica tornando mais apertadas as fibras e aumentando assim a resistência. A madeira, depois este tratamento é depositada em armazéns, por algum tempo, a fim de adquirir certo grau de humidade. A saída de água durante à secagem vai aumentar a compactidade do tronco o que vai transformar a madeira com maior resistência na rigidez. A secagem feita em momentos oportunos provoca menos rachaduras e fendas. (MELO 1999).



Figura 2.2: Processo de secagem natural e artificial Fonte: <http://carpintaria.etc.br>

2.5. Classificação das espécies

A durabilidade do material lenhoso é uma propriedade própria e de uma variação interespecífica, onde a idade e origem do lenho estão ligados. Em relação à variação interespecífica classifica-se as madeiras em : resistentes e muito resistentes ; moderadamente resistentes e pouco resistentes ou não resistentes. Das madeiras que contém a lista das espécies cultivadas e que podem ser produzidas em Portugal, são :

RESISTENTES	MODERADAMENTE RESISTENTES	POUCO RESISTENTES
Zimbro Sequoia Tuia Libo cedro Oliveira	Carvalho Castanho Azinho Pseudotsuga Acácia austrália Plátano Freixo Criptoméria Cipreste Comecipar Eucalipto de cerne rosa e negro Nogueira	Choupo Vidoeira Sicómoro Pinho Eucalipto Cerejeira Espruce

Tabela 2.1: Durabilidade das espécies. Fonte: SANTOS (1986)

Procede-se a um critério de avaliação médio, ou seja, considerado em termo de resistência a agentes vegetais de biodegradação ou animais, principalmente a um grupo dos seguintes agentes, de alta suscetibilidade bio degradador.

2.5. Madeira modificada para a construção

O comportamento tecnológico das madeiras, com objetivo prático e objetividade, deve referir uma certa ordem cronológico de processo de transformação. A seguinte ordem é conversão e/ou transformação, a preparação, os defeitos da madeira, a durabilidade, a laboração, as ligações e por final o acabamento superficial.

Utilizada nas fundações, na estrutura, material auxiliar, nos acabamentos, galerias, estradas de ferro etc. Depois do aço é o material mais utilizado como material de construção. A madeira pode ser tratada, cortada ou deixar ao seu estado natural para a sua utilização em diversas etapas construtivas. A madeira tem características próprias e natural que se pode alterar com a tecnologia moderna ou por ação do homem. Com a utilização de tecnologia moderna usada, a madeira possui novas características e qualidades que melhora a madeira para a utilização na construção, o que torna-o com menos inconvenientes e logo é mais utilizado.

Este material de estrutura possui 4 tipos de madeira na construção: madeira serrada, laminada colada, compensada e recomposta. A madeira laminada possui um corte da madeira em forma de tábuas coladas com colas especiais, diminuindo a ocorrência de defeitos. Com um corte mais fino, ou seja, chamado de lâmina, podem ser coladas ortogonalmente e são assim chamados de madeira compensada ou contraplacados. A madeira destruída em forma de resíduos provem de madeira cortada ou serrada onde é depois reconstituída com resinas ou cola sob pressão, a isto chama-se de madeira aglomerados.

O corte deve ser feito antes que comece a decrepitude (envelhecimento) da árvore. Sob o ponto de vista económico convém abatê-la quando o seu crescimento anual é tão pequeno que não compensa mais a imobilização do capital correspondente ao seu valor.

A produção da madeira como material de construção iniciasse no corte da árvore. Existe várias etapas num corte de uma árvore, passa pela torragem, afinamento, desdobro e por final o beneficiamento. A torragem é o processo de desgalhamento e corte em tamanhos de 5 a 6 metros, uma vez que facilita o transporte, são afinadas e descascadas depois. O afinamento é o corte de costaneiras com secção aproximadamente quadrada, o que impede a queda no transporte e economia dos espaços entre os troncos. O desdobro é a etapa final da transformação em material de construção, possui duas maneiras, o normal (Figura 2.3) - são peças inteiras de lado à lado do tronco, e o desdobro radial (Figura 2.3) - corta o tronco na direção do seu diâmetro e evita a medula.

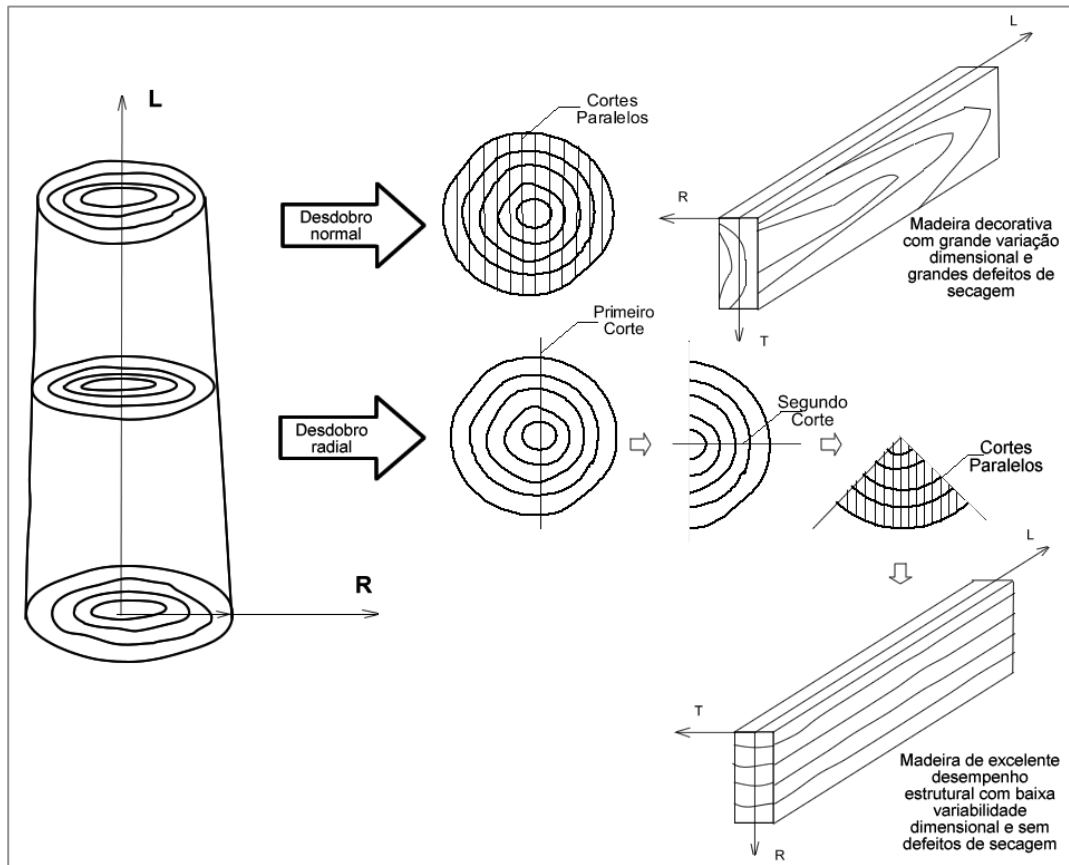


Figura 2.3. - Desdobro normal e radial. Fonte: OLIVEIRA (2010)

2.6. Esquadrias das madeiras

Chama-se esquadrias de madeira a utilização da madeira nas portas, venezianas, janelas mas também nas armações dos telhados, escadas, assoalho, forros e corrimãos.

A árvore, depois de derrubada, é desgalhada e o tronco é descascado, depois é serrado no comprimento mais vantajoso e por fim afinado. Essa última etapa consiste em esquadria-lo, dando-lhe seção quadrada ou retangular, e é feita com o auxílio do machado, cortando-se no sentido do comprimento do tronco os segmentos 'a' como demonstra a figura 2.4, denominados de costaneiras. Depois do afinamento, o tronco adquire a seção quadrada ou retangular 'A' (figura 2.4), a que se dá o nome de viga. Utiliza-se também a serra, o que permite reutilizar ainda as costaneiras, tudo dependendo das dimensões do tronco de origem. Depois de ser afinado, a madeira, é transportada até os engenhos de serrar, movidos a água, vapor ou energia elétrica, onde se realiza o seu desdobramento em vigas e tábuas. (Figura. 2.5 b, c).

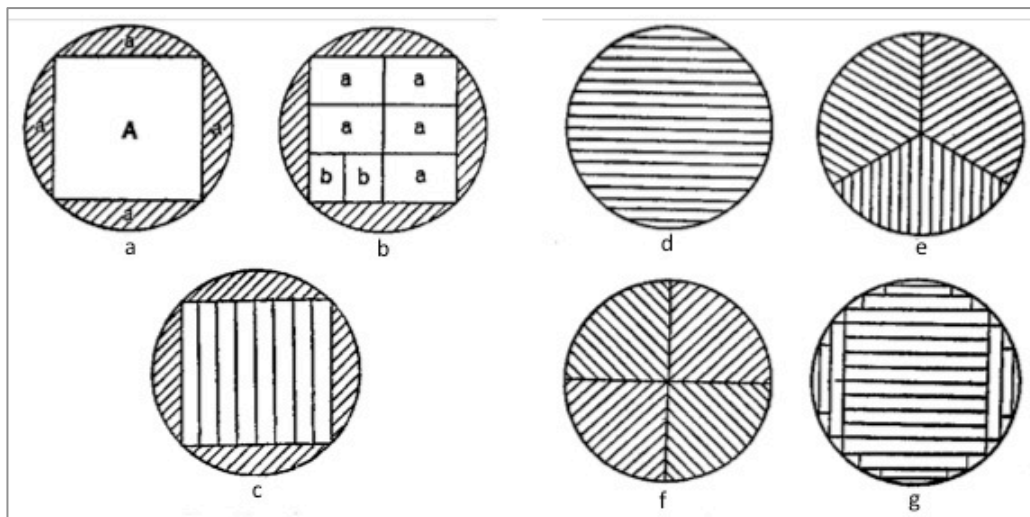


Figura 2.4 - Cortes possíveis no tronco. Fonte : SANTOS (1986)

Essa operação também pode ser feita através dos métodos indicados na figura 2.4, a, b, c ou d. O método 'a' não solicite enquadramento. As peças conseguidas são de largura diferentes. Os métodos 'b' e 'c' são bons, o corte se faz no sentido dos raios medulares, o que reduz ao mínimo a contração da madeira depois de serrada, mas este método o inconveniente é que são obtidas peças de diferentes larguras. O método 'd' é aplicado aos troncos grossos e permite o aproveitamento parcial das costaneiras.

A serragem também pode ser manual, porém está quase totalmente abandonada hoje em dias, devido a sua lentidão e também, por ser antieconômica e não tão perfeita como o método mecânica. Esta operação é feita no local onde foi derrubada a árvore. O seu uso está limitado ao enquadramento do tronco, operação que é feita no local em que foi derrubada à árvore. Nos países onde existem uma certa escassez deste recurso, esse trabalho preparatório também se pode executar por meios mecânicos. Dependentemente ao fim a que se destina a peça, necessita ser beneficiada onde é feito no próprio local ou então em estabelecimentos situados em local onde são comerciadas. Esse sistema, muito usado, evita os estragos feito no transporte. As operações de beneficiamento consistem na serragem, aplainamento, abertura de entalhes e molduragem duas peças. A serragem é feita com o fim de dar novos desdobramentos, e subdividir a madeira em peças de menores dimensões como caibro, guias, ripas, e outras.

Para isso, usam-se as serras oscilantes, de fita ou circulares. As mais utilizadas são de fitas. As serras circulares e as oscilantes são próprias para os engenhos onde se opera a elaboração da madeira mais grossa.

2.7. Condições necessárias das boas madeiras

As peças de madeira, utilizada na construção, devem apresentar certas qualidades, como de estar seca, de ser retas, de ser isentas de nós, não ter partes escuras que denunciem princípio de fermentação, de não ter as extremidades rachadas e .sem qualquer deformação por parte da secagem.

São consideradas, as madeiras que possuem nós e outros defeitos, de primeira e a que possui nós ou extremidades rachadas, são consideradas de segunda ou terceira, dependentemente da dimensão dessas imperfeições. A madeira que possui manchas, nós, ou cáries é julgada de resto, ao contrário de um comércio, que criou padrões intermediários, classificando-a como segunda e terceira boa. É preciso que se adote uma classificação simples e clara, que não admita dúvidas, fixando as qualidades em diversas categorias julgadas de primeira, segunda e terceira. Essa classificação deve ser precisa, de modo que se possa estabelecer com precisão a categoria a que pertence qualquer peça de madeira.

No Brasil, segundo a Secretária de Agricultura, Industria e Comércio do Rio grande do Sul, pelo decreto n°. 5714 de 27 de maio de 1940, baixou normas para estabelecer essas classificações, estabelecendo três tipos-padrões, com as designações respetivamente de primeira, segunda e terceira. Este termo de classificação é semelhante as normas do nosso país.

A madeira correspondente ao tipo « Primeira » deve ter as seguintes características : ser de cor natural, limpa em ambas as faces, seca , abaulamento, sem nós corretamente serrada e de bitola exata, tendo as arestas ou quinas em esquadria , isenta de defeitos, sem furos de larvas, sem presença de manchas, por causa de fungos, como também por agentes químicos, físicos ou de outra natureza, rachaduras, fibras, arqueadura, revessas, apodrecimentos, serragem irregular. Serão apenas tolerados na madeira deste tipo padrões com manchas isoladas, levemente azuladas e superficiais, provenientes de secagem em tempo húmido, Abaulamento que não ultrapasse 1cm de flecha, fendas retas em um ou ambos os topos, não excedendo de 15cm em cada topo, arqueadura que não exceda 2cm de flecha e fibras revessas e levíssimo fendilhado longitudinal em uma das faces, oriundo de fatores atmosféricos.

A madeira a que corresponde ao tipo « Segunda » deverá possuir em uma das faces as características do tipo « Primeira ». Serão tolerados no padrão deste tipo fibras revessas e leve fendilhado longitudinal nas duas faces, pequenos nos firmes em uma das faces, fendas retas em um ou ambos os topos, não excedendo de 15cm em cada topo, arqueadura que não exceda 4cm de flecha, abaulamento que não ultrapasse 1cm de flecha, esmolado de um sol

ado da peça, não excedendo um terço da espessura e do comprimento e manchas isoladas, levemente azuladas e superficiais, provenientes de secagem em tempo húmido.

A madeira correspondente ao tipo « Terceira » terá que possuir as seguintes propriedades, manchas de bolores ou de outra natureza, nós ou furos de larvas, urdiduras, gretas ou ventos em uma das faces e falhas em ambas, esmolado e fendilhamento em maior proporção do que nos padrões anteriores, deve possuir cor natural e ser corretamente serrada e de bitola exata, ser completamente seca e finalmente ter as quinas ou arestas em esquadria. Neste terceiro grupo são compreendidas as peças com esmolado em uma das arestas, não excedendo 1/3 da espessura, as peças com fendas retas em um ou em ambos os topos, não excedendo 15cm em cada topo, as peças com arqueadura que excede 4cm de flecha e com abaulamento que ultrapassa 1cm de flecha e as peças com nós firmes em ambas as faces, distanciados um do outro de mais de 1 pé ou 0,3048m, desde que não se apresentem em grupos. A madeira que não possuir as características necessárias pela classificação deste último grupo, tem a denominação de « refugio ».

No entanto, pode-se notar que em regra geral existe um grande conhecimento na avaliação qualitativa da madeira empregada, para cada utilização são fixadas funções de parâmetros estabelecidos e são aplicados de forma subjetivos, ou seja, a escolha de uma determinada espécie para a sua utilização tem necessidade fundamental de conhecimento técnico-científica própria e de demonstrar a consistência que o material possui. Porém, existem dificuldades de propor uma alternativa de espécie quando existe uma certa escassez de certa madeira, é por isso, que de uma certa forma o reflorestamento se torna, de uma maneira evidente, importante neste processo.

Que seja pelo seu aspeto exterior, sua densidade, sua dureza apreciada à sensibilidade, pela sua cor, pela largura maior ou menor das formações de crescimento periódico (anéis, anuais), pela informação da sua proveniência, bem como pelo seu grão e homogeneidade, qualquer que seja o profissional, o torneiro ou o entalhador, o marceneiro ou o carpinteiro, todo o artesão ou oficial, é capaz de diferenciar uma certa madeira de outra, e conhecer as suas características para saber depois qual vai ser a espécie empregada.

É de reconhecer, que a cultura de artesãos e oficiais é muito estimável, requerendo comprovação técnico-científica laboratorial, onde consegue alcançar e comprovar através da análise das características de cada espécie, depois da acumulação de experiência e de longa prática de aprendizagem. É assim, que depois da ligação de duas fontes de conhecimento, tanto a nível experimental como a nível técnico-científica, se vai criar novos modelos e padrões de materiais lenhosos lógicos com as precisões das utilizações feitas pelas indústrias.

É claro que, com o reconhecimento da análise de um laboratório é possível definir com rigor a espécie mais bem adaptada para um determinado lugar. Essa informação é preciosa mas também indispensável para o aproveitamento do recurso existente, mas ainda é de tanta importância a seleção da região a que se vai utilizar determinada espécie, bem como para a definição de modelos de instalação como a produção e transformação do recurso.

O conhecimento geral do material lenhoso proporcionada por uma espécie florestal tem a determinação mais o menos laboriosa, mas simples, das propriedades da madeira em termos absolutos, ou seja, daquelas características de fácil dimensionamento de acordo com normas de ensaios aceites, mas também da variedade dessas propriedades em determinadas área geográfica, conforme as condições ecológicas de desenvolvimento das árvores, incluindo os defeitos e anomalias estruturais, e ainda a variedade que as condições silvo culturais são capazes de introduzir na natureza dos materiais, isto é, os fatores que sejam responsáveis pela qualidade dos produtos lenhosos. (DOLABELLA 1999)

2.8. Madeira na construção

As madeiras que se utilizam na construção compreendem as tábuas, as vigas, e as molduras. As vigas tem dimensões e denominações diversas, sendo assim :

Barrotes - São vigas de 10 x 20cm e de 3,30m, 4,40m e 5,50m de comprimento, correspondente a 15, 20 e 25 palmos (figura 2.5 A). Encontram-se também vigas de 10 x 30, mas essas dimensões e outras maiores não são correntes (figura 2.5 B). Existem vigas também de 6,60m e 7,70m de comprimentos, 30 e 35 palmos, porém essas dimensões são excepcionais.

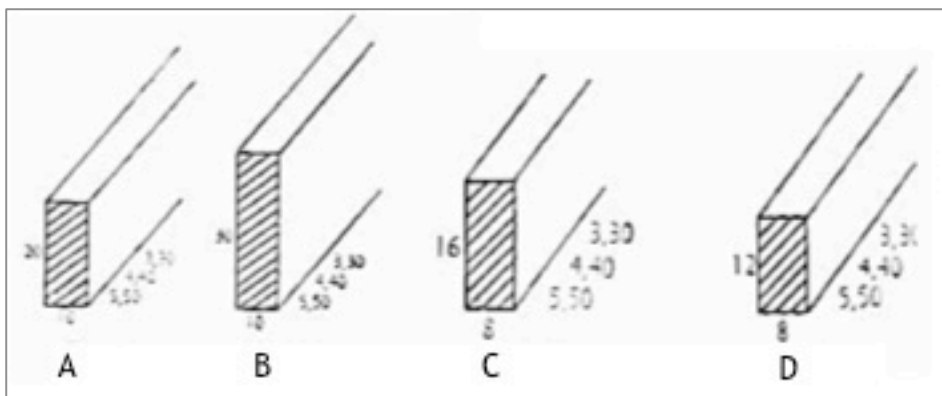


Figura 2.5 - A, B - Barrotes ; C - Tirantes ; D - Tirantinhos. Fonte: PIANCA (1980)

Tirantes - São vigas de dimensionamento de 8 x 16m (figura 2.5 C). Encontram-se no mercado com o comprimento de 3,30m, 4,40m e 5,50m e excepcionalmente de 6,60m e 7,70m.

Tirantinhos - São peças retangulares de 8 x 12cm (figura 2.5 D) e com 3,30m, 4,40m e 5,50m de comprimento.

Caibros - São vigas de 8 x 8,9 x 9cm e 10 x 10cm (figura 2.6 a, b, c) e com o comprimento de 3,30m, 4,40m e 5,50m, com exceção de 6,60m.

Caibrinhos - São vigas de 5 x 8cm (figura 2.6 d) e com o comprimento de 3,30m, 4,40m e 5,50m.

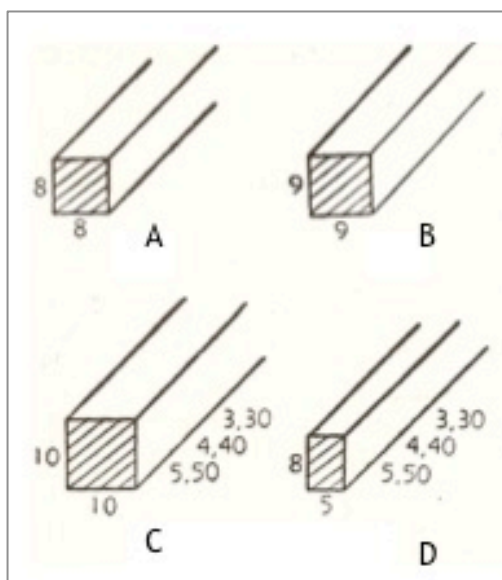


Figura 2.6 : A, B, C - Caibros ; D - Caibrinhos Fonte : PIANCA (1980)

Sarrafos - São peças retangulares de 5, 6, 7 e 8 cm de largura e 2,5 e 3cm de espessura (figura 2.7 A). Encontram-se também com 3,5 e 4cm. O comprimento é sempre de 5,50m.

