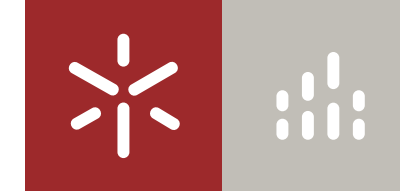




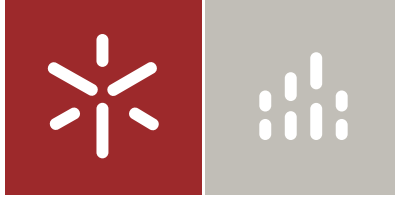
Nicole Maria Nunes Abreu

Criação de uma malha industrial de madeira  
a partir da análise das técnicas de cestaria

Universidade do Minho  
Escola de Arquitectura







Universidade do Minho  
Escola de Arquitectura

Nicole Maria Nunes Abreu

Criação de uma malha industrial de madeira  
a partir da análise das técnicas de cestaria

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Arquitectura/Construção

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Jorge Manuel Gonçalves Branco

## DECLARAÇÃO

Nome: Nicole Maria Nunes Abreu

Endereço eletrónico: nicolemnabreu@hotmail.com Telefone: 961627790

Número do Bilhete de Identidade: 13966019

Título da dissertação:

Criação de uma malha industrial de madeira a partir da análise das técnicas de cestaria

Orientador: Jorge Manuel Gonçalves Branco

Ano de conclusão: 2015

Designação do Mestrado: Arquitetura, Construção e tecnologia

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura

## AGRADECIMENTOS

---

Terminada esta dissertação, é perentório referir algumas pessoas que foram indispensáveis durante todo o processo e que admitiram a realização deste trabalho.

Aos meus pais pela liberdade e pela oportunidade que me deram para traçar o meu próprio caminho, pelos valores que me transmitiram ao longo dos anos, sendo alguns deles imprescindíveis para a conclusão desta fase da minha vida, como a persistência e o otimismo. À minha família, o meu obrigado por todo o apoio e carinho dado ao longo do meu percurso académico, aos meus irmãos pelos momentos de maior descontração e pela motivação constante. Aos meus amigos, por todo o companheirismo demonstrado nos seis anos em que crescemos unidos.

Por fim, e com importância acrescida, queria demonstrar a minha gratidão ao Professor Engenheiro Jorge Branco, meu orientador, pela paixão e sabedoria que demonstra pela construção em madeira, em parte responsável pela minha escolha como orientador e escolha do tema desenvolvido, e pelo apoio e compreensão e disponibilidade com que me orientou durante os últimos meses.

A todos, o mais sincero agradecimento.



## RESUMO

---

A madeira sempre teve uma grande importância na história da evolução da espécie humana, uma vez que foi a partir deste material que se desenvolveram as primeiras habitações do Homem. Durante muitos anos, a madeira apresentou-se como um dos mais importantes materiais na construção de edifícios. No início do séc. XX, época em que emergem outros materiais com elevado desempenho, a madeira foi substituída por outros materiais em muitas regiões do globo, com exceção de regiões como a América do Norte e o Norte da Europa. Porém, recentemente começaram a surgir a nível mundial novas perspectivas no que se refere à sustentabilidade, preocupações com o meio ambiente e ciclo de vida dos edifícios, e numa possível reutilização de materiais, o que potenciou a expansão da indústria da madeira, surgindo novas técnicas e materiais à base da madeira que alargam o desempenho do material, e que aumentam o âmbito de aplicação desta indústria.

Aspira-se com este projeto criar um novo conceito para as malhas de madeira, que têm vindo a ser utilizadas com alguma frequência em projetos, mas que ainda não são utilizadas de uma forma sistemática. Será feita ainda uma análise aos diferentes padrões das técnicas de cestaria, em claro desuso, procurando inspiração nestes padrões para o desenho de malhas de madeira. Este projeto propõe-se ao desenvolvimento de um módulo base, de onde a partir deste será possível espigar para construções mais complexas, podendo ter aplicações em diversos âmbitos, como a definição de espaços, reabilitação, novas edificações, com funções estruturais ou apenas estéticas.

Procura-se desenvolver um projeto inovador, repensando as soluções construtivas em madeira e seus derivados, de modo a empregar técnicas ancestrais e atuais. O principal objetivo do projeto é o de criar um sistema inovador e versátil, como também o de atribuir um valor estético e arquitetónico mais elevado às construções em madeira. Numa fase final do projeto, é realizada a aplicação da malha em três casos diferentes, e é feito o desenvolvimento de um protótipo à escala 1:2 e 1:4.

**Palavras-chave:** Estruturas de madeira; Sustentabilidade; Modulação, Sistematização; Técnicas de cestaria.





Wood was always important in the history of human evolution, since first human habitations were developed from this material. For many years, wood was one of the most important materials in building construction. In the beginning of 20<sup>th</sup> Century, when emerge other materials with high performance, wood was replaced by other materials in many parts of the world, except in regions such as Japan, America or North of Europe. However, began to emerge new perspectives in the world, regarding to sustainability, concerns about the environment and life cycle of buildings, and a possible re-use of materials, which potentiated the expansion of wood industry, and emerge new techniques and wood-based materials that increase the performance of this material, and increase the scope of this industry.

With this project, we hope to create a new concept for the wooden meshes, which have been used frequently in projects, however, and besides the knowledge about these materials, their industrialization is still underdeveloped, so it will be carried out a study regarding materials and conections that exist nowadays. Associated with this knowledge, different patterns of wicker techniques will be analyzed, because these techniques have been decreased over time, so one of these standards in wood design will be developed.

This project proposes to create a basic module, from which it will be possible to develop and apply it in many areas, such as: definition of spaces, rehabilitation, new buildings, as structural or aesthetic method.

We want to develop such an innovative project, rethinking wood, the design solutions in wood and wood-based, in order to use techniques that were already used, so there is no implementation difficulties, in order to take advantages of aesthetic and mechanical properties of the material. The main objective of this project is to create an innovative and versatile system, and also to give a higher aesthetic and architectural value to wooden buildings. Finally, the application of the mesh is performed in three different cases, and it is made the development of a prototype in the scale of 1:2 and 1:4.

**Keywords:** Wooden structures; Sustainability; Modulation; Systematization; Wicker techniques



## Índice

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	v
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Gráficos / Tabelas .....	xiii
1. Capítulo I- Introdução .....	1
1.1 Enquadramento geral .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Metodologia .....	3
2. CAPITULO II- ESTRUTURAS DE MADEIRA .....	7
2.1 Atualidade .....	7
2.1.1 Panorama Internacional .....	7
2.1.2 Panorama Nacional .....	8
2.2 - Evolução das estruturas em madeira .....	11
2.3 Malha estrutural de madeira .....	16
2.3.1 Estruturas- Eficiência/Desenho .....	17
2.3.2 Evolução das malhas de madeira .....	29
CONCEÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO .....	31
3. CAPITULO III- DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO .....	32
3.1 Técnicas de cestaria .....	32
3.1.1 Enquadramento .....	32
3.1.2 Tipos de técnicas .....	35
3.1.3 Identificação dos padrões .....	38
3.2 Especificação do material a utilizar .....	45
3.2.1 Tipos de derivados no mercado .....	46
3.3 Tipos de ligações existentes no mercado .....	55
3.3.1 Ligações tradicionais/ Clássicas .....	57
3.3.2 Ligações Modernas .....	61
3.3.3 Ligadores metálicos .....	61
3.3.4 Ligações com cola .....	66

3.3.5	Outros ligadores.....	67
4.	CAPÍTULO IV – MATERIALIZAÇÃO.....	69
4.1	Módulo - Elemento Base.....	69
4.2	Processo construtivo.....	75
4.3	Caso Prático.....	79
4.3.1	Definição de espaços.....	83
4.3.2	Construção de edificado.....	93
4.3.3	Reabilitação.....	103
4.4	Trabalho experimental.....	111
5.	CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO.....	115
5.1	Conclusões.....	115
5.2	Limitações e Linhas de Investigação.....	118
	Referências Bibliográficas.....	121
	WebSites.....	123
	Bibliografia Figuras.....	125
	Índice de Anexos.....	128
	Anexo I – Estudo Madeira e possíveis defeitos.....	129
	Anexo II – Legislação.....	139
	Anexo III- Esquema evolutivo das estruturas de madeira (casos reais).....	151
	Anexo IV- Esquema evolutivo- estruturas malha de madeira (casos reais).....	155
	Anexo V- Possíveis abordagens após análise das técnicas de cestaria.....	159
	Anexo VI- Ficha técnica OSB.....	165
	Anexo VII- Ficha técnica parafusos.....	169
	Anexo VIII- Diferentes abordagens de Ligações.....	175
	Anexo IX- Ficha Técnica Chapa- Definição de Espaço.....	179
	Anexo X- Ficha técnica Vigas em I madeira- Construção Novo.....	183
	Anexo XI- Sistema de fundações- Construção Novo.....	190
	Anexo XII- Plantas de projeto 2012- Reabilitação.....	199

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Evolução das estruturas de madeira.....	15
Figura 2- Estrutura de madeira, malhas estruturais. ....	18
Figura 3- Ligações metálicas pinos metálico/ parafusos. ....	19
Figura 4- Ligações metálicas entrefaces.....	19
Figura 5- Exemplo de remate / encontro com o solo de uma malha de madeira.....	21
Figura 6- Synclastic curvatura em ambos os lados no mesmo sentido. ....	23
Figura 7- Synclastic, Curvatura num só lado. ....	23
Figura 8- Anticlastic, curvatura em ambos os lados, opostas.....	23
Figura 9- Ligação, Lattice Shell, Modelo experimental para Pavilion Joins Singapore . .....	24
Figura 10- Ligação, Grid Shell.....	24
Figura 11- Igreja do Kuokkala, Lassila Hirvilammi Architects. ....	26
Figura 12- Ligação metálica mais comum. ....	28
Figura 13- Ligação metálica. ....	28
Figura 14- Evolução/exemplos das malhas estruturais de madeira. ....	30
Figura 15- Potencialidades para criação de soluções ecológicas .....	33
Figura 16- Aplicabilidade dos objetos provenientes das técnicas de cestaria/ Identificação geográfica da matéria-prima. ....	34
Figura 17- Técnica de cestaria espiral cosida.....	37
Figura 18- Técnica de cestaria tecida- entrançamento. ....	37
Figura 19- Técnica de cestaria tecida, Entrelaçamento. ....	37
Figura 20- Padrão simples duas direções perpendiculares. ....	39
Figura 21- Padrão duas direções perpendiculares, variação do número de fibras.....	39
Figura 22- Padrão simples, duas direções perpendiculares, variação número de fibras/ possível alteração de espaçamento com mesmo número de fibras e direcção. ....	40
Figura 23- Padrão simples, com variação de ritmo e número de fibras. ....	40
Figura 24- Padrão simples com variação na angulação/ possível variação de fibras com o mesmo padrão.....	41
Figura 25- Padrão complexo, variação em angulação e direcção com espaçamento entre as fibras.....	41
Figura 26- Tipos de Aplicação dos derivados de madeira.....	47

Figura 27- Contraplacados Jular.....	50
Figura 28- OSB.....	53
Figura 29-Tipos de ligações .....	56
Figura 30- Primeira forma de união de peças de madeira para a criação de abrigos. ....	58
Figura 31- Evolução das ligações.....	58
Figura 32- Primeiro tipos de ligações por entalhe.....	60
Figura 33- Tipos de ligações mais recorrentes no mercado mobiliário.....	60
Figura 34- Tipos de ligações por entalhe mais comuns nos dias de hoje.....	60
Figura 35- Parafusos de porca. ....	63
Figura 37- Parafusos correntes.....	63
Figura 36- Cavilha metálica. ....	63
Figura 38- Anéis metálicos.....	65
Figura 39- Barras enroscada.....	65
Figura 40- Placas circulares metálicas.....	65
Figura 41- Chapa metálica.....	65
Figura 42- Ligações de topo .....	67

## ÍNDICE DE GRÁFICOS / TABELAS

Gráfico1- Percentagem de construções em madeira pelo mundo .....	8
Gráfico 2- Sistemas construtivos adotados pelas empresas portuguesas. ....	9
Gráfico3- Percentagem de madeira nacional utilizada pelas empresas portuguesas.....	10
Gráfico4-Evolução das estruturas de madeira .....	16

---

Tabela 1: Aplicações da madeira e dos seus derivado.....	59
Tabela 2 – Dados Material maquete 1:2.....	85
Tabela 3 – Dados Material maquete 1:4.....	87





# 1. CAPÍTULO I- INTRODUÇÃO

---

## 1.1 Enquadramento geral

Na atual arquitetura, a madeira tem sido cada vez menos utilizada enquanto material estrutural. Não só pela existência de novos sistemas estruturais que requerem menos atenção no desenvolvimento do projeto e construção, como também pela conotação negativa, mesmo que errada, que existe em geral associada às estruturas de madeira.

A maioria das empresas considera que o preço das casas de madeira tende a ser inferior ou igual ao das casas de construção corrente, em virtude dos processos construtivos em madeira serem mais eficazes e de serem adoptadas soluções para não ultrapassar o limiar da construção corrente. As empresas que admitem que os preços das casas de madeira são superiores justificam a diferença por estarem a oferecer um produto de qualidade superior ao da construção corrente. O aumento do volume de construção e a adopção de sistemas construtivos inovadores são formas propostas pelas empresas para reduzir o custo das casas de madeira sem comprometer a sua qualidade. (Relatório do LNEC Proc.º 0806/11/17779- CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA DE CASAS DE MADEIRA EM PORTUGAL Inquérito às empresas de projeto fabrico, construção e comercialização, P.63)

Atualmente o preço das casas em madeira se industrializada é inferior ou igual ao das casas convencionais de alvenaria e estrutura em betão armado. Contudo, a maior parte da produção das empresas portuguesas que se dedicam à construção em madeira está virada para a exportação. É imprescindível despertar o olhar dos portugueses, de forma a demonstrar as vantagens inerentes a estas obras, para que se compreenda o seu bom desempenho, segurança e grande versatilidade que possibilita a realização de um extenso leque de “desenhos de projeto”, contrariando a ideia pré-concebida de que este tipo de projeto está condicionado ao desenho de uma casa rústica.

A percentagem de arquitetos associados a este tipo de construção é ainda reduzida, e não lhes é dada a devida importância no sector.

Este projeto procura de certa forma contornar ou reivindicar essa ideia, dando uma maior relevância ao papel do arquiteto, mostrando a possível influência no desenho nas construções de madeira. Enquadrado na área de construção e tecnologia, este trabalho propõe a criação de uma malha a partir de derivados de madeira, pensada de forma a ser industrializada, que suportará diversas aplicações em várias vertentes, quer a nível estrutural ou não estrutural (decorativo, associado à estética).

Este projeto surge no âmbito de uma procura pela criação de um sistema construtivo inovador, que irá não só ao encontro da sustentabilidade ecológica, como também económica do país ao potencializar o uso de um recurso natural que tem um peso significativo na economia Portuguesa. “Em Portugal, a contribuição do Valor Acrescentado Bruto (VAB) do setor florestal no Produto Interno Bruto (PIB) está acima da média observada para a da União Europeia a 27 (1,64%). A análise por país mostra que, em Portugal, o VAB florestal representou, na última década, em média 2,14%, do produto Interno bruto (PIB), observando-se que, apenas, na Finlândia, com 5,51%, e na Suécia, com 3,63%, as contribuições são superiores” (Silva, 2013)

A proposta é inovadora uma vez que utilizando materiais que na sua maioria não são utilizados para suporte de cargas (derivados de madeira), procura-se criar um sistema versátil para aplicações estruturais e não estruturais, com valor estético e arquitetónico elevado, partindo das ancestrais técnicas de cestaria. Tendo como objetivo a sua fácil produção, ter-se-á em conta as atuais tecnologias de forma a potenciar a standardização e a produção em série.

## 1.2 Objetivos

Um dos principais objetivos deste projeto é a criação/desenvolvimento de um sistema construtivo, que poderá ser utilizado como elemento portante, como também poderá participar numa vertente mais arquitetónica, onde a estrutura e o desenho se unem e se complementam num só.

Uma das principais finalidades deste projeto relaciona-se com o desenvolvimento de uma forma industrial de criar as malhas de madeira, malhas estas que poderão responder a várias necessidades, como estrutural, decoração ou até mesmo revestimento de paredes exteriores ou interiores. Este projeto tem ainda o objetivo de reinterpretar as técnicas construtivas ancestrais, como a cestaria, e para tal pretende-se o

estudo das mesmas através da análise da forma de execução e da geometria referentes às diversas técnicas.

Para a execução do projeto, numa etapa posterior, apresentam-se diversas pesquisas no que se refere aos diversos tipos de ligações possíveis nas estruturas de madeira e nos derivados de madeira, de modo a compreender quais os que respondem da melhor forma a cada situação, qual o que cumpre melhor a função de suporte (resistência), a exposição a agentes atmosféricos, ou o que representa uma maior diversidade a nível estético. Esta análise é essencial para a seleção do derivado e elementos ligantes a usar na materialização deste projeto.

Após a criação do módulo de madeira, o trabalho será desenvolvido de forma a que seja possível revelar a versatilidade do projeto, através da demonstração de vários casos de aplicação, quer na reabilitação, que é cada vez mais presente na situação atual do país, quer em definição de espaços, e ainda em novas construções, onde nos dois primeiros casos de aplicação serão trabalhados dois casos práticos reais. No caso das construções novas, dada a versatilidade do conceito, não necessita de caso prático, visto que existe a possibilidade de projeção sem a condicionante do lugar.

### 1.3 Metodologia

Esta tese desenvolve-se em quatro momentos, um primeiro de **estado de conhecimento**, um segundo que diz respeito à **conceção e desenvolvimento do sistema construtivo/requisitos técnicos**, o terceiro momento consiste numa **especificação detalhada das peças**, e por fim, o último momento consiste de **aplicações**, onde se enquadra a construção de protótipos.

#### **Estado de conhecimento**

Numa primeira fase será abordado o panorama atual do sector da construção no que se refere às construções de madeira, quer a nível nacional, quer a nível internacional. Após o enquadramento geral atual, apresenta-se uma retrospectiva temporal focando a evolução das estruturas de madeiras fazendo referência à especialização e à sua conseqüente relação com o enquadramento geográfico. O objetivo desta resenha histórica e evolutiva está associado à necessidade de

compreender a evolução no que diz respeito às ligações e ao trabalhar do material, nomeadamente, os derivados de madeira.

Após a compreensão da evolução do material, será elaborado um estudo sobre as malhas estruturais. Num primeiro momento são apresentadas algumas abordagens de alguns arquitetos no que diz respeito às malhas de madeira, através da apresentação de projetos reais por ordem cronológica. Posteriormente, analisam-se as potencialidades dos diferentes tipos de malhas, não só no que se refere ao desenho, como também analisando os seus desempenhos e discutindo as singularidades destes sistemas estruturais.

### **Conceção e desenvolvimento do sistema construtivo/requisitos técnicos necessários**

Numa segunda fase são apresentadas de forma sequencial pesquisas que permitem potencializar o desenho/conceito base do módulo a desenvolver, quer sobre os derivados de madeira e as ligações quer sobre as técnicas de cestaria. Após o conhecimento geral dos temas referidos anteriormente, são expostas todas as opções de desenho adotadas para a materialização do módulo.

Num momento posterior à concretização do módulo base, são apresentadas as situações gerais onde o sistema construtivo poderá ser empregue.

### **Especificação detalhada das peças**

Por fim são apresentadas todas as peças detalhadas da solução construtiva para que seja passível de industrialização. Nesta fase dá-se a definição de todos os elementos de modo a que possam ser posteriormente fabricados. Fez-se uma compilação onde estão catalogadas todas as peças detalhadas.

### **Aplicação**

Neste momento, tal como o nome indica, foi dada atenção às formas de aplicação de forma a experimentar ou testar, e com isso ajudar a desenvolver o sistema em estudo, ao identificar lacunas, avaliar a versatilidade da técnica, etc. Em particular, serão testados dois casos práticos, apresentando-se três tipos de aplicação onde o módulo desenvolvido poderá ser aplicado.

## **Construção de protótipos**

Ao longo do desenvolvimento do projeto foram feitas diversas tentativas de desenho, e diversos protótipos através de processos manuais de forma a compreender melhor as ligações entre os derivados de madeira. Adicionalmente, foram desenhados e construídos modelos à escala 1:2 e 1:4 em laboratório com o intuito de melhor explicar a ideia de projeto.

## **ESTADO DE CONHECIMENTO**

## 2. CAPITULO II- ESTRUTURAS DE MADEIRA

---

Para que seja possível desenhar a solução construtiva que se pretende, é necessário antes de tudo, compreender a evolução das estruturas de madeira, desde o exemplo mais simples e antigo aos exemplos atuais. Aqui apresenta-se um estudo relativo à evolução ao longo do tempo no que se refere às alterações da trabalhabilidade da madeira. São ainda apresentados alguns dos defeitos naturais da madeira (Anexo I), e a normalização mais importante (Anexo II).

### 2.1 Atualidade

#### 2.1.1 Panorama Internacional

Na Europa, o sector de construção tem um grande impacto ambiental. Tendo por base o relatório do LNEC Proc.º 0806/11/17779- CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA DE CASAS DE MADEIRA EM PORTUGAL Inquérito às empresas de projeto fabrico, construção e comercialização, pg.2 - o sector da construção representa 42% do consumo de energia final, 50% da emissão de gases com efeito de estufa e é ainda responsável por 22 % da produção de resíduos. O uso de madeira apresenta algumas vantagens ambientais, tais como o facto de ser renovável e responsável pela fixação do CO<sub>2</sub> durante o seu crescimento quando ainda é vegetação.

Nos diferentes países a adoção deste tipo de construção é muito variada, uma vez que depende muito dos recursos locais, da especialização e da tradição, entre outros fatores sociólogos. Em Portugal, a percentagem de casas em madeira é muito reduzida. A sociedade portuguesa tem como tradição a construção em alvenaria e sempre foi muito reticente em relação às casas de madeira. Apesar de já ser possível assistir a uma evolução na mentalidade dos portugueses e do abandono de certas ideias negativas relacionadas com as construções deste tipo, ainda é muito notável a discrepância entre Portugal e outros países em termos de quantidade de casas de madeira. Já em países como os Estados Unidos da América verifica-se o oposto, onde em cada 100 pessoas, 80 possuem uma casa de madeira (Gráfico 1)

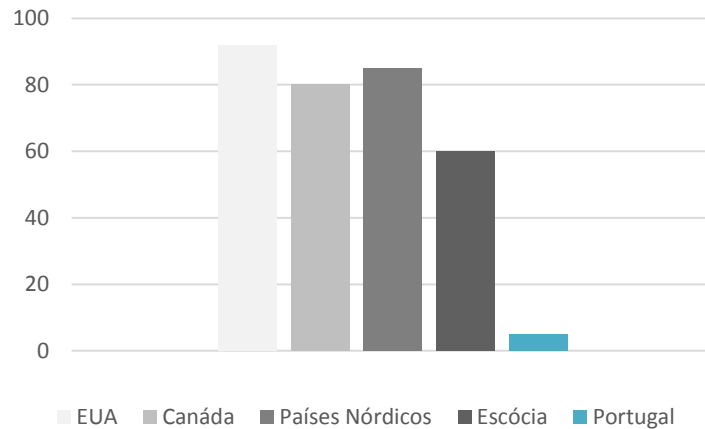


Gráfico 1- Percentagem de construções em madeira pelo mundo (Plano de Investigação Programada 2009-2012, caracterização da oferta de casas de madeira em Portugal Inquérito às empresas de projeto, fabrico, construção e comercialização, Relatório LNEC)

Na Europa, e com o intuito de incentivar a utilização das construções em madeira para que haja um menor impacto ambiental, existem medidas de incentivo como é o exemplo da Escócia com o plano *Scottish Forestry Strategy*, implementado pela primeira vez em 2000. Na França entrou em vigor o plano que prevê um aumento de 20% per capita da utilização de madeira, a par destes existem outras plataformas internacionais como a *Forest- Based Sector*, que consiste em reunir uma grande parte de empresas ou pessoas especializadas no sector da madeira de modo a que haja divulgação, incentivo e consumo quer na Europa, como noutros continentes.

### 2.1.2 Panorama Nacional

A construção convencional de betão armado e alvenaria de tijolos ainda está muito presente em Portugal. Os edifícios em madeira surgem sempre associados a uma conotação negativa e errada, o que resulta num número de construções muito mais reduzido em relação ao convencional, 5% no sector de construção, dados baseados em Casas de madeira. Da tradição aos novos desafio, Guimarães (Branco, 2014)

Este valor está associado não só aos mitos e às dificuldades em aceder a um crédito bancário face à atual situação do país, como também à imagem que está associada a este tipo de construções quando se trata de financiamento.

Segundo análise do Plano de Investigação Programada 2009-2012 - CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA DE CASAS DE MADEIRA EM PORTUGAL, Inquérito às empresas de projeto, fabrico, construção e comercialização- Relatório LNEC: Em Portugal grande parte das empresas de construção de casas em madeira são



de pequena dimensão, apesar de algumas estarem no sector há algum tempo. As restantes são microempresas que iniciaram a sua atividade a partir de 2000. É de salientar que a maior parte destas empresas encontram-se distribuídas geograficamente pelo centro e Norte de Portugal. Muitas destas empresas não funcionam unicamente para a construção de casas em madeira, trabalham também em outras vertentes dentro do sector da construção em madeira. É de salientar que nem todas as empresas empregam a mesma importância à construção deste tipo de obra.

Em termos de mercado, as construções em madeira têm tido cada vez maior relevância, o que tem potencializado a criação de novas empresas. O contexto em que Portugal está inserido atualmente, no que se refere à economia, é encarado como uma oportunidade por parte de muitos empresários para lançar novos produtos. As empresas mais antigas, apesar de possuírem o conhecimento que advém da prática, terão de ultrapassar as novas empresas através de novas ideias e formas de potencializar o interesse do consumidor final, por outro lado, as novas empresas têm o desafio de apresentar novos produtos inovadores e que vão ao encontro com as necessidades e aspirações dos clientes.