Ripas - São peças retangulares de 3 e 4cm de largura e 1,5cm de espessura (figura B). Encontram-se brutas, aplainadas e molduradas. O comprimento é de 5,50m.

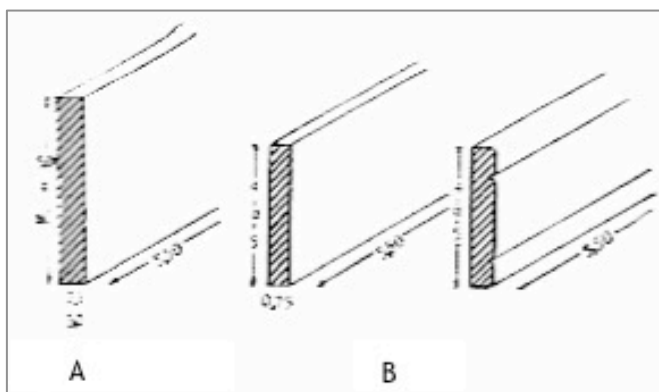


Figura 2.7 - A - Sarrafos ; B - Ripas. Fonte: PIANCA (1980)

Tafifes - São peças trapezoidais de 1,5cm de espessura e 1,5 x 2cm de largura (figura 2.8 A). As tábuas dividem-se em brutas e aplainadas. As tabuas brutas compreendem os pranchões, as tábuas de soalho e de forro e as guias.

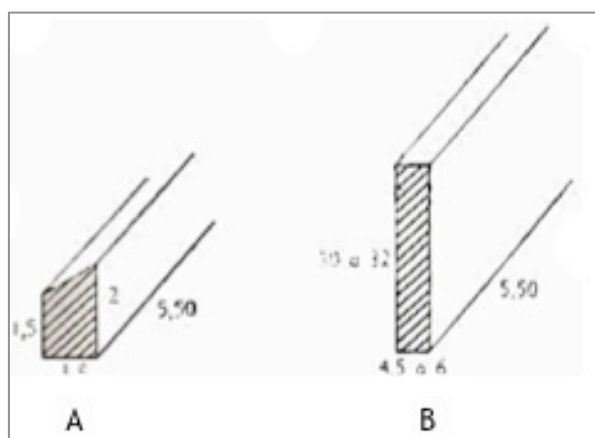


Figura 2.8 - A - Tafifes ; B - Pranchoes. Fontes: PIANCA (1980)

Pranchões - São peças retangulares de 4,5 e 6 cm, com espessura, por 30 a 3cm de largura (figura 2.8 B). O comprimento é de 25 palmos ou 5,50m.

Tábuas - Apresentam diversas espessuras. Encontram-se com 1,5, 2, 2,5, 3 e 3,5 cm (figura 2.9). As tábuas de 1,5 são chamadas tábuas brutas de forro e as de 2,5 e 3cm tábuas brutas de soalho. A largura é de 30 e 32cm e o comprimento de 5,50m. Encontram-se também tábuas, chamadas tábuas de forrinho, com 0,75cm de espessura.

Guias - São tábuas de 2, 2,5 e 3cm de espessura por 15 a 16cm de largura (figura 2.10 A). O comprimento é de 5,50m.

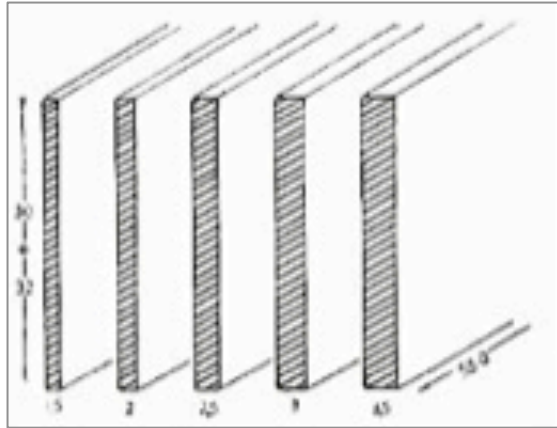


Figura 2.9 - Tábuas. Fonte: PIANCA (1980)

Tábuas de junta seca - São peças retangulares tendo uma ou duas faces como as duas juntas aplainadas (figura 2.10 B). A espessura varia conforme o fim a que se destina a tábua. Encontram-se com 1,5, 2, 2,5 e 3cm de espessura e 5,50m de comprimento. A largura varia de 10 a 30cm.

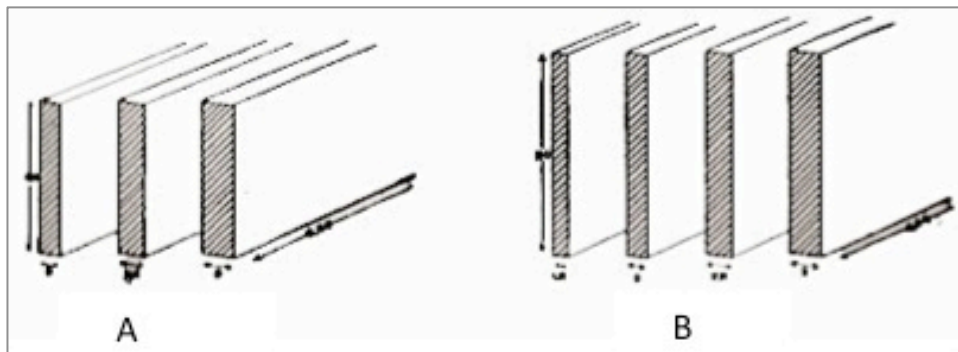


Figura 2.10 - A - Guias ; B - Tábuas de junta seca. Fonte: PIANCA (1980)

Abas e rodapés - São tábuas de 1, 1,5 e 2cm (figura 2.11 A), alisada numa das faces e nas juntas. As peças de 1 ou 1,5cm empregam-se com abas e as de 2cm como rodapés. As tábuas de 1,5cm empregam-se também como rodapés. Encontram-se com 8, 16 e 20cm, ou mesmo mais. O comprimento é de 5,50m. Quando uma das quintas aparentes é molduradas, denominam-se abas ou rodapés moldurados (figura 2.11 B).

Tábuas de macho ou fêmea - Dividem-se em tábuas de forro e de soalho. As de forro tem 1,5cm de espessura e as de soalho 2 ou 2,5cm. Essas últimas são conhecidas como tábuas de plegada e as outras simplesmente como tábuas de soalho. (2)

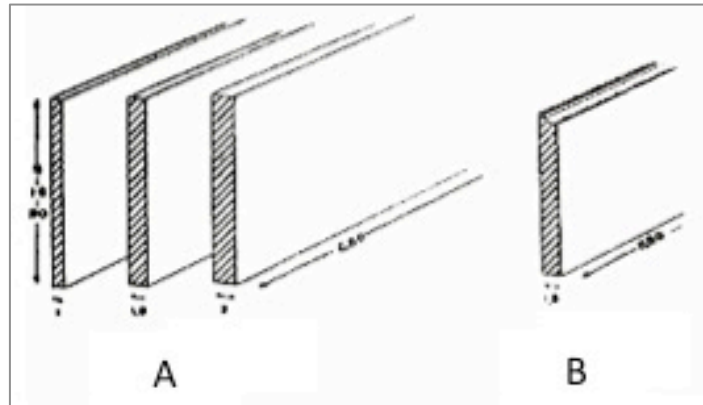


Figura 2.11: A - Abas ; B - Rodapé. Fonte: PIANCA (1980)

2.9. Madeira e construção sustentável

Ao examinar o ciclo de vida entre o betão, o aço e a madeira, podemos concluir que a madeira possui melhor desempenho no que diz respeito na libertação de poluentes do ar, à energia incorporada, na produção de poluentes para a água, nas emissões de gases e produções de resíduos sólidos. Para este afim, a madeira apresenta características e vantagens que o faz uma material essencial para uma racionalização ecológica seja qual for a construção.

O que caracteriza a madeira dos outros materiais, é a capacidade de produção suportada nas florestas plantadas e nas técnicas modernas silvicultoras utilizadas no reflorestamento, com o fim de alterar a qualidade da madeira.



Figura 2.12 - Ciclo CO2. Fonte: <http://criticaehistoria.blogspot.pt>

Para a realização de construção sustentável, com uso da madeira, é preciso assegurar um reflorestamento global, onde seja capaz de conservar os recursos naturais, adaptando o equilíbrio entre a manutenção desse recursos e o desenvolvimento. É necessário dirigir a floresta de modo a possuir diferentes idades de árvores para ter um processo de exploração que perdura.

Hoje em dia, o emprego das árvores para construções tem que permitir o seu melhor aproveitamento devido as novas tecnologias de produção. Esse aproveitamento é feito com os resíduos produzidos da madeira pré-fabricada para o emprego de produtos derivados como placas de aglomerados. Mesmo depois da demolição de edifícios, existe a possibilidade de reaproveitamento da madeira, assim tornando a madeira, para um material biodegradável e reciclável.

2.10. Reflorestamento

O reflorestamento é a ação ou método que visa repovoar e criar áreas que tiveram a vegetação removida pelo meio ambiente ou pela ação do homem, ou seja é a exploração da madeira, que já foi explorada. Esta ação é importante para recriar o meio ambiente e assim também manter este ciclo. Para conseguir o reflorestamento e aumentar assim a produtividade é preciso utilizar espécies nobres ou « de lei », assim as floresta não sentem tanto a « pressão » e assim de um certo modo é feito a recuperação ambiental de áreas degradadas. Um dos fatores mais importante para a colonização das florestas e o bom crescimento delas é a luz, o sol, mas também temos a água e a terra.

Para este recurso é usado principalmente o eucalipto e o carvalho devido ao seu crescimento rápido e por ser de bom custo

A madeira nativa é usada principalmente para à mobília e móveis mas também é usado nos telhados. Essa madeira nativa não tem origem no reflorestamento, porém começou a ser pouco a pouco substituída por madeira que provem de espécies de reflorestamento na fase de fundação e formas para estruturas de uso temporário. O uso dessa madeira é feito em produtos incorporados, como portas, em pisos, em painéis de revestimento.

Na figura a seguir apresenta-se algumas espécies de reflorestamento que existe na Finlândia.

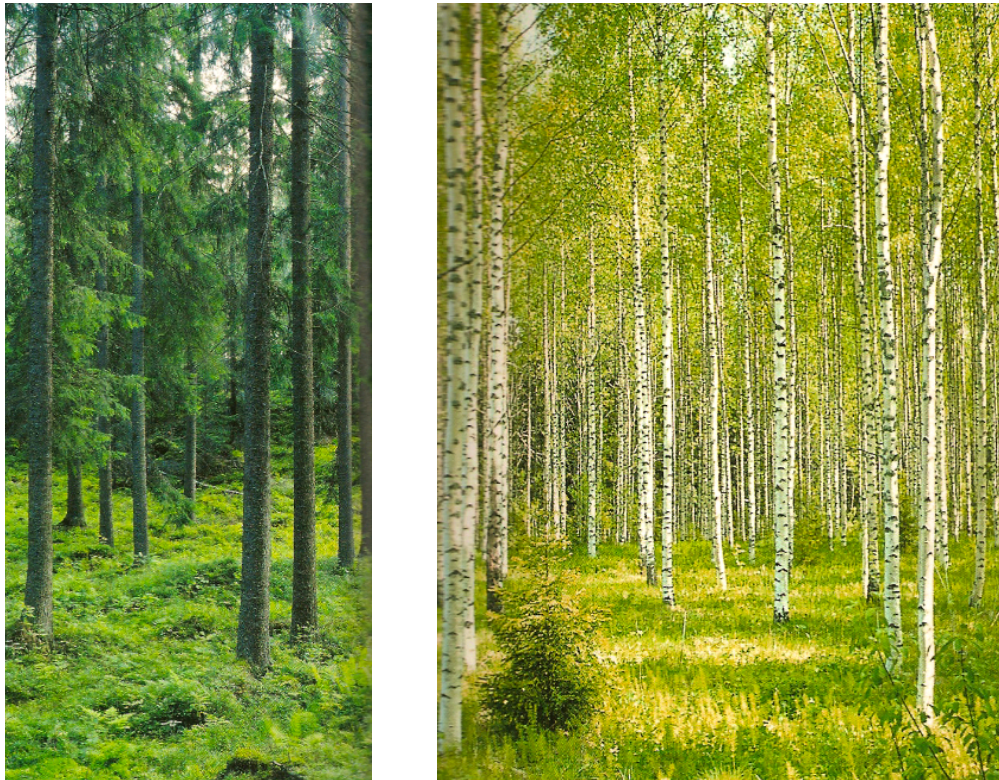


Figura 2.13: Esquerda - Pinheiro ; Direita - Bétula ,na Finlândia. Fonte: PLACE (2003)

2.11. Madeiras empregadas em Portugal

Existe diversos árvores no mundo empregado para a construção, mas aqui em Portugal existe uma categoria mesmo reduzida. Uma vez que existe poucas florestas de reflorestamento aqui no nosso país comparado com o Brasil por exemplo.

Pinheiro : Em Portugal existem dois tipos de pinheiro, mais conhecidos por pinheiro-bravo e pinheiro-manso, embora exista outras variedades com pequenas diferenças. O pinheiro-bravo é o mais utilizado na construção de edifícios, sendo o manso mais empregado em mobiliário. Para qualquer dos fins recomendamos a utilização de árvores que não tenham fornecido resina, pois nos pinheiros onde se tenha feito sangrias a madeira é mais suscetível de apodrecer. A sua duração, pode-se dizer que a madeira apodrece devido a alternância de seco e da humidade. Se o tronco de uma árvore permanecer sempre enterrado ou dentro de alvenaria, aonde a humidade e o ar não cheguem, pode conservar-se dezenas de anos.

Mogno : É uma madeira de cor castanha, proveniente do Brasil e África e que permite bonitos folheados em mogno. É muito utilizado em portas, mesas e cadeiras e é muito resistente aos insetos.

Nogueira : É uma madeira dura e compacta muito usada em mobiliário de categoria, por ser cara. Existe muitos nas Beiras e Minho.

Castanho : É uma madeira com características semelhantes a noqueira, mas mais resistente e pesada, dando bonito folheto.

Carvalho : É uma madeira amarelada, pesada, rija, usada em trabalhos de marcenaria. Há cem anos era muito utilizada na armação de telhados e verifica-se agora ao demolir prédios, em Portugal, com aquelas madeiras ainda se acharem elas em boas condições de emprego.

Eucalipto : Não é de conselho utilizar esta madeira em qualquer obra, a não ser em andaimes. É uma madeira que se emprega com muita facilidade.

Entre outros ainda temos o pinho, o cedro, o castanho, a noqueira, a cerejeira, etc. O pinheiro-bravo é a espécie florestal mais ocupada em área em Portugal, seguida do eucalipto e do sobreiro.

Como já vimos anteriormente, o reflorestamento é um método que repovoa uma área que já teve a vegetação removida, tendo isso em conta existe uma variedade de floresta que foram poucas remexer ou completamente remexidas, a isto dá-se nomes próprias para as florestas. Temos o caso das florestas naturais primárias, que pouco sofreram da ação do homem e onde conserva as suas características de alta diversidade e auto-generação, temos o caso das florestas perturbadas, onde sofreram a intervenção do homem e onde ainda podem retomar uma condição de floresta próxima da original. Temos o caso ainda das florestas degradadas, onde perderam completamente a capacidade de auto recuperação onde é preciso o método de revegetação ou enriquecimento e por fim temos o caso das florestas de proteções ambientais onde fornece bens indiretos ao homem, o recurso da água, onde se preserva a fauna e mínima a erosão.

O processo de regeneração de uma floresta natural é feito através das clareiras, onde é utilizado para a plantação misto de espécies nativas e onde a principalmente preocupação é o reflorestamento de matas e de outras florestas de proteção. O processo fundamental para este método é o uso de espécies pioneiras e uma separação de um grande número de espécie da floresta.

Para uma classificação das espécies existe vários critérios a utilizar, com base na resposta à luz ou ao sombreamento, essa classificação contém dois grupos :

Primeiro grupo das pioneiras, desenvolvem-se a pleno sol, de rápido crescimento, produzem sementes pequenas. As principais espécies deste grupo são de espécies arbóreas pioneiras e têm sido plantadas nas florestas de proteção, entre elas estão o *Trema micrantha*, o *Cecropia* sp, o *Croton floribundus*, *Guduzuma ulmifolia*, *Croton urucurana*, *Mimosa scabrella*, *Miconia cinamomipholia*, *Citaxylun myrianthum*, *Mimosa bimucronata*, *Solanum* sp, *Inga* sp, *Piptadenia* sp, dentre outras.

O Segundo grande grupo, é das climáticas, germinam e desenvolvem-se à sombra, produzem sementes grandes e tem crescimento lento. As espécies deste grupo são: *Cariniana legalis*, *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis*, *Tabebuia* sp, *Balfourodendron riedelianum*, *Centrolobium tomentosum*, *Astronium urundeuva*, *Jacaratia spinosa*, *Chorisia speciosa*. Este grupo é responsável pela alta diversidade das florestas.

Na maior parte das espécies classificados de secundárias nesses dois grupos, tem especialidade nas pequenas clareiras tem como propriedades que as sementes germinem a sombra mas mesmo assim precisam de luz para o desenvolvimento e são nomeadas de intermédias

O reflorestamento tem que seguir certas regras independentemente do local onde vai ser preciso este método. Tem que ser utilizado exclusivamente uma espécie nativas de origem regional, tem que se informar sobre a silvicultura da espécie, tem que se utilizar um grande número de espécies, para poder assim desenvolver uma diversidade e conservação de recursos genéticos, tem que se utilizar uma média de 10 sementes de árvores para cada espécie onde é feito a colheita numa floresta natural. Mas é preciso ter um maior cuidado para esse método porque só o reflorestamento não garante o sucesso total, é preciso escolher o melhor modelo e com cuidado e tem que tomar em conta alguns fatores, entre outros, a adaptação que vai ter a espécie no local, a humidade, a exigência da espécie, as condições do solo e o clima, todos esses fatores vão ter uma grande importância para o desenvolvimento em ordem de cada espécie. Sobre isso, o local também é uma escolha de uma grande importância, têm que se conhecer muito bem o local onde vai ser feito o reflorestamento, em primeiro lugar é preciso fazer um levantamento histórico da área enquanto a sua utilização, a preparação só solo e se é apto a receber as espécies, se é um solo fértil, a sua permeabilidade e profundidade do solo, a presença de água e a sua topografia, a seleção das espécies nativas regionais que se adapta ao local escolhido. (CARVALHO 1996)

Todos esses fatores vão influenciar no reflorestamento e também vai ajudar para que este material, a madeira, se torna um material renovável e com uma certa abundância. Com isto é preciso que também cada indústria respeite esse processo para que este recurso se torna o mais acessível possível.

Podemos dizer, com a análise que foi feita agora sobre o material a madeira, que é um produto ideal no que diz respeito ao consumo sustentável. É um material resistente e forte no que toca a construção, e tem uma emissão de gases inferior do que outros materiais como o aço ou o cimento. Exige menos energia na extração e recolha desse produto e representa 3% do produto interno bruto mundial; A durabilidade é maior do que outros produtos, onde a vida média é em dezenas de milhares de anos, e as florestas são um recurso renovável. E por fim, podemos afirmar que existe uma inexistência de desperdícios do produto, o que é um fator importante, uma vez que no setor da construção, possui uma percentagem muito elevada de desperdícios. O emprego deste material é uma vantagem para uma construção sustentável como vamos poder ver no próximo capítulo.

Capítulo III - A sustentabilidade do sistema construtivo em madeira

3.1. Introdução

Hoje em dia, o mundo e as pessoas estão cada vez mais atentas as despesas que fazem e principalmente, comprar objetos que podem ser reutilizados. Ao nível mundial, as pessoas aplicam-se cada vez mais a respeitar o meio ambiente e a reutilização. Ao nível da construção, os profissionais como as indústrias começaram a tornar esta atitude, de reutilizar os materiais, para de um certo lado, poupar, mas também para que o planeta seja menos poluente. A este fim, a sustentabilidade possui um papel fundamental ao nível da construção, como em outros domínios onde passou a ser reestudada.

3.2. A procura da sustentabilidade

A nível da construção civil, é um dos domínios que maior se tenta o melhoramento e preservação do ambiente. Com este método da sustentabilidade, consegue-se a realização de edifícios e explorar também os restos para outros afins. Como o país andam, a questão da sustentabilidade é fundamental aos todos os níveis de uma construção, desde o planeamento até à demolição.