A maior parte dos países tem sistemas construtivos em madeira tradicionais, a partir dos quais desenvolvem outros sistemas e adaptam as novas situações, mas no caso de Portugal não existe um tipo de sistema construtivo, existem inúmeros tipos de pormenores e soluções construtivas em madeira. Mais de metade das empresas portuguesas desenvolvem um ou mais sistemas, outras têm parcerias com empresas estrangeiras, e verifica-se ainda que muitas empresas desenvolvem o seu próprio sistema, e que têm vindo ao longo dos anos a aperfeiçoar as técnicas (Gráfico 2).

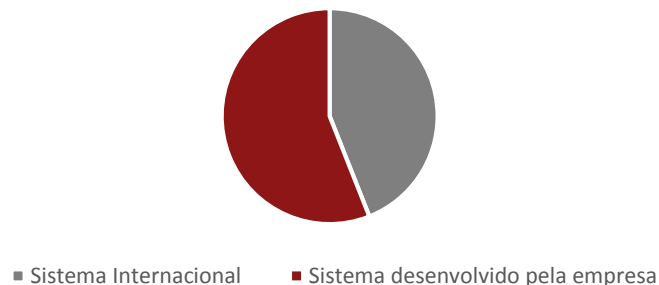


Gráfico 2- Sistemas construtivos adotados pelas empresas portuguesas (elaborado por Abreu,2015)

Em Portugal as condições de produção não são muito favoráveis, porém a qualidade das madeiras que são extraídas das florestas portuguesas têm imenso

potencial. Um terço das empresas portuguesas utilizam madeiras de origem nacional quer para estruturas, como também para revestimentos exteriores, a maioria aposta em tratamentos preservadores. Mesmo que a fidedignidade do produto nacional esteja comprometida devido à falha de produção, pode-se concluir que este sector é autónomo a nível nacional.

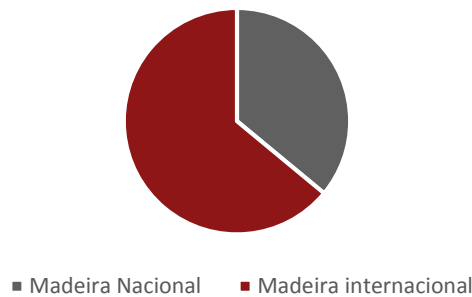


Gráfico3- Percentagem de madeira nacional utilizada pelas empresas portuguesas. (elaborado por Abreu,2015)

No que se refere à procura, em Portugal este tipo de construção está mais associado às casas tradicionais ou rústicas, apesar de existirem muitas empresas flexíveis à linguagem arquitetónica das casas. No panorama nacional a procura destas casas é feita por pessoas com uma idade inferior a 55 anos e com formação universitária, muitas destas pessoas possuem já uma mentalidade alterada no que se refere às desvantagens da madeira, pois compreendem a evolução do material e ainda os benefícios de uma construção deste tipo como o conforto, a estética, a funcionalidade, a ecologia e ainda a economia, segundo dados apresentados no livro de atas do Seminário LNEC 2005 artigo Casa de Madeira, por Jorge Branco.

No mercado de venda neste sector, o preço deste tipo de habitações tende a ser superior em relação às construções correntes, as empresas justificam esta tendência com o melhor desempenho no que diz respeito à sustentabilidade. Em relação ao tempo médio para a construção de uma casa de madeira, este varia de empresa para empresa, porém o tempo máximo até à finalização da obra poderá ser de seis meses.

## 2.2 - Evolução das estruturas em madeira

O uso da madeira decorre em cada civilização, singular e independentemente, de acordo com as características e necessidades da mesma, até porque são alguns agentes próprios de cada época que determinam o método usado para a construção em madeira, como: o clima, os desastres naturais e a própria evolução, face às necessidades de cada comunidade (Lourenço, 2013)<sup>1</sup>.

A madeira encontra-se presente na vida do Homem, desde os mais simples métodos de aplicação, como é o caso da lenha para fogo e nos utensílios para a caça. Inicialmente, para além dos exemplos anteriores e muito posteriormente à utilização da pedra nos abrigos dos povos, a madeira foi o primeiro material a ser utilizado para a construção de habitação dada a sua abundância. Os primeiros exemplos de aplicação eram associados a cabanas e muitas vezes conjugavam a madeira com peles de animais provenientes das caças como revestimento. Nestes casos as ligações entre os ramos era feita com fios ou tecidos vegetais, a madeira é um dos materiais mais conhecidos pela humanidade e dos mais antigos, cerca de 14 mil anos, não é possível precisar a data tendo por base somente os artefactos e reconstruções arqueológicas, contudo na Europa a presença de moradias com a utilização de madeira, com a secção circular, permite suspeitar que a madeira já seja utilizada desde 3000 anos a.C..

Podemos distinguir três períodos - Idade Média, Época Moderna e o séc. XX, onde no primeiro a madeira que era utilizada em edifícios prestigiados era um material universal, e a sua complexidade no desenho de arcos e cúpulas demonstrava maior riqueza dada a especialização na mão-de-obra, este tipo de estrutura também era utilizada em casas e celeiros, mas de uma forma mais simplificada, apesar de se salientar o celeiro *Leigh Tribunak*, no Reino Unido construído em 1325, um outro exemplo é o *Westminster Hall* em Londres datado do século XI e reconstruído em 1395.

Na Época Moderna, dada a alteração de paradigma, os edifícios alteram as suas bases arquitetónicas, adquirindo influências romanas e gregas onde os tijolos e pedras eram mais comuns, as estruturas de madeira não teriam lugar neste panorama, passando a ser unicamente utilizadas em casos de coberturas como treliças simples.

---

<sup>1</sup> LOURENÇO, Paulo; BRANCO, Jorge, *Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI*; Lisboa,[s.e], 2013

A par destas alterações, a investigação no que se refere aos materiais mantém-se e é nesta data que surgem as teorias de elasticidade (Galileu,1564-1642)<sup>2</sup>, sendo também nesta altura que começaram os primeiros testes de resistência aos materiais.

Já no século XX, na primeira metade do século, ocorreu uma evolução muito notável no que se refere às ligações, conseqüentemente as estruturas foram desenvolvidas e com isso verificou-se um aumento da utilização da madeira enquanto material estrutural, surge a primeira tentativa de criar uma estrutura em casco com transferência de cargas por parte de Fritz Zollinger (1880-1945) com a criação de treliças com a forma de diamante, porém sem sucesso.

O século XX está cheio de acontecimentos, apesar do surgimento de estruturas como aço e betão com inúmeras vantagens inerentes, que de certa forma poderiam contrariar os progressos da madeira na construção, assistiu-se a um benefício no uso das estruturas de madeira, devido à sua vertente sustentável, estando um passo à frente em relação aos outros sistemas construtivos apontados anteriormente. É nesta fase que são desenvolvidos os derivados de madeira associados à evolução de novas colas, o que melhora o desempenho destas estruturas, e possibilita a realização de projetos estruturais em madeira com formas curvas.

Numa outra fase, e a par com os períodos cronológicos apresentados anteriormente, as construções em madeira surgem mais associadas a regiões onde a taxa da atividade sísmica era muito elevada, ou em locais com elevada probabilidade de ocorrência de tempestades severas. O conhecimento sobre as estruturas de madeira começa a evoluir, estas estruturas têm um excelente desempenho em situações de risco em comparação com outro tipo de estruturas.

Atualmente o número de construções em madeira pelo mundo é extenso, sendo possível assistir a um maior número em algumas regiões como é o caso da Finlândia, Noruega, Japão, China e ainda em algumas tribos na África e América do Sul, muitas destas construções são datadas de séculos anteriores. No que se refere a construções mais modernas, as ideias/conceitos em desenvolvimento surgem na maior parte das vezes da reinterpretação das técnicas utilizadas em edifícios mais antigos. As construções modernas baseiam-se, estrutural e tecnicamente, nas antigas estruturas das

---

<sup>2</sup> Galileu- físico, matemático, astrônomo e filósofo italiano

casas de madeira, assim como nos seus conceitos de abrigo e proteção (Lourenço e Branco, 2013)<sup>34</sup>.

Importa agora referir o tipo de construções em madeira usadas pelo Homem desde os tempos primitivos. Inicialmente as habitações eram cabanas feitas com uma estrutura com ramos e um revestimento com peles ou folhas, outras eram habitações apoiadas em pilotis. Muitas destas construções datam do período do Neolítico e serviam como proteção contra os animais selvagens, dada a impossibilidade destes em aceder às habitações humanas. Ao longo dos tempos a forma de construir em madeira ou a forma como se conjugavam os elementos de madeira dependia muito dos recursos das tribos no que se refere a utensílios e à matéria-prima que tinham ao seu alcance. Surgem construções com troncos maciços, ou a partir de pequenos ramos ligados com lianas ou fibras vegetais.

Posteriormente, aquando do desenvolvimento das civilizações, as casas já tinham um outro planeamento, e em muitos locais a escassez da madeira fez com que se comesse a optar por paredes em terra com coberturas compostas por vigas de madeira. Já no que se refere à Europa, em especial ao Norte da Europa, a presença das construções em madeira data do século IV, sendo estas na maioria feitas com troncos maciços. Surge também na Europa a construção em madeira segundo a cruz de Santo André. Na Europa a evolução deste sistema construtivo foi exponencial, e em algumas regiões abandonaram-se técnicas já tradicionais para adotar outras mais eficientes, como é o caso da Escandinávia, que abandona a construção em aduela para adotar o sistema de troncos desde o século XV.

Com o desenvolvimento das ferramentas altera-se a secção da madeira, anteriormente existia uma relação entre a secção dos troncos e as peças estruturais, visto que a secção se mantinha, sendo substituída por peças de forma mais simples e mais fáceis de trabalhar, originando edifícios onde a estrutura eram tábuas e/ou troncos de secção “quadrangular”. Esta evolução garante uma maior estabilidade às construções.

A par da evolução na Europa, na Nova Guiné e em outros casos, as casas eram feitas de forma mais rudimentar, com menos especialização, mas com inúmeras técnicas, o que permitia a construção das madeiras de habitações sobre estacas. Em locais como a China, Peru, África, América do Sul e Sudoeste da Ásia é possível

---

<sup>3</sup> LOURENÇO, Paulo; BRANCO, Jorge, *Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI*; Lisboa,[s.e], 2013

observar inúmeros exemplos de casas construídas sobre estacas, todas estas construções eram feitas em madeira com enchimentos com ripas de madeira ou areias, em oposição às construções que estariam a ser desenvolvidas na Europa, onde já era possível presenciar um enchimento de tijolo ou alvenaria de pedra.

Numa época mais desenvolvida, a conjugação da madeira e dos tijolos já anunciava a relação com o lado visual com fins decorativos, como é o caso da *Paycockes House* em *Coggeshall, Essex*. A nível nacional, um exemplo da construção em madeira é a baixa pombalina após o sismo de 1755, que utiliza o sistema estrutural de cruz Santo André, já arquitetado numa data anterior à catástrofe.

Para além dos edifícios com estruturas de madeira, temos muitas obras que são feitas a partir de derivados de madeira. Em Portugal temos o Meo Arena, anteriormente denominado por Pavilhão Atlântico, uma mega estrutura construída com madeira lamelada colada. Outro grande exemplo de estruturas feitas a partir de derivados de madeira encontra-se em Sevilha, Espanha, na praça *La Encarnación, Metropol Parasol*, em que o material consiste em madeira micro laminada, sendo esta construção considerada como tendo a maior dimensão em madeira (Fig. 1) (Anexo III).

EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA



Figura 1- Evolução das estruturas de madeira

## 2.3 Malha estrutural de madeira

As estruturas de madeira tiveram uma evolução bastante notável ao longo do tempo, porém a sua evolução não foi constante. Numa primeira fase, a madeira era encarada como um dos principais recursos para as construções após o surgimento de novos métodos estruturais com menos especialização e cuidados na execução. A evolução deste material tornou-se menos gradual, como consequência da menor utilização. Com o surgimento dos materiais derivados de madeira existe um novo crescimento na procura de estruturas e soluções deste tipo, que potencializam a evolução das estruturas de madeira (Gráfico 4).

Após o surgimento de novos materiais provenientes da madeira, as estruturas que surgem numa fase posterior são mais arrojadas e mais complexas como é o caso recente das malhas estruturais.



Gráfico 4- Evolução das estruturas de madeira (elaborado por Abreu,2015)

Studying the development of timber as structural material in Western Europe, four periods can be distinguished. In the Middle Ages wood was the main construction material and some fine examples of all wood buildings still remain today. In the 16th to 18th century, brick came into use and timber was mainly used in roof structures. With the development of iron in the 19th century, timber connections were improved with iron elements and laminated timber was introduced. In the 20th century, mass produced connectors and engineered timber such as Glulam, made the timber construction to what it is today (Ross, 2002)<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> M. H. Toussaint, *A Design Tool for Timber Gridshells- The Development of grid generation tool*; 07, Faculty of Civil Engineering and Geosciences Section of Structural and Building Engineering, 2007



### 2.3.1 Estruturas- Eficiência/Desenho

Ao longo da história das estruturas de madeira, a inovação e a procura de novas soluções é bastante evidente. Com a chegada dos derivados de madeira, as possibilidades de criação e de novas soluções é também bastante visível. Como tal surgem novos sistemas construtivos, como é o caso do sistema de vigas em I, o sistema construtivo por painéis X-LAM, o sistema *Lapponia House*, o sistema construtivo *IlevelT* das malhas estruturais em madeira, entre outros. É neste último sistema que irá incidir o projeto a desenvolver.

The benefit of timber gridshells becomes apparent in the construction stage. Complex forms can be shaped relatively easy (Harris & Kelly, 2002)<sup>6</sup>

Tendo como principal foco as malhas estruturais de madeira (Fig.2), é necessário entender as qualidades deste sistema construtivo e as suas características. Uma característica vincada deste sistema trata-se da sua leveza. Por outro lado, a sua fácil produção, aliada à sua elevada qualidade material, e o seu elevado potencial de pré-fabricação, permitem um apertado controlo de custos e operações de produção e montagem.

As estruturas deste tipo, tal como o nome indica, funcionam a partir de uma malha. De uma forma muito simplificada, são estruturas constituídas por ripas longas e finas de madeira, que se posicionam de forma a formar um quadrilátero, podendo variar no número de camadas em ambas as direções. Após a formação dos quadriláteros, as ripas são ligadas nos pontos de intersecção, que se designam por nós, normalmente com ligações metálicas (Figuras 3 e 4), apesar de também ser possível a execução da união com cola ou entalhes.

Posteriormente à ligação entre todos os elementos, os planos criados são empurrados ou puxados de modo a obter a forma desejada, deformando os quadriláteros em formas rômbricas. Quando é atingida a forma pretendida, as ripas são ligadas às bordas de suporte e a estrutura é reforçada por diagonais ou aplicações por entre as camadas.

---

<sup>6</sup> M. H. Toussaint, *A Design Tool for Timber Gridshells- The Development of grid generation tool*; 07, Faculty of Civil Engineering and Geosciences Section of Structural and Building Engineering, 2007

A este sistema construtivo está inerente a facilidade de construção e facilidade de desmontagem, e possível reutilização das diferentes peças. Dadas as preocupações atuais no que se refere ao ambiente e à sustentabilidade, é uma solução de grande potencial, quer no que diz respeito à sua imagem/desenho como produto final, quer também em resposta de modo a contornar os problemas do impacto ambiental, na construção civil e na atualidade.



*Figura 2- Estrutura de madeira, malhas estruturais.*



*Figura 3- Ligações metálicas pinos metálico/ parafuso*



*Figura 4- Ligações metálicas entrefaces.*

Estas malhas podem ser constituídas por vários *layers* de tábuas interligadas, que são estruturas esbeltas que partem de elementos individuais mas que trabalham num todo, que resistem às cargas exercidas de forma uniforme. Apresentando um comportamento de elevada eficiência, este tipo de estruturas funciona como um escudo/concha resistindo às cargas através da sua forma inerente.

Devido à baixa rigidez associada à madeira, é fácil a materialização de curvaturas. Mas por outro lado, as tensões limites associadas ao material, condicionam a resistência à curvatura. Para um melhor desempenho do efeito “*concha/shell*”, é utilizada uma camada dupla de elementos/ripas. No caso de malhas estruturais que têm como base de desenho a curvatura, normalmente nomeada por *Gridshell*, este efeito de *concha/shell* leva a um direcionamento das forças aplicada na estrutura para os apoios, permitindo a criação de grandes vãos com pouco material.

A construção destes elementos estruturais parte de uma grelha plana, composta pelos vários elementos que se poderão nomear como esqueleto e os pontos de articulação. Esta rede, que é criada com estes dois componentes, pode ter imensos desenhos e várias formas finais. Normalmente este tipo de estruturas é sempre associado a uma forma de concha, após a elevação da mesma e fixação ao solo. Para finalizar a montagem, é ainda necessário realizar o aperto das articulações/nós. De forma a aumentar a resistência e a garantir o melhor desempenho de toda a estrutura, existe um último elemento de contorno, e que muitas vezes faz a ligação entre a malha e o solo, e de remate da malha quando esta não está em contacto com o solo (Fig. 5).

Visto que o sistema funciona como um só elemento apesar das diversas partes que o constituem, se uma das partes falha, a funcionalidade do sistema não falha, as cargas exercidas naquele ponto são distribuídas de forma uniforme sem que fique comprometido o desempenho global da estrutura.



*Figura 5- Exemplo de remate / encontro com o solo de uma malha de madeira.*

Uma das superfícies curvas, numa ou mais direções pode ser considerada como uma superfície de invólucro, e estas superfícies podem ser classificadas em diferentes tipos, segundo Gauss:

- Synclastic;
- Anticlastic;

No primeiro caso, as estruturas são consideradas mais estáveis, podendo apresentar um tipo de superfície com curvatura no mesmo sentido em ambos os lados (Fig. 6) ou uma superfície que apresenta curvatura só num dos lados (Fig. 7). Já no segundo caso, as superfícies possuem curvaturas opostas (Fig. 8).

Dentro destes dois tipos de estruturas podemos fazer a distinção quanto à forma de executar/desenho. Numa primeira forma denominada por *Lattice Shell*, a estrutura resulta de uma malha triangular onde os elementos deste sistema nervurado estão ligados por pontos (Fig. 9). Uma segunda é a *Grid Shell*, onde os elementos são contínuos, não existindo interrupção dos elementos mesmo nas zonas de interceção. Infelizmente, este último tipo de estrutura ainda não é muito utilizado, dada a sua particularidade de conceção, o que torna este tipo de obra mais dispendioso. Apesar das suas vantagens na aparência e sustentabilidade, a complexidade inerente à definição da sua geometria é a principal barreira.



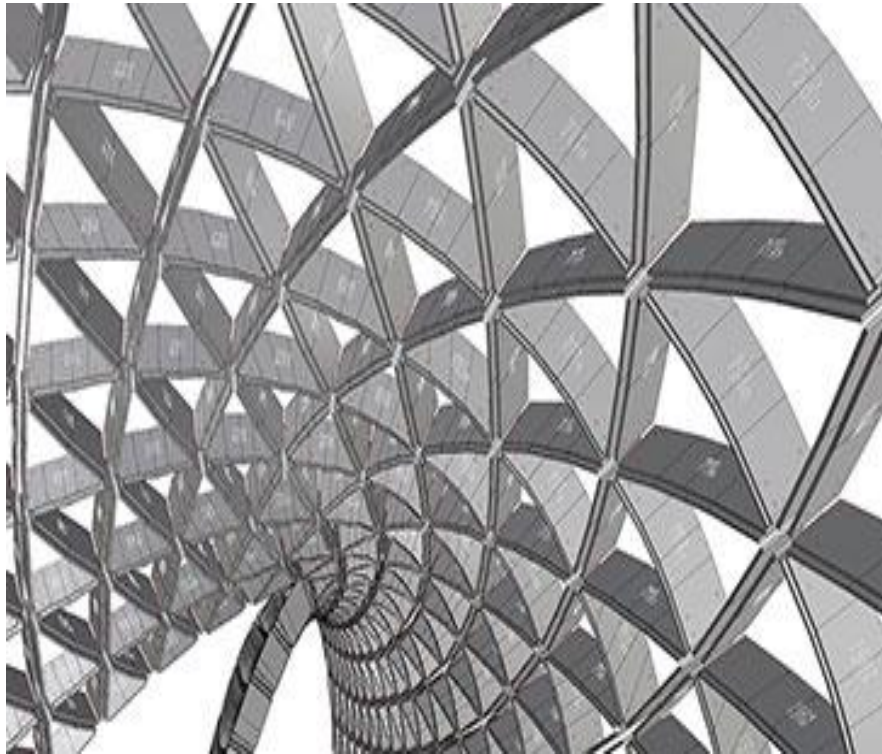
*Figura 6- Synclastic curvatura em ambos os lados no mesmo sentido.*



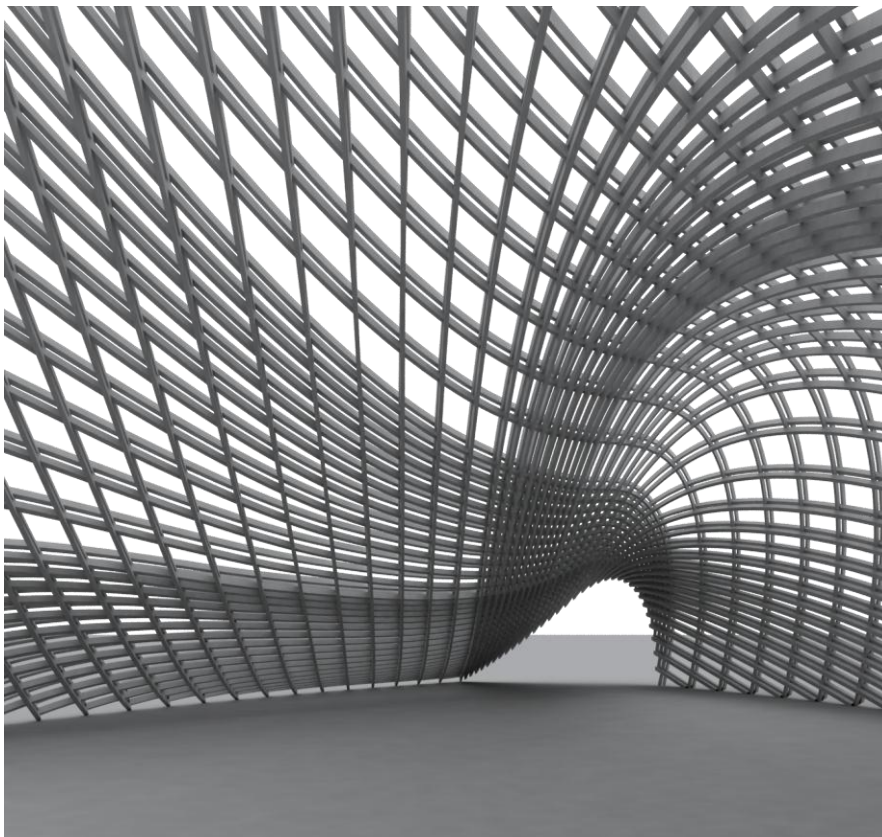
*Figura 7- Synclastic, Curvatura num só lado.*



*Figura 8- Anticlastic, curvatura em ambos os lados, opostas.*



*Figura 9- Ligação, Lattice Shell, Modelo experimental para Pavilion Joins Singapore .*



*Figura 10- Ligação, Grid Shell.*



Para o desenvolvimento do projeto será tido em conta o tipo *grid shell*, procurando desenhar elementos contínuos sem interrupção das peças de madeira nas suas intersecções (nós).

Apesar da dificuldade de execução no passado, a liberdade de formas é cada vez mais evidente na arquitetura. Existe uma tendência para criar novas formas cada vez mais arrojadas e complexas. E essa disposição aumentou o interesse pelas malhas estruturais.

Como já foi referido anteriormente, este tipo de estrutura é associado a coberturas, como o caso da igreja do *Kuokkala* dos *Lassila Hirvilammi Architects* na Finlândia (Fig. 7), com formas irregulares, curvas e complexas. É possível criar imensos espaços a partir de uma só malha e a grelha poderá ter o mesmo desenho, porém o acabamento final pode variar e gerar diferentes espacialidades. As diferentes formas de trabalhar estas malhas podem criar inúmeros espaços, atmosferas, para além do jogo que se pode criar entre os cheios e os vazios.

Atualmente o trabalho com as malhas de madeira tem vindo a crescer, mas ainda é bastante marcado pela dificuldade de projeção, pela falta de base de dados e até mesmo processos digitais que possam tornar mais acessível a criação das malhas. A carência destas técnicas e ferramentas de desenho dificultam não só o desenho, como também a rápida execução, como consequência este tipo de estruturas é pouco usual.

A falta de condições que deveriam num futuro próximo ser estudadas, de forma a potencializar este tipo de construção, que com a ajuda da gestão das florestas é um tipo de construção muito sustentável e com uma elevada qualidade estética, onde é possível conjugar a estrutura e a espacialidade e o desenho, como já referia Mies Van der Rohe “ Quando um tipo de edifício ganhou importância numa determinada época, a sua estrutura foi sempre o veículo da sua forma espacial, como o Românico e o Gótico demonstraram. A renovação da arquitetura tem de partir da estrutura (...). O edifício e a sua razão de ser estão juntos e a estrutura é a forma e espaço”<sup>7</sup>. O que significa que existe uma procura, desde os primeiros exemplos de arquitetura, pela harmonia entre a estrutura e os espaços criados, e em grande parte dos casos as formas espaciais criadas

---

<sup>7</sup> Tradução livre do Autor. F. Neumeier, Mies van der Rohe. *Le architetture e gli scritti*, Skira, Milano 1997, p. 309. Fonte original” L’edificio, dove è diventato grande, è stato quasi sempre debitore della costruzione, e la costruzione quasi sempre il veicolo della sua forma spaziale. Il romanico e il gotico lo dimostrano con evidente chiarezza. In entrambi i casi la struttura costituisce il veicolo dei significati, il veicolo stesso degli estremi contenuti spirituali. Se le cose stanno così, allora il rinnovamento dell’architettura può avvenire soltanto sulla base della costruzione e non attraverso motivi introdotti arbitrariamente. (...) L’edificio e il suo significato sono tutt’uno. (...) La costruzione è la forma stessa”

estão condicionadas pela estrutura, e este tipo de estrutura vai ao encontro da espacialidade conjugada com uma excelente forma ou desenho da estrutura.