Dos nossos tempos, a sustentabilidade tornou-se um fator dos mais importantes do nosso planeta, tendo em conta as considerações das necessidades de hoje, mas também para as gerações futuras, de modo a que eles vivem num mundo ainda melhor. Essas necessidades não devem comprometer o futuro, tendo em conta dois fatores, ter em cuidado as condições essenciais da vida, bem-estar, conforto, saúde etc. e por outro lado, limitar as soluções tecnológicas

«O desenvolvimento sustentável é desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de responder as suas próprias necessidades. Dois conceitos são essenciais a esta noção: o conceito de "necessidades", em particular as necessidades essenciais dos pobres, que deve ser dada a maior prioridade, e a

ideia de limitações impostas pelo estado da tecnologia e nossa organização social sobre a capacidade do ambiente para atender o presente e o futuro. »

Testemunho de Brundtland, publicação editada em 1987, intitulado « Notre avenir à tous » (Our Common Future), que foi escrito por a Comissão mundial sobre o ambiente e o desenvolvimento da Organização das Nações Unidas. (MARQUES 2008)

3.3. Desenvolvimento sustentável

O facto é que o crescimento da população está sempre a aumentar ao passar do tempo, ao aumentar essa população, aumenta-se de um certo lado o consumo, o consumo de produção industrial, de outros recursos, da agricultura, da contaminação, o desenvolvimento tecnológico mas do outro lado, existe uma redução das áreas florestais, o que traz um descontrolo total da industrialização e ao mesmo tempo, a poluição do ar. Este consumo tem que ser de qualidade e de quantidade, o que aumenta a produção de bens. Essa aumenta da produção faz com que a poluição existe cada vez mais, com as fábricas, com automóveis etc., o que traz a uma aumento de energia. Ao nível da construção, este problema também existe, porque do planeamento até a sua construção final leva tempo, faz poeira, a utilização de recursos não renováveis, os restos dos produtos, o ruído, isto tudo faz com que a construção, hoje em dia, traz não tanta poluição como os automóveis mas a este ritmo a diferença será mínima. O grande culpado nisto tudo é o Homem, ele quer cada vez mais, com mais qualidade em menos tempo possíveis, o que leva a certos problemas ambientais, é por isso que, com esta dissertação, o objetivo é encontrar um material ou método, de modo a que a sustentabilidade toma um lugar mais importante na sociedade. Os danos que já foram causados pelo crescimento das indústrias, ainda não são de grande preocupação pela população, mas esses estragos são tão desmedido que torna-se urgente a inquietação desses prejuízos.

«Desenvolvimento que é suscetível de atingir uma satisfação duradoura das necessidades humanas e melhorar a qualidade de vida humana»

Definição de desenvolvimento sustentável através os olhos de Altem, em 1980.

“Desenvolvimento Sustentável significa melhorar a qualidade de vida sem ultrapassar a capacidade de carga dos ecossistemas de suporte”

Nações Unidas, 1991. (MARQUES 2008)

3.4. Conceito de sustentabilidade

O conceito de sustentabilidade tem como objetivo utilizar o melhor método e o melhor produto a fins de preservar o ambiente, tem que ser rentável a nível económico financeira, tem que possuir uma grande eficiência produtiva e conter a melhor qualidade e método do produto. Com este processo, deve ser capaz de ser produzido com menos recursos e resíduos possíveis, de modo a não «atacar» o ambiente. A integração a natureza, passou a ser um outro modo de vida e a melhorar a qualidade das pessoas, essa integração passou a ser um modo construtiva de habitação e assim interferir no ecossistema.

3.4.1. Economia, sociedade e ambiente

Globalmente, grande parte do Mundo, incluindo Portugal, ainda não comovem sensibilidade para as questões do ambiente, o que é preciso remediar e encontrar soluções para isso. Com esta dissertação, vou tentar mostrar as vantagens e necessidades que a madeira possui como material de construção sustentável e assim mudar, de uma certa forma, o pensamento sobre a sustentabilidade.

Pode se referir que a sustentabilidade possui três grandes fatores que engloba tudo, a questão do ambiente, da economia e da sociedade. Esses fatores estão interligados

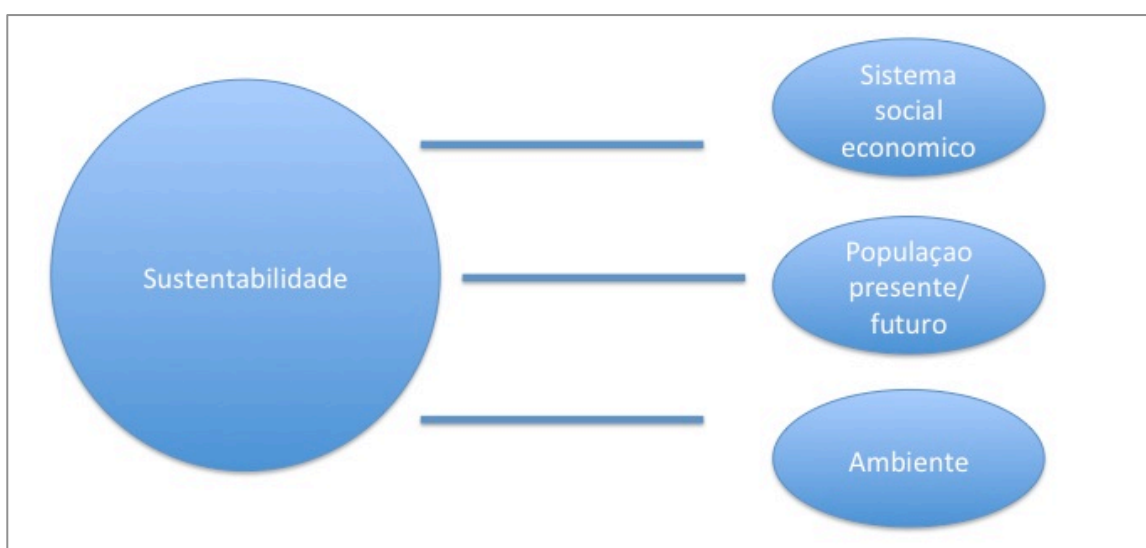


Figura 3.1: Fatores da sustentabilidade.

Presentemente, aquele que demonstra uma maior importância por parte da sociedade em grande maioria, é o económico, o que deixa o segundo lugar a sociedade e com interesse quase nula a dimensão ambiental. Da maneira como o homem preocupa-se desses fatores e da existência de uma grande diferença entre eles, existe um grande risco, a curto prazo, da sobrevivência das gerações futuras.

3.5. Sustentabilidade na Arquitetura

Na Arquitetura, também é preciso abordar a questão da sustentabilidade. Esse conceito deve-se ser empregado para qualquer construção hoje em dia, deve-se poder encontrar um certo equilíbrio entre a reutilização de recursos renováveis e não renováveis e a sua utilização. Na nossa área, a arquitetura, é preciso ter um certo controle das coisas e sobretudo saber gerir e antecipar as necessidades de todos, com a preservação e a recuperação ambiental, a arquitetura torna-se mais utilizada mas também, um exemplo para todos os outros, tanto a nível social como económico. A construção e a arquitetura deve-se adaptar ao planeta e não o contrário, os modelos de produção e processos industriais devem ocorrer uma mudança, com o uso da sustentabilidade, dessa forma, encontrar um equilíbrio no meio ambiente. O princípio da sustentabilidade arquitetónico é saber construir com o menor impacto ambiental possível e com maiores ganhos sociais, esse princípio deve ser tomado do início até ao fim da construção, o seu uso, a sua manutenção e até sua reciclagem ou demolição deve ser renovada. Essas soluções que se podem encontrar até agora, sobre a sustentabilidade na arquitetura não são as soluções perfeitas mas sim para uma busca de uma arquitetura sustentável, para o futuro isso já é um avanço. O dever do arquiteto é de facto, repensar nas suas opções e decisões para uma construção, prever o impacto direto ou indiretamente que irão ter, a curto ou longo prazo.

Os projetos de sustentabilidade são mais valorizados porque existe uma verdadeira preocupação com a poluição e a destruição. Existe propostas interessantes mas a utilização da sustentabilidade é feita por metade, através o emprego de materiais recicláveis onde só podem ser reutilizados a fins exclusivas e possui também parte da construção que não foi pensado para o futuro, ou seja, esses projetos podem ser considerados de sustentável mas ao analisar melhor, foi avaliado que do início até ao fim esse conceito não foi utilizado completamente, o que torna o projeto uma « ameaça » para o ambiente natural. Para ter uma atitude mais sustentável é sempre melhor reabilitar em vez de construir. A reabilitação

de um edifício já construído poupa no consumo de energia relacionada com a produção de um novo edifício.

Para cada projeto é preciso repensar na maneira de como é que se vai projetar, esta fase é bastante importante para a restrição de padrões de demasiados gastos e assim diminuir a perda de recursos. Numa projeção é preciso ter em conta alguns fatores, como a funcionalidade, a habitabilidade, a durabilidade e a segurança, mas com esta nova época da sustentabilidade vieram novos fatores da mesma importância, como a otimização dos custos, a produtividade e o desempenho ambiental. É ter em conta, que numa obra de qualquer edifício existe muitos gastos e desperdícios, ao nível da utilização da água, dos restos do produto final, com a utilização do transporte, a nível do combustível, o impacto que os materiais tem sobre o sol - peso. É preciso reavaliar cada passo que se faz na projeção de um projeto.

3.6. Conceito de construção sustentável

O desenvolvimento sustentável não é uma questão que pertence unicamente aos ecologistas, mas já existe como uma determinada preocupação para a indústria da construção, tanto a nível nacional como internacional. Com a necessidade de consumo de uma grande quantidade de recursos da parte da indústria da construção, a sustentabilidade possui uma grande importância na economia do país e a sua inter-relação com a sociedade.

Na atividade da construção, as construções de edifícios é fundamental e indispensável a vida do homem, é por isso que, é preciso ter uma olhar cuidadosamente feito sobre a construção de uma obra o que pode tornar uma grande fonte estimuladora para o fator da sustentabilidade

A particularidade, neste contexto que sobressai, de um lado temos um desenvolvimento progressivo do consumo energético no sector dos edifícios e do outro uma existência de falta de adaptação na arquitetura, ou de desenhos, ou de planeamento urbano, ou de projeto dos edifícios sobre as condições climáticas do local. Ou seja, de todas as atividades da sociedade, a construção possui uma grande responsabilidade no que diz respeito ao impacto ambiental negativo que lhe é correspondido não somente na fase de operacionalização mas também na fase da obra. Sobre todos os impactos causados, existe alguns que torna-se mais distinto, as emissões de CO₂, a produção de resíduos, o consumo de energia e recursos naturais. Só durante a fase de construção são consumidos, segundo a Agenda 21 para a Construção Sustentável, cerca de 50% dos recursos naturais, criados mais de

50% dos resíduos, gasta-se mais de 40% de energia (nos países industrializados, com Portugal cerca de 20% da energia total do país) e produzidas cerca de 30% das emissões de CO₂.

Para a construção de uma casa saudável e que vai ter um impacto ambiental mínimo, a responsabilidade será determinante em diferentes opções e fases da construção. Numa construção sustentável, é preciso ter em conta vários fatores para o planeamento de uma obra até a sua demolição, é preciso ter em conta a qualidade dos materiais, a origem onde provem os materiais utilizados, se existe suficientemente água para a obra, a quantidade estimada para a obra, o tipo de energia que se vai produzir, o solo e condicionantes, a zona onde se vai construir, os resíduos que se vai criar, etc.

Com o levar do tempo, a construção levou à uma certa evolução sobre a sua maneira de pensar e projetar. Podemos definir uma construção tradicional onde o custo a qualidade e o tempo eram os principais fatores abordados, em seguida abordou-se uma construção eco-eficiente onde se criou edifícios com efeitos reparadores no meio ambiente, onde se criou novas orientações sobre o gasto considerável sobre os recursos empregados e sobre as emissões prejudicial sobre a saúde, e hoje em dia tenta-se por todos os meios criar construções sustentáveis com fatores sobre a qualidade ambiental, o favor social e cultural e sobretudo sobre novos condicionantes económicos.

Podemos dizer que, com este novo método de desenvolver a construção, a primeira preocupação é satisfazer essencialmente o homem, mas cuidar e preservar ao mesmo tempo os recursos naturais e a qualidade ambiental.

3.7. Fatores à considerar para uma construção sustentável

Qualquer que seja a função, arrendar, comprar ou construir, é preciso ter uma ideia sobre a sustentabilidade e as vantagens que uma casa sustentável pode trazer para o meio ambiente. Através de varias pesquisas, organizou-se uma lista que está relacionado com o conforto e ao mesmo tempo saber poupar no ambiente.

- Determinar um lugar certo para o edifício - em relação a questões térmicas do espaço interior, em que seguir as regras no Regulamento de Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE);

- Escolher um local com pouco trânsito, perto de transportes públicos e do trabalho, o que faz com que as pessoas não utilizavam o próprio carro, mas a caminhada, o que traz saúde e coopera para um ambiente mais saudável;
- Aproveitar e tirar o melhor partido do sol para uso de energia, com orientação da casa a sul, assim a utilização no inverno é menor e utilizar persiana ou vegetação no verão para diminuir a entrada do calor ;
- Utilizar o lado norte com espaços reservados a arrumos, Wc, e outros espaços que necessitam de pouca abertura ou quase nenhuma para o exterior, é neste lado que existe a maior perda térmica através da utilização de vidro e janelas ;
- O uso de climatização para evitar à perda térmica devido a grandes fachadas envidraçadas. A área envidraçada de um espaço não deve ultrapassar 15% da área de pavimento desse espaço ;
- Canalizar o sol para ter iluminação natural, e minimizar o uso de iluminação artificial.
- Com a iluminação artificial, optar por lâmpadas de baixo consumo e orientar nos locais que é preciso, assim não se desperdiça energia desnecessariamente ;
- Manter uma temperatura constante em casa com uso de isolamento adequado, com baixo índice de condutibilidade térmica ;
- Verificar os vidros e as caixilharias, escolher com vidro duplo e com corte térmico, são mais indicados na conservação de energia, e grelhas de ventilação para renovar o ar ;
- Dar mais importância ao material utilizado na casa, escolher materiais que não têm impacto ambiental e ter conhecimento sobre a reutilização dos materiais utilizados na casa ;
- Examinar a cobertura do edifício se está apropriado ao um bom isolamento ;
- Escolher cores escuras nas fachadas do que cores claras, uma vez que cores claras absorvam somente 25% do calor do sol ao contrário de uma cor escura que absorva até 90% do calor ;
- Que existe torneiras de regulação do fluxo de água para assim poupar neste recurso ;
- Em habitações de diversos condomínios, verificar se possui um espaço com contentores destinados a separação de resíduos domésticos.

Essa lista mostrar como é possível escolher uma habitação que entre em conformidade com o ambiente mas também que não é preciso de muitas despesas para

contribuir a sustentabilidade e ao mundo que nos rodeio simplesmente com dedicação e esforço.

3.8. Projetos sustentáveis

Desde sempre, existe um grupo de matérias-primas, na natureza, que devidas as suas características, foram pouco a pouco largamente empregados na construção, tal como a palha, a pedra, a madeira, o barro, as fibras vegetais e muitos outros.

Para poder otimizar o máximo conforto com uma utilização reduzível de recursos, escolheu-se tipologias e materiais através o método de adaptação as condições climatéricas existente no local. Para poder usufruir de melhor características construtivas e técnicas, os materiais foram sujeitos a modificações proporcionais ao desenvolvimento técnico.

Deste modo, para obter melhores resultados, das características de alguns materiais, foram mudados diversos aspetos com diferentes técnicas, causando assim múltiplos impactos negativos no meio ambiente - modificação da paisagem nos locais de extração, mau comportamento na presença de humidade, difícil reutilização, toxicidade, etc. Passou a ser, de um certo modo, uma certa força maior, a aplicação de materiais mais sustentáveis na construção de hoje em dia, com materiais reutilizáveis e/ou recicláveis, tal como o pinus, e que possui um valor de energia incorporada mínimo.

Para poder usufruir de um ambiente mais saudável e construções mais sustentáveis, os materiais empregados devem cumprir condições indispensáveis, tais como não provocar danos na saúde, possuir origens em fontes renováveis, não tóxicas e não poluentes, conter uma durabilidade com possibilidade de reutilização/reciclagem ou com desperdícios o mínimo que possível e trazer o menor custos económicos, energéticos, ambientais e sociais.

Estes são requisitos mais importantes ao ter nos materiais utilizados, deste modo, poder modificar as construções em produtos mais sustentáveis, o ideal era possui materiais nativos, assim se pode diminuir o custo do transporte e nas emissões poluentes proveniente dos transportes.

A seguir descreve-se alguns exemplos de construções consideradas sustentáveis. Com esses exemplos poder-se-á e constatar que existe cada vez mais projetistas e indústrias que se preocupam em dar respostas à questão ambiental, entre outras.

3.8.1. Fincube House

Este projeto foi feito com a harmonização de vários conceitos, modularidade, transportabilidade e princípios do desenvolvimento sustentável, são as ideias principais na edificação desta casa. A casa "Fincube House", foi idealizado e desenhado pelo arquiteto e designer Werner Aisslinger. Ergue-se no norte da Itália, a uma altitude de 1200 metros no Tirol do Sul. Possui uma vista encantador sobre as Montanhas Dolomitas. Uma casa móvel feita principalmente de madeira, onde possui a capacidade de ser desmontável muito facilmente. Com uma fachada cega, disponibiliza aos habitantes privacidade, e as misturas de estrutura artificial favorecer ao ambiente natural

Feito inteiramente de madeira local, o edifício oferece 47 m de espaço de bem-estar, utilizando materiais duráveis e recicláveis, com a precisão e o cuidado trabalhos manuais. O Fincube é uma visão materializada de uma pequena unidade de habitação com um ciclo de vida longo. Ele pode ser facilmente desmontada e reconstruída em um novo local, e ainda mais importante para refúgios da natureza.

Em termo de energia, o Fincube reúne todos os critérios de um edifício com uma consumação mínima. Pode ser uma unidade totalmente independente, graças a possibilidade de um sistema fotovoltaico. (Mr K. 2013)

Descrição:

Tipo: Uma casa ecológica moderna de madeira

Certificado de desempenho energético: Projeto de edifícios de baixo consumo

Numero de peças: 1sala 1 cozinha, 1 quarto, 1 casa de banho

Dimensão exterior: 7,245 x 7,245 metros dentro dos painéis de vidro, 8,91 x 8,91 metros com varanda

Volume: 127,3 m³

Superfície total: 49,7 m²

Altura total: 5m

Estrutura de suporte: Madeira - lariço

Interior: Madeira - Lariço e pinho

Vidros: Vidro triplo - valor 0,70 W/ m2K

Teto: plano, cobertura na varanda ou sistema fotovoltaico para a produção de energia

Tempo de construção: 70 dias



Figura 3.2: Perspectiva. Fonte: Mr K



Figura 3.3: Estrutura. Fonte: Mr K



Figura 3.4: Interior. Fonte: Mr K

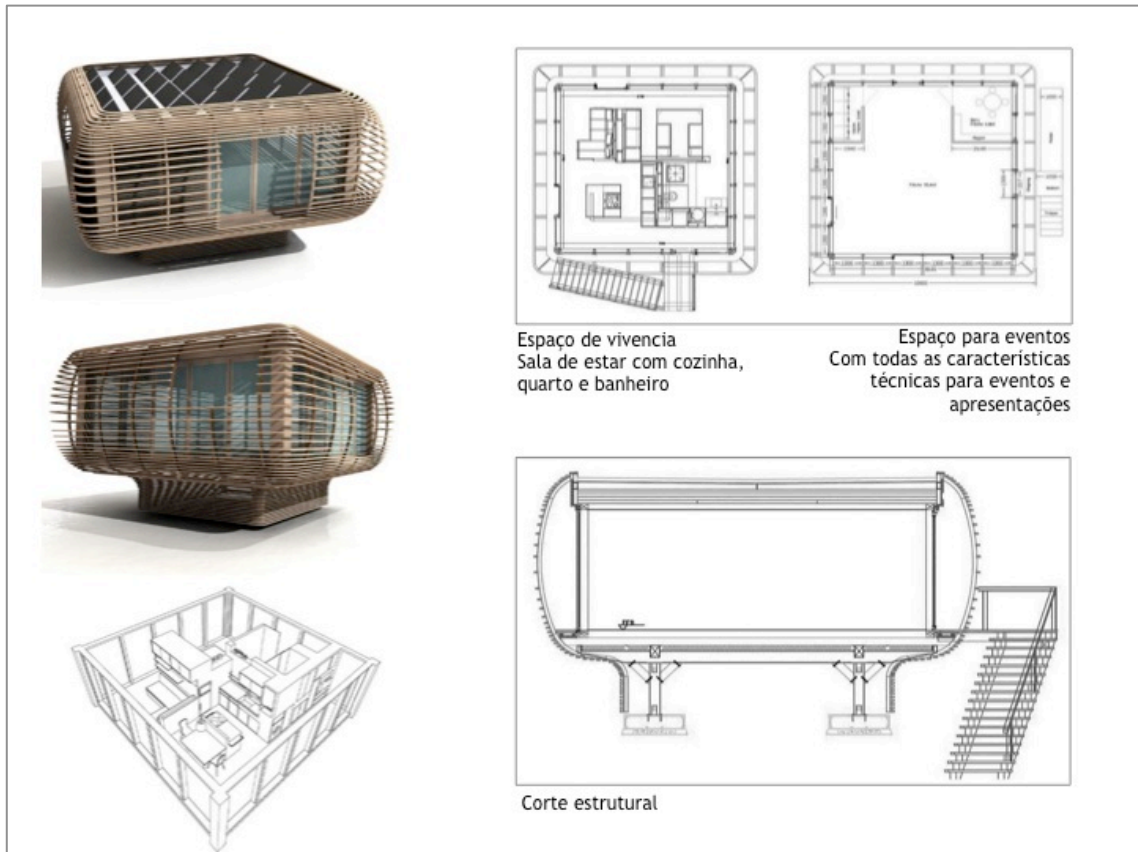


Figura 3.5: Planta e 3D. Fonte: Mr K

3.8.2. Treehouse

A Treehouse , empresa com 35 anos de atividade, evolui a partir de um conceito inovador, que pretende aliar rapidez, design, sustentabilidade e modularidade.