*Figura 11- Igreja do Kuokkala, Lassila Hirvilammi Architects.*

Atualmente este pensamento já começa a ter cada vez menos presença na sociedade, porém as vantagens e as possibilidades de uma estrutura deste tipo ainda não são totalmente tidas em conta, e como forma mais rápida existe uma tendência para se optar por métodos mais usuais. Abordar-se-ão alguns dos princípios destas estruturas, especificando a forma como se desenvolvem e funcionam, para que se tenha conhecimento sobre as mesmas.

Como já referido, este sistema baseia-se na utilização de ripas contínuas, após a conjugação das ripas através das suas interseções, o plano criado é elevado/dobrado criando formas que deformam as ripas de madeira, posteriormente à obtenção da forma desejada os nós são apertados endurecendo a estrutura por órtese diagonal. Assim é criado um sistema estrutural a partir de ripas curvas que trabalham em conjunto para resistir às cargas. Este tipo de estruturas pode ser considerado um conjunto de arcos delgados paralelos que resistem às cargas de forma combinada, que descarrega todas as forças no seu perímetro.

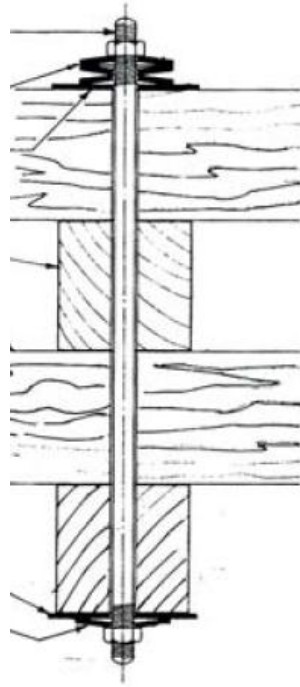
Para obter uma maior rigidez da estrutura, muitas vezes aposta-se nas articulações rígidas, em travamentos rígidos (remates) e ainda em camadas contínuas (caso da *gridshell*).

Para melhor funcionamento destas estruturas em termos de flexão aconselha-se a utilização de ligadores de madeira metálicos com a capacidade de rotação, o que diminui a rigidez da estrutura e a resistência no momento de flexão. Uma outra preocupação nos momentos de ligação, prende-se com o movimento das ripas da segunda camada, as ligações devem tolerar o movimento de ambas as ripas e no período de construção as ligações devem ter pouco aperto para que exista a torção e flexão das ripas (Figuras 12 e 13).

“Of course this movement must also be possible in the joints. To be able to tolerate these two movements, the joints need to be very loosely connected during construction. If tightened too much, twisting and bending of the laths can prevent the layers from slipping and scissoring, which could result in breakage of the laths.” (M.H. Toussaint,2007)<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> M. H. Toussaint, *A Design Tool for Timber Gridshells- The Development of grid generation tool*; 07, Faculty of Civil Engineering and Geosciences Section of Structural and Building Engineering, 2007



*Figura 12- Ligação metálica mais comum.*



*Figura 13- Ligação metálica.*

### 2.3.2 Evolução das malhas de madeira

Mesmo com os impedimentos e faltas de conhecimento na área, é possível contemplar diversos projetos de excelente qualidade espacial, como é o caso mais marcante do *Centre Pompidou –Metz* em França 2010. Outro projeto a destacar é o *Mannheim Multihale*, que inicialmente seria uma estrutura temporária (Anexo IV), mas como teve uma aceitação bastante marcante pela sociedade, a estrutura ainda se mantém erguida, construída para o *National Garden Show* Alemão em 1975 pelo atelier *Ove Arup & Partners*. Esta estrutura não se trata unicamente de um edifício, mas sim de um espaço com um imenso potencial e inspiração para vários projetos atuais, é um protótipo de uma forma de construção muito económica e rápida. Na Figura 14, e por ordem cronológica, é possível observar diversos exemplos, como é caso da cobertura da Pista de gelo Davos, Suíça de 1980; telhado de banhos de águas salgadas em Bad Sulza de 1990 dos arquitetos Greier e engenheiros Wenzel, Frense e Barthel; o telhado de exposição em Hannover para a Expo 2000. Nestes exemplos, é ainda possível referenciar o Pavilhão do Japão em Alemanha feito por Shigeru Ban e Frei Otto no ano 2000. Já em 2002 temos a *Weald e Downland Gridshell* em Inglaterra, projeto de Buro Happold e Edward Cullinan. No ano 2005 dois arquitetos portugueses muito reconhecidos pelo mundo aliam-se a este tipo de conceito de estruturas no projeto *Serpentine Gallery Pavillion*, onde desenvolveram um espaço com uma malha estrutural de madeira. No ano 2010 são construídos o Pavilhão do Japão e o *Haesley Nine Bridges Golf Club House* na Coreia do Sul. Existem muitos mais exemplos deste tipo de estruturas pelo mundo, é de salientar que o *Pritzker* Laureate Shigeru Ban está bastante envolvido neste movimento e utiliza este tipo de sistema construtivo em algumas das suas obras, como é o caso do *Centre Pompidou*, em França, referido anteriormente.



Figura 14- Evolução/exemplos das malhas estruturais de madeira.

**CONCEÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA  
CONSTRUTIVO**

### 3. CAPITULO III- DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

---

Para o desenvolvimento do projeto torna-se necessário esclarecer todas as opções tomadas, nos diversos pontos que necessitam de estudos, para que seja clara a ideia de todo o projeto. Começa-se pelo desenvolvimento do desenho a uma escala mais alargada, no que se refere à imagem, partindo da análise das técnicas de cestaria. Numa segunda fase, a uma escala mais material, passando pelas decisões de material e as suas características de forma mais pormenorizada, e por fim, os tipos de ligações que serão utilizadas para ligar as diferentes peças de madeira.

#### 3.1 Técnicas de cestaria

##### 3.1.1 Enquadramento

Ao longo dos anos, a atividade de cestaria sempre esteve muito presente na sociedade portuguesa e em muitos povos pelo mundo. Hoje em dia esta atividade tem menos aplicabilidade, sendo que a maior parte das suas aplicações se restringe a objetos de decoração.

Tendo em conta o valor cultural que esta atividade tem, e o seu papel de extrema importância no desenvolvimento da agricultura, comércio e outras atividades, é preciso que esta atividade não se perca. É necessário evoluir e adaptar as antigas técnicas às novas tecnologias e materiais que a atualidade disponibiliza. Encontramo-nos numa fase de recuperação do artesanato, embora por vezes possa ser motivada por uma curiosidade pouco consistente sobre estas atividades, que revela tendências de moda ou uma má interpretação (Branco, 2004)<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> BRANCO, João, *Artesanato e Design parcerias com futuro? In A Alma do Design*, Lisboa editado por C. P. Design, 12-15, 2004





Figura 15- Potencialidades para criação de soluções ecológicas

A realidade atual vive em constante evolução, onde muitas vezes se perdem os princípios. Este trabalho pressupõe a criação de uma malha de madeira que vai ao encontro das novas tecnologias através da pré-fabricação, com a conjugação da tradição utilizando uma técnica ou padrão que advém da cestaria. Foi necessário realizar um estudo sobre as técnicas e os diferentes padrões que existem nesta área de modo a que fosse possível a adaptação ao desenho do projeto, mas antes iremos abordar um pouco a história da cestaria e ainda enunciar as diferentes aplicações.

Em Portugal este tipo de atividade existe pelo menos desde a cultura castreja, em muitos sítios esta atividade ainda é indispensável, como é o caso da vida rural e doméstica, noutros já nem vestígios desta atividade existem. No norte do país são inúmeras as regiões que ainda colocam em prática as técnicas de cestaria com o intuito de serem posteriormente aplicadas no comércio, agricultura, decoração ou uso doméstico.

A cestaria pode apresentar-se com vários formatos, tamanhos e feitios conforme a finalidade da mesma, no que se refere ao material utilizado depende do local, podendo ter variações desde a palha centeia, a madeira rachada como é o caso de Penafiel, e ainda o junco. É possível fazer uma distinção por zonas e material empregue na cestaria, no sul existe uma tendência para a utilização de empreita de palma, que tem como vantagem intrínseca a leveza dos objetos criados; já no norte, é usual a utilização da palha de centeio devido à falta de recurso; nas zonas onde há mais floresta é muito usual a utilização de castanheiro, em oposição às zonas mais húmidas que tendem a utilizar o junco (Fig. 16).

Portugal tem vindo a sofrer uma enorme alteração no que diz respeito à vegetação, como consequência da destruição das florestas e da plantação de árvores não autóctones, o que tem implicações diretas na atual atividade artesanal da cestaria. As diversas aplicações da cestaria variam muito do material utilizado e da forma, para além

destes dois pontos a técnica utilizada também define a aplicação destes materiais, que podem ser aplicados como cestos, tabuleiros para roupa, gaiolas, cadeiras, mesas e ainda cestas para transporte de alimentos. Normalmente os objetos criados a partir desta atividade remetem-nos para um tempo anterior aos plásticos, ao cartão, aos sintéticos e à invenção da sustentabilidade.

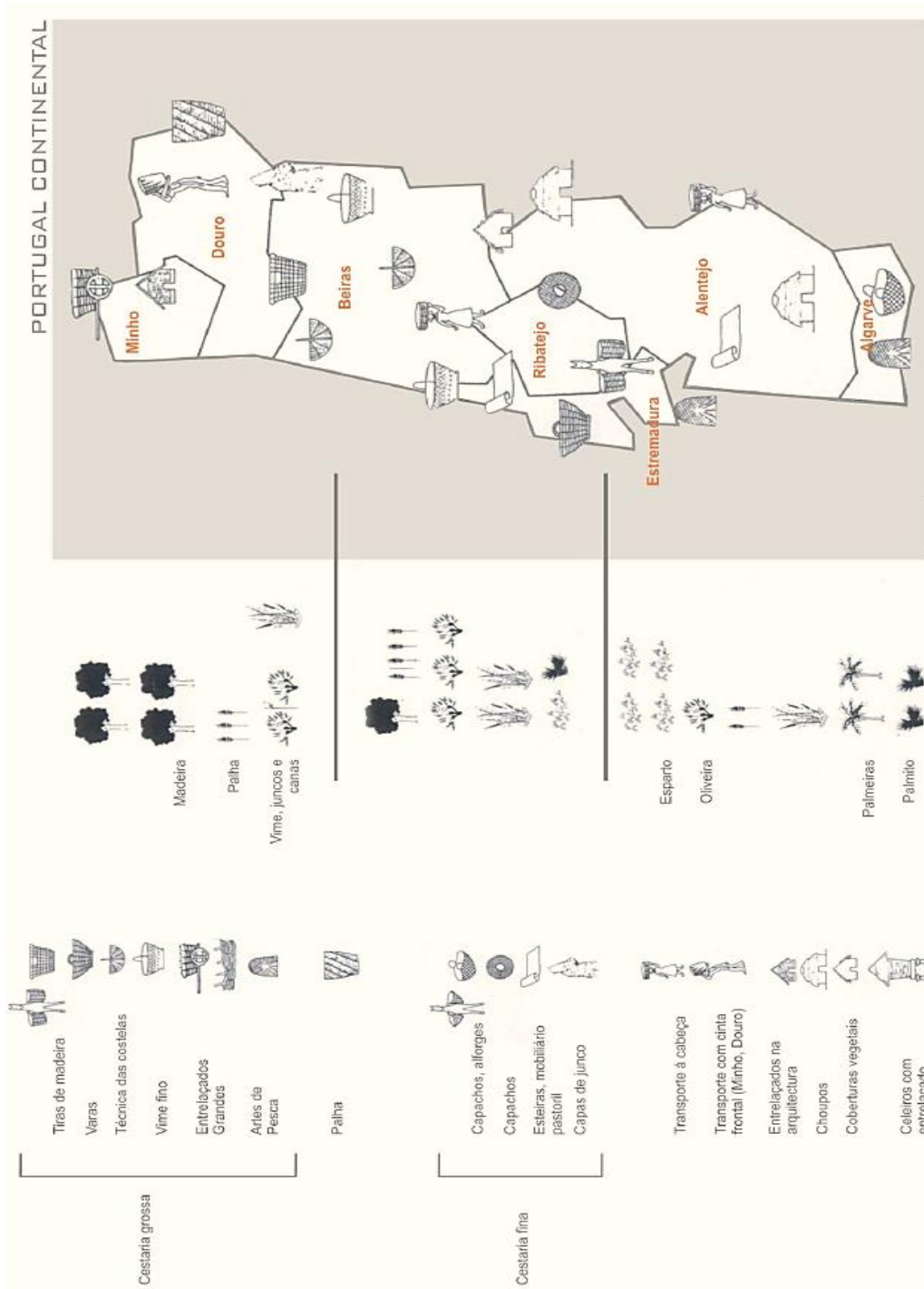


Figura 16- Aplicabilidade dos objetos provenientes das técnicas de cestaria/ Identificação geográfica da matéria-prima.

### 3.1.2 Tipos de técnicas

Em todo o caso, as técnicas usualmente empregues na cestaria correspondem a procedimentos tecnologicamente simples, através dos quais as mãos movimentam dois ou mais elementos vegetais lineares, dos quais um é o elemento ativo e outro o passivo, ou em que ambos são alternadamente ativos, de forma a construir uma superfície têxtil, sem que seja necessário recorrer a estruturas auxiliares fixas, com exceção do tear no caso dos trabalhos de esteiraria.

A cestaria tradicional não recorre a suportes ou bastidores, a trama das matérias-primas é fruto do trabalho puramente manual, em que as ferramentas ou moldes, usados pontualmente, funcionam apenas como auxiliares (Kuoni 1981)<sup>10</sup>

É de salientar a resistência dos produtos feitos à base desta técnica, apesar de serem produtos artesanais, a eficiência destes objetos deve ser valorizada, e advém das técnicas ou da forma de interligar as fibras, que serão estudadas num dos subtópicos que se seguem.

As diferentes técnicas de cestaria variam consoante a aplicação final/ função do objeto. Iremos definir essas mesmas técnicas em duas categorias, cestaria em espiral cosida (Fig. 17) e cestaria tecida, de modo a que se compreendam facilmente as formas de execução existentes nas diferentes culturas, no entanto segundo Alice Genes (2013) a cestaria baseia-se essencialmente nas técnicas de tecelagem, o vime, o entrelaçado, o entrançado e o bobinamento.

- **Cestaria em espiral cosida;**

Existem dois tipos de cestaria em espiral - com armação e sem armação de sustentação - sendo constituída em termos estruturais por armadura e o cosido. Esta técnica é das mais antigas, sendo a mais arcaica e também a menos complexa, e consiste em interligar as fibras vegetais com forma de canudo, a partir de um ponto central onde todas as outras fibras irão sendo fixadas ao seu redor, e assim sucessivamente, obtendo um objeto onde o ponto central está na base e o padrão final seja uma espiral.

---

<sup>10</sup> KUONI, Bignia. Cestería tradicional ibérica. 1 ed. Barcelona: Ediciones del Serbal, 1981

- **Cestaria tecida;**

Esta técnica é a que mais se aproxima com a forma de produção de tecelagem, é uma técnica mais recente que cestaria em espiral, dada a sua complexidade ou forma de execução. O seu sistema estrutural é constituído por varas (armação) e fibras ou tiras vegetais que são o elemento ativo que se entrelaça no elemento passivo, varas verticais, criando uma trama, com um tipo de padrão.

Tal como a tecelagem, é possível enquadrar esta técnica em quatro tipos:

- Entrançamento;
- Bobinamento;
- Vime;
- Entrelaçamento.

**Entrançamento:** Consiste na arte de tecer dois materiais similares juntos, quando é iniciado o padrão é extremamente necessário ter em atenção os ângulos e orientações do entrançamento, existem materiais que estão mais aptos para esta técnica, como a casca do vidoeiro, cana de rio, junco plano e papel. Atualmente qualquer material flexível está apto para ser aplicado nesta técnica (Fig. 18).

**Bobinamento:** Esta técnica aproxima-se muito à costura, pode utilizar como elementos ligantes linhas pesadas, ráfia e anda crina de cavalo, os materiais mais indicados para esta técnica são folhas de pinheiros e palha.

**Vime:** Para a realização desta técnica é necessária a existência de duas bases firmes, uma por cima e outra por baixo, nas quais são tecidos elementos flexíveis tais como a cana, salgueiro ou papel, com o intuito de criar uma trama.

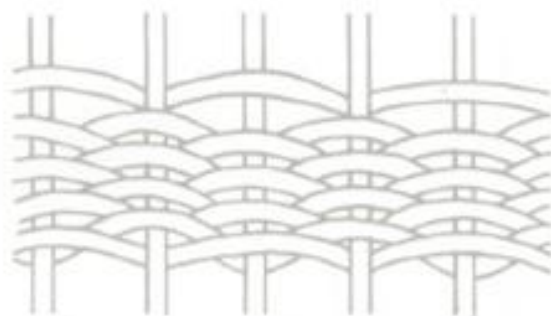
**Entrelaçamento:** Esta técnica pode ser executada em diferentes níveis de dificuldade, consiste na torção de uma ou mais fibras de forma sucessiva, onde é necessário que cada movimento de meia volta cubra o elemento perpendicular passivo. Podemos ter fibras que na sua lógica horizontal vão cobrindo os elementos verticais sequencialmente, representadas por varas alinhadas paralelamente no sentido vertical, ou podemos encontrar, neste tipo de técnica, uma ou mais fibras que se entrelaçam em posição de trama. Quando o processo é feito com duas tramas dá-se o nome de emparelhamento, considera-se entrelaçamento quando o número de tramas é superior a duas, a partir desta técnica é possível criar inúmeros padrões (Fig. 19).

Dada a forma de execução dos objetos com a técnica de cestaria tecida, considerou-se que esta seria a mais adequada para analisar no que se refere à forma de

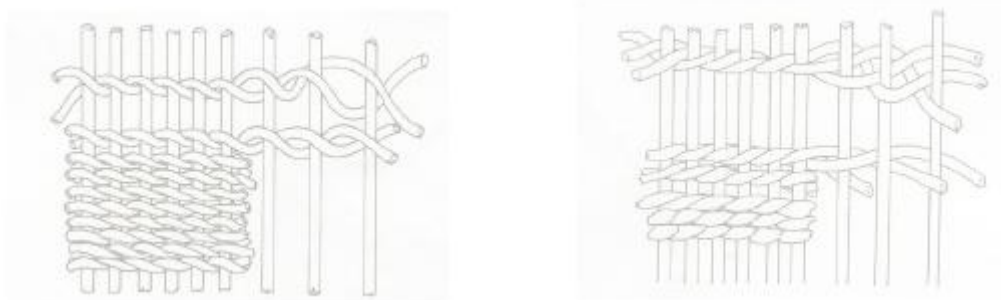
execução e padrões que são possíveis de obter, com o intuito de desenvolver e adaptar à ideia do projeto.



*Figura 17- Técnica de cestaria espiral cosida.*



*Figura 18- Técnica de cestaria tecida- entrançamento.*



*Figura 19- Técnica de cestaria tecida, Entrelaçamento.*

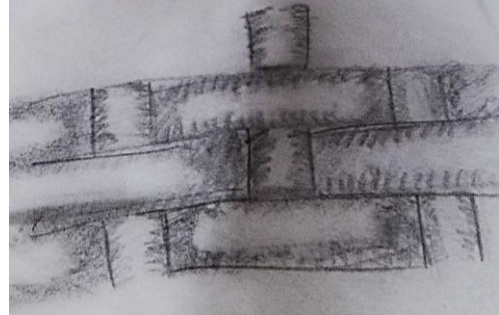
### 3.1.3 Identificação dos padrões

Existem inúmeras variações de padrões possíveis de criar a partir da conjugação das fibras, visto que uma variação no ritmo na angulação altera o padrão. O desenho das tramas muitas vezes está associado à função que o objeto irá desempenhar, por exemplo num caso onde o cesto desempenha a função de transporte de sementes o espaçamento entre as fibras não poderá existir, o aperto entre as fibras e a forma de executar o objeto terá de ser mais rigorosa, em oposição a um cesto de transporte de pão ou peixe onde já poderá existir menos cuidado com o espaçamento entre as fibras, uma trama menos fechada, apesar de em ambos os casos o padrão ser muito idêntico.

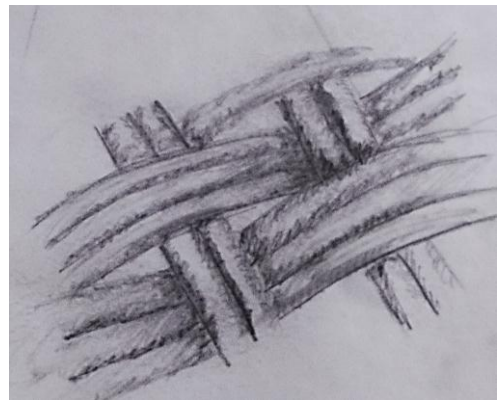
A geometria e os padrões criados nos diferentes materiais resultam da escolha do material, da preparação das fibras e ainda da forma de elaborar o entrelaçamento, desde a seleção do material até ao produto final, identificam-se conceitos de contagem e de geometria que determinam a forma final. É a partir desta geometria e desta contagem que será feito o estudo dos diferentes padrões, dada a impossibilidade de aplicação ou adaptação ao projeto a técnica de cestaria cosida não será alvo de estudo.

Num primeiro caso (Fig. 20), podemos observar a ligação mais simples, em duas direções, onde o entrelaçamento é feito de um para um, a partir deste existem díspares variações no que diz respeito ao número de fibras e aos desenhos que se podem criar (Figuras 21 e 22). Podemos ainda encontrar padrões onde existe um desenho mais trabalhado, onde as fibras mantêm as orientações perpendiculares entre si (Fig. 22). Existe outro tipo de combinação de fibras onde as direções de malhas mantêm-se mas a angulação difere (Fig. 23). Dentro deste último caso com duas direções é possível ainda presenciar uma conjugação de fibras mas com alteração no que se refere ao espaçamento (Fig. 24).

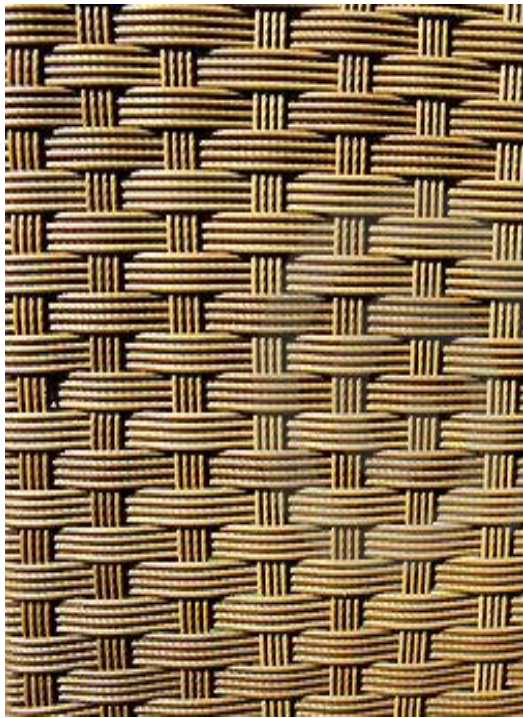
Existem casos mais complexos em que existem mais do que duas orientações, e conseqüentemente, maior número de fibras para ligar (Fig. 25).



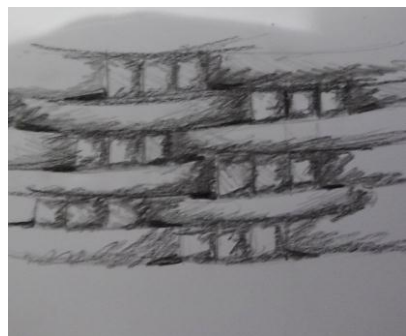
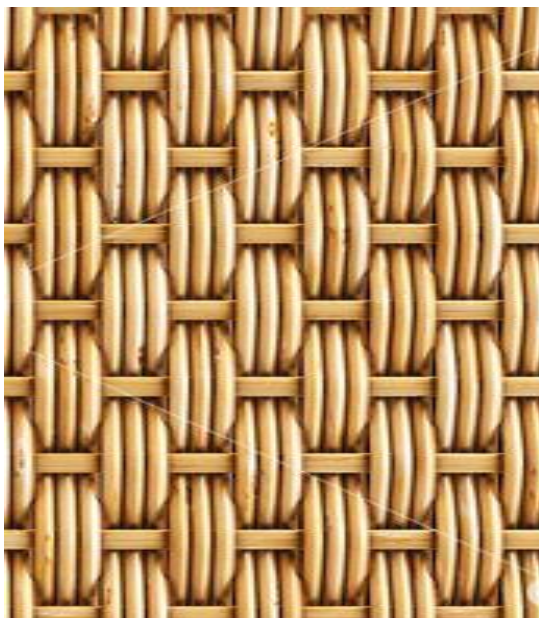
*Figura 20- Padrão simples duas direções perpendiculares.*



*Figura 21- Padrão duas direções perpendiculares, variação do número de fibras.*

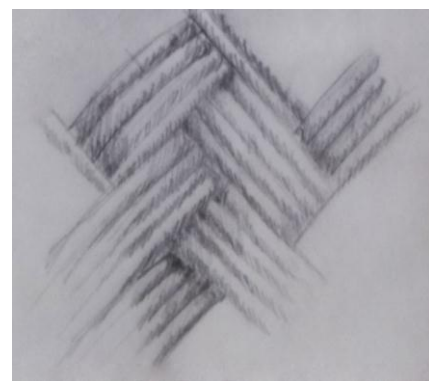


*Figura 22- Padrão simples, duas direções perpendiculares, variação número de fibras/ possível alteração de espaçamento com mesmo número de fibras e direcção.*



*Figura 23- Padrão simples, com variação de ritmo e número de fibras.*





*Figura 24- Padrão simples com variação na angulação/ possível variação de fibras com o mesmo padrão.*



*Figura 25- Padrão complexo, variação em angulação e direção com espaçamento entre as fibras.*

Partindo da análise anterior, crê-se que seja mais adequado a utilização da técnica de cestaria tecida com apenas duas direções. A partir dos padrões analisados de entrançamento, será realizada uma adaptação, de modo a que seja possível criar o desenho da malha estrutural. O desenho do módulo será feito a partir da lógica de variação no que diz respeito ao ritmo e à angulação, de maneira a que se conceda um módulo estável.