De todos os materiais de construção, a madeira é o único que tem um saldo de carbono positivo: absorve carbono da atmosfera, ao contrário de todos os outros, que o libertam. Deste modo, este material utilizado como base de construção é a melhor opção para alcançar este objetivos

No âmbito da arquitetura, esta empresa procura uma solução arquitetónica contemporânea e funcional de qualidade, tendo atenção a todos os detalhes. O uso da madeira traz um ambiente quente em harmonia com a Natureza e ao mesmo existe um equilíbrio com o espaço envolvente.

Os materiais *hitech* de origem sustentável empregado na construção pela empresa tem durabilidade comprovado e cumpre todos os requisitos legais, o que permite uma ótima qualidade e durabilidade do projeto.

A Treehouse é produzido com materiais de madeira ecológicos os mais avançados do mercado: Kerto®, Thermowood®, vigas Finnjoist®, OSB e ligadores metálicos Simpson Strong-Tie®. A madeira provem de florestas certificadas, tem certificação PEFC (cadeia de responsabilidade florestal)

Este projeto é concebido módulo a módulo, com dimensão standard de 22m². Todos os módulos ligados entre si que permite assim o crescimento da habitação, tanto em altura como em extensão, com pouco custos e rápido de assemblagem.

Os arquitetos e os designers interpreta os desejos de cada cliente, onde o cliente decide o essencial da sua casa. Cada projeto possui um funcionamento excepcional no que diz respeito ao acústico e ao isolamento térmico. As paredes, os tetos e o chão são feitos num sistema multi-layer, que proporciona desta forma, uma grande capacidade energética, e os vidros tem elevada qualidade e são duplos. O interior como o revestimento podem ser escolhido através de uma paleta de materiais que possuíam todos alta qualidade.

Aqui segue algumas módulos possíveis feitos através do site ou da paleta da empresa.

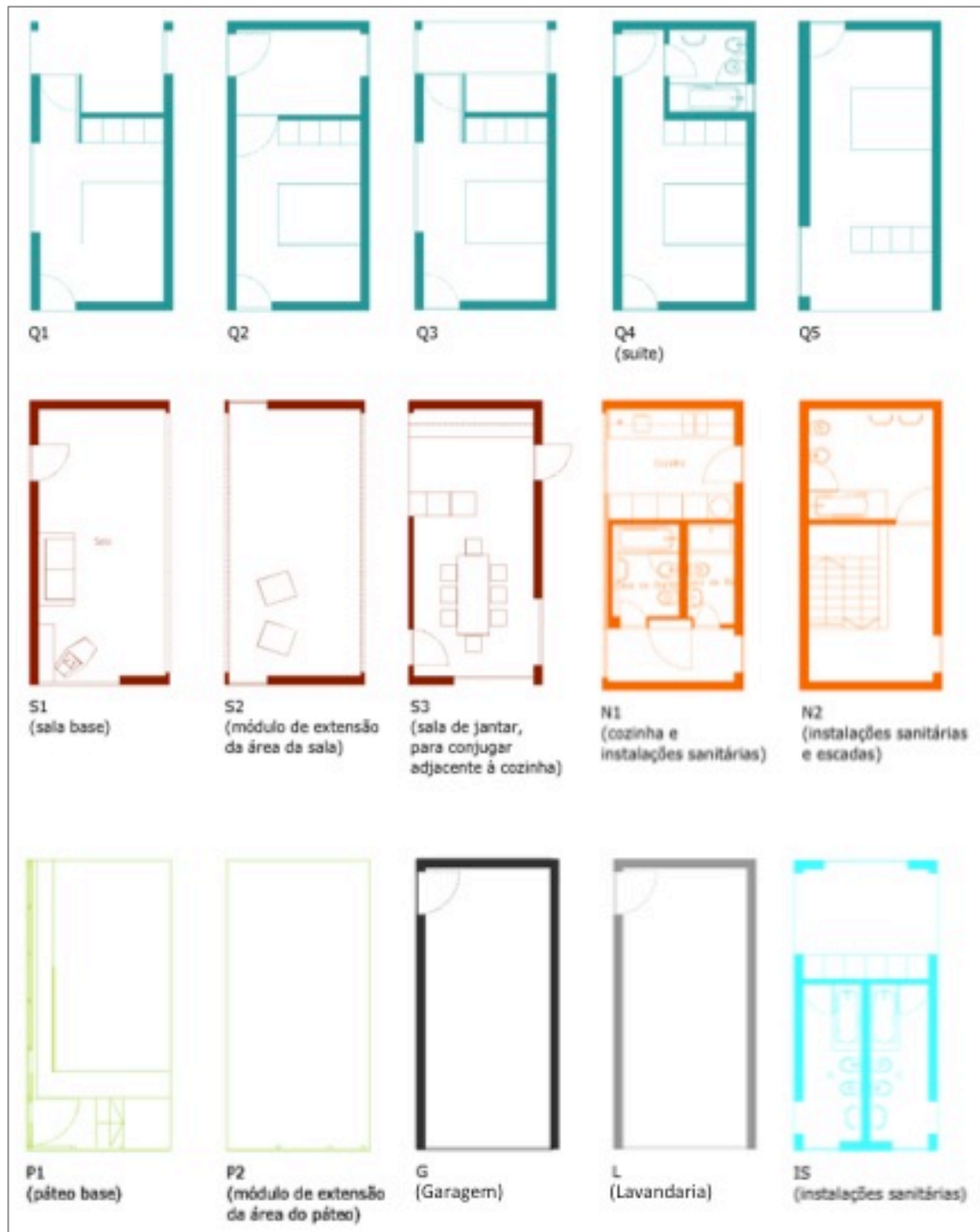


Figura 3.6: Plantas possíveis. Fonte: TREEHOUSE

Já se encontra disponíveis algumas plantas definidas, feita pela empresa.



Figura 3.7: Plantas T0, T1, T2 e T3 possíveis. Fonte: TREEHOUSE



Figura 3.8: Plantas T4 possíveis. Fonte: TREEHOUSE



Figura 3.9: Casas possíveis. Fonte: TREEHOUSE



Figura 3.10: Casas possíveis II. Fonte: TREEHOUSE

Capítulo IV - Sistemas construtivos modulares em madeira

4.1. Introdução

A coordenação modular é um processo utilizado em algumas indústrias, que marcou a construção civil em diversos países. A principal qualidade na utilização da coordenação modular, passa por bases económicas, relacionadas com a redução de custos em diversas etapas do processo construtivo, tanto a nível da criatividade do projeto como na otimização do uso da matéria-prima, com a finalidade de aumentar a produtividade e a diminuição de perdas.

A utilização da coordenação modular exerce-se e emprega-se cada vez mais na construção. Com isso, contribui-se para a protecção e redução da poluição do ambiente que nos rodeia.

4.2. Definições da coordenação modular

O emprego da coordenação modular, no âmbito da sustentabilidade, torna possível um maior consumo de elementos construtivos e ao mesmo tempo um melhor consumo de matéria-prima, do custo nas diversas etapas no processo de fabrico e no consumo energético da sua produção.

Para encontrar uma definição perfeita da Coordenação Modular é preciso ter em conta algumas teorias defendidas por alguns autores. Para Rosso (1976), «enquanto na verdade é uma metodologia sistemática de industrialização ».

Segundo Lucini (2001) a definição de Coordenação Modular é “o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado (10 cm), compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações”.

Para Mascaró (1976), a Coordenação Modular é “um mecanismo de simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta, que devem ser

unidos entre si na etapa de construção (ou montagem), com mínimas modificações ou ajustes”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1975), em uma publicação intitulada *Síntese da Coordenação Modular*, define-a como *“a aplicação específica do método industrial por meio da qual se estabelece uma dependência recíproca entre produtos básicos (componentes), intermediários de série e produtos finais (edifícios), mediante o uso de uma unidade de medida comum, representada pelo módulo”.*

Já a NBR 5706, tem como definição a *“técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência”.*

A definição que se pode declarar mais atual, sobre a Coordenação Modular é feita por Greven, que a define como *“a ordenação dos espaços na construção civil”.* (GREVEN 2007).

4.3. Coordenação modular noutros materiais

A coordenação modular pode ser aplicada para todos os materiais e componentes de um edifício. Mas mesmo assim, existem materiais mais adequados para a coordenação modular. Esta é também praticada com blocos e telhas de cerâmica, blocos de gesso e betão. A utilização da coordenação modular tem sido bastante utilizada nas construções com blocos de betão, mesmo que exista uma certa dificuldade na manutenção. A aplicação dos blocos cerâmicos é parcial e inadequada, porém o seu uso mantém-se e é feito com blocos de largura de 15cm. Nas telhas cerâmicas, blocos de gesso, telhas de aço, esquadrias de aço e pvc (policloreto de vinil), a prática da coordenação modular é quase nula, uma vez que a conservação é de grande dificuldade e existe uma certa ausência de normas respectivas para estes materiais. (BOUWCENTRUM 1972)

4.4. Vantagens da coordenação modular

Na prática da coordenação modular, as vantagens mais vincadas são a facilidade no uso de técnicas pré-definidas, a padronização dos materiais e componentes. Facilitando a produção em série, que evita quebras e substituições, o possível intercâmbio nacional e internacional das tecnologias de construção, a inovação de materiais, a simplificação e compatibilização de projetos e de operações de execução, e a redução dos problemas de interface entre os componentes, elementos e subsistemas.

Módulo	Unidade básica, « 1M » equivale a distância padrão 10cm
Multimódulo	Múltiplo inteiro do módulo básico
Reticulado espacial de referência	Reticulado tridimensional formado por planos ortogonais, configura uma malha espacial com linhas dispostas em distâncias de um módulo (1M), nessa malha serão posicionados os componentes de construção.
Medida modular	Referente ao tamanho do módulo ou multimódulo, sempre valores inteiros.
Medida de projeto	Determina-se no projeto para qualquer componente da construção.
Zona neutra	Zona não modular que separa reticulados espaciais de referência.
Ajustes modulares	Relacionam as medidas de projeto com a medida modular.

Tabela 4.1: Componentes modulares. Fonte: ROSA (2009)

4.5. O módulo

Segundo a definição de módulo feita através de diversos dicionários (Dicionário Língua Portuguesa, Wikipedia) a palavra deriva do latim *modulu* e tem como definição : « *Grandeza que se torna como unidade de medida e serve de norma, modo ou padrão* »

Para Rosso (1976), o módulo tem como significado a medida adoptada para regular as proporções de diversas partes

O módulo é metido em relevo na composição de obras arquitectónicas, já há algum tempo atrás. É essencial a utilização do módulo e fundamental para uma construção de modo a tornar obras de grandes escalas viáveis e para preservar o nosso clima. Da construção dos templos romanos e gregos das grandes pirâmides existe o uso do módulo, de modo a favorecer a sua preparação e economizar tanto na matéria-prima como nas várias etapas do processo de construção.

De todos os estudos e definições apresentadas, o caso do módulo surge com o uso perfeito no processo construtivo.

Segundo Caporioni (1971), o módulo segue algumas regras:

- A dimensão do módulo deve ser escolhida por unanimidade dos países que pretendem adoptar a coordenação modular e será igual para todos os países.
- É o denominador comum de todas as medidas;
- O módulo deve ser suficientemente pequeno para que os seus múltiplos correspondam, com todas as dimensões de que necessitem, aos diferentes elementos construtivos, de modo a que se reduzam ao mínimo as variações a serem introduzidas nos elementos ;
- É o crescimento unitário de qualquer dimensão modular, a fim de que a soma ou a diferença de duas dimensões modulares seja também modular;
- É um factor numérico, expresso em unidades do sistema de medida adoptado ou a razão de uma progressão ;
- Será eleito como módulo a maior medida possível, a fim de proporcionar a máxima redução da variedade atual de componentes;
- A dimensão do módulo deve ser expressa por um número inteiro a ser caracterizada por uma relação numérica simples com o sistema de medidas ao qual se refere;

- A dimensão do módulo deve ser suficientemente grande para que seja possível estabelecer uma correlação satisfatória entre as dimensões modulares dos componentes e os espaços modulares do projeto.

4.6. Características de um componente ou conjunto modular

Um componente construtivo é um produto composto como uma unidade distinta, de geometria definida e dimensões específicas (nas três dimensões), ou seja, um produto que é estabelecido na edificação sem cortes ou ajustes. Para que seja usado em edificações coordenadas modularmente, só é preciso que as medidas de coordenação sejam iguais ao módulo básico de 10cm ou a um multimódulo. O elemento é assim nomeado de *componente modular*. As dimensões de um elemento modular nunca poderão ser iguais ao módulo básico ou a um multimódulo, o que levaria a uma coordenação nula.

Por último, um elemento modular pode ter qualquer disposição geométrica e qualquer medida, uma vez que as subdivisões internas do elemento não afectam a coordenação modular da edificação. Podemos ter como exemplo uma esquadria, onde será modular na razão das suas medidas de coordenação, assim é indiferente o tamanho dos vidros ou o perfil utilizado. (BOUWCENTRUM 1972)

4.7. Breve histórico

A partir da década de 40, é transmitida internacionalmente a coordenação modular como um mecanismo de concordância de dimensões numa construção. As primeiras normas da International Organization for Standardization (ISO) datam da década de 70. A execução da Coordenação Modular depende de três fatores: da Legislação Urbana, exigências de programas de financiamento e normas técnicas, da experiência dos projetistas e construtores e das propriedades dos componentes construtivos disponíveis no mercado.

4.7.1. Os gregos

Para os gregos a proporção estava ligada a harmonia, a beleza e à perfeição dos elementos. O módulo estava presente em toda a obra arquitectónica, das colunas à planta e ao espaço entre as colunas, como se pode ver na Figura 2.1, o diâmetro era utilizado como unidade básica das dimensões, para poder obter divino exemplo entre ritmo arquitectónico e exigências estruturais. Na arquitetura grega, o vão da esquina era menor em relação aos outros vãos, de modo a que os elementos “pré-fabricados” se preservem com a mesma dimensão dos restantes vãos. Baseados neste conceito, os frisos e as vigas preservavam a mesma dimensão ao longo de toda a fachada. CHING (1998).

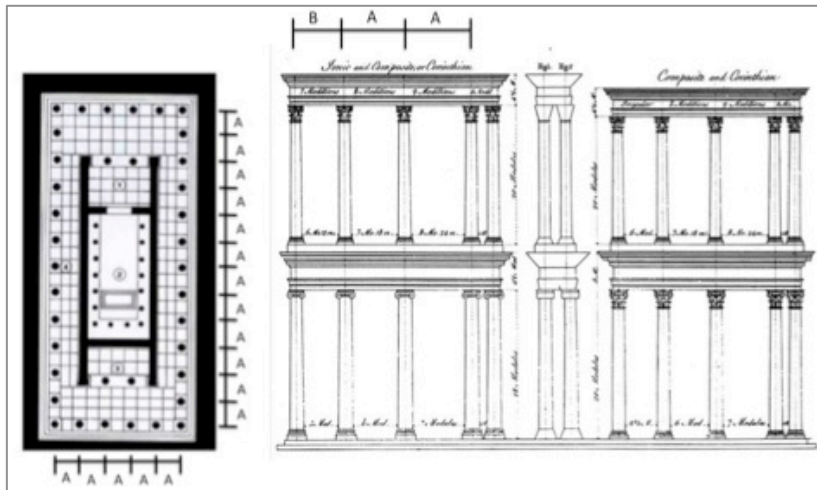


Figura 4.1: Relação entre elementos construtivos típicos da arquitetura grega - alçado e planta. Fonte : MATOSO M. D. e GOMES S.

Na figura 4.1, podemos observar que o vão menor (B), apesar de apresentar dimensões diferentes dos restantes (A), encontra-se estruturalmente em harmonia com os mesmos, mantendo dessa forma as dimensões dos frisos e das vigas iguais.

Na planta podemos ver como toda a construção é dimensionada a partir do módulo. Mesmo sendo o diâmetro da coluna a dimensão moduladora da arquitetura grega, o tamanho desta variava (ordem toscana, dórica, jónica, coríntia), adaptando-se depois o edifício à sua dimensão.

4.7.2. Os japoneses

Introduziu-se uma unidade de medida no Japão, o *ken*, que apesar ser usado no início para dimensionar a separação entre colunas e não ter uma dimensão fixa, foi normalizado para ser utilizado na arquitetura habitacional. Passou a ser uma medida absoluta, passando a reger toda a estrutura, os materiais e os espaços da arquitetura japonesa, ROSSO (1976).

As dimensões de uma habitação eram comunicadas pelo número de tatâmis empregados. No princípio, a dimensão do tatâmi era a que permitia que duas pessoas estivessem sentadas, ou apenas dormindo. Mas, conforme a trama *ken* se desenvolveu, o tatami perdeu sua dependência das dimensões humanas e se perderam também as necessidades de um sistema estrutural e de separação entre colunas baseados nessa modulação. Ele pode ser empregado em todos os espaços internos, onde leva a necessidade de os espaços terem que ser dimensionados e projetados de forma a receber um número inteiro de tatâmis.

As medidas de uma habitação eram definidas pelo número de tatamis utilizados. Numa casa típica japonesa, a medida *ken*, controlava os espaços. Na figura seguinte vemos uma residência típica japonesa, onde as medidas do módulo possibilitam a disposição de espaços retangulares ou quadrado, de forma livre, segundo modelos lineares, agrupados ou arbitrários, CHING (1998).

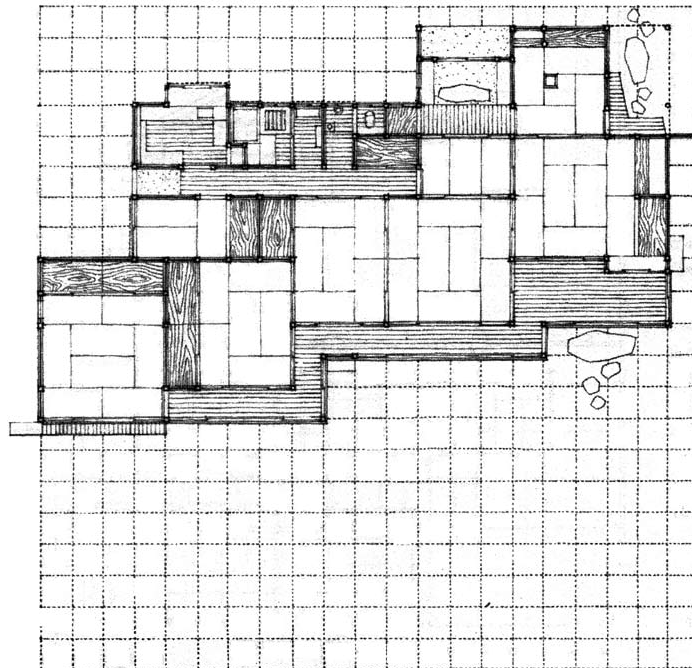


Figura 4.2: Residência típica japonesa. Fonte: BARROS (2011)

4.7.3. Os romanos

O planeamento das cidades e dos edifícios na civilização romana seguiam, do mesmo modo que os gregos, um reticulado modular. Os romanos serviram-se do módulo para construir medidas tanto de componentes construtivos, como de tijolos, tubos, telhas, ladrilhos e colunas, como pormenor de dimensões de copos e pratos, tendo em conta a espessura das juntas ou a sobreposição de peças, ROSSO (1976).

Nominava de *ratio symetriorum* aos tamanhos modulares dos componentes construtivos o arquiteto Vitruvius, que eram pequenos múltiplos de diversas unidades de padrão. Podemos observar, no quadro seguinte (Tabela 4.2), medidas modulares idênticas a pequenos múltiplos inteiros de uma unidade padrão. Essas unidades romanas podiam ser usadas como módulos.