Ter-se-á como referência o padrão base de um para um com entrançamento simples e um espaçamento entre as fibras de 500 mm. De modo a aumentar a resistência do módulo as peças de madeira surgiram sempre em dupla camada. Da mesma forma que na técnica de cestaria é bastante evidente a flexibilidade do material através da possibilidade do entrelaçar das fibras, o mesmo é adotado no módulo para que seja possível tirar o maior partido da flexibilidade do material, aumentando a resistência e a tensão entre os vários elementos, o que criará um elemento com maior estabilidade e rigidez.

No painel que se segue é possível identificar as várias relações entre a cestaria e o módulo criado. No anexo V são apresentadas as várias abordagens que poderiam ter sido feitas de modo a obter um módulo base com referências muito semelhantes aos desenhos criados nas técnicas de cestaria.

Painel- Interpretação das técnicas de cestaria



Depois do conceito de desenho criado, é necessário selecionar o material que fará parte do sistema construtivo. Para tal é necessário ter noções base sobre os derivados de madeira existentes no mercado. Procedeu-se a uma pesquisa sobre os derivados de madeira, de modo a compreender as suas propriedades e também vantagens comparativamente à madeira maciça. Após a realização da pesquisa foi selecionado um material para a materialização da malha estrutural de madeira.

### 3.2 Especificação do material a utilizar

Com o avanço das tecnologias, foi possível trabalhar a madeira para que a ideia depreciativa inerente a este tipo de construção fosse abandonada. Deu-se o início de uma nova era no que se refere à madeira, foram desenvolvidas técnicas na indústria madeireira que potencializaram a criação de novos materiais, que apresentam melhor comportamento face às situações de risco, e têm também um melhor desempenho a nível estético. De seguida serão enumerados os vários tipos de materiais que surgiram com o passar do tempo.

Adjacente ao desenvolvimento de um novo tipo de material com propriedades estéticas muito elevadas, obteve-se um material que pode ter os seguintes benefícios:

- Capaz de ser homogéneo na sua composição e de razoável isotropia no comportamento físico e mecânico;
- Maior possibilidade de secagem e tratamento de preservação e ignifugação quando o material está reduzido a fibras;
- Melhoria de algumas características físicas (através dos meios de produção/ processo de fabrico):
- Retractilidade;
- Massa Específica;
- Melhoria nas características mecânicas em relação à madeira natural;
- Produção de novos produtos a partir da madeira, no que se refere a dimensões e características (como é o exemplo de materiais pré fabricados modulados);
- Aproveitamento praticamente integral de toda a matéria lenhosa, o que torna este tipo de material mais económico.

### 3.2.1 Tipos de derivados no mercado

Tendo em conta o panorama Nacional, procurou-se compreender quais os diferentes tipos de derivados que têm maior importância no mercado, sendo eles, os contraplacados, os aglomerados, os folheados, os termolaminados e a cortiça. Foram selecionados apenas dois tipos de derivados, os aglomerados e os contraplacados, os quais têm as características mais adequadas para a conceção do projeto. A partir desta seleção procedeu-se à pesquisa sobre cada um dos materiais com o intuito de escolher o material para aplicar no sistema construtivo.

#### **Derivados de madeira**

- Contraplacados
- Aglomerados
- Folheados
- Termolaminados
- Painel fibra madeira
- Placa de madeira reconstruída
- Cortiça

Com a criação dos derivados de madeira foi possível aplicar estes derivados num maior número de situações, desde o lado visual até ao estrutural (Fig. 26), pelo que a madeira começa a ser utilizada em casos onde a classe de risco é maior, como por exemplo casas de banho, junto das piscinas (*deck*) ou em varandas. Porém ainda existem situações onde alguns dos derivados não podem ser aplicados ou o seu desempenho fica comprometido (Tabela 1).

Os derivados de madeira têm um inúmero potencial na pré fabricação e na modulação. É notável o vasto leque de oportunidades e ideias que se criaram com o surgimento dos derivados de madeira, desde novos sistemas estruturais, novos sistemas de encaixe e ainda a possibilidade de criar edifícios em altura.

Tabela 1: Aplicações da madeira e dos seus derivados, adaptação de: Repositório da Monografia do Eng.º ANTÓNIO VIEIRA, Materiais de construção I, Engenharia Civil 2004;

	Móveis	Bases do chão	Bases e Coberturas	Divisões Exteriores	Revestimentos	Produção de Vigas	Estrutural	Portas
Aglomerados	X			X	X		X	X
Contraplacados	X	X	X	X	X	X	X	X
Folheados	X		X		X			X
Laminados	X	X	X		X	X	X	X
Termolaminados	X	X			X	X	X	X
Placas de Fibra de madeira	X	X			X			X
Madeira reconstruída	X				X			X



Figura 26- Tipos de Aplicação dos derivados de madeira.

De modo a desenvolver o trabalho, considerou-se que posteriormente ao desenho do conceito base e antes de tomar qualquer decisão relacionada com o desenho mais pormenorizado da malha de madeira, se deveria proceder ao estudo dos derivados de madeira, tais como os contraplacados e os aglomerados, de modo a tomar-se uma decisão quanto ao material que fará parte do projeto. A pesquisa efetuada analisa a forma de produção, a constituição dos painéis e ainda as propriedades referentes a cada painel.

## **Contraplacado**

O material designado por contraplacado, tal como o nome indica, é feito por placas. É constituído por três elementos - a folha, a alma e a cola, todos os painéis feitos em contraplacado são constituídos por um número ímpar de folhas coladas umas sobre as outras, prensadas, o que lhes confere uma maior rigidez.

A alma é a zona central do contraplacado onde a espessura é superior em relação às folhas, esta camada do painel é constituída por painéis de fibras, desperdícios de cortiça e lã de vidro; as folhas ou a camada folha que revestem a camada anteriormente, obtêm-se através do processo de desenrolamento de um pedaço de madeira. Já no que se refere ao ligante das camadas é dado o nome de cola, que aglutina as peças todas numa só peça.

Após a obtenção das diversas partes é necessário proceder à união dos elementos, numa primeira fase extrai-se as folhas da madeira natural com as determinadas dimensões, e posteriormente todas as folhas são sobrepostas com o fio alternadamente cruzado e coladas com resinas sintéticas e prensadas em altas pressões, sendo o produto final a alma revestida por folhas interligadas com resina. O material formado é bastante resistente à flexão e às deformações de empenamento, dada a forma como as folhas estão orientadas. Este material é mais fácil de trabalhar e mais económico comparativamente à madeira maciça.

A aplicação destes painéis requer alguma atenção no que se refere ao plano onde irá ser aplicado - terá de estar isento de manchas de humidade e deverá apresentar um acabamento cuidado. A cola também é um aspeto a ter em conta pois terá de ser



compatível com o material do plano pré-existente. Um outro tipo de aplicação é a pregagem, onde é necessário a utilização de uma armação em madeira, e com a ajuda de pregos o contraplacado é pregado. Este derivado, tal como muitos outros, pode receber inúmeros acabamentos, como por exemplo pintura, encerar e envernizar. Existe um grande número de contraplacados no mercado, desde marítimos, resinosos, folhosos e as placas.

## **Contraplacados**

- Maritimo
- Maritimo Form
- Maritimo Desk
- Resinas
- Folhosas
  - Temperadas
  - Exóticas
- Placas
  - Engradada
  - Lameladas
  - Alveoladas
  - Moldada
  - Decorativas



*Figura 27- Contraplacados Jular.*

## **Aglomerados**

Os aglomerados são placas construídas a partir das pequenas árvores e ramos provenientes dos abates florestais. Este material é o resultado de todo um processo que é constituído por várias fases, começando pelo descascamento e redução da dimensão da matéria-prima; posteriormente ocorre outra fase onde é dado o processo de humedificação em câmaras próprias; de seguida, toda a matéria-prima é convertida em partículas muito pequenas com a ajuda de máquinas desfibradoras, sendo posteriormente encaminhadas para os secadores rotativos, onde é retirada toda a humidade que possa ainda estar presente nas pequenas fibras de madeira.

Após estas fases as partículas são colocadas em máquinas misturadoras onde se procede à impregnação das resinas; estas misturas passam para tabuleiros, com a forma previamente estudada e estabelecida. As dimensões do tabuleiro estabelecem a forma final do painel, e é nesta fase que a mistura é prensada a uma pressão de 200 toneladas e a uma temperatura que pode ultrapassar os 200 °C, ficando assim com a sua forma final e resistência.

Numa fase posterior cada placa é levada para máquinas de acabamento com o intuito de serem polidas e esquadriadas, de modo a que tenham as medidas estandardizadas. Como o produto final possui um bom desempenho no que se refere à

resistência e à durabilidade, é por isso utilizado em revestimentos de teto, paredes, mobiliário e na construção.

É de salientar a existência de dois tipos de aglomerados, um deles standard e um outro hidrófugo. Neste primeiro grupo podemos classificar os painéis de fibras onde as suas partículas são obtidas a partir do processo de cocção de madeira fragmentada mecanicamente, que posteriormente são ligadas pela própria lenhina da madeira, a altas temperaturas e elevadas pressões. É de evidenciar que este aglutinante ajuda na rigidez, impermeabilização, resistência a ataques microbiológicos e mecânicos ao tecido vegetal. Estes painéis têm várias classificações como painéis comuns e painéis folheados. Os painéis comuns são constituídos por uma só camada, sendo também considerados como painéis homogêneos visto que em toda a espessura as partículas que os formam têm dimensões muito aproximadas, ou podem ser constituídos por várias camadas onde a central é feita com partículas de maior espessura e dimensão em relação às camadas superficiais. No que se refere aos painéis folheados, a sua constituição é muito parecida à dos painéis comuns, porém possuem nas faces revestimento com folhas decorativas. Uma outra especificidade dos painéis folheados diz respeito ao seu processo de produção, que no caso de espessuras superiores a 30 mm este processo é diferente de modo a diminuir o peso do painel, e para tal são feitas perfurações tubulares nas camadas interiores do painel. Segue-se um esquema onde são enumerados os diferentes tipos de aglomerados:

## Aglomerados

- Painéis Comuns e Folheados
- Painéis Revestidos a folha de madeira
- MDF
  - Standard
  - Superlac
  - Pavimentos
  - Pavimentos hidrofugos
  - Baixa Densidade
  - Resistente à humidade
  - Moldável
- OSB
  - Macheado
  - Lambrim
  - Placa

De entre os diversos aglomerados, considerou-se pertinente apenas realizar a pesquisa sobre os OSB, uma vez que, de um modo geral, são os que apresentam as características para aplicação em estruturas.

### **Aglomerado de partículas longas e orientadas (OSB)- *Oriented strand Board***

Este tipo de painel tem um excelente comportamento no que diz respeito ao módulo de elasticidade e resistência à flexão. O que potencia esta ação é a forma como é feito o painel, através da sobreposição de três camadas de partículas longas de madeira, orientadas de forma perpendicular entre si. O seu excelente desempenho é o que permite a sua utilização em casos não estruturais e em casos estruturais, estes painéis têm como a vantagem a versatilidade, a estabilidade, o baixo custo e o serem de fácil construção e manutenção. Para além das características enumeradas anteriormente, é de observar a capacidade de resistência à humidade, que de certa forma possibilita a utilização deste mesmo material em tetos quentes ou frios.

Também é possível combinar este material com madeira maciça para a realização de vigas em I, onde a alma da viga é em painel de OSB, o que torna as estruturas pesadas mais leves, económicas e simples. Este material tem inúmeras

aplicações, sendo uma delas a possibilidade de utilizar o OSB como pavimento, uma vez que este material responde de uma forma muito eficiente às variações do ambiente. Já é possível ver no mercado painéis com sistema de encaixe macho-fêmea. O OSB é um material muito versátil no que respeita à estética, o mercado oferece um leque de opções desde padrões e texturas. No que diz respeito à embalagem do material, por ser leve e com bastante resistência, esta indústria é muito rentabilizada, com poucos custos em relação aos benefícios. Adicionalmente, este material apresenta como vantagem o ser um material eco eficiente, visto que a sua matéria-prima é proveniente de uma espécie de madeira de crescimento rápido.



*Figura 28- OSB*

A madeira é um material portador de versatilidade, maquinabilidade e facilidade de produção de peças, o que permite uma maior adaptação às diversas necessidades na construção ou até mesmo para a decoração. Tem inúmeras potencialidades, podendo alterar a sua cor, textura e densidade, e com a extensa gama de derivados que se podem criar a partir da madeira e os inúmeros tratamentos que se podem aplicar, a madeira tornou-se num material com uma adaptabilidade bastante elevada, permitindo uma melhor resposta às diferentes situações no sector da construção.

A criação dos derivados de madeira surge de certa forma para colmatar algumas falhas da madeira, falhas estas que na maior parte das vezes não eram possíveis de serem resolvidas através de tratamentos, pelo que os derivados de madeira têm algumas vantagens que a madeira não possui, como por exemplo o comportamento uniforme, onde em toda a superfície existe o mesmo desempenho e resposta às diversas situações, outra vantagem poderá ser em termos de dimensões, é possível obter peças maiores e

mais homogêneas, outra vantagem prende-se com a possibilidade de um melhor aproveitamento da matéria-prima.

Como se verifica em qualquer material, estes requerem cuidados, é necessária uma análise prévia para que não exista falhas no tipo de material a aplicar em cada situação, para que não exista uma degradação no aspeto ou nas suas características. Como tal os derivados de madeira são materiais resistentes com uma boa durabilidade, modernidade e conforto.

Após o estudo dos diferentes derivados de madeira, chegou-se à conclusão que para a conceção do projeto, o material mais indicado será o OSB, (*oriented strand board*, ou aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas), este material é bastante resistente e as suas características resultam do seu processo de fabrico, que com os anos tem vindo a ser cada vez mais apurado e minucioso. As suas qualidades surgem não só das colas que têm surgido com o passar do tempo, como também estão associadas com a escolha das partículas que compõem os painéis OSB. Para além da seleção e da disposição das partículas que potenciam as características deste material, todo o processo de produção foi desenvolvido de modo a maximizar a estabilidade e a resistência dos painéis.

Este material foi escolhido pelas suas vantagens no que se refere à sua elevada resistência quando comparado com outros contraplacados, também foi tido em consideração a sua reação à humidade, à deformação e à rutura. É apreciada a sua durabilidade, acrescem-se a estas propriedades que o tornam uma mais-valia para o projeto, o facto de ser possível obter um extenso leque de dimensões que não condicionam as decisões de projeto, pelo que deste modo não é necessário criar novos moldes de produção de OSB para a materialização da malha, sendo possível obter peças até aos 5000 mm. Neste material existe também a possibilidade de alterar o aspeto visual com pinturas, é um material de fácil manuseamento e totalmente reciclável.

Após a realização do passo anterior, as questões que se levantam prendem-se quanto ao desenho das ligações, quais os materiais a utilizar e qual o desenho da madeira nos pontos de interseção. Procede-se do mesmo modo anterior, numa primeira fase mostra-se a pesquisa realizada acerca dos diversos tipos de ligações nas estruturas de madeira, e numa segunda fase apresentam-se as opções tomadas após conhecimento geral.

### 3.3 Tipos de ligações existentes no mercado

As ligações normalmente constituem o ponto mais fraco das estruturas de madeira, é nestas zonas que existem inúmeros esforços e tensões localizados. Por isso são áreas que podem colocar todo o edifício em risco se não forem bem tratadas. No caso do projeto que se pretende desenvolver, estes pontos são cruciais, pois são estes os pontos que fazem toda a malha e a forma como estes irão funcionar é que irá ser o ponto fulcral para todo o projeto. A evolução das ligações tradicionais de madeira-madeira para uso de outros materiais, deveu-se, por um lado, à necessidade de aligeiramento das estruturas (recurso a derivados de madeira), (*Mendes, 1994*)<sup>11</sup>

Atualmente o número de aplicações e acessórios associados às ligações das peças de madeira e contacto com o solo é extenso, principalmente quando associados a estruturas mistas, muitas destas ligações surgem de forma a contornar o desempenho menos eficiente da madeira quando aplicada em contacto com o solo. Os diferentes tipos de ligações entre as peças de madeira podem ter em conta vários fatores – um primeiro que é o tempo, o que origina a nomenclatura de ligações clássicas ou modernas; um segundo fator que é o tipo de tecnologia aplicada, a que se dá o nome de ligações por entalhes, ligações por justaposição, e por fim ligações coladas.

De seguida é possível visualizar uma breve síntese no que diz respeito a cada uma das ligações, posteriormente serão referenciadas as formas de ligar as peças de madeira com maior potencialidade neste projeto.

---

<sup>11</sup> MENDES, Paulo, Ligações em estruturas de madeira- tecnologia e dimensionamento de acordo com o eurocódigo 5, dissertação faculdade de engenharia do porto, pág. 12,1994.

# Ligações

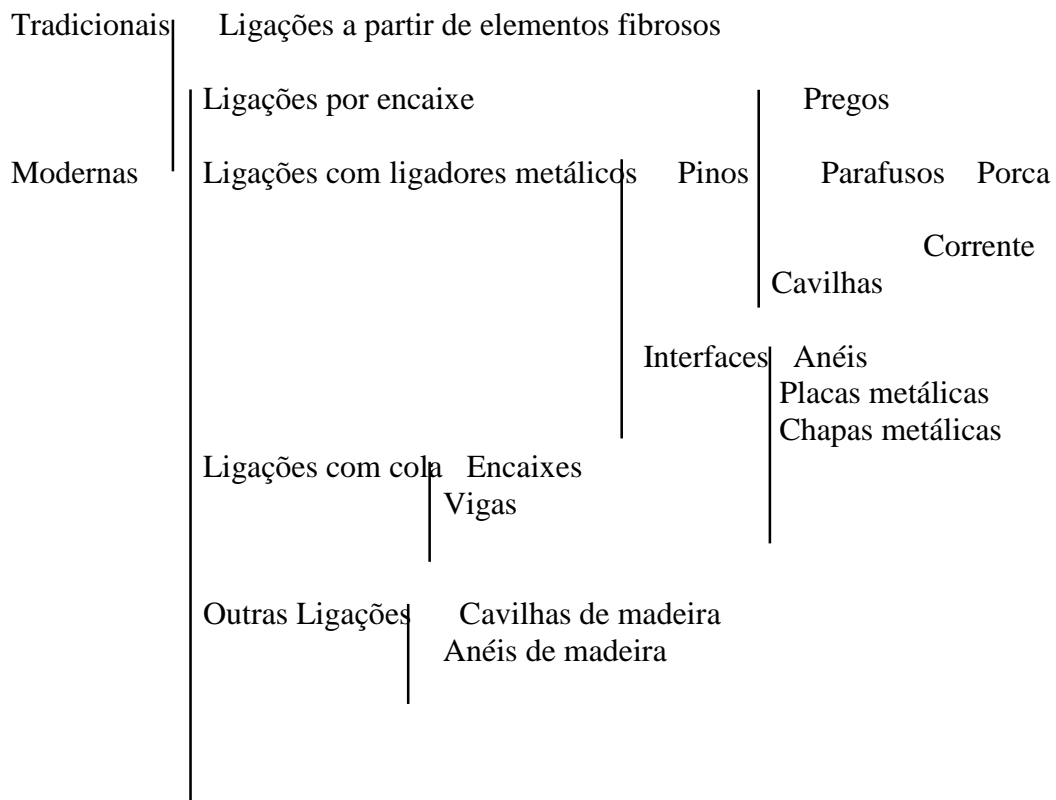


Figura 29-Tipos de ligações



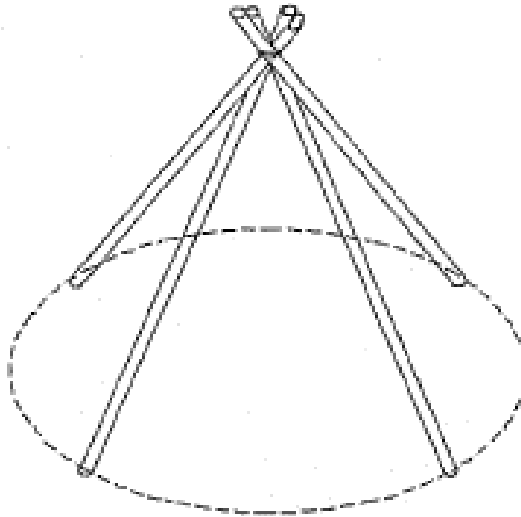
### 3.3.1 Ligações tradicionais/ Clássicas

Desde muito cedo sentiu-se a necessidade de procurar novas soluções. Quando a civilização inaugurou a habitação em cabanas, substituindo as cavernas, foi necessário elaborar uma forma de ligar as peças de madeira, como técnica tradicional surgem elementos fibrosos de origem vegetal ou tiras de pele de animal. (Fig. 30)

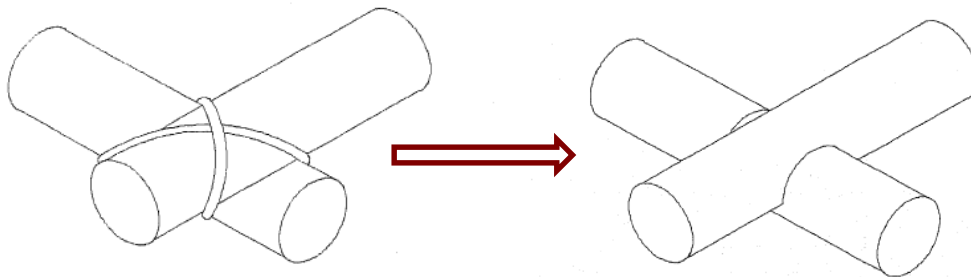
O maior problema nas construções em madeira prendia-se com a união das peças, uma vez ocorrida uma falha no momento de junção a estabilidade de toda a estrutura ficava comprometida. Posteriormente, a evolução das estruturas de madeira foi bastante notável, como resultado do domínio dos metais e das ferramentas que permitem o trabalhar das peças, surgem novas formas de ligação e um desenvolvimento cada vez mais notável. (Fig. 31)

Surgem ligações por encaixe, as mais antigas, que durante muito tempo foram as mais utilizadas, devido ao seu lado económico, apesar de ser um tipo de ligação do qual a mão-de-obra requer um cuidado mais especializado.

Este tipo de ligações era inicialmente feito com o único intuito de travar a estrutura, não eram colocadas em situações onde era necessário resistir a esforços significativos. Este processo de ligação consiste em criar pontos de união onde os esforços que vão suportar lhes sirva como uma vantagem e aumente a força da ligação. Uma das desvantagens deste método é que apesar de transmitirem bem os esforços por compressão e corte, esta forma de ligar peças não aceita a inversão das solicitações, um outro problema que se coloca é na zona de entalhe onde a secção destas fica mais reduzida, o que aumenta as tensões naquele ponto. Para evitar estas falhas, eram aplicadas peças com secções sobredimensionadas, visto que realizar ementas em zonas de sobre esforço é impensável.



*Figura 30- Primeira forma de união de peças de madeira para a criação de abrigos.*



*Figura 31- Evolução das ligações.*

Com o tempo as ligações por entalhes evoluíram bastante, sendo possível a construção de estruturas cada vez mais arrojadas, com maior grau de perfeição e possibilidade de vencer maiores vãos. A madeira sempre foi um material pelo qual o Homem demonstrou muita dedicação e apreço, mesmo com a evolução da pedra. Ao longo dos anos foram aparecendo novas soluções em relação aos momentos de junção das peças de madeira, umas mais inovadoras do que outras, mas todas com um melhor desempenho, uma vez que a experiência gera conhecimento empírico quer das características da madeira, bem como das diferentes peças. (Fig. 32)

A utilização de elementos nas estruturas, para além das peças de madeira, que aumentam a eficiência das construções de madeira está presente desde muito cedo nas sociedades, como é o caso de peças metálicas e cavilhas de madeira. Estas peças eram utilizadas para manter o elemento de madeira na posição inicial, mas também se percebeu que a utilização destes elementos reforça a ligação. Desde então as estruturas de madeira adquiriram uma maior complexidade, o trabalho com a madeira tornou-se uma obra de arte, especialmente quando se trata de edifícios que são de uso coletivo, mais tarde o grau de complexidade é associado à riqueza da sociedade.

O conhecimento sobre os esforços e resistências da madeira era muito reduzido, porém os resultados das obras eram excelentes e muitos duraram centenas de anos, nesta altura apostava-se na escolha da madeira, no seu tratamento tremendamente cuidadoso e só recorriam a carpinteiros que tinham elevados conhecimentos sobre este tipo de estruturas. Eram feitos estudos ao pormenor dos encaixes e de toda a construção.

As ligações foram tornando-se mais eficazes com o passar do tempo e das experiências, porém ainda é possível ver muitas das antigas ligações aplicadas no que se refere ao mobiliário, dado que a estética deste tipo de ligações é uma mais-valia, visto que nestes casos a importância está mais concentrada no aspeto visual do que na resistência do produto final. Muitas das ligações que são utilizadas nos dias de hoje (Fig. 34) recorrem a cola de modo a aumentar a rigidez.

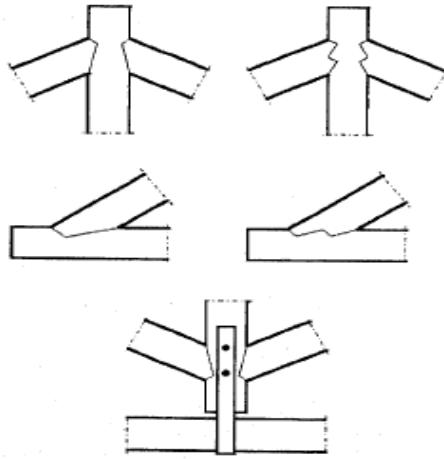


Figura 32- Primeiro tipos de ligações por entalhe.

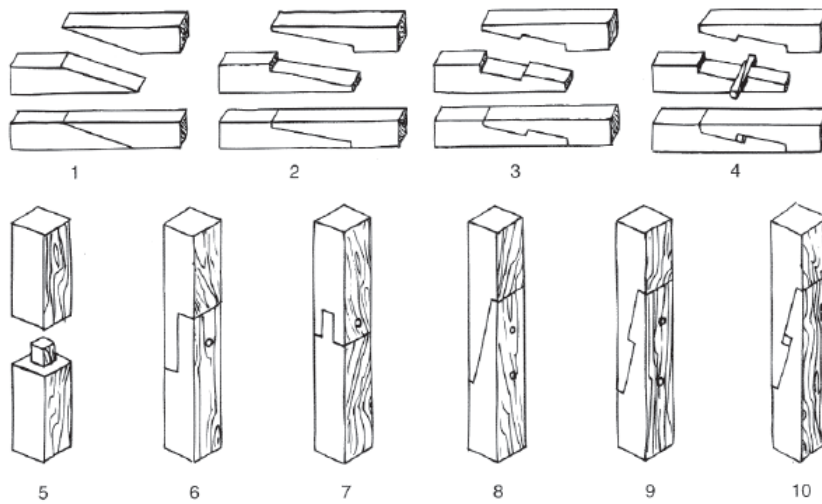


Figura 33- Tipos de ligações mais recorrentes no mercado mobiliário.

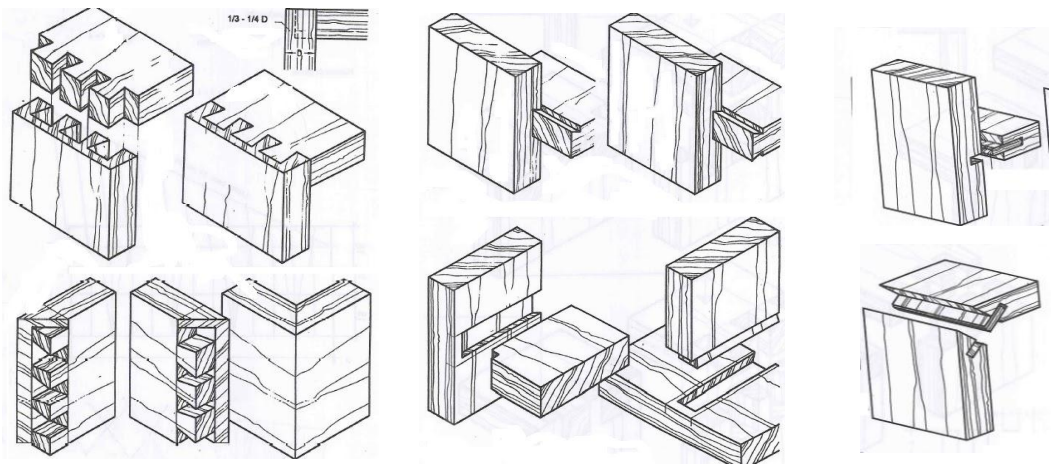


Figura 34- Tipos de ligações por entalhe mais comuns nos dias de hoje.

### 3.3.2 Ligações Modernas

As ligações clássicas foram sendo desenvolvidas com o avanço das tecnologias, foram criadas novas formas, e conseqüentemente surge uma maior eficácia. Uma das maiores diferenças entre os entalhes modernos e os clássicos está na preocupação em termos de dimensionamentos. As novas formas, no que se refere a estas ligações, devem-se em grande parte à ciência e ao conhecimento mais profundo das peças de madeira.

Esta solução requer maior pormenorização e mão de obra especializada, ou seja, um maior cuidado, para além de especialização e de maior complexidade que se cria, também surgem soluções mais simplificadas e com maior facilidade de execução, este tipo de ligações mais simplificadas é considerado uma mais-valia para o projeto, visto que um dos intuitos do projeto está totalmente associado à fácil execução e à rapidez. As ligações modernas são muito diversificadas, podendo ir desde o mais básico, desenvolvimento das ligações clássicas, até ao mais inovador e mais recente tipo de ligação como é o exemplo das ligações com cola.

### 3.3.3 Ligadores metálicos

A sobreposição de dois elementos de madeira exige sempre a utilização de um outro elemento para que seja garantida a ligação entre os dois elementos, é este terceiro elemento que faz a passagem dos esforços de uma peça de madeira para outra. Esta zona da estrutura tem uma grande importância, se este ponto de união entre as peças não for bem solucionado poderá prejudicar a estabilidade de todo o edifício.

Com o tempo surgiram diversos tipos de ligações, o primeiro exemplo surgiu na Era moderna e é o prego, que é de fácil aplicação. A partir deste momento começou-se a investigar novas formas para o **prego**, soluções e até mesmo a capacidade de resistência no prego.

As ligações feitas a partir de pregos têm um excelente comportamento para resistência às ações sísmicas, dado que na zona de ligação existe uma deformabilidade, sendo esta área dúctil e com alguma flexibilidade, o que faz com que não haja rutura nestes pontos em caso de sismo. Contudo sentiu-se a necessidade de desenvolver e apurar as técnicas, o simples prego sofre um desenvolvimento com as novas técnicas de

pré-furação, aberturas de rasgos e cravação da madeira. Posteriormente foi feito um avanço relevante no que se refere aos ligadores metálicos, ocorrendo o desenvolvimento de novos sistemas tais como chapas metálicas, agrafos, entre outros. Desta forma, foi possível a obtenção de vários tipos de ligadores, como os parafusos de porca, correntes, cavilhas e ainda os pregos, os que são aplicados à face das peças de madeira pelo exterior, e por fim os que são aplicados entre os elementos. Os ligadores de cavilha têm a desvantagem de estarem sujeitos ao corte ao longo do comprimento, já no que se refere aos de face os elementos estão sujeitos ao rolamento sobre si próprios.

O **parafuso de porca** é um ligador metálico com secção circular, com uma cabeça de diâmetro superior que poderá ter várias formas facetadas, contém uma superfície lisa, com exceção da zona onde se irá aparafusar a porca que é roscada, a secção da porca poderá ser idêntica à da cabeça do parafuso (Fig. 33). Associada à aplicação destes parafusos também são utilizadas anilhas em ambas as extremidades da peça, de modo a que exista uma distribuição da força perpendicular às fibras para que não haja esmagamento da peça após a montagem. Este ligador também é utilizado com outros ligadores tendo o papel de ligador em caso de existência de ações laterais.

O **parafuso corrente** é um ligador metálico que tem o corpo roscado e acabado em ponta tal como o parafuso de porca, a cabeça tem um diâmetro superior ao da espiga e também faceta ou redonda e pode ter forma ovoidal ou plana (Fig. 35). A aplicação é feita em duas fases, uma primeira de pré-furação onde o diâmetro pré-furado tem de ser inferior ao do parafuso, uma segunda de aparafusamento onde o parafuso fica mobilizado, criando assim resistência ao corte e ao arranque.

As **cavilhas** são também ligadores metálicos cilíndricos com diâmetro constante, a principal diferença entre estas e o parafuso de porca, apesar de ambos utilizarem a técnica de pré-furação, enquanto o segundo entra folgado no orifício que já está aberto, as cavilhas são introduzidas sobre pressão de forma a ficarem justas (Fig. 36). No que se refere à distribuição de forças, no caso das cavilhas a força é distribuída ao longo do ligador, enquanto no caso do parafuso de porca a força de aperto é exercida pelas forças de compressão transversais nas faces exteriores.

O sistema de cavilha exige cuidados especiais, como também equipamentos mais especializados, de modo a que não haja folga entre os elementos e exista uma maior aderência entre as peças, apesar de a nível estético ter uma maior vantagem visto que a ligação não fica aparente, mas no caso deste projeto achou-se que tal vantagem não trazia qualquer mais valia, tendo em conta que o processo de execução é mais

demorado e exige maior especialização, sendo este um projeto de produção industrial se optássemos por este processo estaríamos a contrariar a essência do trabalho a desenvolver. Uma outra consideração que foi tida em conta para o abandonar deste processo foi a durabilidade, tendo em conta que a madeira poderá sofrer variações de dimensão com o tempo devido à humidade, a eficiência desta ligação de cavilha poderá decrescer consideravelmente, o que exigiria um plano de manutenção mais profundo e até mesmo um plano de manutenção em intervalos mais curtos de tempo.

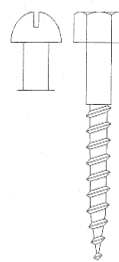
Com isto as opções de parafusos de porca e de corrente são tidas como uma mais-valia para o projeto, dada a sua fácil manutenção e maior facilidade de aplicação.



*Figura 35- Parafusos de porca.*



*Figura 37- Cavilha metálica.*



*Figura 36- Parafusos correntes.*

No que se refere aos **ligadores entre faces de elementos**, estes constituem um grupo de extrema importância, não só pela forma como funcionam, mas também pela evolução acrescida em relação aos outros tipos de ligadores metálicos. Este tipo de

ligação utiliza um outro tipo de ligador – ligação por cavilha - o que permite que os esforços sejam menores. A principal vantagem na utilização deste sistema consiste na redução das tensões aos ligadores de cavilha, e ainda diminuem a deformação na zona da ligação.

Existem dois tipos de ligadores de face, os anéis e as chapas dentadas, a principal diferença encontra-se no processo de execução, enquanto nos primeiros é utilizado o método de abertura de rasgos em ambas as peças, nos segundos é utilizado o sistema de abertura em uma das peças, aplicado através do sistema de cravação.

Esta última classe, a dos ligadores, é subdividida em três géneros, os anéis (Fig. 38), as placas e as chapas metálicas dentadas. Considera-se que existem vários tipos de anéis, os que têm secção circular fechados feitos de alumínio fundido, os que são abertos, cuja abertura recorre a um encaixe, existindo também um tipo em que os anéis poderão ser chanfrados e feitos de aço. Este tipo de anel tem como vantagem o ajuste ao rasgo feito na face da madeira. Existem também os anéis com uma abertura feita em forma de V, e os anéis em que a abertura poderá ser igual aos anteriores ou os lados são paralelos, uma grande diferença entre estes dois tipos de anéis é o material, os primeiros são feitos de ferro fundido e os segundos são feitos de fita de aço.

Este tipo de ligadores surge devido às limitações dos pinos metálicos ou barras roscadas (Fig. 39), visto que a resistência nas ligações é muito limitada pela tensão de apoio e pela sua flexão. Os anéis são peças metálicas inseridas em entalhes nas faces interiores das madeiras e fixadas com parafusos no inteiro do anel.

As placas circulares metálicas podem ser de vários tipos (Fig. 40), num primeiro tipo possuem um rebordo numa face, e noutro tipo possuem uma saliência de forma cilíndrica com um eixo ao centro cilíndrico, feito em alumínio fundido ou em aço laminado a quente. Existe um outro tipo de placa que é muito idêntico aos anteriores, a única distinção encontra-se na saliência que tem forma cúbica em vez de cilíndrica, com um furo central de forma cilíndrica, sendo estas peças feitas de ferro fundido maleável. O último grupo de peças metálicas de aplicação entre faces são as chapas metálicas denteadas (Fig. 41) que contêm uma aplicação bastante simplificada, e cuja utilização é indicada em estruturas ligeiras, existindo inúmeras variações, que diferem na disposição dos dentes e na forma do material.





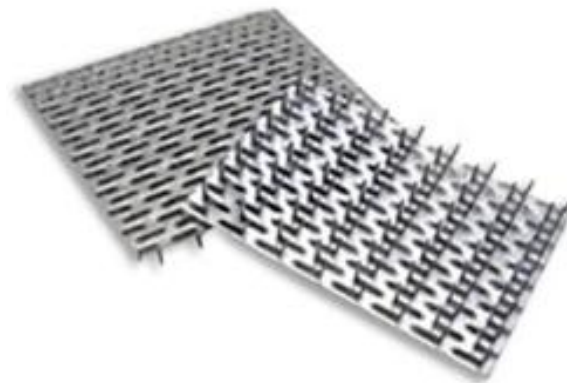
*Figura 38- Anéis metálicos.*



*Figura 39- Barras enroscada.*



*Figura 40- Placas circulares metálicas.*



*Figura 41- Chapa metálica*

### 3.3.4 Ligações com cola

Um outro tipo de ligações são as ligações com colas, que apesar de serem um processo mais moderno, a eficiência destas ligações depende de vários fatores, tais como as características físicas e químicas da cola, as características/composição da madeira, e ainda as condições de uso como por exemplo a temperatura, a humidade relativa do ambiente, entre outros fatores. Apesar de serem eficientes, não tivemos em consideração este tipo de ligações para o nosso projeto, uma vez que este tipo de ligação requer inúmeros cuidados no que se refere à secagem e diminui a resistência de flexão dos elementos.

Atualmente estão disponíveis no mercado diversos tipos de cola: colas naturais e de origem animal (de proteína, albumina ou caseína); colas de origem vegetal (de amido ou proteína de soja); colas de éter celulósico e borracha natural; colas sintéticas termoplásticas e termoendurecíveis (poliacetato de vinila, “*hot melt*”, polietileno, poliestireno e ainda borrachas sintéticas). A evolução das colas foi de tal forma notável que nos dias de hoje já se pode trabalhar com colas resistentes à água.

As ligações por colagem não eram muito utilizadas em estruturas de madeira, mesmo sendo uma das técnicas mais antigas, não era uma técnica que garantisse a estabilidade/resistência à estrutura pretendida, porém com a criação das novas fórmulas que permitem a criação de colas sintéticas, aumentam consideravelmente a fiabilidade deste método, inicialmente esta técnica só era aplicada em carpintaria, mas atualmente já é empregue em estruturas de madeira, elevando a qualidade destas estruturas e permitindo a construção de vãos dos quais só o betão e o aço poderiam vencer.

Devido ao desenvolvimento das colas, é possível obter materiais muito melhores no que diz respeito aos custos e à sua resistência, e com este desenvolvimento surgem os contraplacados, os aglomerados de madeira e ainda os derivados de madeira. Grande parte dos processos de colagem que são considerados como bons exemplos são na maior parte industrializados, visto que todos os processos são normalizados e existe um maior controle nas quantidades e na qualidade do produto, quer do adesivo como também da madeira.

### 3.3.5 Outros ligadores

Existe um grupo de ligadores com características muito próximas às dos grupos apresentados anteriormente, mas estes são feitos com materiais não metálicos. Uma dessas estruturas são os entalhes múltiplos, cujo nome mais vulgar é *fingerjoint* (Fig. 42), que consiste numa ligação muito recente no que diz respeito às ligações de madeira, a partir do desenvolvimento das ligações por entalhe e recorrendo às tecnologias mais modernas como é a cola, podemos obter uma excelente técnica no que se relaciona às ligações de topo.

Inicialmente as uniões das peças de topo a topo eram feitas com cola, porém a resistência das mesmas era de baixo nível, face a este problema optou-se por desenvolver as ligações simples de topo através da alteração da forma. O desenho da peça é feito de modo a que a área de contacto entre ambos os topos aumente consideravelmente.

O desenvolvimento das ligações por entalhes é notável, sendo possível obter diversos tipos, tais como ligações de bisel, ligações de bisel rebaixado e ligações de entalhes múltiplos (Fig. 42). Este último caso é o mais utilizado devido ao aproveitamento do material, tonando-se num processo mais económico. O procedimento de concretização das ligações de *fingerjoints* permite que haja uma maior industrialização.

Esta tecnologia requer inúmeros cuidados em todas as fases do processo de execução, como na preparação da madeira, como também exige muito cuidado no tipo de madeira a utilizar, na execução do perfil, na escolha do tipo de cola, na aplicação da cola e ainda pressão de aperto e cura. Para a execução deste tipo de ligação, é necessária uma mão-de-obra e equipamento muito especializados.

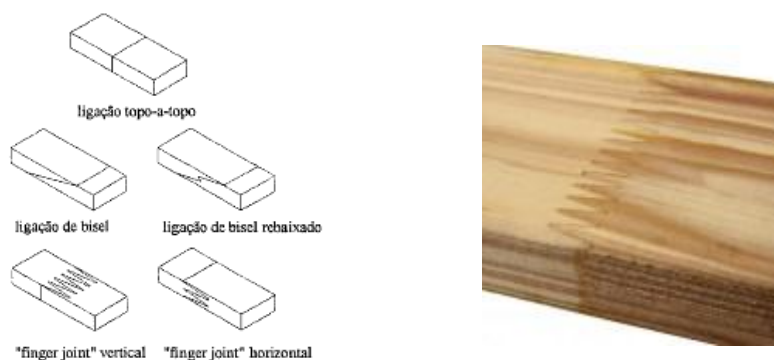


Figura 42- Ligações de topo

Tal como em qualquer outro tipo de estrutura de madeira, neste projeto também é necessário existir uma especial atenção no que se refere à junção dos vários elementos. O tipo de ligação irá variar consoante o pormenor que se pretende resolver, ou seja, um momento de ligação interno da estrutura difere de um momento de ligação com o solo.

Como tal, após a pesquisa dos diversos tipos de ligações que poderiam ser utilizados no projeto, irá optar-se por um sistema que inclui a ligação pela face exterior com a incorporação de ligadores de parafusos de porca a auxiliar a junção, até à utilização apenas de parafusos de porca, onde neste caso já seria necessário uma perfuração prévia do elemento de madeira.

Existem algumas condicionantes que impendem a escolha de alguns ligadores, como é o caso da facilidade de execução e a necessidade de uma boa resistência à flexão de todo o módulo, pelo que alguns dos tipos de ligadores apresentados anteriormente ficam excluídos, como é o caso da cola e o prego, pelo que optou-se pela utilização de parafusos correntes no interior da estrutura, e quando se trata de uma ligação perimetral utilizam-se parafusos porca.

É necessário ter em atenção a ligação ao terreno, como em qualquer estrutura de madeira o encontro com o solo é sempre um momento de elevada preocupação, pelo que não é aconselhado o contacto das peças que compõem o módulo com o mesmo, pelo que é necessário desenhar um elemento metálico que mantém o módulo afastado do solo.

## 4. CAPÍTULO IV – MATERIALIZAÇÃO

---

### 4.1 Módulo - Elemento Base

Após a tomada de decisões, é necessário realizar uma reflexão sobre as diversas opções que ainda são necessárias no que se refere à concessão do módulo, como medidas base, e formalização das ligações.

Nesta fase é necessário ainda salientar a versatilidade do módulo e a desmultiplicação do mesmo. Este elemento não é unicamente uma peça de 2.8 x 1,5 m, do qual poderá existir uma repetição da peça “mãe” consecutiva, tendo só variações de 2.8x3 m ou 2.8x4,5 m e assim sucessivamente, pretendeu-se desenhar uma peça à qual se poderá acrescentar a estes valores base outras medidas dependendo da necessidade de cada caso prático, ou seja, é dada a possibilidade de criação de paredes com variadíssimas medidas.

Falando na versatilidade inerente ao projeto desenvolvido, compreende-se que indo ao encontro da ideia de *gridshell*, podemos ter casos de aplicação em coberturas e outros casos onde funciona como parede, podendo ter a variação entre estrutural e não estrutural e interior ou exterior. É possível ainda criar inúmeras variações de espaços, através da combinação de mais elementos ou só a partir de utilização de um elemento. Todas as possíveis conjugações criadas e espaços que possam ser criados a partir do módulo base são apresentados no Painel 3.

Um projeto deste tipo e com tanta versatilidade é uma mais-valia na atualidade, quando se fala no controle de custos, leveza, resistência (possível portabilidade), durabilidade, segurança, a possível utilização em ambientes húmidos, compatibilidade com as infraestruturas, liberdade no desenho, capacidade de integração de isolamento, variação na cor devido ao material escolhido, inovação, aspetos ecológicos e sustentabilidade, e pelo facto de possuir facilidade de montagem.



## Painel -Materialização do Modulo





Painel- Ligações do módulo



## 4.2 Processo construtivo

Nesta fase do projeto são apresentadas as peças desenhadas detalhadamente, onde é possível compreender cada pormenor, quer em termos das peças necessárias para os encaixes, quer para dimensionamento e o corte das peças de madeira. De modo a facilitar a industrialização, cada peça surgirá como um elemento singular, com as suas dimensões associadas. Para além da catalogação das diferentes partes que compõem o módulo, é apresentado também o processo de montagem.



Painel – Sistema de Montagens



### 4.3 Caso Prático

De modo a provar a aplicabilidade do projeto, foram tidas em conta as aplicações em várias vertentes, nesta fase do trabalho é proposta a aplicação da malha de madeira desenhada anteriormente em casos mais específicos como é o caso da definição de espaços, podemos falar em paredes interiores ou paredes exteriores, em coberturas exteriores, e para além do caso anterior, ainda é possível, a partir do módulo, criar novas construções por módulos. Um outro caso de aplicação da malha de madeira desenhada para este projeto é a reabilitação, onde estes elementos podem surgir com reforço estrutural ou para a criação de novos espaços ou ambientes.





Painel - Possibilidades de aplicação do módulo



#### 4.3.1 Definição de espaços

O módulo criado para este projeto é uma mais-valia para a criação de novos espaços ou definição de espaço onde existe uma ambiguidade no espaço e é necessária a definição de áreas, como é o caso dos armazéns ou pavilhões multiuso, dada a sua facilidade de montagem e desmontagem.

Um exemplo do que foi descrito anteriormente é a Praça do Povo que se situa na cidade do Funchal, na região autónoma da Madeira. A Praça do Povo surge pela necessidade da existência de espaços verdes na cidade, anteriormente toda esta área era uma praia que não tinha grande utilidade para os cidadãos. Após a catástrofe natural do dia 20 de fevereiro de 2010, toda esta zona foi transformada num aterro, que para além de ser uma área totalmente inútil, dava mau aspeto para a imagem da cidade. Os anos passaram, foram vários os protestos sobre o território, foram várias as soluções apresentadas, ficando aprovada a solução atual no ano de 2013, e a conclusão da sua obra ficaria para o ano 2014, porém na atualidade a proposta ainda está em vias de conclusão mas os espaços verdes já são utilizados.

A partir da utilização do espaço e da experiência pessoal, pode-se concluir que apesar da existência de espaços verdes, os mesmos não são utilizados com grande frequência, e a maior parte dos utilizadores pertencem a um sector jovem ou são turistas, facto este que se deve à falta de espaços cobertos. Esta situação verifica-se também na proposta que foi apresentada para a Praça do Povo no Funchal, porque apesar de nesta constar uma representação de presença de vegetação que no futuro irá proporcionar áreas sombreadas, o problema da insolação direta e a falta de proteção é um problema que se suspeita que se irá manter pelo menos nos próximos 15 anos. Como forma de contrariar este problema apresenta-se uma proposta para o local através da aplicação de uma ou mais coberturas ao longo da extensão da praça, para que se criem espaços cobertos, pelo menos até à altura adulta da vegetação que atualmente não proporciona qualquer tipo de proteção solar para os que frequentam a praça, pois ainda não possui dimensões significativas. Para além da montagem das coberturas com malha de madeira, é ainda proposta a integração de chapas metálicas perfuradas, caso seja necessário um maior grau de sombreamento. Esta proposta com um carácter provisório, tem o intuito de no futuro ser retirada quando desnecessária, estima-se que isso possa ocorrer daqui a aproximadamente 15 a 20 anos, tempo que é necessário para a

vegetação atingir a idade adulta e ser capaz de proporcionar espaços sombreados, os elementos utilizados poderão vir a ser utilizados num outro caso.

Painel- Definição de espaço, Identificação do lugar



Painel- Definição de espaço, Identificação da problemática





Painel- Definição de espaço, Conceito/Proposta



Painel- Definição de espaço, Evolução cronológica



#### 4.3.2 Construção de edificado

Nesta etapa do projeto a proposta centra-se na aplicação da malha estrutural na criação de edificado. O conceito base é a construção por módulos, módulos que se agrupam de modo a aumentar a área do construído apenas num piso.

Define-se uma área base a partir das dimensões do módulo, que corresponde à menor área possível, poderão ser criadas outras áreas onde as suas medidas surgem segundo a lógica do retângulo de ouro. Nas construções deste tipo só existe uma condicionante que está relacionada com as medidas dos módulos, em contrapartida a conjugação dos módulos não é imposta, poderá obter-se inúmeras formas e espaços e todo o processo de conjugação/criação é feito pelo cliente.

A lógica de montagem vai ao encontro da lógica da *treehouse* da empresa *Jular*, diferindo nas possibilidades estéticas que se podem criar a partir desta malha estrutural em madeira, como é o caso das paredes estruturais que poderão ficar aparentes quer pelo interior quer pelo exterior, dependendo sempre a opção do utilizador ou comprador, pelo que serão apresentadas as duas opções de desenho. Para além desta variação de desenho dos espaços que é possível obter, ainda temos neste tipo de estruturas a facilidade de incorporação de infraestruturas.

Para a conceção do edifício utiliza-se um sistema de pilares metálicos que perfuram o terreno, sendo as fundações de todo o edificado o que confere um carácter de construção temporária/desmontável e desassociada do terreno sem qualquer interferência no que diz respeito à envolvente da construção. Em relação aos planos horizontais, a nível estrutural são utilizadas vigas em I de madeira, para a materialização dos planos horizontais será utilizada a malha de madeira, e por necessidade de desenho e realização do projeto foi necessário desenhar peças de remate entre os planos verticais e entre planos verticais e horizontais. Nas paredes interiores mantém-se a ideia das paredes constituídas por malhas de madeira, porém nestes casos abandona-se o conceito de dupla camada, sendo mais leves, o que possibilita a alteração da disposição nos espaços interiores.



Painel-Construção de edificado, Identificação do módulo





Painel-Construção de edificado, Exemplificação de um caso de aplicação



Painel-Construção de edificado, Exemplificação de um caso de aplicação



Painel-Construção de edificado, Exemplificação de um caso de aplicação



### 4.3.3 Reabilitação

Nos casos de aplicação da malha estrutural de madeira num edifício para reabilitação, apesar de estarmos condicionados pelo pré-existente, tal condição não é um aspeto negativo para a realização deste projeto, visto que a malha não está condicionada em termos de dimensionamentos.

Numa reabilitação é possível ter vários tipos de objetivos finais para a malha, para além da colocação da malha em casos de reforço estrutural, poderá ser necessária a aplicação destas para a delimitação de espaços, para a criação de espaços cobertos exteriores, e ainda para alterações em termos de imagem puramente estéticas, onde as ligações metálicas não necessitam de ser iguais a um caso de emprego estrutural.

Tal como no primeiro caso de aplicação estudado, também se trabalhou com um caso real, uma casa em vias de reabilitação, situada na freguesia de Azurém, em Guimarães, projeto feito no ano 2012, porém a obra estagnou a meio do processo, e será apresentada a evolução do edifício, numa primeira fase anterior à reabilitação, uma outra fase o estado atual e por fim uma possibilidade de finalização de projeto.