Componentes	Dimensões
Tubo cerâmico para água	Comprimento modular: 1 <i>gradu</i> (passo)
<i>Tegula</i> (telha)	Comprimento e largura modulares: 1 <i>cubitu</i> (osso longo situado na face interna do antebraço) = 6 <i>palmi</i> (palma: porção da mão entre o punho e os dedos)
<i>Imbrex</i>	Comprimento modular: 1 <i>cubitu</i> = 6 <i>palmi</i>
Laje de tijolos para <i>hypocaustu</i> (sistema de calefação)	Comprimento e largura modulares: 1 <i>bipedalis</i> (2 pés) = 8 <i>palmi</i>
Pequena coluna de pedra para <i>hypocaustu</i>	Largura modular: 1 <i>semis</i> = 2 <i>palmi</i> Altura modular: 2 <i>pedes</i> = 8 <i>palmi</i>
Tijolo <i>lydica</i>	Largura modular: 1 <i>pes</i> = 4 <i>palmi</i> Altura modular: 1 <i>palmus</i> Comprimento modular: 1 <i>cubitu</i> = 6 <i>palmi</i>
Vários ladrilhos quadrados para pisos	Áreas modulares = 1 <i>cubitu</i> quadrado ou 1 <i>pes</i> quadrado ou 1 <i>bes</i> quadrado
Vários ladrilhos hexagonais	Largura modular: 1 <i>bes</i> ou 1 <i>triens</i> ou 2 <i>unciae</i> (polegadas)
Pequenas pedras e tijolos para mosaicos de pisos	Espaço modular: 1 <i>uncia</i> cúbica ou 1 <i>semiuncia</i> cúbica ou 1 <i>silicus</i> (rocha) cúbico

Tabela 4.2: Medidas modulares romanas. Fonte: BOUWCENTRUM (1972)

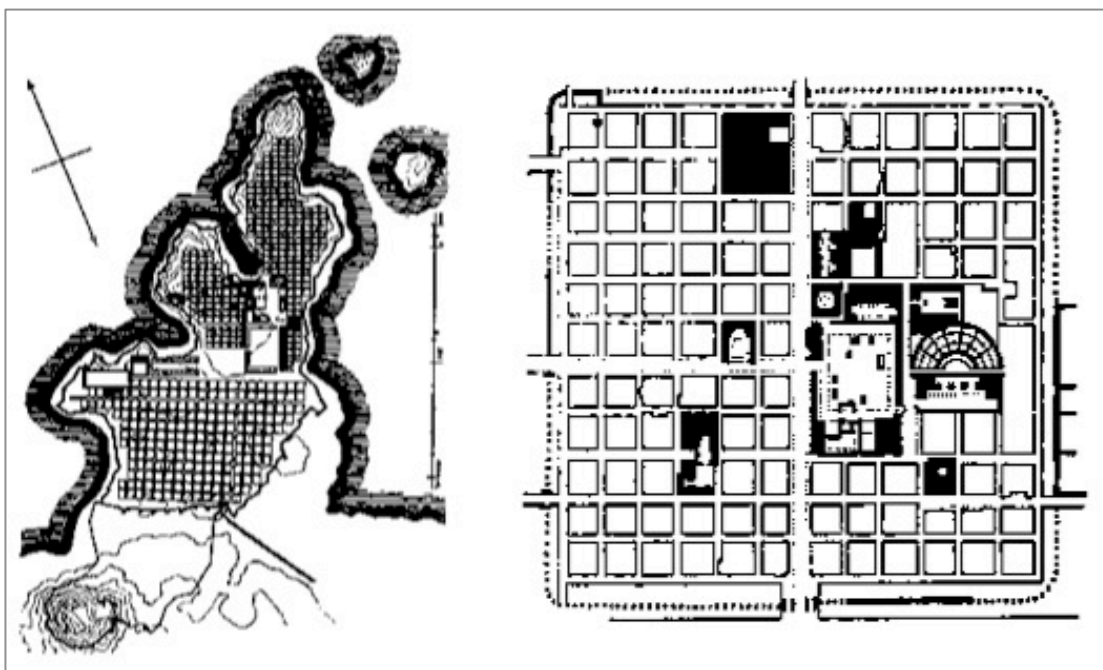


Figura 4.3: Esquerda - Traçado regular da cidade Hipodâmica de Mileto, séc. V a.C. Direita - Valbone, esquema regular sem muralhas. Fonte: GRAZIANO G.

Exemplo do planeamento das cidades é o traçado da cidade da Hipodâmica de Mileto e Valbone. Na Figura 4.3 onde se pode visualizar que os romanos, na criação e construção de cidades utilizavam uma malha para edificar, de modo a criar cidades moderna e com regularidade.

4.8. Do módulo à coordenação modular

O primeiro uso moderna da coordenação modular foi em 1850, o Palácio de Cristal projetado por Joseph Paxton, segundo Rosso (1976).

« ...a partir de então arquitetos e engenheiros de várias escolas e nacionalidades, sensíveis às modificações provocadas pela industrialização crescente e pela produção em massa, começaram a submeter o processo arquitetónico a um profundo trabalho de revisão para colocar os recursos da industrialização a serviço de uma nova revolução, a social, cujos anseios deveriam ser satisfeitos »

No Hyden Park em Londres, por volta de 1851, ocorreu-se a primeira exposição industrial internacional. O prémio do concurso internacional foi ganho pelo arquiteto francês Hector Horeau, mas foi recusado pela comissão que organizava o concurso, uma vez que o edifício era desmontável e com componentes reutilizáveis. A própria comissão nomeou o arquiteto Donaldson e o engenheiro Brunel para a projeção de um novo edifício cujo resultado era impraticável e tinha que ser construído em ferro num curto prazo. Com isto, eles nomearam outro arquiteto para o concurso com mais experiencia no assunto da coordenação, foi chamado Joseph Paxton para a realização do concurso. O edifício foi realizado no prazo pretendido, com pouco custos e com a possibilidade de montagem e desmontagem. Foi completamente construído com elementos pré-fabricados e com influência do módulo do vidro, que na altura não podia ultrapassar os 240cm



Figura 4.4: Palácio de cristal. Fonte: UNI3

O palácio de cristal foi construído com diversos elementos construtivos estudados e coordenados entre si através de uma rede modular. Esta problemática que os engenheiros e arquitetos do pós-guerra na Europa realizou-se a cerca de cem anos atrás, tal como a produção padronizada dos componentes, a substituição da dimensão métrica pela dimensão modular e também considerações como necessidades económicas, técnicas e funcionais. O palácio foi um exemplo para as gerações futuras como construção, em pouco tempo diversas estruturas semelhantes foram construídas em todo o mundo.

Em 1867 não existia nada no território da cidade de Cheyenne. Em menos de três meses foram construídas cerca de três mil casas pré-fabricadas, que depois de habitadas podiam ser montada e desmontada noutra lugar. Ao mesmo tempo, às noções de industrialização, exhibe-se também presentes as noções de flexibilidade e mobilidade que a

arquitetura atual segue (BARROS 2011).

4.9. Século XX

No século XX a industrialização ampliou-se em diversos setores, a arquitetura teve de passar por uma grande revisão, que levou os profissionais a iniciarem vários estudos a respeito da construção pré-fabricada e da coordenação modular. Não era possível suportar altos custos e longos prazos de obras, era necessário a padronização dos componentes construtivos e reduzir os desperdícios. Um arquiteto afirmou que era necessário que as casas eram fabricas em séries como nas fabricas ou ainda como linhas de montagem como Ford montava os seus automóveis, esse arquiteto era Le Corbusier, CHEMILLIER (1980).

Houve outro arquiteto que antecipou os tempos e as fases da coordenação modular, era o alemão Walter Gropius, que projetou a *Casa Ampliável* em 1932, onde podia-se acrescentar corpos volumétricos a casa inicial, e o bairro operário *Weissenhof* em 1927, onde a planta era modular. As duas obras foram projetadas em estrutura metálica, com proteção de painéis de cortiça no exterior. Nesta altura, podia-se considerar bons exemplos tecnológicos sobre o estudo da modulação.

Mas antes do arquiteto Gropius, Alfred Farwell Bermis já tinha desenvolvido a oportunidade do uso do módulo, com uma técnica de construção com denominação de «método modular cúbico». Essa técnica possui os fundamentos da teoria da coordenação modular, que resume-se a “todos os objetos que satisfaçam à condição de possuírem dimensões múltiplas de uma medida comum, são comensuráveis entre si e, portanto, também o são em relação à construção, que integrados passam a formar um todo”. Como dimensão do módulo, para o Bermis, 4 polegadas eram o mais indicado e o mais racional. O engenheiro Fred Head em 1925, recomendou também esta medida para o módulo, com justificação à dar mais flexibilidade adequada para a projeção de obras. Com isto tudo, os estudos do Bermis e as soluções encontradas foram um exemplo para coordenação modular na Europa e nos Estados Unidos ROSSO (1976).

Em 1942, Le Corbusier, começou um estudo sobre um método de proporcionalidade que regulasse as dimensões antropomórficas para as dimensões necessárias a produção industrial. Numa das suas publicações, *Le modulator*, justificou-se com a ajuda da matemática, aplicando as medidas estéticas da secção áurea e da série de Fibonacci e nas proporções do corpo humano. Para Corbusier, o modulo tinha de passar por um fator de multiplicação do numero de ouro, (1,618...). Na figura 2.3, *O Modulator*, é constituído por três medidas: 113cm,

70cm e 43cm. Estas medidas são proporcionais à secção áurea: $43 + 70 = 113$; $113 + 70 = 183$; $113 + 70 + 43 = 226$. As medidas 113, 193 e 226 determina os espaços que a figura humana de braços levantados. A partir das medidas 226 e 113, Le Corbusier desenvolveu as áreas vermelha e azul, onde são as escalas descendentes das dimensões relacionadas com a estatura humana.

Fundamentou-se na medida de 1,83m, e considerou que esta seria o melhor padrão a ser usado por qualquer raça, em qualquer parte do mundo, LE CORBUSIER (1953).

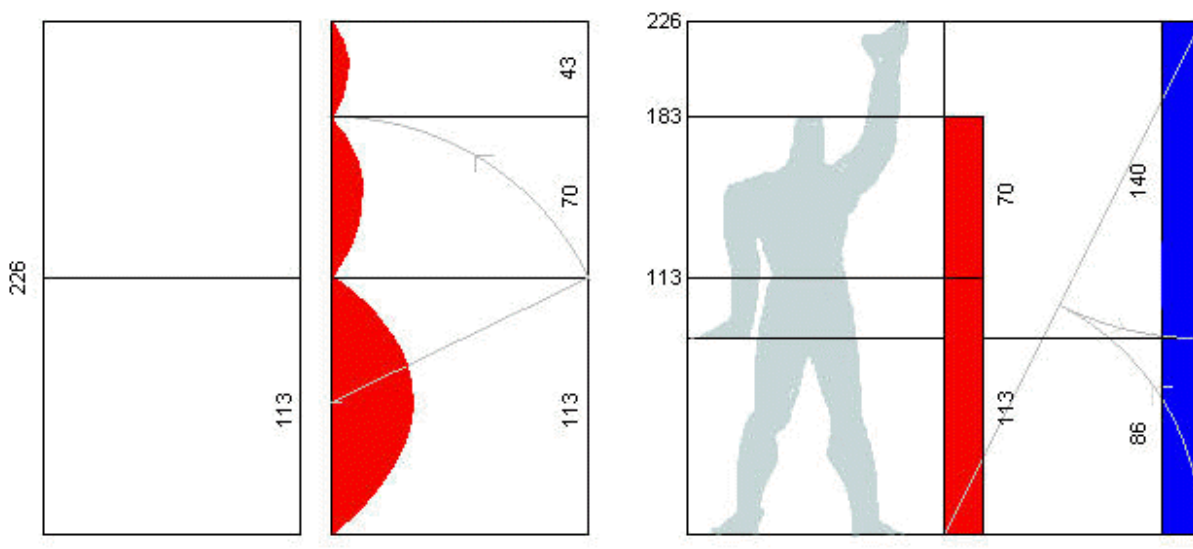


Figura 4.5: O Modulor (Le Modulor). Fonte: LE MODULOR

A aplicação do Modulor era restrita, mesmo que o seu conteúdo dimensional dava um sentido harmónico as dimensões-chave, ou seja, as dimensões estava mais pensadas como termo de instrumento de controlo na arquitetura do que elemento de coordenação entre conceção de projeto. De uma certa forma, podemos dizer que ele abordou a questão de forma incorreta, uma vez que as dimensões reais das pessoas variam segundo a idade, o sexo e a raça, mas no entanto temos que lhe atribuir o mérito da sua contribuição na abordagem mais ampla do tema.

“...aqueles que utilizaram as medidas do Modulor como base nunca mais o poderiam deixar, e dizem também que a utilização do Modulor permite aos medíocres a realização de uma arquitetura de qualidade”, LE CORBUSIER (1953).

Hoje em dia, O modulor entrou no procedimento da conceção de quase todos os arquitetos, as medidas são automáticas como uma régua universal que utilizamos sem mesmo

nos aperceber. Essas medidas tornaram-se incontornáveis para uma elaboração de um espaço de qualidade. (BARROS 2011)

4.10. O módulo no mundo

Um dos primeiros países do mundo a autorizar uma norma de Coordenação Modular decimétrica (módulo de 10 cm) foi o Brasil em 1950, nomeada de NB-25R (GREVEN 2007)

Na parte da Suécia, durante a guerra, começou-se abordar a coordenação modular, com dimensão de 10cm, uma vez que na América do Norte era de 4 polegadas, ou seja, 10,06 cm. Durante a Segunda Guerra, na Inglaterra, o *Building Divisional Council da British Standard Institution* elaborou uma comissão especial que ficou com o cargo de analisar a proposta da *International Organization Standardization (ISO)* e suas possíveis aplicações sobre os resultados obtidos feito nos estudos sobre a coordenação modular.

Em 1953, perante todas as tentativas e experiencias que iam ser elaboradas por diversos países, foi concebido a Agência Europeia para a Produtividade (AEP). Faziam parte desta agência a Islândia, a Bélgica, a Suécia, Luxemburgo, a Alemanha, a Suíça, a Irlanda, a Holanda, Portugal, a Áustria, o Reino Unido, a Espanha, a Noruega, a Grécia, a Dinamarca e a Itália. O objetivo da AEP era de verificar que as vantagens da aplicação da coordenação modular era utilizado apenas com a realização de um estudo metódico a nível internacional, e com isso a toca de opiniões e experiencias dos diversos países onde foram feitos análises por parte de cada país com um modulo-base. Dado a exigência por parte da AEP, os diferentes estudos mostraram que os critérios satisfatórios do módulo eram de 10 cm ou 4 polegadas. Para desempenhar as normas fixadas, em cada país, foi designado um número de edifícios que caracterizavam e certificavam a aplicação dos princípios propostos. Com esta forma, a teoria da coordenação modular foi completada através as diversas investigações práticas dos diversos países.

Na tabela seguinte (Tabela 4.3) é exibido, uma lista de países e o ano em que editaram a sua primeira norma sobre coordenação modular e o módulo que haviam adotado. A França foi o primeiro país a ter uma norma de coordenação modular, em 1942, seguindo-se os Estados Unidos e Bélgica. Portugal viu a sua primeira norma associada à coordenação modular ser publicada em 1953, tendo os 10 cm sido adotados como módulo. (ROSA 2008)

Pais	Módulo	Ano
França	10 cm	1942
Estados Unidos	4 Polegadas	1945
Bélgica	10 cm	1948
Finlândia	10 cm	1948
Itália	10 cm	1949
Polónia	10 cm	1949
Brasil	10 cm	1950
Bulgária	10 cm	1951
Alemanha	12,5 cm e 10 cm	1951
Noruega	10 cm	1951
Hungria	10 cm	1951
Suécia	10 cm	1952
Portugal	10 cm	1953
União Soviética	10 cm	1954
Grécia	10 cm	1955
Roménia	10 cm	1956
Áustria	10 cm	1957
Jugoslávia	10 cm	1958
Dinamarca	10 cm	1958
Checoslováquia	10 cm	1960
Bielorrússia	10 cm	1962
Holanda	10 cm	1965
Inglaterra	4 polegadas	1966

Tabela 4.3: Módulo adotado em vários países. Fonte: BARROS (2011)

4.11. Objetivo da coordenação modular

O objetivo da coordenação modular é de incentivar a compatibilidade dimensional entre os elementos construtivos, onde são definidos nos projetos das edificações, e dos componentes construtivos, onde são definidos nos projetos de produtos dos respectivos fabricantes. Deste modo, a compatibilidade possibilita a simplificação do processo de marcação no estaleiro de obras para o posicionamento e montagem de componentes construtivos. Também, reduz a variedade de medidas empregadas na fabricação de componentes, simplifica a coordenação dimensional nos projetos das edificações e reduz os cortes e ajustes de componentes construtivos. Além disso, a compatibilidade dimensional contribui para o aumento do mercado de exportação e para a cooperação entres os diversos setores da cadeia produtiva da obra.

É chamado de *espaço de coordenação*, o espaço ocupado por um elemento ou componente. Neste espaço, é incluindo o próprio elemento ou componente. As folgas perimetrais feito por razões de deformações são chamado de *ajustes de coordenação*.

4.12. Componentes modulares

Para poder haver uma coordenação, é preciso estar atento a escolha e a correlação de um elemento. Essa escolha deve ser de maior cuidado possível para evitar desperdícios e ao mesmo tempo simplificar a produção e reduzir os custos. O seguro da correlação é feito através da disposição dos componentes e as relações que existe entre elas, e do mesmo modo assegura-se das condições de montagem feito pela produção.

Segundo Lucini (2001), para que estes objetivos sejam realizáveis, a coordenação modular possui 4 fases essenciais para orientar a sua estruturação, existe o sistema de referência, o sistema modular de medidas, o sistema de ajustes e tolerâncias e o sistema de números preferenciais.

4.12.1. Sistema de referência

O sistema de referência é composto por pontos, linhas e planos, que caracterizam a posição e a medida de cada elemento da construção.

“No sistema de referência pode-se estabelecer um plano horizontal de referência, definido por dois eixos cartesianos ortogonais X e Y e dois planos verticais de referência, definidos pelos eixos cartesianos ortogonais X , Y e Z ” (Lucini, 2001).

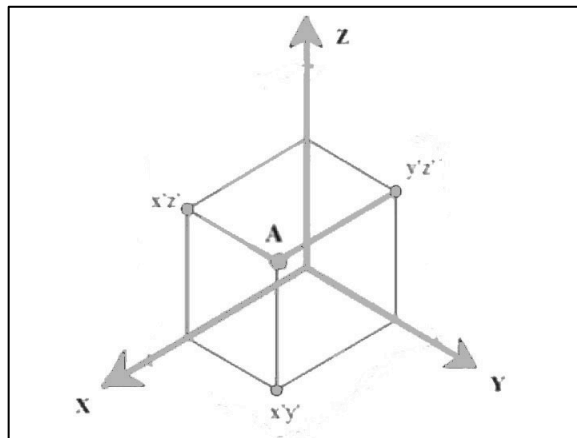


Figura 4.6: Sistema de referência. Fonte: LUCINI (2001)

Determinação do ponto “A” no espaço através das suas projeções nos planos XY, ZX e YZ.

4.12.2. Reticulado modular espacial de referência

O reticulado modular de referência, é composto por uma malha espacial, que serve de ligação para o posicionamento dos componentes da construção, das juntas e dos acabamentos, LUCINI (2001) .

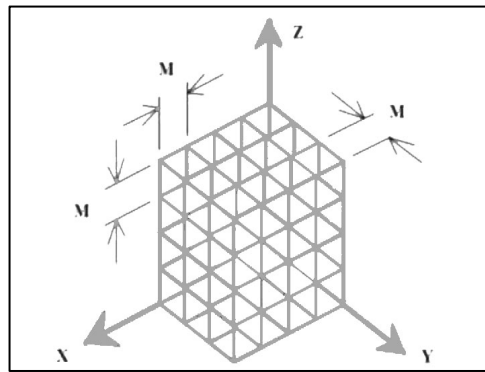


Figura 4.7: Reticulado modular espacial de referência. Fonte: LUCINI (2001)

4.12.3. Quadriculado modular de referência ou malha modular

O quadriculado modular de referência, é a projeção ortogonal do reticulado espacial de referência num plano paralelo. Possui um reticulado espacial e quadriculados planos, onde podem ser no plano horizontal ou no vertical, ROSSO (1976).

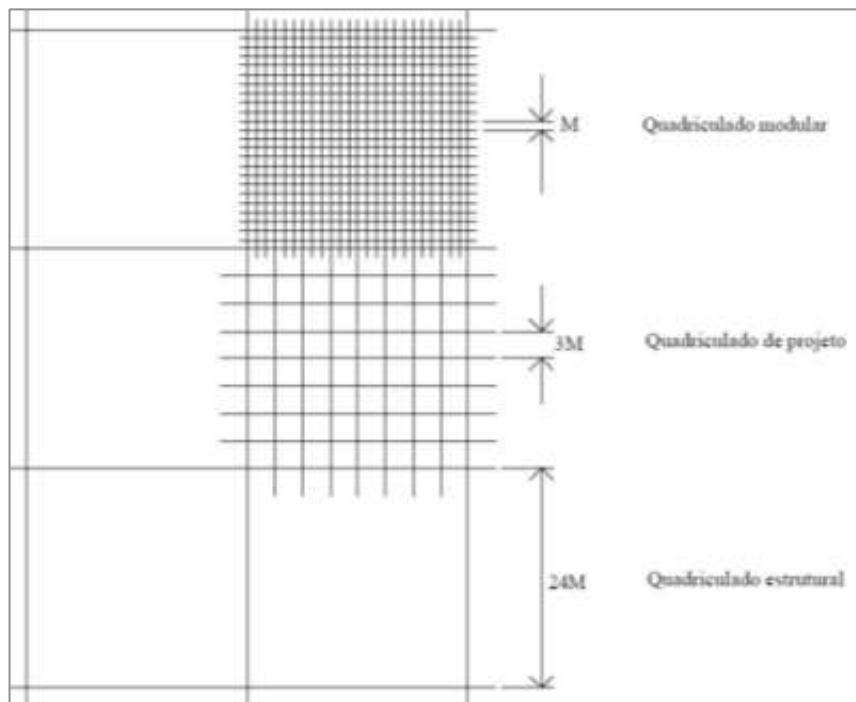


Figura 4.8: Quadriculados modulares de referência (M , $3M$ e $24M$) Fonte: ROSSO (1976)

4.12.4. Sistema modular de medidas

Este método fundamenta-se, na unidade de medida da coordenação modular, o módulo, e em alguns frações ou múltiplos. O módulo compõe-se do espaço entre planos do sistema de referência e baseia-se na Coordenação modular. Os diferentes componentes deverão ocupar espaços determinados por estes planos. Segundo Rosso (1976) , os aspetos do sistema modular de medidas são, Ser aditiva em si mesma (por ser a construção um processo aditivo), conter medidas funcionais e de elementos construtivos típicos e assegurar a interação das partes mediante a combinação das medidas múltiplas ou submúltiplas do módulo.

4.13. Multimódulos

São recomendados, como multimódulos ($n.M$, n =numero positivo inteiro), segundo alguns autores: 3M, 6M, 12M, 30M, 60M pelo IMG; 12M, 15M, 30M 3 60M pela ISO; e 3M, 6M e 12M pela DIN.

Para um bom funcionamento dos elementos e componentes construtivos, é importante a adoção de multimódulos, adequada à solução construtiva. Para poder aumentar as possibilidades de compatibilização de componentes e elementos construtivos de diversos tipos e funções é preciso usar o máximo de número divisores também modular através do multimódulos, como por exemplo no módulo de 8M, todos os valores são múltiplos de 2M e 4M.

4.14. Submódulos

Todos os componentes da construção não podem ser fabricados através dimensões múltiplas do módulo, principalmente, aqueles que pelas suas características, são obrigatoriamente inferiores ao módulo-base, como por exemplo, as espessuras de painéis e paredes, perfis tubos, entre outros. Para se solucionar esta situação é permitido o uso de submódulos (M/n), ROSSO (1976).

Com o submódulo frequentemente utilizado, pode se tornar um perigo com gastos

desnecessário, o que levaria a um aumento da variedade dimensional da gama modular de produtos industriais contrária à economia própria do sistema modular, deste modo, é preciso observar que o submódulo nunca deve ser empregado como o módulo-base, a utilização da aplicação do submódulo dependerá sempre de exigências de ordem funcional e de máxima economia e deve-se avaliar para cada caso, se a correção por excesso para a obtenção do multimódulo mais próximo será um encargo compatível com as vantagens económicas da coordenação modular.

Com isto tudo, é preciso ter o cuidado e ter em conta que um elemento está em constante mudança dimensional em relação às medidas modulares, devido a erros de fabrico, de dilatações, de posições, de deformações e contrações provocados por fenómenos físico-químicos. Isto pode obrigar-nos a respeitar as espessuras mínimas para as juntas.

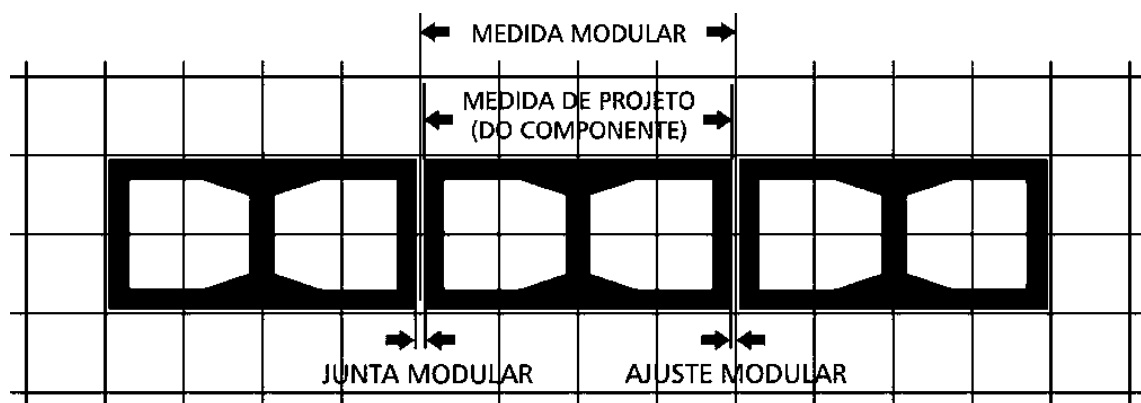


Figura 4.9: Medida modular, medida nominal, junta modular e ajuste modular. Fonte: BARROS (2011)

O espaço ocupado, a ter em conta por um componente, deve compreender o próprio componente e o ajuste modular, por causa de possíveis deformações, tanto no fabrico como na instalação em obra.

Capítulo 5 - Projeto modular em madeira

5.1. Introdução

Depois de ter analisado , explicar e definir a coordenação modular e a sua utilização, neste capítulo vai explicar o caso de um projeto onde se encontro todos os pontos que foi abordados até agora, a utilização da madeira, uma casa sustentável e o emprego da coordenação modular e a inserção de um módulo.

5.2. Residência Hélio Olga

Local: Jardim Vitória Régia, São Paulo SP

Ano do Projeto: 1987

Ano da Construção: 1987-90

Arquitetos: Marcos Acayaba e Mauro Halluli

Engenheiro e Cliente: Hélio Olga de Souza Jr.

Área do terreno: 900m²

Área construída: 220m²

A residência contém uma cozinha, várias salas, uma lavanderia, três quartos, uma piscina, garagem e oficina. Possui o terreno com declive de 27m em 30m de extensão.

Da organização do programa, a área de serviço e social estão organizados num forma de L voltado para o lado leste, protegendo, desta maneira, essas áreas com piscina do vento que vem do Sul.

Existe uma simetria de volumes que surgem desde os tubulões, através de balanços que avançam a cada pavimento. O desenho resulta de uma equação de programa e estrutura que organiza a casa em cinco módulos superiores com 100

metros quadrados para a área social e de serviço; três módulos inferiores com 60 metros quadrados para os dormitórios e mais dois módulos com 20 metros quadrados cada para abrigar o dormitório de hóspedes e uma sala para as crianças. Inclui-se a área das escadas. Toda a estrutura tem simetria e equilíbrio e seu sistema de montagem não tem escoramentos.

Seus estudos de módulos com 3,30 metros permite um pé direito com 2,50 metros e uma dimensão de 65 centímetros livres para as instalações e permitem a ventilação cruzada; auxiliado pela convecção, o ar é encaminhado para os diversos ambientes da casa através de aberturas nos pisos e o ar quente, desse modo, é exalado pelo teto.

Na figura 5.1, percebe-se a utilização de um módulo, e de esta forma utilizar uma coordenação modular para ordenar os espaços da habitação. O módulo é repetido varias vezes até formar uma harmonia total no projeto. (LUCIANA 2013)

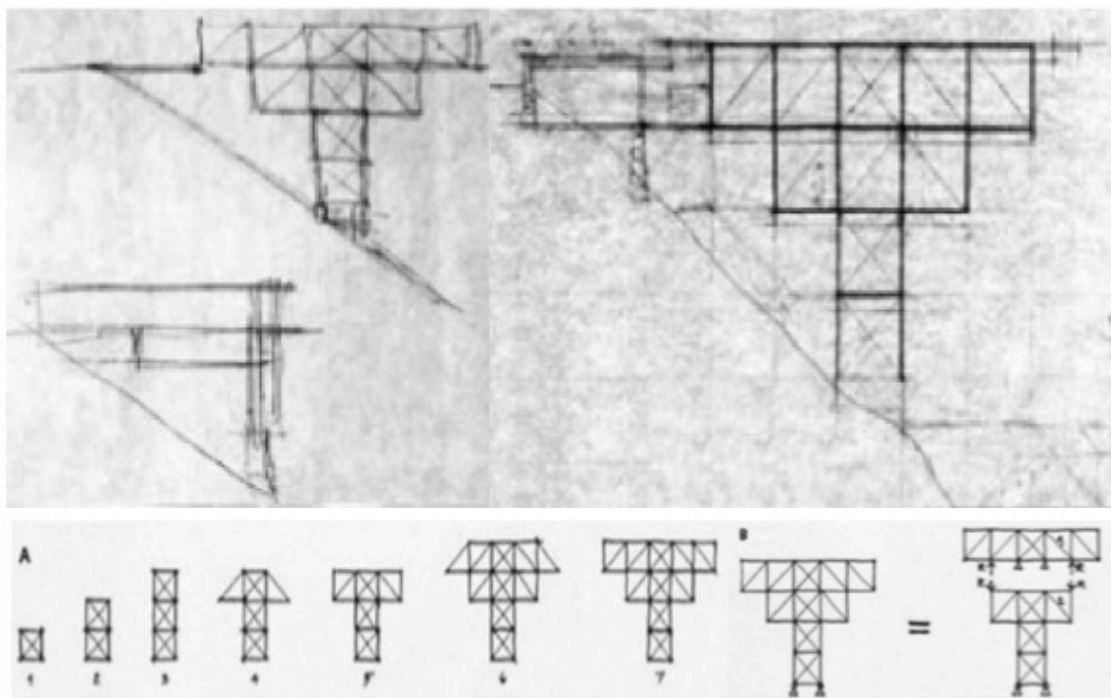


Figura 5.1: Utilização e repetição do módulo. Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>

Diante de uma profunda admiração pela arquitetura japonesa, pela simplicidade, proporções e leveza a transparência e a continuidade espacial levaram

ao arquiteto em evidenciar estes conceitos nesta habitação. Tal pensamento influenciou diversos arquitetos, como um de seus grandes representantes: Frank Loyd Wright, com a conceção orgânica da arquitetura, a casa como “organismo” composta de células, os quais permitem diversos arranjos, diferentes órgãos, ambientes que constituem o lar. Privilegiou assim, a vista e a insolação deixando o terreno com seu perfil original. Com objetivo a produtividade e a racionalização através da modulação.

Ao nível do sistema construtivo, o arquiteto utiliza a madeira como material que soluciona o projeto e não como material rústico. O sistema construtivo é baseado em um patamar de entrada de concreto armado e uma torre de madeira apoiada em seis tubulões. A partir de um módulo estrutural pré-fabricado de madeira de 3,30m x 3,30m, com vigas, pilares e cabos de aço, formam-se treliças.

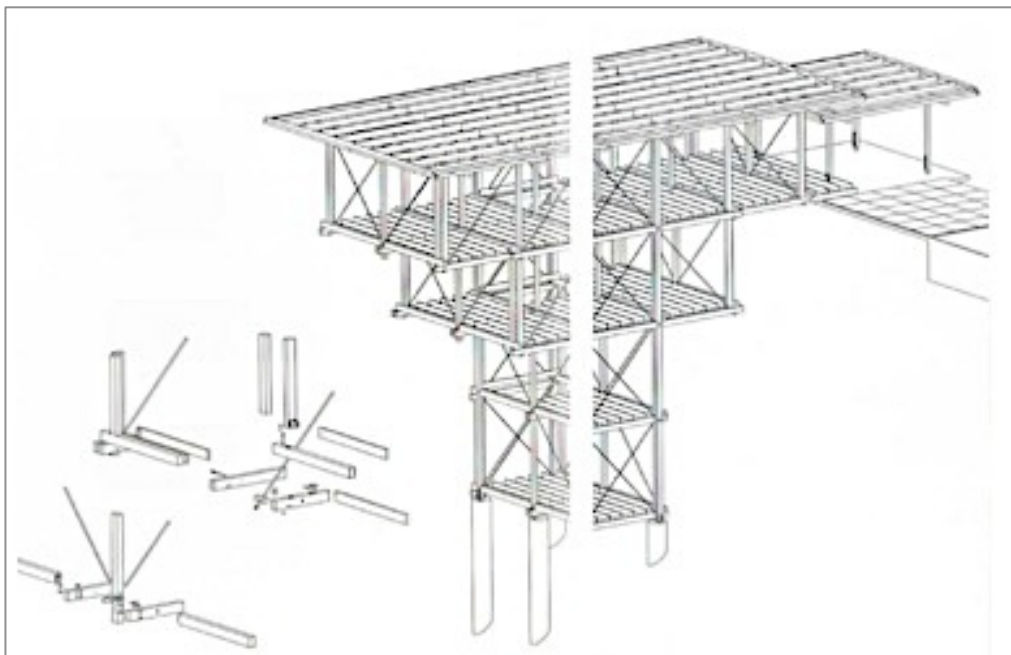


Figura 5.2: Estrutura das vigas pilares. Fonte: TOWFIQ L.

O aço galvanizado constitui os contraventamentos por vergalhões e os tarugos, que são rosqueados à estrutura de madeira. O concreto armado também está presente na construção.

A madeira é um material cuja a manipulação é fácil para adquirir formas e

dimensões variadas. Sua obtenção consiste num procedimento relativamente simples e não exige grande utilização de energia para sua extração. A baixa densidade da madeira é uma das principais características, equivalendo a 1/8 da densidade do aço. Apesar da baixa densidade, sua resistência mecânica é elevada e, de certa forma, a madeira pode ser considerada mais resistente que o concreto convencional devido aos seus valores de resistências características dos materiais.

O principal tipo de madeira que é empregado na construção é madeira maciça, onde são peças de madeira únicas. Estão presentes em vigas e espigões que permitem deste modo, vãos de seis metros. Para utilizar vãos maiores, é empregado um sistema de peças com treliças e tesouros. Na residência, Acayaba estudou módulos de 3,30 x 3,30 metros para que se pudesse usar o sistema de pré-fabricação, evitando assim o desperdício do material.

No mercado, podemos encontrar, valores variáveis para peças de pré-fabricação, a ITA, construtora da residência, onde o cliente, Helio Olga, é o dono desta empresa, trabalha com secções definidas, tais como:

Vigas: 12cm x 20cm, 12cm x 24cm, 12cm x 30cm e 12cm x 36cm.

Pilares: 12cm x 12cm e 17cm x 17cm.

Caibros: 6cm x 8cm, 6cm x 12cm, 6cm x 16cm, 6cm x 20cm e 6cm x 24cm.

Raciocinando com a estrutura, ele propôs uma volumetria escalonada com grandes balanços, formada pela sobreposição de tabuleiros de madeira articulados e contraventados pelas fachadas com tirantes metálicos. Essa solução construtiva lhe permitiu desafiar a gravidade, realizando de maneira inusitadamente nova um ideal de leveza perseguido há muito tempo em sua arquitetura. Uma vez fixado esse partido volumétrico e construtivo, o próprio engenheiro buscou soluções de materiais que pudessem viabilizar a obra, tais como painéis-wall de fechamento (ligeiros, estanques e resistentes às intempéries), e uma capa finíssima de telha metálica, depois recoberta por manta termoplástica impermeável e muito leve.

De acordo com Olga Jr. (1987), os encaixes e dimensionamentos finais da estrutura ficaram a cargo dele, mas todo o arranjo estrutural e o pré-dimensionamento foram definidos por Acayaba (1987) já nos primeiros desenhos.



Figura 5.3: Contraventamento vertical aplicado na fachada. Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>

O desenvolvimento da estruturação, ocorreu seguindo uma conceção modular de projeto, na qual o programa se distribui por 20 módulos cúbicos de 3,30m x 3,30m x 3,30m escalonados e agrupados dois a dois. A medida base da modulação é de 1,10m, devido à largura das placas utilizadas como vedação (painel wall), evitando cortes e desperdício de material. Em cada módulo é previsto um pé-direito de 2,50m. Na parte superior ficam 0,80m para passagem de instalações. Seguindo a medida base de 1,10 m, pode-se trabalhar na composição de módulos maiores, como no caso do escritório, que Hélio construiu posteriormente ao lado de sua casa, seguindo modulação de 5,50 m x 5,50 m x 3,30 m.

Os contraventamentos são compostos por vergalhões de aço galvanizado fixados por tarugos, também em aço galvanizado, rosqueados à estrutura de madeira. Eles impedem que o edifício sofra deformações nos sentidos horizontal e vertical da estrutura.



Figura 5.4: Contraventamento horizontal fixado ao nó estrutural abaixo do piso. Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>

O piso também funciona como travamento horizontal da estrutura, transferindo as cargas dos pisos superiores para as vigas secundárias, evitando deformações de torção no conjunto.



Figura 5.5: Vigas secundárias. Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>

Os demais detalhamentos e soluções estruturais como a composição dos tramos das treliças, fixação e nós foram resolvidos da seguinte forma : Nó estrutural: encontro de fundação com vigas e pilaretes de madeira e vergalhões de contraventamento. Tarugos de aço resistem melhor às forças de compressão muito intensas perpendiculares ao sentido das fibras. Tarugos de aço fazem a transição entre a fundação e a estrutura de madeira.

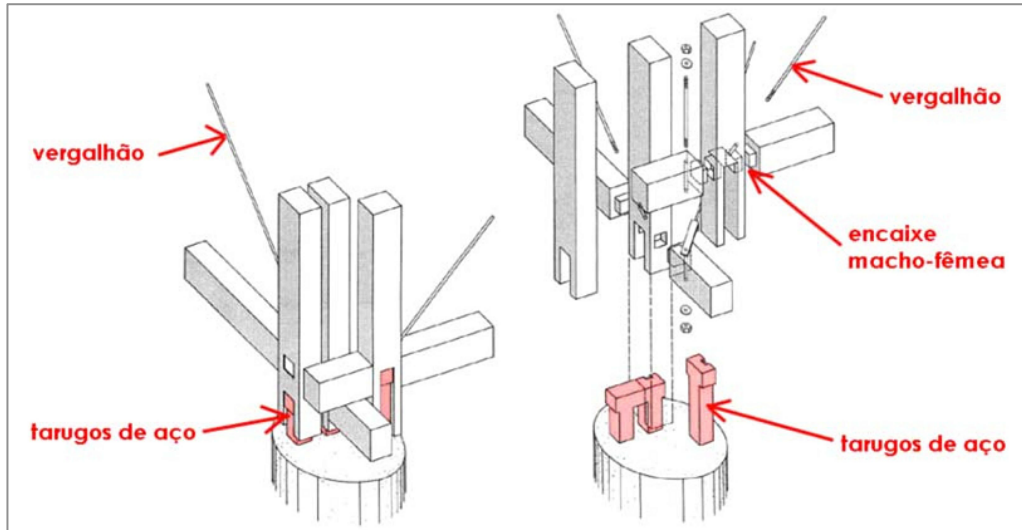


Figura 5.6: Detalhe estrutural. Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>

Nó estrutural : Encontro de vigas, pilaretes e vergalhões em quina. Vergalhões de contaventamento são fixados ao tarugo de aço.

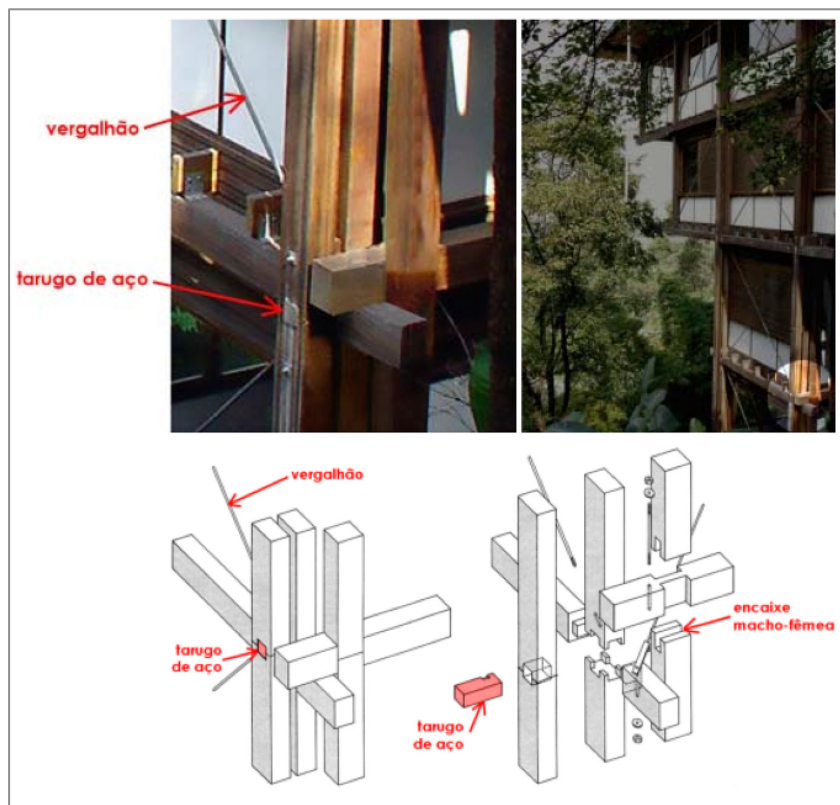


Figura 5.7: Detalhe estrutural II. Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>