Em termos estruturais a casa está em perfeito estado, no início do processo de reabilitação datado em 2013, foi feito um reforço na estrutura de madeira, através da alteração das madeiras que compõem a estrutura da cobertura e ainda acrescentou-se vigas metálicas, as paredes laterais de pedra estão em perfeito estado. Propõe-se a criação de uma habitação, onde a aplicação da malha é feita no que se refere à definição do espaço interior, através da divisão entre os espaços de repouso e os espaços de ação, a aplicação é feita de modo a que não existam barreiras entre os espaços, a malha funciona neste caso puramente com o intuito de limitação física das áreas mantendo a relação visual entre os vários espaços.





Painel- Reabilitação, Identificação do lugar



## Painel- Reabilitação, Proposta



Painel- Reabilitação, Evolução cronológica



#### 4.4 Trabalho experimental

Nesta etapa do projeto procedeu-se à construção de protótipos à escala de 1:2 e 1:4.

Para obter as peças de madeira nas medidas desejadas, recorreu-se a uma carpintaria em Braga, a Carpintaria Palácio, onde foi feito o corte das placas de OSB com as dimensões 2500x1250 mm.

Para a construção da maquete 1:2, procedeu-se à interligação das ripas de madeira, com secção de 19 x 50 mm, numa superfície lisa e no plano horizontal. O processo de corte das ripas no seu comprimento necessário foi feito em laboratório, visto o comprimento enviado pela carpintaria ser de 2500 mm, medida de uma placa de OSB, e de nem todas as peças terem o mesmo comprimento. Numa primeira fase interliga-se a primeira camada de ripas, após a colocação correta das peças o processo repete-se para a segunda camada. Posteriormente procede-se à colocação de parafusos de 80 mm com diâmetro de 12 mm nos nós para ligar as diferentes camadas. Após a conclusão da montagem a maquete é colocada no plano vertical, sendo uma representação do módulo base de todo o projeto (Tabela 2).

Tabela 2 - Dados Material maquete 1:2

Dados:	
Seções retangulares de ripa	50 x 19 mm
Número de peças	620 mm – 8
	1400 mm – 4
	1750 mm – 4
	Total 16
Dimensão do módulo	1400 x 750 mm
Número de parafusos	c/Porca sextavados 6
	Correntes sextavados 14

No que se refere à construção do protótipo de 1:4, este modelo é feito com o intuito de demonstrar a possibilidade de realizar a curvatura a partir destes elementos, como tal o procedimento de montagem é diferente do anterior, mantém-se o corte no laboratório no que se refere ao comprimento das ripas, tal como no protótipo anterior as ripas já têm as dimensões da secção necessária, este corte foi feito em carpintaria e a quantidade de peças necessárias são o resultado do corte de 2 placas de OSB de 2500x1250 x 9 mm.

Num primeiro momento é feita a armação das peças de madeira das duas camadas, posteriormente são colocados os parafusos perimetrais e os cabos de aço. Após este processo, começa-se a comprimir a malha, de modo a que se crie uma curvatura inicial, com a ajuda dos cabos de aço que se encontram a unir os extremos da malha, o efeito de compressão é feito de forma gradual até obter a curvatura desejada. Após atingir a curvatura pretendida, ocorre o processo de fixação das diferentes camadas nos nós interiores (Tabela 3).

Tabela 3 - Dados Material maquete 1:4

Dados:	
Secções retangulares de ripa	25 x 9 mm
Número de peças	310 mm – 8 700 mm – 56 620 mm – 4 Total: 40
Dimensão do módulo	4000 x 620 mm
Número de parafusos	Porca 6 Pregos 84
Cabos de aço	2
Camarões	2
União Sextavada	2



Painel- Execução da Maquete 1:2/1:4



## 5. CAPITULO VI – CONCLUSÃO

---

### 5.1 Conclusões

Este capítulo tem como intuito sintetizar o que foi relatado anteriormente, resumindo o que se pode retirar do projeto efetuado, e ainda demonstrar algumas inquietações que ficaram por concluir, não por falta de iniciativa mas por falta de conhecimento sobre outras áreas.

O objetivo deste projeto “Reinterpretação das técnicas de cestaria para a criação de malhas de madeira” surge do desenvolvimento da indústria de madeira de modo a que seja criada mais uma técnica, mas industrializada, visto que é possível realizar malhas de madeiras sem que seja necessário um método industrializado, sendo apenas um caso específico para uma obra específica, associado ao interesse pelo lado arquitetónico quanto ao aspeto visual, e pela relação existente entre o desenho arquitetónico e a estrutura que surge deste projeto.

O desenvolvimento das estruturas de madeira tem sido cada vez mais notório aliado ao reconhecimento do seu excelente desempenho, estando muitas vezes associado às preocupações ambientais. Os avanços tecnológicos permitiram que o material fosse cada vez mais fiável, sendo um ponto de partida para o abandono de ideias negativas associadas a estruturas deste material. Crê-se que possa acontecer uma reviravolta no sector da construção no que se refere aos materiais mais utilizados para estruturas, visto que a madeira após o surgimento da indústria do betão adquiriu um papel secundário, relacionado com revestimentos ou estruturas auxiliares, ou como meio para obter o produto final de outras estruturas, como é o caso das cofragens, em casos mais extremos é possível presenciar uma ligação entre as estruturas de madeira às habitações precárias.

No que respeita às estruturas de madeiras, verificou-se que o desenvolvimento das mesmas foi muito lento e gradual ao longo dos séculos, notando-se um crescimento exponencial muito acelerado nos últimos tempos, o que poderá estar associado à maior procura e também ao contexto económico em que se vive atualmente, que é encarado como um mote de desenvolvimento para novas ideias e novas oportunidades de criação de projetos, e técnicas mais económicas que ultrapassem as anteriores.

Após a pesquisa realizada acerca dos derivados, verificou-se a existência de inúmeros derivados aos quais são associadas inúmeras características e tratamentos que não foram enunciados neste projeto, que também são importantes e de particular interesse, mas dada a finalidade do trabalho não se considerou necessária a explicitação das mesmas.

Pôde-se verificar que os derivados de madeira são materiais que têm forma muito natural, que está diretamente associada à madeira como matéria-prima, o seu processo de fabrico é um percurso com muito pouco desperdício, tirando proveito de todos os resíduos, o que contribui com uma percentagem acrescida para a preservação e cuidados com o meio ambiente. A importância destes materiais, para além da sua excelente resposta aos fatores ambientais, prende-se essencialmente com as vantagens inerentes aos materiais, que advêm das diferentes transformações que os materiais sofrem nos diferentes passos ao longo do percurso de produção a que estão sujeitos. Vantagens estas que se julga terem ficado bem vincadas ao longo da apresentação do projeto, e que melhoram essencialmente diversas características que a madeira natural apresenta, como:

- Defeitos próprios, a que se podem associar as condições em que a árvore cresceu;
- Grande sensibilidade à humidade, originando variações de secção;
- Heterogeneidade;
- Impossibilidade de diversas formas, devido à sua forma circular original e limitação da sua dimensão;
- Pouca resistência a pragas como insetos, fungos, entre outras pragas;
- Variação do seu aspeto em ambientes exteriores e alguns casos interiores, devido à humidade, exposição solar e ainda contacto com a água.

Como forma de sintetizar os diversos tipos de derivados de madeira, em anexo é possível ver os diversos materiais provenientes da madeira e as suas principais características.

Após o estudo da madeira e dos seus derivados, considerou-se que seria imprescindível fazer referência às diversas formas de ligação existentes no mercado atual, bem como mencionar o desenvolvimento das mesmas. É possível presenciar, tal como para a madeira, um desenvolvimento muito lento, porém após a utilização de ligadores metálicos como o prego, o crescimento de novas técnicas de ligação entre elementos de madeira foi muito rápido. Com as mais recentes investigações chegou-se a

um novo material que é a cola, pelo que atualmente existem amplas soluções para os diferentes âmbitos de aplicação.

Tal como qualquer outro material, estes materiais são alvo de investigação constante de modo a que sejam cada vez mais eficazes, é de referenciar os desenvolvimentos feitos após o surgimento da cola, no que se refere ao corte da madeira, como é o caso do *fingerjoints*, que no presente projeto não foi possível a sua utilização, mas é de salientar a sua importância e excelente comportamento e ainda aspeto visual.

Um outro ponto bastante importante e que deve ser referido, foca-se nas técnicas ancestrais de cestaria, e a necessidade de consciencializar os arquitetos e os designers para a importância do que é a integração de técnicas tradicionais e que representam a nossa cultura na criação de novos projetos e definições numa cultura mais contemporânea, onde o desenvolvimento é constante, mas que não deve esquecer o seu historial, de forma a tirar partido dessas mesmas técnicas ancestrais. É de referenciar que este processo artesanal surgiu neste projeto como um elemento que é capaz de conferir qualidades visuais ao projeto final, diferenciado o mesmo de todos os outros projetos e produções em massa não diferenciados.

A partir de análises efetuadas aos diferentes tipos de técnicas, neste projeto para a produção de objetos optou-se por um padrão denominado de entrelaçamento, que associa a flexibilidade entre as fibras utilizadas e os derivados de madeira. A escolha do padrão entrelaçamento deveu-se ao facto de este aumentar a resistência, o que torna os objetos mais rígidos e mais resistentes.

Após a realização da pesquisa, os passos seguintes para a realização do módulo foram simples e rápidos, através da análise dos diferentes convenientes e inconvenientes, a malha é definida por OSB com ligações metálicas. Esta escolha deveu-se ao facto de se pretender um módulo de fácil desmontagem, que fosse possível a sua reutilização em outros âmbitos ou em sítios diferentes. Consideramos ter respondido a diversos pontos com o produto final obtido, tal como na inovação, leveza, resistência, portabilidade, facilidade de montagem, capacidade de integração noutros sistemas construtivos ou infraestruturas, capacidade de integração de isolamento, possibilidade de opacidade ou transparência, não esquecendo a sua liberdade de desenho, resistência a ambientes húmidos e a sua durabilidade. Considera-se que a utilização deste módulo em obra poderá reabilitar o espaço, conferindo novas hierarquias ou diferenciando os vários tipos de espaço que se pretendem, sempre com a

vertente da sustentabilidade inerente, e ainda a possível recriação ou variação da modulação dos espaços no futuro com o mesmo material.

## 5.2 Limitações e Linhas de Investigação

No desenvolvimento de todo o projeto, grande parte das preocupações prendiam-se ao seu funcionamento estrutural, devido à falta de instrumentos e formas digitais que possam calcular ou mostrar as reações e alterações que podem acontecer com uma malha em determinadas situações. Como tal esta será uma vertente futura onde deverá existir uma investigação mais profunda, de modo a que se criem meios onde engenheiros e arquitetos possam cooperar, trabalhando com a estética e o funcional, onde seja possível que a partir de uma determinada malha em 2D se possam gerar resultados em 3D com diferentes formas ajustadas pelos criadores da mesma, obtendo como produto final uma malha que tire melhor proveito do material escolhido, onde são representadas as forças exercidas, quer internas, quer nos pontos de apoio e ainda qual a força necessária para que se obtenha a dobragem da malha desejada.

A criação destas malhas de madeira tem vindo a ser cada vez mais explorada, no que se refere às diferentes formas, técnicas, testando a sua plasticidade e capacidade orgânica aliada ao lado estrutural, que como resultado final potenciam a criação de espaços eficientes e únicos.

Ainda existem algumas ideias pré-concebidas em relação a este tipo de estruturas como a associação a coberturas, com a elaboração deste projeto considera-se ter lançado um novo olhar sobre as malhas de madeira, libertando as ideais de que esta linguagem arquitetónica funciona unicamente como “capas”, é possível mostrar a versatilidade da mesma com a aplicação em diferentes vertentes, e obtendo respostas com potencial.

Para linhas de investigação futuras, para além da necessidade de processos digitais mais aptos para a realização das malhas, seria interessante ainda abordar este tema em arquitetura emergente, situações pós catástrofe, ou realizar projetos para edificações em países pouco desenvolvidos, dada a sua fácil aplicação, rápida execução, durabilidade e segurança. Neste sentido é possível concluir que após a realização deste

trabalho é mais fácil a modulação e a criação destas habitações, visto que já existem os elementos projetados de forma modular e de fácil standardização que podem originar formas, desde as mais simples às mais complexas, sendo já um passo para a realização destas estruturas ou elementos. Associada a esta projeção, ficou ainda feita uma sequência de ações para a montagem do módulo, que deverá no futuro ser aprofundada, tal como deverá ser aprofundado o seu processo de fabrico, para que se crie um sistema de produção de material, de corte para obtenção dos elementos, e de montagem final dos elementos, o que permitirá a definição de um protocolo de sequências a seguir para a aquisição de melhores resultados na indústria.

Para a conclusão deste trabalho, optámos por citar uma frase que julgamos resumir o valor da madeira para o Homem, o que constitui ainda hoje a principal vantagem para a realização de projetos com este material: o potencial de aplicações da madeira, considerando as suas principais características de resistência, de beleza, e de facilidade de processamento, é interminável In casema.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, Rosanne (2013), Alternativas sustentáveis de uso de madeira na construção civil, IPOG, Revista online Especialize.
- Bastos, Eliomar (2009) Caracterização Física e Mecânica de Painel de OSB do tipo FORM, faculdade de engenharia civil, arquitetura e urbanismo, Departamento de Estruturas,
- Branco, Jorge, (2014) Casas de madeira. Da tradição aos novos desafio, ISISE Departamento de Engenharia Civil Universidade do Minho, Guimarães- Seminário Casas de madeira- LNEC- Artigo
- Cabral, Francisco Caldeira (1999). A Árvore em Portugal, Edição Assírio e Alvim, Rua de S.Nicolau, 119, 4º, 1100-548 Lisboa;
- Carvalho, A. (1996). Madeiras Portuguesas – Estrutura Anatómica, Propriedades, Utilizações, Volume I, Instituto Florestal;
- Coutinho, Joana, (1999) Materiais de construção 1, Madeiras, Sebenta
- Empresa: DA MADEIRA (s. d.). Madeiras e Derivados, Lda, Póvoa de Varzim;
- Empresa: DIRUP [s.d.]. Xilofene S. O. R2, Lisboa;
- Empresa: SOPREM NORTE, LDA (s.d.). Tratamento Preventivo das Madeiras, Vila Nova de Famalicão;
- Espósito, Sidnei (2007), Uso da madeira na arquitetura séculos XX e XXI, Universidade são judas tadeu, São Paulo- Programa de Pós graduação Stricto Sensu, Arquitetura e Urbanismo
- Fabião, A (1996). Árvores e Florestas, 2.ª Edição, Publicações Europa-América, Coleção Euroagro; Grande Enciclopédia Portuguesa e Brasileira, Editorial Enciclopédia, Limitada, Lisboa, Rio de Janeiro, Volume XV;
- Guía de la Madera en la Construcción;
- Felix, Daniel [et.al] (2012), Sistemas em madeira e derivados na reabilitação urbana em situação pós-catástrofe, Universidade Lusíada de Vila Nova de Famalicão - CITAD, Universidade do Minho – ISISE , Artigo Congresso de Inovação na construção sustentável
- Harris, Richard, [et al.] (2003) Downland gridshell—an innovation in timber design, Paper 12757, pg. 26-33.
- Harris Richard, [s.d.] The use of timber Gridshells for Long Span Structures, [s.e.]
- Hespanha, Jaime Rebelo (1941). Cubagem de Árvores, Lenhas e Madeiras, Livraria Clássica Editora, Lisboa;
- Hilário, Ricardo (2013) Dimensionamento de Estruturas em Madeira- Metodologias e disposições regulamentares relativamente a ligações, Instituto superior técnico Lisboa- Dissertação mestrado engenharia civil
- Júnior Jerónimo (2006), Avaliação não destrutivas da capacidade resistente de estruturas de madeira de edifícios antigos, Universidade do Porto- Dissertação mestrado engenharia civil em reabilitação do património Edificado.
- Klitzke, Ricardo, [s.d.] Curso de Secagem da madeira [s.e.]
- Lourenço, Paulo,[et al.] (2012) Dos Abrigos da pré história aos edifícios de madeira do século XXI, ISISE- Guimarães

M. H. Toussaint, (2007) A Design Tool for Timber Gridshells- The Development of grid generation tool, Faculty of Civil Engineering and Geosciences Section of Structural and Building Engineering,

Machado, José Saporiti (1990). Madeiras de Folhosas e Resinosas – Nomenclatura Profissional, 2ª Edição do LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

Mateus. R (et al.) [s.d.], Arquitetura vernacular: uma lição de sustentabilidade, Sustentabilidade na reabilitação urbana- o novo paradigma do mercado da construção, (s.e.) – Pg 205 a 216- Artigo

Martins, João, Vieira António, (2004) Derivados de Madeira 1ª ed. Materiais de Construção – Monografia

Mendes, Paulo, (1994) Ligação em Estruturas de madeira tecnologia e dimensionamento de acordo com o eurocódigo 5, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto- Monografias da Arquitectura, Tecnología Y Construcción (sem data). Revista Tectónica, ATA Ediciones, Madrid (Biblioteca da Universidade Fernando Pessoa);

Morey (1978). Secção transversal do tronco de uma árvore, mostrando as principais componentes do lenho e da casca;

Morgado, Luis [et.al.] (2012), Projeto e construção de casas de madeira em Portugal, LNEC, IST Lisboa- Artigo

Nunes, Helena, [s.d.] A madeira como material de construção- LNEC – Artigo

Patton, W. J. (1982). Materiais de Construção E.P.U. -Editora Pedagógica e Universitária, L.ª, S. Paulo – 1ª Reimpressão (Biblioteca da Universidade Fernando Pessoa – Porto);

Pinho, Marques, 2010- Industrialização da madeira para fins estruturais- Apresentação, Diapositivos- Sebenta [s.e.]

Pirazzi, Claudio, [s.d] Geodesic Lines on free-form surfaces- Optimized Grids for Timber Rib Shells, [s.e.] Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland.

Rosa, André (2008), Caracterização do comportamento das ligações coladas e estruturas de madeira, IST Lisboa, Dissertação mestrado engenharia civil

Segurado, João Emílio dos Santos, Eng.º (sem data). Materiais de Construção, Biblioteca de Instrução Profissional, Livraria Bertrand, 6ª Edição;

Silva, R.D.; Basso (2000), A. Sistemas construtivos em madeira destinados à habitação no Paraná. Semina: Ci. Exatas/Tecnol. Londrina, v. 21

Soeiro, Teresa (2008) A cestaria tradicional em Penafiel, [s.e] Vol XXIX.- Artigo

Sousa, Orlando de Almeida e (1955), Época de Corte e Secagem das Madeiras Nacionais – Conservação das Madeiras, Separata da Direção dos Serviços Florestais e Aquícolas, Volume XXI – Tomo II;

Torgal, Jalali (2010) A sustentabilidade dos Materiais de Construção. TecMinho

Torres, João (2010), Sistemas construtivos modernos em madeira, Universidade do Porto- Dissertação mestrado engenharia civil- especialização em construções civis

Tostões, Ana [s.d.] Construções modernas: as grandes mudanças do séculos XX, [s.e]- Artigo

Oliveira, Marcos [s.d.] Ligações com pinos metálicos em estruturas de madeira, [s.e]

Sousa, Filipa, (2010) A intervenção do Design no artesanato, estudo da atividade cestaria em Portugal, Faculdade de engenharia da universidade do Porto

Sousa, Orlando de Almeida e (1956). Novas Aplicações da Madeira – O Problema dos Subprodutos das Matas e Desperdícios de Material Lenhoso, Separata da Direção dos Serviços Florestais e Aquícolas, Volume XXIII – Tomo II;

Valente, V. (1991). Madeiras – 7.º e 8.º Anos, Porto Editora;

Viollet-Le-Duc, Eugénio Manuel (1945). Histoire de L’Habitation Humaine, Versão Castelhana adaptada por Dominguez, Manuel E., Buenos Aires, Editorial Víctor Leru.

[s.a.] (2011), Caracterização da oferta de casas de madeira em Portugal, Inquérito às empresas de projeto, fabrico, construção e comercialização, Relatório 118/2011, Departamento de edifícios, Núcleo de arquitetura e urbanismo.

## WEBSITES

Sonae, <http://www.sonae-industriatafisa>.

Amorin, <http://www.amorim.pt/corticaindustria.html>

Fourthdoor, [http://www.fourthdoor.org/annular/?page\\_id=453](http://www.fourthdoor.org/annular/?page_id=453)

Europages, <http://madeira.europages.pt/empresas/Portugal>

Laminar- industria de madeiras e derivados, <http://www.laminarmad.com/>

Rethink Wood, <http://www.rethinkwood.com/case-studies/cultural>

Fabian Bush- boatbuilder, <http://www.fabianbush.com/designs/technology>

Future +Design <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1081775&page=8>

Architektur für die Tropen, <http://www.payer.de/tropenarchitektur/troparch0484.htm>

Go forwood.info, <http://www.payer.de/tropenarchitektur/troparch0484.htm>

E&T, <http://eandt.theiet.org/magazine/2012/09/renaissance-for-wood.cfm>

J. PintoLeitão, Wood Tech, <http://www.jpleitao.pt/index.php/pt/produtos/contraplacados>

António Novo, Derivados de Madeira, Lda, <http://antonionovo.net/#/produtos>

Somapil, madeira do mundo, <http://www.somapil.com/pt/placas>

TreeHouse, <http://www.treehouse.pt/config.html>

Jular, [http://www.jular.pt/fin/site\\_final/finnforest.html](http://www.jular.pt/fin/site_final/finnforest.html)

Duron, <http://www.duronmadeiras.com.br/?link=tratamento>

Interioresymas, <https://interioresymas.wordpress.com/2012/07>

Arquitetura.pt, <http://www.arquitetura.pt/um-quiosque-de-rua-inspirado-na-arte-do-origami>

Bimbon, [http://www.bimbon.com.br/arquitetura/arquitetura\\_com\\_madeira\\_sunny\\_hills](http://www.bimbon.com.br/arquitetura/arquitetura_com_madeira_sunny_hills)

Engenharia&construção, revista online, <http://www.engenhariaconstrucao.com/o-edificio-modular-de-madeira-lamelada-colada-de-kengo-kuma>

Skyscrapercity, <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1081775&page=8>

Fabory, <http://www.fabory.com/pt>

[s.n] <http://www.conseilbrasil.com.br/blog/o-pavilhao-de-toyo-ito-para-hermes/>

Estudos e projetos em construções de madeira <http://www.filiperodrigues.pt/construir-em-madeira/>

Pinterest, <https://www.pinterest.com/pin/264938390550740325/>

Museu de arte popular, <http://www.map.imc-ip.pt/pt/index.php?s=white&pid=313&identificador=>

FolclorePortugal,<http://www.folcloreonline.com/artesanato/tmontes/vreal/cestaria.html#.VQnd046sX0x>  
Stefano Paradiso, <https://stefanoparadiso.wordpress.com/2013/02/03/a-wood-pavilion-for-made-expo/>  
aasarchitecture, <http://www.aasarchitecture.com/2014/03/Aspen-Art-Museum-by-Shigeru-Ban-open-next-summer.html>  
Archdaily, <http://www.archdaily.com/490141/centre-pompidou-metz-shigeru-ban-architects/>  
Madeira estrutural, <http://madeiraestrutural.wordpress.com/2009/05/12/vantagens-do-uso-da-madeira-como-material-estrutural/>  
Tafibra, <http://www.tafibra.com/index.php?id=22&tbl=noticias>  
Madeiravouga, <http://www.madeivouga.pt/pt/produtos/deck--deck---composito>  
<http://ultimachamadaviagem.blogspot.pt/2010/05/pompidou-em-metz.html>  
<http://europaconcorsi.com/projects/241093-Luigi-Alini-Sergio-Pone-Wood-Gridshell/images/4093236>  
<http://architecturelab.net/norwegian-wood-the-lantern-pavilion-norway-by-awp-atelier-oslo/>  
<http://shells.princeton.edu/Mann2.html>  
Pinterest,<http://www.pinterest.com/pin/411657222163442085/>  
Pinterest,<http://www.pinterest.com/sofiacolabella/gridshells-and-wooden-structures/>  
Pinterest,<http://www.pinterest.com/pin/294141419385471693/>  
Designerparty,<http://www.designersparty.com/entry/Haesley-nine-bridges-golf-clubhouse-KyeongSik-Yoon-Shigeru-Ban-Architects>  
<http://www.yatzer.com/Metropol-Parasol-The-World-s-Largest-Wooden-Structure-J-MAYER-H-Architects>  
[http://www.gridshell.it/gridshell\\_selinunte/](http://www.gridshell.it/gridshell_selinunte/)  
<http://asd-ddrs.org/marios/2012/12/02/textile-waterproofing/>  
[http://www.detail360.com/project/korkeasaari-lookout-tower-pjid\\_2072.htm?fotoid=1](http://www.detail360.com/project/korkeasaari-lookout-tower-pjid_2072.htm?fotoid=1)  
<http://inhabitat.com/gridshell-creates-a-parametrically-designed-shade-structure-for-masseria-ospitale-restaurant-in-lecce-italy/>  
equalbooks-[http://www.gridshell.it/blog/wp-content/uploads/2014/02/gridshell\\_alida\\_woodome\\_04.jpg](http://www.gridshell.it/blog/wp-content/uploads/2014/02/gridshell_alida_woodome_04.jpg)  
Nimvo, <http://www.nimvo.com/hayden-place-is-the-office-with-an-indoor-garden/>

## BIBLIOGRAFIA FIGURAS

**Figura 1-** Nicole Abreu 2014

**Figura2-**<https://encrypted->

[tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTY9ByoKWqcd9SQiDpQtYIRZL90KJ4BFa8cz9lucA9BJ3UXq8LQ](https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTY9ByoKWqcd9SQiDpQtYIRZL90KJ4BFa8cz9lucA9BJ3UXq8LQ)

**Figura3-** <http://archpaper.com/uploads/02-texfab-sanantonio-texas-pavilion-archpaper.jpg>

**Figura4-** [https://pat0710.files.wordpress.com/2009/05/chidd\\_beams10\\_ready.jpg](https://pat0710.files.wordpress.com/2009/05/chidd_beams10_ready.jpg)

**Figura5-** <http://assets.inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2013/05/Gridshell-Italy-3.jpg>

**Figura 6-** M. H. Toussaint, A Design Tool for Timber Gridshells- The Development of grid generation tool; 07, Faculty of Civel Engineering and Geosciences Section of Structural and Building Engineering, 2007

**Figura 7-** M. H. Toussaint, A Design Tool for Timber Gridshells- The Development of grid generation tool; 07, Faculty of Civel Engineering and Geosciences Section of Structural and Building Engineering, 2007