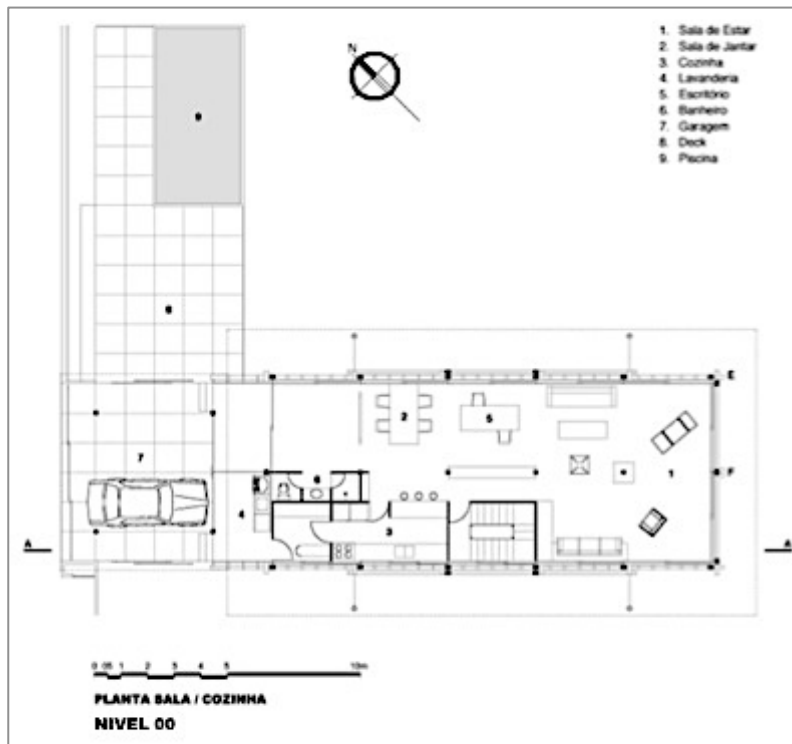


Figura 5.8: Planta 00. Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>

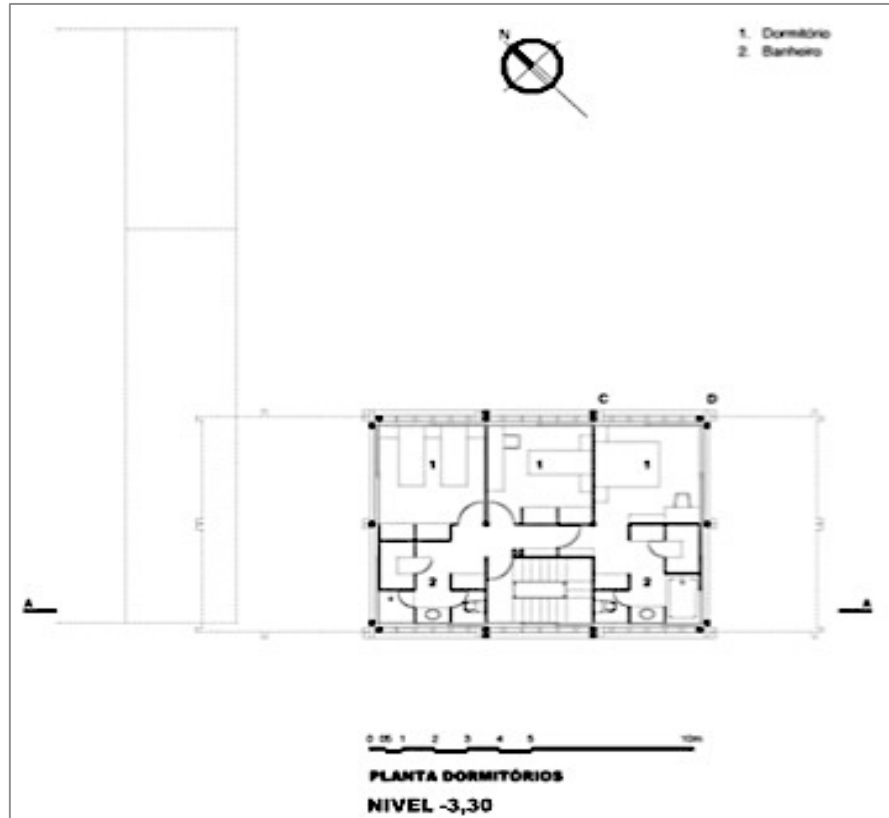


Figura 5.9: Planta -3,30. Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>

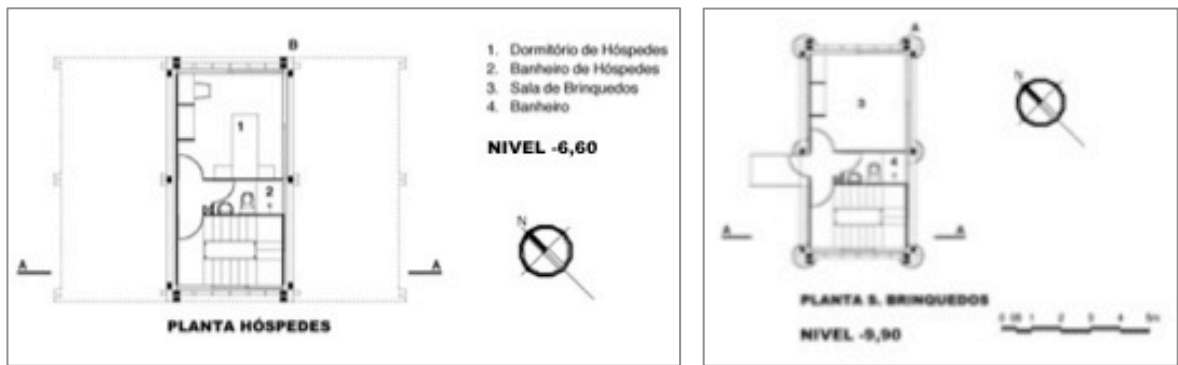


Figura 5.10: Planta -6,60 e -9,90 . Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>

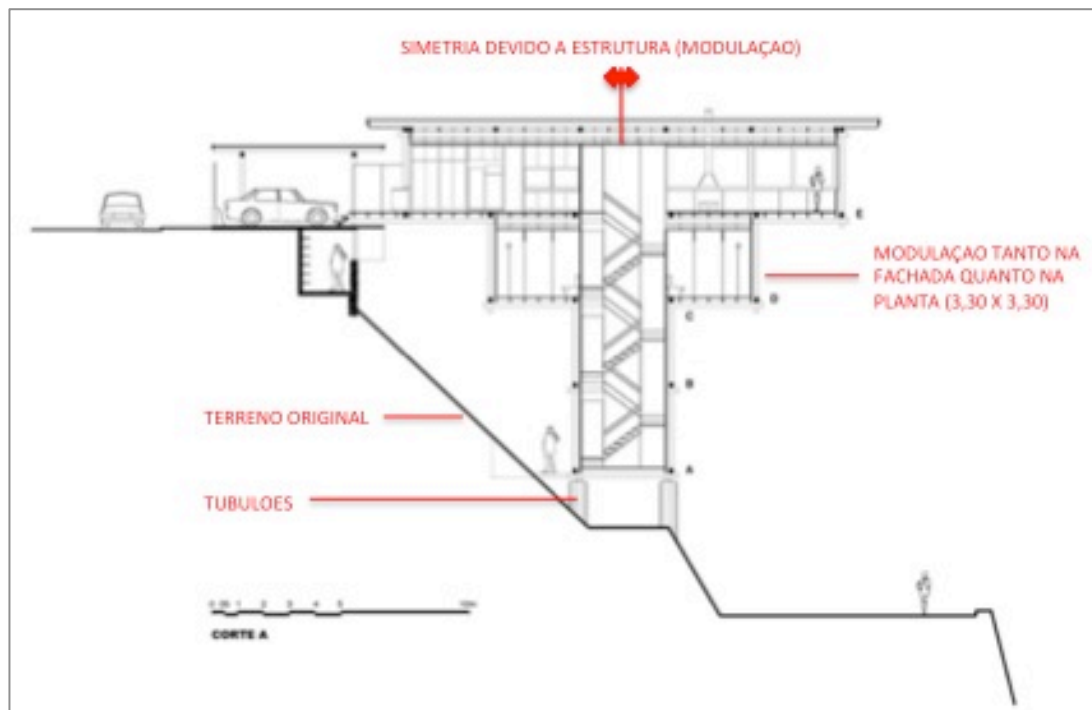


Figura 5.11: Corte A-A' . Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>



Figura 5.12: Perspectivas da Residência . Fonte: <http://cadernoteca.polignu.org/>

A utilização da madeira como sistema estrutural na construção civil, esta presente em algumas construções feitas no Mundo, mas a questão da adequação entre o uso de um material local e rudimentar, como a madeira, e a fidelidade a um raciocínio espacial moderno (modulação geométrica , planta livre, independência dos volumes construídos), aparece também como preocupação comum nas obras dos principais arquitetos modernos tais como Lina Bo Bardi (casa Valéria Cirell, São Paulo, 1958; casinha- estúdio no Morumbi, São Paulo, 1986), Paulo Mendes da Rocha (casa Artemio Furlan, Ubatuba, 1973), Álvaro Vital Brazil (abrigos para o SEMTA, Amazônia, 1943), Francisco Bolonha (casa Hildebrando Accioly, Petrópolis, 1949, e outras), e muitos outros ainda.

A casa Helio Olga Jr é um grande objeto de estudo arquitetônico e de engenharia que, apesar de sua construção ter ocorrido há cerca de 30 anos atrás, essa obra ainda apresenta características geradoras de discussões contemporâneas.

Capítulo 6 - Anteprojeto

6.1. Introdução

Depois de analisar, explicar e definir os pontos anteriores, pretende-se com este capítulo projetar o caso de um anteprojeto onde se realiza um resumo de todos os capítulos abordados até agora. O anteprojeto é realizado com madeira, pretende-se um espaço sustentável com a aplicação e coordenação modular, com a inserção de um módulo, para melhor gerir os espaços. A desmontabilidade e montabilidade vai ser o ponto forte desse anteprojeto, uma vez que é fácil de montar, através de encaixes, e ao mesmo tempo fácil de desmontar sem perder a rigidez que uma parede possui, e assim poupar tempo ao nível da construção.

6.2. Anteprojeto

Um dos problemas hoje em dia, é encontrar uma casa conforme as nossas necessidades e que nos agrade ao mesmo tempo. Existem muitas propostas para poucos clientes, assim sendo neste anteprojeto é analisado o caso de projetar uma casa única e de apreciação geral. Uma casa que agrade a todos é quase impossível, uma vez que cada um tem os seus gostos, é por isso que são analisadas diferentes formas de projetar e chegou-se à conclusão, que o melhor seria criar os nossos próprios espaços interiores, conforme o gosto de cada um. Para chegar a este fim realizou-se um anteprojeto onde as paredes podem se mover seguindo uma grelha consumada por módulos visíveis na planta. Desta forma, o cliente pode mover e criar novos espaços consoante as suas necessidades e gostos.

Como já foi referido anteriormente, a principal preocupação de uma construção é o tempo, é por isso que a utilização de um módulo e das peças pré-fabricadas são requisitos para este anteprojeto. A aplicação do módulo 1m x 1m é utilizado para facilitar o desenvolvimento do espaço, de forma a controlar e gerir as áreas. Assim sendo, o módulo pode ser empregado como à vontade do cliente, pode

ser utilizado de várias maneiras, criando novos espaços e dando uma nova forma à casa.

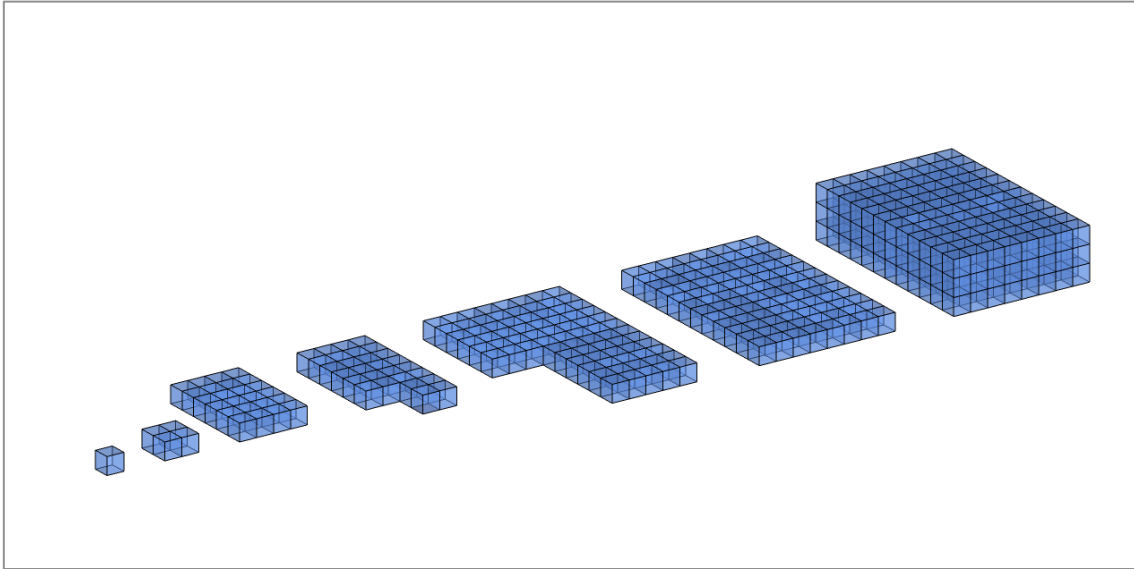


Figura 6.1: Utilização do módulo 1m x 1m.

Para que se verifique esta liberdade de criação de espaços e de uma nova forma, é necessário analisar a estrutura de modo a se poder montar e desmontar facilmente.

A fim de divulgar a possibilidade de flexibilidade e a conectividade dos sistemas abertos, fez-se uma pesquisa sobre os diversos tipos de dispositivos de ligação empregados em diferentes sistemas construtivos.

As técnicas de montagens desenvolvem-se em novos meios de construção, incluindo o uso de conectores para ambos os elementos pré-fabricados, como para ligações com outros materiais, sendo uma das condições necessárias. Esta evolução pode proporcionar condições favoráveis para a expansão da aplicação da madeira.

Aprender as diferentes ligações de madeira e as suas técnicas é fundamental. As uniões entre madeira são muito sensíveis de realizar, porque requerem algum rigor na medição, traçado e corte. A união das peças consiste em conciliar as duas metades da espessura de cada peça.

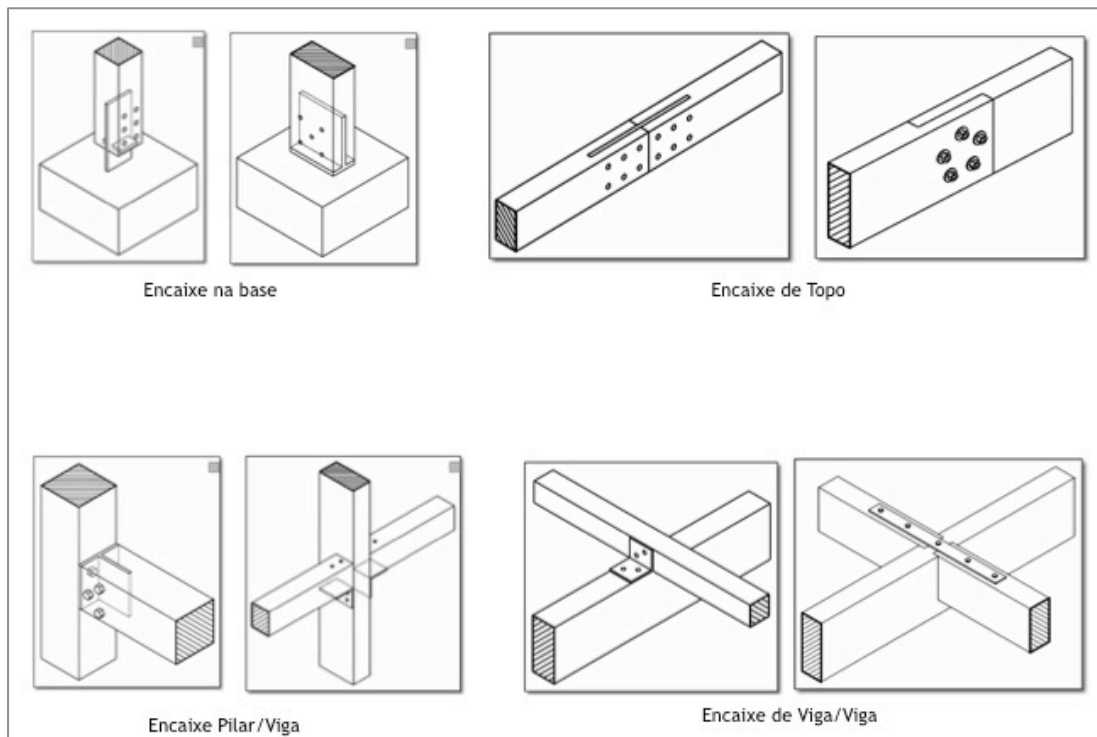


Figura 6.2: Encaixes feitos com ajuda de conectores metálicos. Fonte: <http://tecnicasdemarcenaria.blogspot.pt>

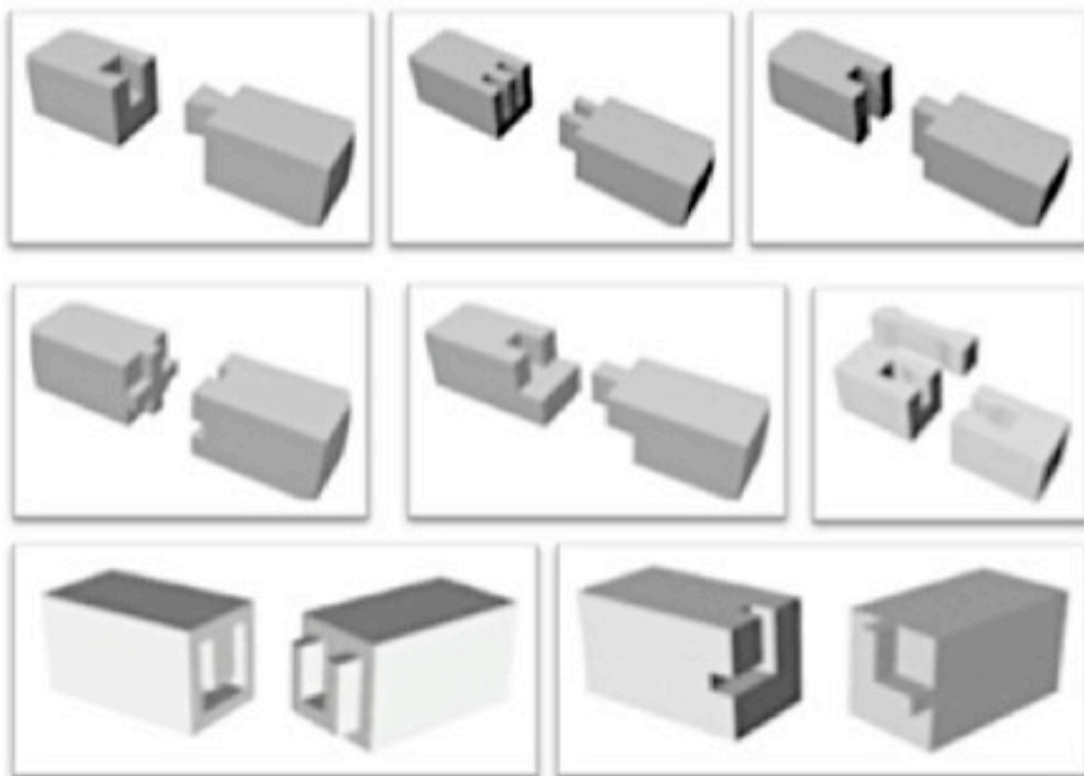


Figura 6.3: Encaixes madeira a madeira. Fonte: <http://tecnicasdemarcenaria.blogspot.pt>

No projeto, estão apresentados alguns dos múltiplos encaixes que existem na construção dos dias de hoje. Aqui, são expostos, apenas, alguns dos múltiplos encaixes existentes, só para se ter uma ideia de como estes podem colaborar na coordenação modular. Esses encaixes em colaboração com a construção modular criam uma certa perfeição agradável a vista.

Com a pesquisa que foi feita sobre as conexões e os encaixes, que podem ser feitas entre vigas e pilares, servem na estruturação do anteprojeto. Depois, de estudar as diferentes possibilidades de conexões e encaixes entre lajes, vigas e pilares, são criados os seguintes encaixes:

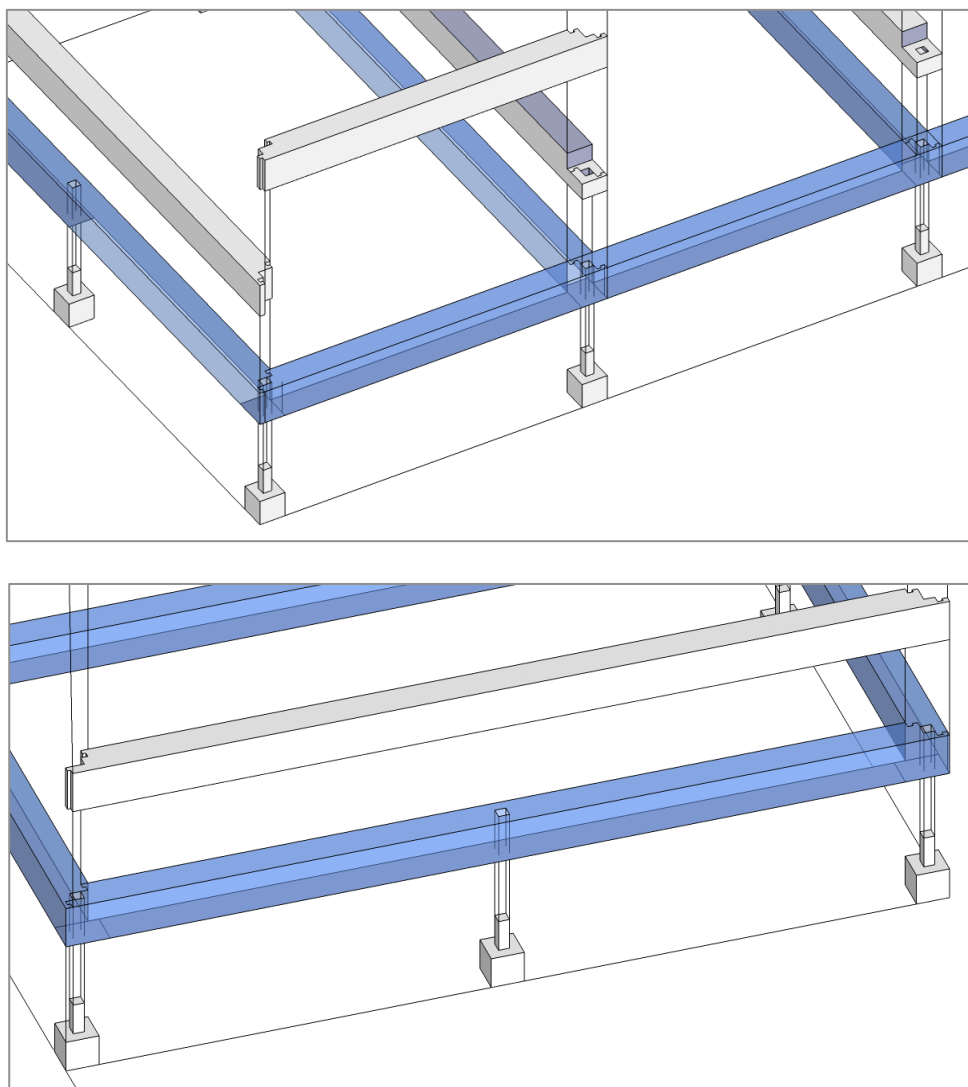


Figura 6.4: Encaixes das diferentes vigas com os pilhars.