**Figura 8-** M. H. Toussaint, A Design Tool for Timber Gridshells- The Development of grid generation tool; 07, Faculty of Civel Engineering and Geosciences Section of Structural and Building Engineering, 2007

**Figura 9 -**

[http://cms.asce.org/uploadedImages/CE\\_Magazine/Articles/Featured/2013/07\\_July/S20130529\\_164417-R1\\_ART\\_with-copyright.jpg](http://cms.asce.org/uploadedImages/CE_Magazine/Articles/Featured/2013/07_July/S20130529_164417-R1_ART_with-copyright.jpg)

**Figura 10-** [https://parametricwood2011.files.wordpress.com/2011/03/render\\_gridshell2.png](https://parametricwood2011.files.wordpress.com/2011/03/render_gridshell2.png)

**Figura 11-** <http://archtendencias.com.br/wp-content/uploads/2014/08/igreja-kuokkala-lassila-hirvilammi-11-1000x1246.jpg>

**Figura 12-** M. H. Toussaint, A Design Tool for Timber Gridshells- The Development of grid generation tool; 07, Faculty of Civel Engineering and Geosciences Section of Structural and Building Engineering, 2007

**Figura 13-** [http://www.gridshell.it/blog/wp-content/uploads/2014/02/gridshell\\_alida\\_woodome\\_04.jpg](http://www.gridshell.it/blog/wp-content/uploads/2014/02/gridshell_alida_woodome_04.jpg)

**Figura 14-** Nicole Abreu 2015

**Figura 15-** Nicole Abreu 2015

**Figura 16-** Sousa, Filipa, (2010) A intervenção do Design no artesanato, estudo da atividade cestaria em Portugal, Faculdade de engenharia da universidade do Porto

**Figura 17-** Sousa, Filipa, (2010) A intervenção do Design no artesanato, estudo da atividade cestaria em Portugal, Faculdade de engenharia da universidade do Porto

**Figura 18-** Sousa, Filipa, (2010) A intervenção do Design no artesanato, estudo da atividade cestaria em Portugal, Faculdade de engenharia da universidade do Porto

**Figura 19-** Sousa, Filipa, (2010) A intervenção do Design no artesanato, estudo da atividade cestaria em Portugal, Faculdade de engenharia da universidade do Porto

**Figura 20-** <http://thumbs.dreamstime.com/z/cestaria-23920850.jpg> / Nicole Abreu 2014

**Figura 21-** <http://us.123rf.com/450wm/mfron/mfron1209/mfron120900048/15356957-brown-vime-textura-feita-de-cesta.jpg/> Nicole Abreu 2014

**Figura 22-** <http://thumbs.dreamstime.com/x/textura-pl%C3%A1stica-da-cestaria-20907858.jpg/> Nicole Abreu 2014

**Figura 23-** <http://pt.depositphotos.com/12909131/stock-photo-rattan.html/> Nicole Abreu 2014

**Figura 24-** <http://thumbs.dreamstime.com/x/antiguidade-ascendente-fechado-do-vime-e-da-cestaria-33195614.jpg/> Nicole Abreu 2014

**Figura 25-** <http://pt.depositphotos.com/5508839/stock-photo-rattan-texture-from-thonet-chair.html/> Nicole Abreu 2014

**Figura 26-** [https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR9rOBotWHzVXzBUJKMbf126hn\\_xY8Kj\\_86pASB6nNsWnOlRBkXJgh/](https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR9rOBotWHzVXzBUJKMbf126hn_xY8Kj_86pASB6nNsWnOlRBkXJgh/) <https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRBcd28U-a9fChnP5PzhP4iHStXRmI3sZYXkxHi4zJ8UAorr0Vx6Q/> [http://ad009cdnb.archdaily.net/wp-content/uploads/2012/11/50b92a08b3fc4b2a3f0000f5\\_stealth-barn-carl-turner-architects\\_-c-\\_tim\\_crocker\\_stealth\\_barn-2828\\_copy-528x352.jpg/](http://ad009cdnb.archdaily.net/wp-content/uploads/2012/11/50b92a08b3fc4b2a3f0000f5_stealth-barn-carl-turner-architects_-c-_tim_crocker_stealth_barn-2828_copy-528x352.jpg/)

**Figura 27-** <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTj4MKLMT5tzZwABfpNqt7xqmNUESWRriAmjz2xDNJGaQvw23DqAklv4QV>

**Figura 28-** <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTrnKescyOQGUmFFubz2zCgGfrmSawzW8Xo4b0Gbkzq7IeWNFc7>

**Figura 29-** Nicole Abreu 2015

**Figura 30-** Mendes, Paulo, (1994) Ligação em Estruturas de madeira tecnologia e dimensionamento de acordo com o eurocódigo 5, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Figura 31-** Mendes, Paulo, (1994) Ligação em Estruturas de madeira tecnologia e dimensionamento de acordo com o eurocódigo 5, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Figura 32-** Mendes, Paulo, (1994) Ligação em Estruturas de madeira tecnologia e dimensionamento de acordo com o eurocódigo 5, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Figura 33-** <https://www.pinterest.com/pin/505529126895287597/>

**Figura 34-** <https://www.pinterest.com/pin/416231190534999962/>

**Figura 35-** [https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRrJFY5drsQiXb14pEQV9n8LRDzI\\_1csCIe7c9tRfHzbX1Sz699i](https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRrJFY5drsQiXb14pEQV9n8LRDzI_1csCIe7c9tRfHzbX1Sz699i)  
w

**Figura 36-** Mendes, Paulo, (1994) Ligação em Estruturas de madeira tecnologia e dimensionamento de acordo com o eurocódigo 5, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Figura 37-** [http://lh6.ggpht.com/XCN03HGqCNw/UR6FGqopgvI/AAAAAAAAAFyk/PX2AjNQ1PZo/image\\_thumb%25255B13%25255D.png?imgmax=800](http://lh6.ggpht.com/XCN03HGqCNw/UR6FGqopgvI/AAAAAAAAAFyk/PX2AjNQ1PZo/image_thumb%25255B13%25255D.png?imgmax=800)

**Figura 38-** <http://lh5.ggpht.com/>-

MrsgXrX2LmY/UR6FOjMs6AI/AAAAAAAAAFzU/SIsOQ8OxAqQ/image\_thumb%2525B19%2525D.png?imgmax=800

**Figura 39-** <http://lh5.ggpht.com/>-

W1VVByC3Cgs/UR6FLkv031I/AAAAAAAAAFzE/zbUxkBEViqA/image\_thumb%2525B17%2525D.png?imgmax=800

**Figura 40-** <http://lh5.ggpht.com/>-

MrsgXrX2LmY/UR6FOjMs6AI/AAAAAAAAAFzU/SIsOQ8OxAqQ/image\_thumb%2525B19%2525D.png?imgmax=800

**Figura41-**<http://lh6.ggpht.com/>-

KcR9zP07rkA/UR6FRrBdXMI/AAAAAAAAAFz0/OqaKDKMLOC8/image\_thumb%2525B21%2525D.png?imgmax=800

**Figura 42-** Mendes, Paulo, (1994) Ligação em Estruturas de madeira tecnologia e dimensionamento de acordo com o eurocódigo 5, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I- Estudo Madeira e Possíveis defeitos

Anexo II- Legislação

Anexo III- Esquema evolutivo das estruturas de madeira

Anexo IV- Esquema evolutivo das estruturas de malhas de madeira

Anexo V- Possíveis abordagens após análise das técnicas de Cestaria

Anexo VI- Ficha técnica OSB

Anexo VII- Ficha técnica Parafusos

Anexo VIII- Diferentes abordagens de ligações possíveis

Anexo IX- Ficha Técnica Chapa- Definição de Espaço

Anexo X- Ficha técnica Vigas em I madeira- Construção Novo

Anexo XI- Sistema de fundações- Construção Novo

Anexo XII- Plantas de projeto 2012- Reabilitação



## ANEXO I – ESTUDO MADEIRA E POSSÍVEIS DEFEITOS

---

## Definições

Para que seja possível desenhar uma solução construtiva é necessário antes de tudo compreender a importância de cada um dos elementos que a compõem e quais os materiais que melhor se comportam perante cada situação.

## Soluções construtivas

Existem inúmeras opções e inúmeros materiais disponíveis, o que torna possível a criação de imensas soluções construtivas distintas umas das outras e com excelentes comportamentos. Uma solução construtiva é constituída pelos diversos panos pertencentes ao plano em questão, e incluem a cobertura, paredes e lajes. Numa solução construtiva é possível diferenciar os conceitos de estrutura, isolamento, revestimento e impermeabilização (quando necessário), ou seja, uma solução construtiva inclui toda uma estrutura que vai desde o esqueleto até à pele do edifício.

**Estrutura-** é o elemento de suporte que tem como funções o suporte de cargas dos materiais do próprio edifício, e que também suporta a obra perante as ações atmosféricas. Este elemento terá de estar preparado para resistir a ações atmosféricas severas de modo a que não exista desabamento do edifício.

**Isolamento-** consiste na utilização de um material que tem como objetivo isolar. É possível falar de dois tipos de isolamento – acústico ou térmico. No caso do isolamento acústico o material é aplicado com o intuito de que não ocorram transmissões sonoras do interior para o exterior, do exterior para o interior e entre espaços interiores; no que diz respeito ao isolamento térmico, o isolamento é efetuado com o objetivo de impedir a troca de calor, de modo a que a temperatura interior não seja influenciada pela exterior.

**Revestimento-** consiste na ação de cobrir/ revestir quer a cobertura, quer paredes ou lajes, consiste numa superfície aplicada para proteger e/ou para decorar. O revestimento é feito no interior e no exterior.

## Construções em madeira

## Madeira como material

A madeira consiste em material orgânico que é obtido a partir das árvores. A madeira é um polímero heterogéneo complexo composto por celulose, lenhina, hemiceluloses e umas pequenas quantidades extratáveis contidas na estrutura celular. As características da madeira são determinadas por diversos fatores como as espécies e as condições de crescimento. Mais precisamente, a superfície da madeira é influenciada por vários fatores intrínsecos ao material, principalmente a morfologia dos polímeros, a densidade, a textura, a rugosidade, os extratáveis, o teor em água e também pelas condições de preparação da superfície. A análise da qualidade da superfície é crucial para o sucesso do controlo de qualidade do acabamento, essencialmente nos produtos de base aquosa que estão cada vez mais a ser usados, devido a regulamentações ambientais.

Para que o produto final tenha um excelente comportamento, é necessário compreender a diferença dos tipos de madeira, onde diferem e quais as suas potencialidades de modo a que todo o processo seja o mais sustentável possível

### Estrutura da madeira

Entende-se por estruturas de madeira, todos os tipos de construção na qual o elemento de suporte é constituído por elementos de madeira, este género de construção foi realizado durante muitos séculos, mas estas estruturas sofreram um esquecimento temporário logo após o surgimento do betão e do aço. Uma outra razão para o abandono da madeira seria por se pensar que seria mais sustentável diminuir o corte de árvores e começar a utilizar outro tipo de materiais.

Porém, vários anos depois este tipo de estrutura volta a ter uma enorme importância, dada a mudança de paradigma que potencializa a valorização do seu carácter ecológico. Atualmente as soluções construtivas com madeira já apresentam um comportamento de elevada qualidade, tornando-se num sistema competitivo em relação às estruturas de betão e aço.

Este tipo de estrutura apresenta as seguintes vantagens:

Relação peso/resistência superior;  
Rapidez de montagem;  
Resistência ao fogo;  
Excelente performance em caso de sismo;  
Beleza estética natural;  
Racionalismo ecológico;  
Economia de custos;  
Facilidade de desmontagem.

A importância deste material é cada vez maior na arquitetura moderna, atualmente são inúmeros os estudos de investigação e projetos científicos que resultam em novos produtos, os engenheiros e os arquitetos encararam a madeira como um material versátil e de enorme qualidade com facilidade de adaptação a qualquer projeto, o que faz com que este material ganhe uma maior relevância quando os temas são sustentabilidade e a preservação da natureza.

#### Defeitos

Como em todas as estruturas, existem vantagens e desvantagens, as estruturas de madeira têm também algumas desvantagens, que serão descritas de seguida.

A madeira é um material vulnerável aos agentes externos, colocando em causa a sua durabilidade, quando não são tidas em conta medidas de prevenção, para além de que é combustível e as suas dimensões são limitadas, visto que está dependente do diâmetro e altura da árvore, ou seja, é possível obter formas alongadas porém com secção transversal reduzida. Para além destas desvantagens referidas anteriormente, a madeira apresenta variabilidade, pois este material é fundamentalmente heterogéneo e anisotrópico, e mesmo depois de qualquer tipo de alteração/ transformação ou tratamento, e até mesmo após aplicação na construção este tipo de material aparenta um comportamento muito vulnerável, isto é, as dimensões aumentam e diminuem com a variação da humidade, se existir muita humidade no ar a madeira tende a aumentar o seu corte transversal, visto que o teor de humidade do material também aumenta.

No final do século XIX, devido a todas estas deficiências associadas à madeira, o aço e o betão vieram substituir as estruturas de madeiras, devido à facilidade de aplicação e melhor comportamento a nível estrutural, com esta alteração de hábitos na

construção, a madeira passa a ter uma aplicação mais provisória como é o caso das cofragens.

Com os novos estudos e desenvolvimento da tecnologia, a madeira adquiriu reconhecimento como material moderno de construção, pois foram aperfeiçoados os processos de transformação que permitem anular ou melhorar as características negativas associadas à madeira quando apresentada no seu estado natural, o que permite uma melhor resposta das exigências técnicas construtivas.

Na tabela seguinte é possível visualizar alguns tratamentos que podem ser realizados nos defeitos da madeira mais correntes, processos estes que atribuem um melhor desempenho ao material, o que permite aumentar o período de vida útil.

Tratamentos vs. Anomalias da madeira

Defeitos	Tratamentos
Degradação das suas propriedades; Aparecimento de tensões internas decorrentes de alterações da humidade;	Processo de secagem artificial controlada
A deterioração da madeira em ambientes que favoreçam o desenvolvimento dos seus principais predadores;	Tratamentos de preservação
A marcante heterogeneidade e anisotropia próprias da sua constituição fibrosa orientada; A limitação das suas dimensões;	Processos de transformação em laminados, contraplacados e aglomerados de madeira

Defeitos e anomalias das peças de madeira

**Defeito:** por defeito entende-se qualquer anomalia da estrutura do lenho ou que resulte de ataque de agentes vivos (animais ou plantas), ou imperfeição de laboração que possa determinar a diminuição do valor comercial de uma peça de madeira.

Existem imensos fatores que afetam as propriedades físicas e mecânicas e a qualidade das estruturas, muitos desses fatores são os defeitos associados às peças, muitas destas imperfeições podem ser detetadas com uma inspeção visual. De seguida

será apresentada uma breve definição para os vários tipos de defeitos, que foram definidos tendo por base a ficha de LNEC da avaliação ao Pinho.

**Nós:** Constitui a porção base de um ramo inserida no tronco da árvore, isto é, está associado a uma formação lenhosa, de forma aproximadamente cónica que tem como orientação a medula, ou seja, o centro do tronco da árvore. A existência de nós influencia na resistência da madeira, isto porque onde encontramos um nó existe um desvio das fibras longitudinais, o que origina solicitações diagonais, diminuindo a resistência nestes pontos colocando a peça de madeira em risco.

**Desvio de inclinação do fio :** Ocorre devido a uma inclinação mais ou menos acentuada do fio relativamente ao eixo longitudinal das peças. Estes desvios muitas vezes acontecem devido ao mau corte da madeira, o que posteriormente dificulta a trabalhabilidade da peça e promove fendilhação e empenos face à humidade.

**Fendas:** A madeira tende a romper segundo planos radiais, resultado de tensões muito elevadas hospedadas pela contração diferencial da madeira entre as zonas periféricas e interiores do lenho, ou seja, a existência de esforços de tração transversal provoca uma tensão no interior da madeira, o que tende a criar as fendas, principalmente em zonas de menor resistência.

Em casos mais graves é possível encontrar peças com fendas repassadas, isto é, fendas que ligam as duas faces, o que reduz a secção útil resistente da peça, e se as fendas se localizarem em zonas de ligação entre peças ou em elementos que estão sujeitos a esforços de compressão axial, pode colocar toda a estrutura em risco. Porém segundo as normas de classificação visual as fendas são admissíveis e têm pouca influência na resistência da peça se tiverem determinadas dimensões.

**Empenos :** Existem quatro de empenos, em arco de face, em arco de canto, em hélice e em meia cana, em qualquer uma destas alterações os empenos ocorrem por uma mudança da forma plana da peça de madeira.

**Descaio:** O descaio corresponde a uma falta de madeira nas arestas das peças, surgindo parcialmente ou em todo o comprimento da peça.

**Taxa de crescimento:** Permite obter a largura média em milímetros dos anéis de crescimento, quando a largura dos anéis é muito irregular traduz um defeito.

**Bolsas de resina:** Normalmente são cavidades de pequenas dimensões que contêm resina, integradas na madeira, no estado líquido ou sólido, que prejudicam as propriedades mecânicas da madeira assim como também afetam o aspeto.

**Presença de medula ou entrecasco:** A medula e/ou entrecasco correspondem a zonas com pouca resistência mecânica, como tal a presença destas nas peças estruturais de madeira é prejudicial para a resistência de toda a peça.

**Madeira de reação:** Corresponde a madeira ou porções de madeira com deformações originadas por ações externas muito fortes como é o caso do vento, que atuam no período de vida da árvore.

**Madeira juvenil:** Presença de madeira menos resistente, normalmente refere-se aos primeiros anéis de crescimento de madeiras de resinosas.

**Ataques de insetos e fungos (Fig.10):** É um dos defeitos mais graves que se pode encontrar nas peças estruturais, a madeira como é um material lenhoso está sujeita ao ataque de fungos, insetos e xilófagos.

Fatores que influenciam a capacidade resistente da madeira

Atualmente as estruturas de madeiras são avaliadas por métodos de cálculo de verificação estrutural que seguem os diferentes pontos referidos nos regulamentos para estruturas de madeira, em alguns parâmetros de verificação e/ou avaliação os métodos seguem formas de qualificação muito semelhantes aos que são utilizados noutras estruturas como o aço e o betão.

Nenhuma estrutura de madeira está isenta de defeitos, visto que remover todos os defeitos da madeira teria custo inaceitáveis, e por isso todas as estruturas apresentam alguns defeitos, e como tal a variabilidade da qualidade deste material já é tida em conta quando aplicada.

Para além dos defeitos que foram apresentados no capítulo anterior, que são os fatores que têm uma maior influência na resistência, existem outros fatores com importância e influência nas capacidades da madeira enquanto material estrutural, que são:

- A massa volúmica;
- O ângulo da direção do esforço com o fio de madeira;
- O tempo de atuação de carga (fluência);
- As dimensões das peças;
- A fadiga;
- A idade da madeira.

## Técnicas de tratamento

Para que exista um melhor desempenho a nível funcional e até mesmo estético, a madeira é submetida a diversos processos, que podem ou não alterar as propriedades físicas do material. Desde o abate das árvores até à aplicação em obra, a madeira deverá ser alvo de tratamentos de modo a que haja conservação da mesma, o que aumenta consideravelmente o seu período de vida útil. Seguem-se alguns tipos de tratamento, os



quais foram apreciados como uma mais-valia se forem utilizados no projeto que se irá desenvolver, como a secagem, desenseivamento e ainda a conservação.

### **Secagem**

**Natural:** Este processo consiste na evaporação da seiva. A madeira após ser descascada é empilhada com espaçamento numa área com ambiente ventilado, sem calor e sem fortes correntes de ar. As peças de madeira são reservadas nestes ambientes em períodos de 1 a 2 anos, durante este período de tempo as peças são viradas.

**Artificial:** Neste método, ao contrário do anterior, em vez de evaporação da seiva é processada a solidificação da seiva, com a ajuda de estufas onde a sua temperatura interior pode variar dos 30 aos 50 °C. Após a solidificação a madeira é isolada em armazéns de modo a que possa adquirir humidade, o que potencia o aumento da resistência, porém este procedimento tem algumas desvantagens para a madeira, como por exemplo maior facilidade de empeno e menor trabalhabilidade da peça.

### **Desenseivamento ou lixiviação**

Tal como no método anterior, existem dois processos, o natural e o artificial, o primeiro consiste na imersão da peça de madeira durante um período de aproximadamente 4 meses, que é posteriormente transportada para um local sem correntes de ar e onde seca. No segundo processo a madeira é sujeita a vapor de água, e tal como no processo anterior, a madeira é seca num local abrigado de correntes de ar.

### **Conservação da madeira em obra**

Existem três formas de conservar as peças de madeira em obra, uma primeira poderá ser a aplicação de revestimentos - pinturas a alcatrão, tintas de óleo ou verniz, óleo de linhaça, uma outra forma é a injeção de produtos antissépticos, este método normalmente é associado ou empregue em peças que estão em risco de exposição mais elevado. Uma terceira forma de conservação das peças de madeira é a carbonização, que consiste num processo que mata os organismos que possam deteriorar a madeira através

da formação de uma camada incorruptível, este tipo de conservação só é aplicado em casos onde as peças serão enterradas.

Existem outros processos tecnologicamente mais avançados, iremos referenciar o termo-tratamento, tal como o nome indica é efetuada uma alteração das propriedades da madeira através da utilização de calor e vapor de água. O processo inicia-se quando a madeira é sujeita a um aquecimento gradual da temperatura que pode variar entre os 160 e os 230 °C, esta ação do calor provoca uma alteração na estrutura molecular, tornando a madeira mais resistente, para além das propriedades de resistência que são alteradas a coloração também é alterada. Após o tratamento térmico a madeira fica com um tom mais quente e mais escuro, o que poderá ser vantajoso visto que esta adquire um tom mais homogéneo nas diferentes peças. É de salientar ainda que neste método não são utilizados qualquer tipo de compostos químicos, como tal é um processo de modificação que não produz efeitos nocivos para o meio ambiente.

## ANEXO II – LEGISLAÇÃO

---

Normas portuguesas (np, npen) e projetos de normas portuguesas (prnp) no domínio da madeira

#### 1- MADEIRA – GERAL

- ⇒ NP 180: 1962 - Anomalias e defeitos da madeira.
- ⇒ NP 480: 1983 - Madeira serrada de resinosas - Dimensões - Termos e definições.
- ⇒ NP 481: 1983 - Madeira serrada de resinosas - Dimensões - Métodos de medição.
- ⇒ NP 482: 1988 - Madeira serrada de resinosas - Dimensões nominais.
- ⇒ NP 486:1983 - Madeira serrada de resinosas - Tolerância nas dimensões.
- ⇒ NP 614: 1973 - Madeiras - Determinação do teor em água.
- ⇒ NP 615:1973 - Madeiras - Determinação da retracção.
- ⇒ NP 616:1973 - Madeiras - Determinação da massa volúmica.
- ⇒ NP 617: 1973 - Madeiras - Determinação da dureza.
- ⇒ NP 618:1973 - Madeiras - Ensaio de compressão axial.
- ⇒ NP 619: 1973 - Madeiras - Ensaio de flexão estática.
- ⇒ NP 620: 1973 - Madeiras - Ensaio de flexão dinâmica.
- ⇒ NP 621: 1973 - Madeiras - Ensaio de tracção transversal.
- ⇒ NP 622: 1973 - Madeiras - Ensaio de fendimento.
- ⇒ NP 623: 1973 - Madeiras - Ensaio de corte.
- ⇒ NP 890: 1972 - Madeiras resinosas - Nomenclatura comercial.
- ⇒ NP 987:1973 - Madeiras serradas - Medição de defeitos.
- ⇒ NP 1877: 1990 - Madeiras redondas - Classificação por dimensões.
- ⇒ NP 1881: 1982 - Madeiras redondas - Métodos de medição.
- ⇒ NP 3229: 1988 - Madeiras redondas de resinosas - Classificação por qualidade.

#### MADEIRA PARA ESTRUTURAS

- ⇒ NP 4305: 1995 - Madeira serrada de pinheiro bravo para estruturas - Classificação visual.

#### PRESERVAÇÃO DE MADEIRA

- ⇒ NP EN 48:1992 - Produtos preservadores de madeiras - Determinação da eficácia curativa contra larvas de

*Anobium punctatum* (De Geer) - Método laboratorial.

⇒ NP 2080: 1985 - Preservação de madeiras - Tratamento de madeiras para construção.

⇒ prNP 3153: 1986 - Produtos preservadores de madeiras - Determinação da eficácia preventiva contra *Lyctus*

*brunneus* (Stephens) - Método laboratorial.

⇒ prNP 3164: 1986 - Produtos preservadores de madeiras - Determinação da eficácia curativa contra larvas de

*Hylotrupes bajulus* - Método laboratorial.

⇒ prNP 3928: 1989 - Preservação da madeira - terminologia.

⇒ NP EN 21: 1991 - Produtos preservadores de madeiras - Determinação do limite de eficácia contra *Anobium*

*punctatum* (De Geer) por transferência lavar - Método laboratorial.

⇒ NP EN 46: 1989 - Produtos preservadores de madeiras - Determinação da eficácia preventiva contra larvas

recentemente eclodidas de *Hylotrupes bajulus* (Linnaeus) - Método laboratorial

⇒ NP EN 47:1992 - Produtos preservadores de madeiras - Determinação do limite de eficácia contra larvas de

*Hylotrupes bajulus* (Linnaeus) - Método laboratorial.

⇒ NP EN 73:1991 - Produtos preservadores de madeiras - Prova de envelhecimento acelerado de madeiras tratadas

antes dos ensaios biológicos - Prova de evaporação.

⇒ NP EN 84: 1992 - Produtos preservadores de madeiras - Prova de envelhecimento acelerado de madeiras

tratadas antes dos ensaios biológicos - prova de deslavagem.

⇒ NP EN 11 7: 1992 - Produtos preservadores de madeiras - Determinação do limite de eficácia contra

*Reticulitermes santonensis* de Feytaud - Método laboratorial.

⇒ NP EN 118: 1992 - Produtos preservadores de madeiras - Determinação da eficácia preventiva contra

*Reticulitermes santonensis* de Feytaud - Método laboratorial.

⇒ NP EN 152-1: 1993 - Métodos de ensaio dos produtos preservadores de madeiras - Método laboratorial para

determinação da eficácia preventiva de um tratamento de madeira aplicada contra o azulamento Parte 1:

Aplicação por pincelagem.