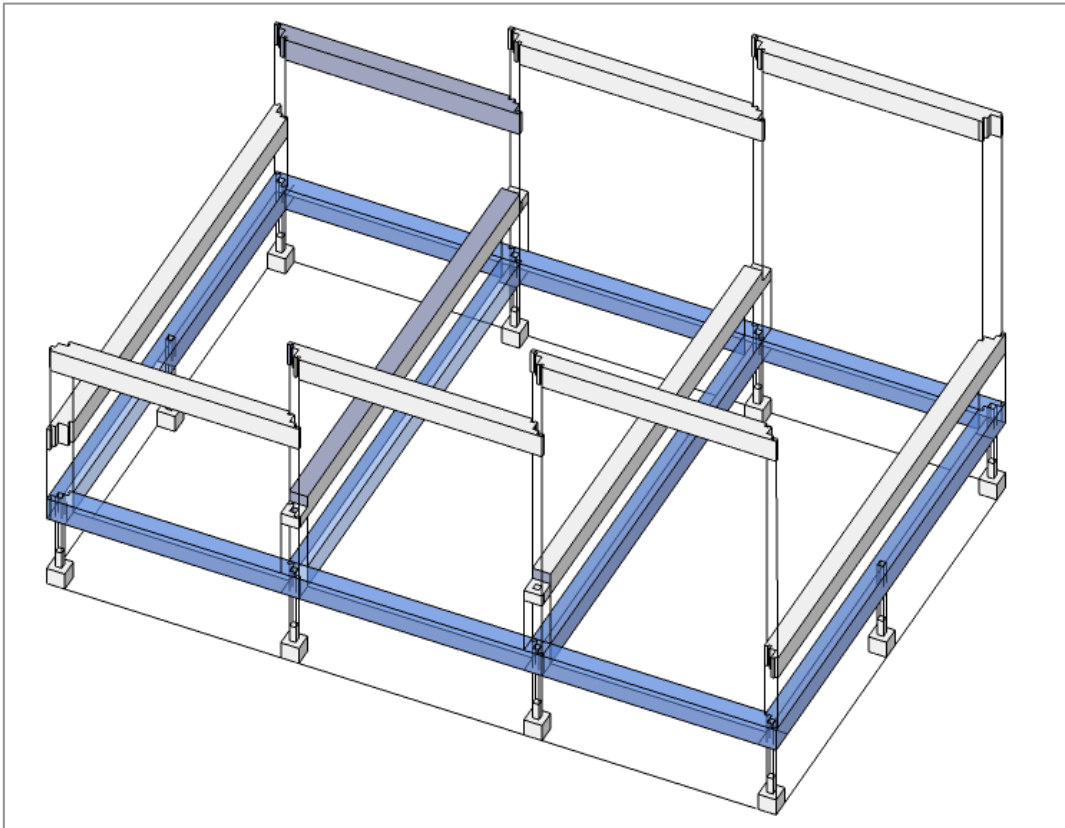


Figura 6.5: Estrutura base do anteprojet.

Aqui se encontram os diferentes encaixes feitos entre os pilares e as vigas. Através dos diferentes encaixes, podemos montar e desmontar a estrutura com certa facilidade, e assim manter uma perfeita harmonia com as medidas. Na figura seguinte pode-se verificar como os encaixes funcionam entre si.

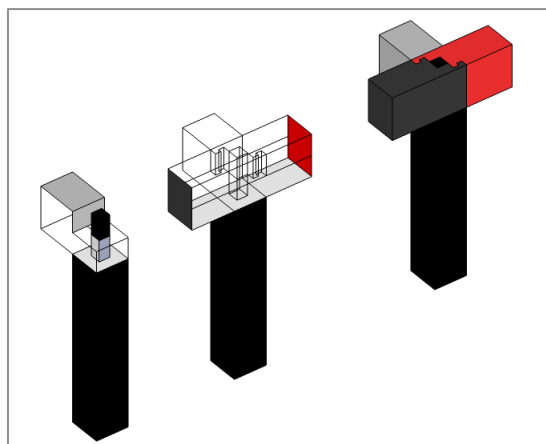


Figura 6.6: Encaixe de viga e pilar.

As paredes exteriores da casa são criados a partir da ideia de “puzzle”, onde existe uma ligação perfeita entre elas, e assim cria-se a forma através de encaixes e de ligações.

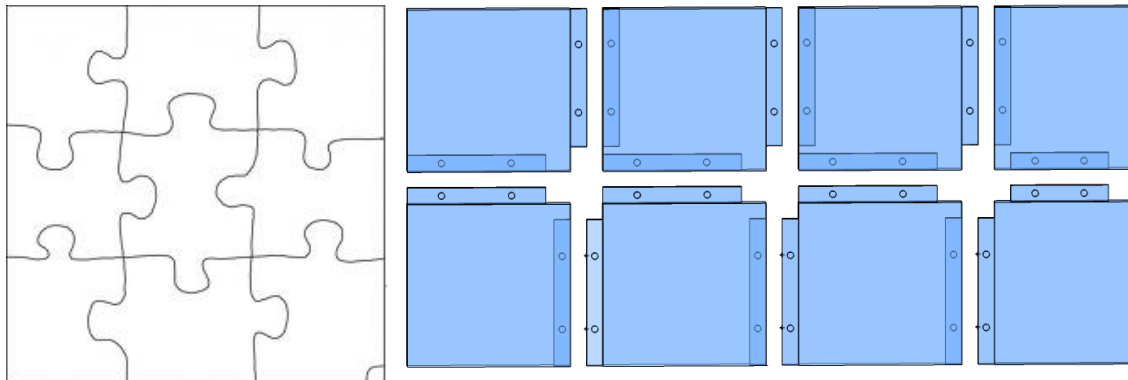


Figura 6.7: Exemplo de um puzzle Fonte: <http://www.motherspuzzles.com/>

Desta forma, a estrutura do anteprojeto pode ser montado e desmontado em pouco tempo, como se fosse um brinquedo. Assim poupa-se tempo na construção e cria-se um ambiente agradável, com a ajuda de recursos renovável e materiais pré-fabricados. A estrutura é constituída principalmente por madeira de pinho bravo, onde a estrutura principal, em certos pontos, é constituída por ligações metálicas.

Para poder usufruir de uma flexibilidade perfeita, as próprias paredes dos espaços interiores podem se mover ao gosto do cliente, como já foi referido anteriormente, e assim criar, gerir e ampliar ou mesmo eliminar espaços. Para se poder realizar este efeito, é criada uma grelha através dos módulos inseridos, onde se podem deslocar e mover as paredes interiores. Este mecanismo é criado através de vários trilhos no chão e no teto, com o apoio do alumínio, material que patrocina o deslizamento. Com esse método podemos manipular à nossa vontade os diferentes espaços interiores. Este mecanismo é frequente no mundo do mercado, no deslizamento de janelas, mas neste caso é adotado para o deslizamento das paredes interiores.



Figura 6.8: Exemplo do mecanismo sobre trilho Fonte: <http://www.tendergroup.com>

Com ajuda desta pesquisa deu para aplicar este método nas parede interiores do ante projeto como o mostra a Figura 6.9.

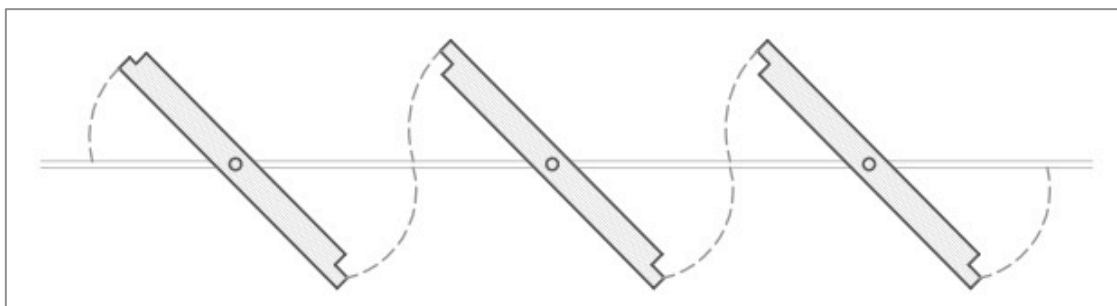


Figura 6.9: Mecanismo nas paredes interiores.

Assim sendo, quando se observa a planta oficial verifica-se que existem “n” formas de dividir este espaço, através do movimento e rotação das paredes interiores.

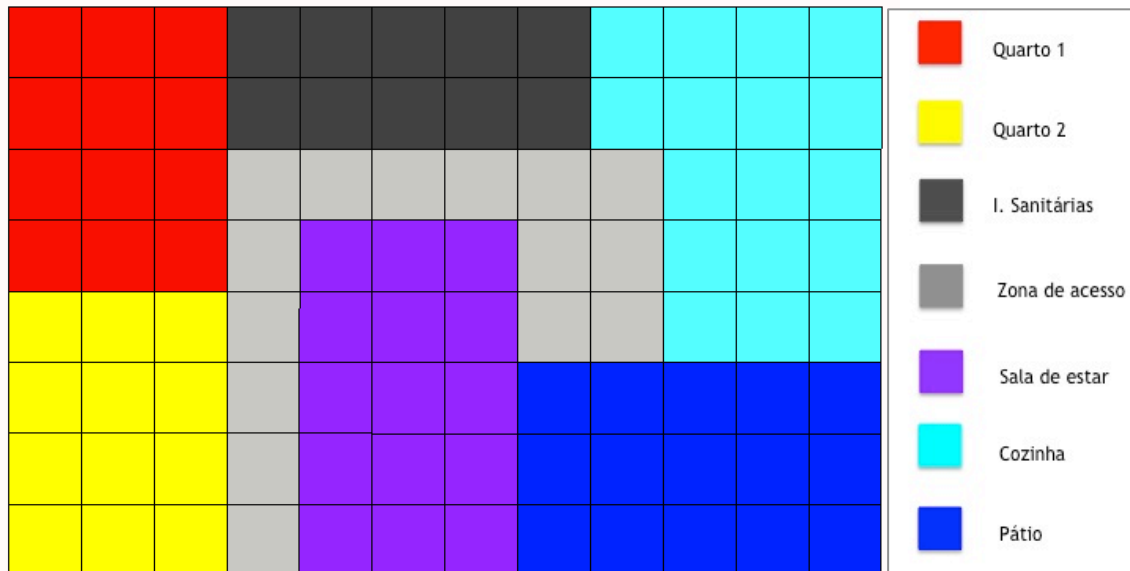


Figura 6.10. Planta oficial com módulo de 1m x1m.

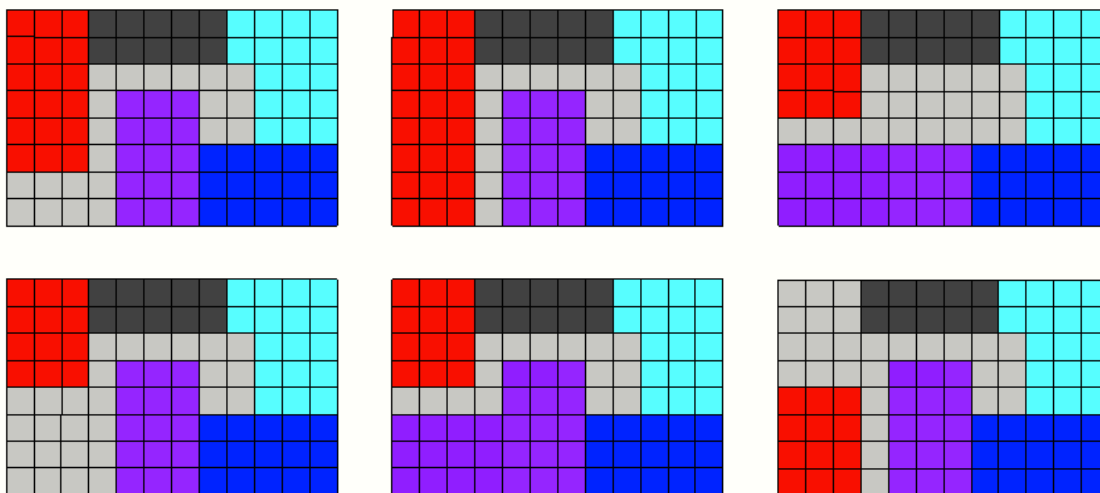


Figura 6.11 Plantas possíveis

Conclusões

Hoje em dia, a nível da construção no nosso país, continua-se a utilizar o método tradicional, sendo difícil a aceitação da sustentabilidade quando aplicada na construção. Isto porque, o custo e o tempo é um dos fatores mais importante hoje em dia, é por isso que se torna necessário informar e avaliar esse tipo de construção sustentável para a sociedade, uma vez que a madeira contribuí para o meio ambiente, como recurso renovável, e também por ser um material acessível a todos.

Com esta dissertação, pode-se concluir, que os objetivos delineados inicialmente foram atingidos. Percebeu-se que, ao longo dos tempos e das culturas, o uso da madeira torna a construção sustentável, e que a utilização de um módulo pode estruturar melhor os espaços.

Estudaram-se as diferentes vantagens que a madeira possui para uma construção sustentável, e concluiu-se que é um dos materiais mais sustentáveis existentes, não sendo nocivo para o ambiente, na construção ou demolição de edifícios, sendo completamente reciclável.

A nível da arquitetura, o uso da coordenação modular é uma grande vantagem, para melhorar a estruturação, gerir os espaços e progredir para uma arquitetura mais sustentável. É da responsabilidade do arquiteto, no que respeita a projeção de um edifício, a utilização de materiais sustentáveis, de forma a construir em harmonia com o ambiente, dos esboços até a sua demolição e dos materiais a utilizar na sua construção.

Por fim, podemos notar que a arquitetura sustentável fez a sua entrada, principalmente a nível da construção, mas ainda é difícil a utilização da sustentabilidade a todos os níveis de uma construção. Assim sendo, é preciso informar e dar a conhecer as múltiplas vantagens que a madeira possui na contribuição de uma arquitetura sustentável, com uso da coordenação modular. Esta dissertação não oferece as soluções para a coordenação modular, como contributo à arquitetura, mas constitui uma fonte de pesquisa para trabalhos futuros.

Referencias bibliográficas

ARQUITECTURA E ENGENHARIA MAGAZINE. Artigo «Casa Modular, Sustentável e Transportável - Estudio Aisslinger » Disponível em <http://arquitecturaengenhariamagazine.blogspot.fr> [consultado em maio 2013]

AUGUSTO O. C. A. (2011) A metodologia da avaliação do ciclo de vida na definição de critérios de sustentabilidade de edifícios. Universidade Lusíada Editora Coleção Teses .Lisboa. 210p.

BARROS S. V. H. (2011) Arquitetura, sustentabilidade e coordenação modular - Desenvolvimento de sistema construtivo modular. Universidade da Beira interior - Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura. 97p.

BOUWCENTRUM (1972) Plano de implantação da Coordenação Modular. Centro Brasileiro da Construção. BNH/CBC, volume 1

CACHIM B. P. (2007) Construções em madeira - a madeira como material de construção Publindústria. Porto. 179p.

CAPORIONI G. (1971) La coordinación modular. Barcelona.

CARVALHO A. (1996) Madeiras Portuguesas vol. I e II - Estrutura anatómica, Propriedades, Utilização. Instituto florestal. Lisboa. 340p.

CHEMILLIER P. (1980) Industrialización de la construcción. Editores Técnicos Asociados. Barcelona

CHING F. (1998) Arquitetura: forma, espaço e ordem. México.

CNDB. Artigo « Construction et aménagement » Disponível em <http://www.bois-construction.org> [consultado em maio 2013]

COELHO F. A. C. (2012) A sustentabilidade do Uso da Madeira na Construção. Universidade do Minho - Escola de Engenharia. Tese de mestrado. 127p.

DIAS A. Artigo «A madeira, uma excelente proteção contra o fogo» Disponível em

<http://estruturasdemadeira.blogspot.pt> [consultado em maio 2013]

DIAS A. e BASTOS P. Artigo « Encaixes e peças» Disponível em <http://www.carpinteria.com.br/portfolio/> [consultado em maio 2013]

DISEÑO Y ARQUITECTURA. Artigo « Casa Desmontável de studio Aisslinger» Disponível em <http://www.trendsnow.net/architecture> [consultado em maio 2013]

DOLABELLA R. (1999) Madeira como material de construção. Engenharia Civil .Pontifca Universidade Católica do Paraná. 16p

DUARTE P. M. (2006). Ambiente e Construção sustentável. Instituto do Ambiente. Amadora. 241p

ECE. Artigo « Le Modulor » Disponível em <http://www.lenombredor.free.fr/modulor.htm> [consultado em abril 2013]

ECOLOGIA URBANA. Artigo « Sustentabilidade » Disponível em <http://www.ecologiaurbana.com.br> [consultado em abril 2013]

ECP. Artigo « Gestão Ambiental ». Disponível em <http://www.consultoriaambiental.com.br> [consultado em março 2013]

FCBA. Artigo « Actualités de bois construction » Disponível em www.fcba.fr [consultado em maio 2013]

GRAZIANO G. Artigo « Classicismo e Modernismo - da cidade Colonial Hispano-Americana » Disponível em <http://www.carlamaryoliveira.pro.br> [consultado em abril 2013]

GREVEN H. (2000) Coordenação Modular, Técnicas não convencionais em edificação. Porto Alegre. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

GREVEN A. H. e STAUDT F. B. A. (2007) Introdução à coordenação modular da construção no brasil - Uma abordagem atualizada. Coleção HABITARE/ FINEP, Porto Alegre. 72p.

LE CORBUSIER. (1953) El Modulor. Buenos Aires. Poseiden.

LUCIANA. Artigo « Apresentação projeto IV » Disponível em <http://fr.scribd.com> [consultado em maio 2013]

LUCINI H. (2001) Manual técnico de modulação de vãos e esquadrias. São Paulo

LSF. Artigo «Construção sustentável » Disponível em <http://www.futureng.pt/informacao-tecnica> [consultado em abril 2013]

MARQUES L. (2008). O papel da madeira na sustentabilidade da construção. (FEUP, Ed.) Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Especialização em Construções Civis. Porto.

MARQUES M. M. L. E. (2008) O Papel da Madeira na Sustentabilidade da Construção. Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia. Teses de mestrado.

MASCARÓ L. (1976) Coordinación Modular? Qué es?. Buenos Aires.

MATEUS M. S. R. F. (2009) Avaliação da Sustentabilidade da Construção - Propostas para o desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis. Universidade do Minho - Escola de Engenharia. Tese de mestrado. 427p.

MATEUS, R. e BRAGANÇA L. (2006) Tecnologias Construtivas para a sustentabilidade da Construção. Edições Ecopy. Porto. 287p.

MATOSO M. D. e GOMES S. E. Artigo « Classicismo, Coordenação Modular e habitação » Disponível em <http://danilo.arq.br> [consultado em abril 2013]

MELO. J. R. (1999) Secagem de madeira - teoria e pratica da secagem artificial da madeira. Estação Florestal Nacional. Lisboa. 383p.

MENEZES M. M. L. E. (2008). O papel da madeira na sustentabilidade da construção Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Mr K. Artigo « The Fincube by studio Aisslainger » Disponível em <http://www.disenoyarquitectura.net> [consultado em maio 2013]

OLIVEIRA A. P. (2010) Madeira como material estrutural. Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Brasil . 33p.

PEFC. Artigo « Particularidades da Floresta Portuguesa » Disponível em <http://www.pefc.pt> [consultado em março 2013]

PIANCA J. B. (1980) Manual do Construtor 1º volume. Editora Globo. Porto Alegre. 170p.

PLACE J. M. (2003) L'architecture d'aujourd'hui - Le bois. Paris .nº 347, pag.36-37.

PLACE J. M. (2003) L'architecture d'aujourd'hui - Le bois - Structure. Paris .nº 476, pag.23,25

SANTOS C. M. (1986) Manual técnico do carpinteiro e do marceneiro. Editor Portuguesa de livros técnicos e Científicos. Lisboa. 198p.

STAUDT F. B. A. (2004). Contribuição à implantação da coordenação modular da construção no Brasil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do rio Grande do Sul. Porto Alegre . 148p.

ROSA E. L. (2008). Sistema Plataforma em madeira: coordenação modular e conectividade. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Departamento de Engenharia Civil. Brasil.

ROSA E. L. (2009). Coordenação modular em sistemas leves de madeira e sistemas mistos. Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina , Brasil. 10p.

ROSSO T. (1976) Teoria e prática da coordenação modular. São Paulo. FAUUSP.

TOWFIQ L. Artigo « Residência Hélio Olga JR » Disponível em <http://pef2603heliolga.wordpress.com> [consultado em maio 2013]

TREEHOUSE. Blog Disponível em <http://www.treehouse.pt> [consultado em maio 2013]

UNI3 . Artigo « Palácio de cristal » Disponível em <http://uni3.zip.net> [consultado em abril 2013]

Artigo « Arquitetura sustentável » Disponível em <http://tudosobrecasaprefab.com/> [consultado em abril 2013]

Artigo « Ciclo da madeira » Disponível em <http://criticaehistoria.blogspot.pt>
[consultado em março 2013]

Artigo “Madeira” Disponível em
http://pt.wikipedia.org/wiki/Wikipédia:Página_principal [consultado em março
2013]

Artigo « Residência Hélio Olga (Marcos Acayaba)» Disponível em

Artigo »Secagem da Madeira « Disponível em <http://carpintaria.etc.br> [consultado
em março 2013]