⇒ NP EN 212: 1988 - Produtos preservadores de madeiras - Guia de amostragem e preparação para análise de produtos preservadores de madeira tratada.

⇒ NP EN 252: 1992 - Ensaio de campo para determinação da eficácia protectora de um produto preservador de madeiras em contacto com o solo.

⇒ NP EN 335-1:1994 - Durabilidade da madeira e de produtos derivados - Definição das classes de risco de ataque biológico - Parte 1: Generalidades.

⇒ NP EN 335-2:1994 - Durabilidade da madeira e de produtos derivados - Definição das classes de risco de ataque biológico - Parte 2: Aplicação à madeira maciça.

⇒ NP EN 460: 1994 - Durabilidade da madeira e de produtos derivados - Durabilidade natural da madeira maciça - Guia de exigências de durabilidade das madeiras na sua utilização segundo as classes de risco.

**NORMAS EUROPEIAS (EN), PRÉ-NORMAS EUROPEIAS (ENV) E PROJECTOS DE NORMAS EUROPEIAS (prEN) NO DOMINIO DA MADEIRA E SEUS DERIVADOS.**

**MADEIRA – GERAL**

⇒ EN 844-1: 1995 - Round and sawn timber - Terminology - Part 1: General terms common to round timber and sawn timber.

⇒ EN 844-2: 1997 - Round and sawn timber – Terminology - Part 2: General terms relating to round timber.

⇒ EN 844-3:1995 - Round and sawn timber- Terminology - Part 3: General terms relating to sawn timber.

- ⇒ EN 844-4: 1997 - Round and sawn timber - Terminology - Part 4: Terms relating to moisture content.
- ⇒ EN 844-5:1997 - Round and sawn timber - Terminology - Part 5: Terms relating to dimensions of round timber.
- ⇒ EN 844-6:1997 - Round and sawn timber - Terminology - Part 6: Terms relating to dimensions of sawn timber.
- ⇒ EN 844-7:1997 - Round and sawn timber - Terminology - Part 7: Terms relating to biological structure of timber.
- ⇒ EN 844-8: 1997 - Round and sawn timber - Terminology - Part 8: Terms relating to features of round timber.
- ⇒ EN 844-9:1997 - Round and sawn timber - Terminology - Part 9: Terms relating to features of sawn timber.
- ⇒ EN 844-10:1997 - Round and sawn timber - Terminology - Part 10: Terms relating to stain and fungal attack.
- ⇒ EN 844-11:1997 - Round and sawn timber - Terminology - Part 11: Terms relating to degrade by insects.
- ⇒ prEN 844-12:1998 - Round and sawn timber- Terminology - Part 12: Additional terms and general index.
- ⇒ EN 975-1: 1995 - Wood - Hardwood sawn timber - Visual grading - Part 1: Oak and beech.
- ⇒ EN 1309: 1997 - Round and sawn timber - Method of measurement of dimensions: Part 1: Saw timber.
- ⇒ prEN 1309: 1998 - Round and sawn timber - Method of measurement of dimensions - Part 2: Round timber.
- ⇒ EN 1310: 1997 - Round and sawn timber - Method of measurement of features.
- ⇒ EN 1311: 1997 - Round and sawn timber - Method of biological degradations.
- ⇒ EN 1312: 1997 - Round and sawn timber - Determination of the batch volume of sawn timber.
- ⇒ EN 1313-1: 1997 - Round and sawn timber - Permitted deviations and preferred sizes. - Part 1: Softwood sawn timber.
- ⇒ EN 1315-1: 1997 - Dimensional classification - Part 1: Hardwood rounds timber.

- ⇒ EN 1315-2:1997 - Dimensional classification - Part 2: Softwood rounds timber.
- ⇒ EN 1316-1: 1997 - Hardwood round timber - Qualitative classification - Part 1: Oak and beech.
- ⇒ EN 1316-2: 1997 - Hardwood round timber - Qualitative classification - Part 2: Poplar.
- ⇒ EN 1316-3:1997 - Hardwood round timber - Qualitative classification - Part 3: Ash and maples.
- ⇒ EN 1438:1998 - Symbols for use in documentation of timber and wood based products.
- ⇒ prEN 1611-1: 1994 - Sawn timber - Appearance grading of softwood Visual - Part 1: European Spruces, Firs, Pines and Douglas firs.
- ⇒ EN 1611-2:1995 - Wood - Softwood saw timber visual grading - Part 2: Quality grading.
- ⇒ EN 1611-3:1995 - Sawn softwood - Visual grading - Part 3: Quality grading for European pines.
- ⇒ prEN 1747-1: 1994 - Classification of standing timber - Part 1: Dimensional classification.
- ⇒ prEN 1747-2:1994 - Classification of standing timber - Part 2: Qualitative classification - Oaks, beech, poplar and ash.
- ⇒ prEN 1927-1:1996 - Qualitative Classification of Softwood round timber. Part I: Spruces and firs.
- ⇒ prEN 1927-2:1996 - Qualitative Classification of Softwood round timber. Part2: Pines.
- ⇒ prEN 1927-3:1996 - Qualitative Classification of Softwood round timber. Part3: Larches and Douglas firs.
- ⇒ prEN 12169:1997 - Criteria for acceptance of a batch of sawn timber.
- ⇒ prEN 13183-2: 1998 - ROIU1d and sawn timber - Method of measurement of moisture content - Part 2: Method for estimating moisture content of a piece of sawn timber (Electrical method)

MADEIRA PARA ESTRUTURAS; ESTRUTURAS DE MADEIRA



- ⇒ EN 301: 1992 - Adhesives, phenolic and aminoplastic for load-bearing timber structures: Classification and performance requirements.
- ⇒ EN 336: 1995 - Structural timber - Coniferous and poplar - Sizes permissible deviations.
- ⇒ EN 338:1995 - Structural timber - Strength classes.
- ⇒ EN 380: 1993 - Timber structures - Test methods - General principles for static load testing.
- ⇒ EN 383:1993 - Timber structures - Test methods - Determination of embedding strength and foundation values for dowel type fasteners.
- ⇒ EN 384:1995 - Structural timber - Determination of characteristics values of mechanical properties and density.
- ⇒ EN 385:1995 - Finger jointed structural timber - Performance requirements and minimum production requirements.
- ⇒ EN 386: 1995 - Glued laminated timber - Performance requirements and minimum production requirements.
- ⇒ ENV 387:1999 - Glued laminated timber - Large finger joints - Performance requirements and minimum production requirements.
- ⇒ EN 390: 1994 - Glued laminated timber - Sizes - Permissible deviations.
- ⇒ EN 391: 1995 - Glued laminated timber - Delimitation test of glue lines.
- ⇒ EN 392: 1995 - Glued laminated timber - Shear test of glue lines.
- ⇒ EN 408: 1995 - Timber structures - Structural timber and glued laminated timber - Determination of some physical and mechanical properties.
- ⇒ EN 409:1993 - Timber structures - Test methods - Determination of the yield moment of dowel type fasteners - Nails.
- ⇒ EN 518: 1995 - Structural timber - Grading - Requirements for visual strength grading standards.

- ⇒ EN 519:1995 - Structural timber - Grading - Requirements for machine strength. graded timber and grading machines.
- ⇒ EN 594:1995 - Timber structures - Test methods- Racking strength and stiffness of timber frame wall panels.
- ⇒ EN 595:1995 - Timber structures - Test methods - Test of trusses for the determination of strength and deformation behaviour.
- ⇒ EN 596:1995 - Timber structures - Test methods - Soft body impact test of timber framed walls.
- ⇒ EN 789:1995 - Timber structures - Test methods - Determination of mechanical properties of wood based panels.
- ⇒ prEN 912:1992 - Timber fasteners - Specifications for connects for timber.
- ⇒ EN 1058: 1995 - Wood based panels - Determination of characteristic values of mechanical properties and density.
- ⇒ prEN 1059: 1993 - Timber structures - Production requirements for fabricated trusses using punched metal plate fasteners.
- ⇒ prEN 1075:1993 - Timber structures - Test methods - Joints made of punched metal plate fasteners.
- ⇒ EN 1193: 1997 - Timber structures - Structural timber and glued laminated timber - Determination of shear strength and mechanical properties perpendicular to the grain.
- ⇒ EN 1194: 1998 -Glued laminated timber - Strength classes and determinations of characteristic properties.
- ⇒ EN 1195: 1997 - Timber structures - Test methods - Performance of structural floor decking.
- ⇒ prEN 1380: 1994 - Timber structures - Test methods - Load bearing nailed joints.
- ⇒ prEN 1381: 1994 - Timber structures - Test methods - Load bearing stapled joints.
- ⇒ prEN 1382:1994 - Timber structures - Test methods - Withdrawal capacity of timber fasteners.

- ⇒ prEN 1383:1994 - Timber structures - Test methods - Pull through testing of timber fasteners.
- ⇒ EN 1912: 1998 - Structural timber - Strength classes - Assignment of visual grades and species.
- ⇒ ENV 1995-1-1: 1995 - Eurocode 5 - Design of timber structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.
- ⇒ ENV 1995-1-2: 1995 - Eurocode 5 - Design of timber structures - Part 1-2: General rules - Structural tire design.
- ⇒ ENV 1995-2:1995 - Eurocode 5 - Design of timber structures - Part 2: Bridges
- ⇒ EN 10147:1994 - Continuously hot-dip zinc coated structural steel sheet and strip - technical delivery conditions.
- ⇒ prEN 13271: 1998 Timber fasteners characteristic load-carrying capacities and slip module.
- ⇒ EN 26891: 1991 - Timber structures - Joints made with mechanical fasteners - General principles for the determination of strength and deformation characteristics.
- ⇒ EN 28970:1991 - Timber structures - Testing of joints made with mechanical fasteners - Requirements for wood density.

## II.6 - PLACAS DE DERIVADOS DE MADEIRA

- ⇒ EN 120:1992 - Wood based panels - Determination of formaldehyde content - Extraction method called the perforator method.
- ⇒ EN 300:1997 - Particleboards - Oriented strand boards (OSB).
- ⇒ EN 309: 1992 - Wood particleboards - Definition and classification.
- ⇒ EN 310: 1993 - Wood-based panels - Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength.
- ⇒ EN 311: 1992 - Particleboards - Surface soundness of particleboards - Test method.
- ⇒ EN 312-1: 1996 - Particleboards - Specifications - Part 1: General requirements for all board types.

- ⇒ EN 312-2:1996 - Particleboards - Specifications - Part 2: Requirement for general purpose boards for use in dry conditions.
- ⇒ EN 312-3:1996 - Particleboards - Specifications - Part 3: Requirement for boards for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions.
- ⇒ EN 312-4:1996 - Particleboards - Specifications - Part 4: Requirement for load-bearing boards for use in dry conditions.
- ⇒ EN 312-5:1997 - Particleboards - Specifications - Part 5: Requirements for load-bearing boards for use in humid conditions.
- ⇒ EN 312-6: 1996 - Particleboards - Specifications - Part 6: Requirements for heavy duty load-bearing boards for use in dry conditions.
- ⇒ EN 312-7: 1997 - Particleboards - Specifications - Part 7: Requirements for heavy duty load-bearing boards for use in humid conditions.
- ⇒ EN 313-1: 1996 - Plywood - Classification and terminology - Part 1: Classification.
- ⇒ EN 313-2: 1995 - Plywood - Classification and terminology - Part 2: Terminology.
- ⇒ EN 314-1: 1993 - Plywood - Bonding quality - Part 1: Test methods.
- ⇒ EN 314-2:1993 - Plywood - Bonding quality - Part 2: Requirements.
- ⇒ EN 12369: 1993 - Wood Based Panels - Characteristic values for structural design.
- ⇒ prEN 12775 - Solid wood panels - Classification and terminology.
- ⇒ prEN 12869-2:1993 - Wood-based panels - Structural floor decking on joists - Part 2: Performance requirements.
- ⇒ prEN 12870-1: 1993 - Wood-based panels - Structural wall sheathing on studs - Part 1: Performance specifications.
- ⇒ prEN 12870-2:1993 - Wood-based panels - Structural wall Sheathing on studs - Part 2: Performance requirements.

- ⇒ prEN 12871-1:1993 - Wood-based panels - Structural roof decking on joists - Part I: Performance specifications.
- ⇒ prEN 12871-2:1993 - Wood-based panels - Structural roof decking on joists - Part 2: Performance requirements.
- ⇒ prEN 12871-3:1993 - Wood-based panels - Structural roof decking on joists - Part 3: Performance test method.
- ⇒ prEN 12872-1: 1993 - Wood-based panels - Guidance for struck panel installation - Part 1: Flooring.
- ⇒ prEN 12872-2: 1993 - Wood-based panels - Guidance for structural panel installation - Part 2: Walls.
- ⇒ prEN 12872-3:1993 - Wood-based panels - Guidance for structural panel installation - Part 3: Roofing.
- ⇒ prEN 13017-1: 1997 - Solid wood Panels - Classification by surface appearance - Part 1: Softwood.
- ⇒ prEN 13017-2:1997 - Solid wood Panels - Classification by surface appearance - Part 2: Hardwood.
- ⇒ prEN 13353-1:1993 - Solid wood Panels - Specifications - Part 1: Requirements for use in dry conditions.
- ⇒ prEN 13353-2:1993 - Solid wood Panels - Specifications - Part 1: Requirements for use in humid conditions.
- ⇒ prEN 13353-3:1993 - Solid wood Panels - Specifications - Part I: Requirements for use in exterior conditions.

## PRESERVAÇÃO DE MADEIRA

- ⇒ EN 20-1: 1992 - Wood preservatives - Determination of the protective effectiveness against *Lyctus brunneus* (Stephens) - Part 1: Application by surface treatment - Laboratory method.
- ⇒ EN 20-2:1993 - Wood preservatives - Determination of the protective effectiveness against *Lyctus brunneus* (Stephens) - Part 2: Application by impregnation - Laboratory method.
- ⇒ EN 22:1974 - Wood preservatives - Determination of eradicate action against *Hylotrupes bajulus* (Linnaeus)

larvae - Laboratory method.

⇒ EN 49-1: 1992 - Wood preservatives - Determination of the protective effectiveness against *Anobium*

*punetatum* (De Geer) by egg-laying and larval survival - Part 1: Application by surface treatment Laboratory method.

⇒ EN 1014-2:1995 - Wood preservation- Creosote and creosoted timber- Methods of sampling and analysis - Part

2: Procedure for obtaining a sample of creosote from creosoted timber for subsequent analysis.

Aglomerados de Madeira

151

⇒ prEN 1014-3:1997 - Wood preservatives - Creosote and creosoted timber - Methods of sampling and analysis -

Part 3: Determination of the benzopyrene content of creosote.

⇒ prEN 1014-4:1995 - Wood preservation - Creosote and creosoted timber - Methods of sampling and analysis -

Part 4: Determination of the water-extractable phenols content of creosote.

⇒ ENV 1250-1: 1994 - Wood preservatives - Methods for measuring losses of active ingredients from treated

timber - Part 1: Laboratory method for obtaining samples for analysis to measure losses by evaporation to air.

⇒ ENV 1250-2:1994 - Wood preservatives - Methods for measuring losses of active ingredients and other

preservative ingredients *iron* treated timber - Part 2: Laboratory method for obtaining samples for analysis to

measure losses by leaching into water or synthetic sea water.

⇒ ENV 1390: 1994 - Wood preservatives - Determination of the eradicate action against *Hylotrupes bajulus*

(Linnaeus) larvae - Laboratory method.

⇒ ENV 13038 - Durability of wood and wood-based products. Wood-based panels - Method of test for

determining the resistance against wood-destroying beside omits.

**ANEXO III- ESQUEMA EVOLUTIVO DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA (CASOS REAIS)**

---





EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA

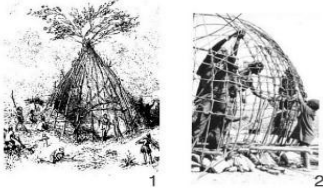
LEGENDA:

1. REPRESENTAÇÃO DO PRIMEIRO ABRIGO, VIOLLET LE-DUC
2. CONSTRUÇÃO REALIZADAS POR TRIBOS DE GABRA EM AFRICA
3. TEMPLO HORYU-JI, NARA SÉC. VII
4. SANTUÁRIO DE ISE SÉC. VII
5. PAGODE TEMPLO HORYU-JI, SÉC VII
6. DETALHE CAPITEL, ARQUITETURA JAPONESA SÉC. VII
7. ESTRUTURA DAS CAVERNAS DE SAL, POLÔNIA SÉC. XI- SÉC XV TRANSFORMAÇÃO ALTERAÇÃO DE PARADIGMA DE CONSTRUÇÃO ADUELA → CONSTRUÇÕES EM TRONÇOS ( NORTE EUROPA)
8. VILA KAILEIA, FINLÂNDIA XV
9. INVENÇÕES EM MADEIRA DE PHILIBERT DE L'ORME, SÉC. XVI
10. PALÁCIO IMPERIAL KATSURA RIKYU, SÉC. XVII
11. IGREJA TRADICIONAL DOS PAÍSES NÓRDICOS, NORUEGA
12. DETALHES CONSTRUTIVOS DO SISTEMA DE ENCAIXE DE CUNHAIS
13. CASAS SOBRE PALAFITAS NO RIO NEGRO
14. MALOGA MAKUNA, REGIÃO NOROESTE DO AMAZONAS SURGIMENTO ENXAIMEL
15. CRUZES SANTO ANDRÉ
16. CASAS EM ENXAIMEL, ALEMANHA (TECKLENBURG) (O ESQUELETO DO EDIFÍCIO É CONSTITUÍDO DE MADEIRA MACIÇA, COM SEÇÃO RETANGULAR, E PREENCHIDA COM ALVERNARIA. EM CONSTRUÇÕES MAIS ANTIGAS, COM ESSE SISTEMA O PREENCHIMENTO ERA FEITO EM TAIPA)
17. CASA POYCOCKESHOUSE, ESSEX
18. DETALHES DE CONSTRUÇÃO POR GUSTAVO AUGUSTO BREYMANN, SÉC. XIX EXISTE PELO MENOS ATÉ SÉC. XX CASA DA ÁRVORE TRIBO KOROWA, NOVA GUINÉ
19. CONSTRUÇÕES EM MADEIRA LAMINADA DE OTTO HETZER, XX
20. PAVILHÃO ATLÂNTICO/ MECARENA
21. TREEHOUSE, JULAR
22. THE GLOBE OF SCIENCE AND INNOVATION, SUÍÇA
23. METROPOL PARASOL, SEVILLA ESPANHA

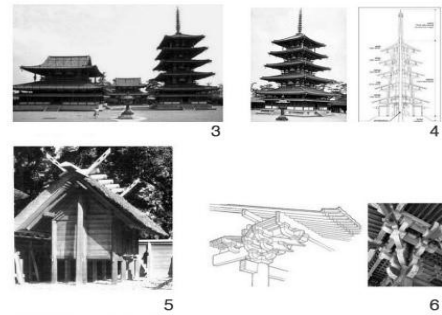
FONTE:

WIKIPEDIA- GOOGLE.COM - 15, 17, 19, 21, 22, 23, 24;  
 ESPÓSITO SERGIO, SIDNELO USO DA MADEIRA NA ARQUITETURA SÉCULOS XX E XXI, UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU-USJT, PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO STRICTO SENSU, ARQUITETURA E URBANISMO, PAG 26-46 - 1-14, 16,17, 20;

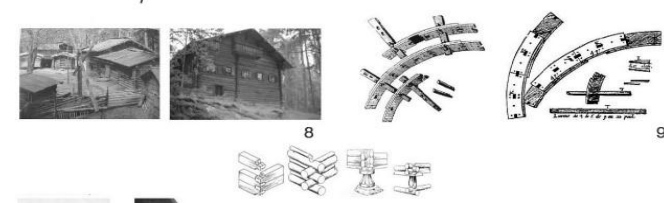
Séc. VII



Séc. XI



Séc. XV



Séc. XVII



Séc. XX



Séc. XXI



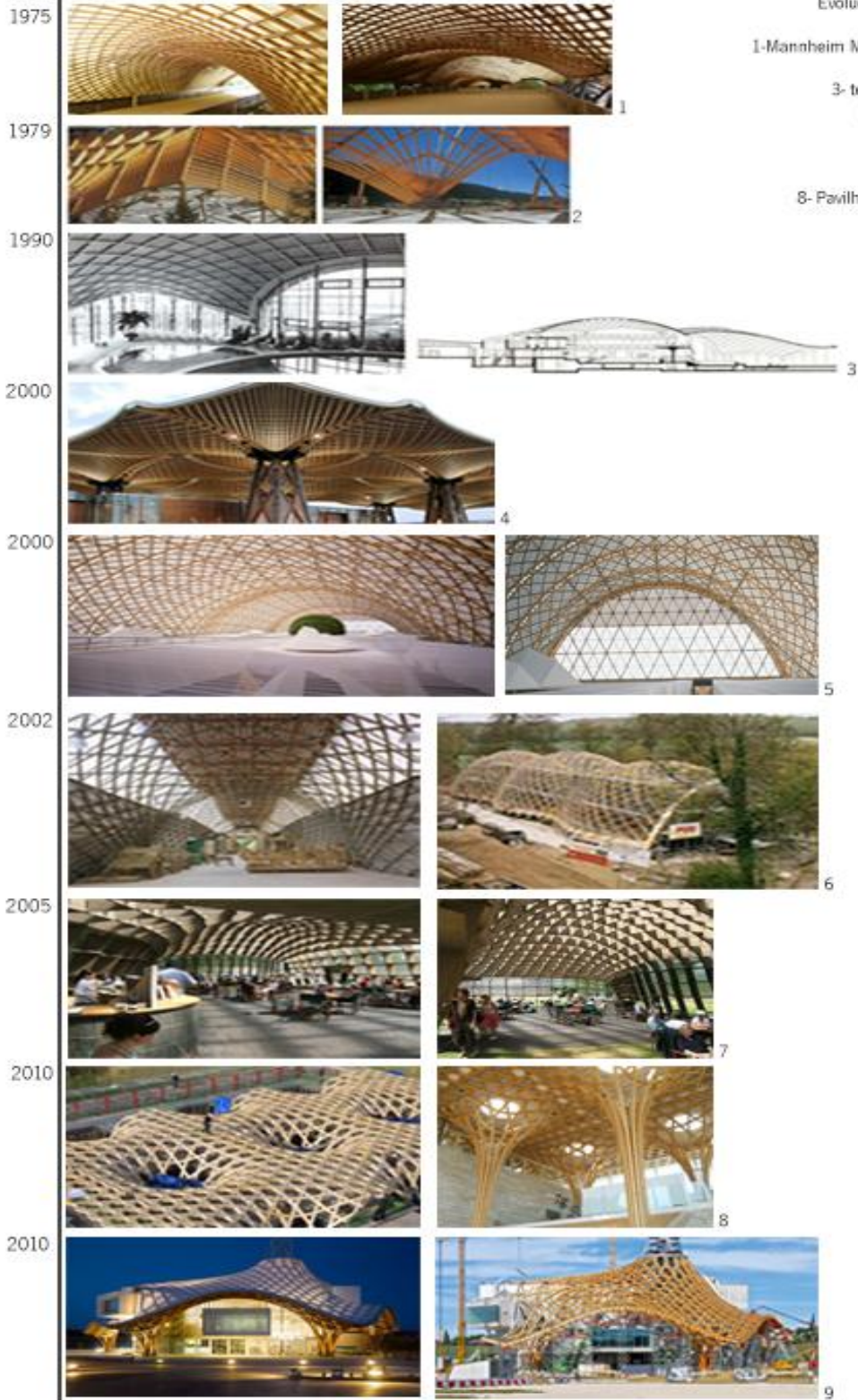


**ANEXO IV- ESQUEMA EVOLUTIVO- ESTRUTURAS MALHA DE MADEIRA  
(CASOS REAIS)**

---



Evolução das malhas estruturais de madeira:



- 1- Mannheim Multihalle, National Garden Show Alemão
- 2- Pista de gelo Davos, Suíça
- 3- termas de águas salgadas em Bad Szebad
- 4- exposição em Hannover para a Expo
- 5- Pavilhão do Japão em Alemanha
- 6- Weald e Downland Gridshell, Sussex
- 7- Serpentine Gallery Pavillion
- 8- Pavilhão do Japão, Haesley Nine Bridges Golf ClubHouse na Korea
- 9- Centre Pompidou Metz, França



**ANEXO V- POSSÍVEIS ABORDAGENS APÓS ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE  
CESTARIA**

---





## Painel- Diferentes Abordagens



Painel- Diferentes Abordagens



## **ANEXO VI- FICHA TÉCNICA OSB**

---

Alta Prestação Resistente à Humidade / *Altas Prestaciones Resistente a la Humedad* / Heavy Duty Moisture Resistant

**DEFINIÇÃO - DEFINICIÓN - DEFINITION**

Aglomerado de partículas longas e orientadas (OSB) de alta prestação para utilização estrutural em ambiente húmido.  
*Aglomerado de virutas de madeira orientadas (OSB) de altas prestaciones para utilización estructural en ambiente húmedo.*  
 High performance Oriented Strand Board (OSB) for structural applications in humid conditions.

**APLICAÇÕES - APLICACIONES - USES**

Construção, revestimento de paredes, decoração em geral, portas, mobiliário e embalagem. Pode ser usado em cru, pintado ou envernizado.  
*Construcción, recubrimiento de paredes, decoración en general, puertas, mobiliario y embalaje. Puede ser usado crudo, pintado o barnizado.*  
 Building, wall panelling, decoration in general, doors, furniture and packaging. Can be used as raw, painted or lacquered.

**DIMENSÃO STANDARD - MEDIDAS ESTÁNDAR - STANDARD SIZE:** 2440 x 1220 / 2500 x 1250 / 5000 x 2500 mm

**ESPESSURAS STANDARD - ESPESORES ESTÁNDAR - STANDARD THICKNESSES:** 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 15 / 18 / 22 mm

 Nota: Outras dimensões e espessuras sob consulta / *Otras medidas y espesores bajo consulta* / Other sizes and thicknesses upon request.

**TOLERÂNCIAS - TOLERANCIAS - TOLERANCES**

	ESPESSURA-ESPESOR-THICKNESS (mm)			
	6-8-10	10-12	18-22	REF.
Comprimento e largura/ <i>Largo y ancho</i> /Length & width (mm/m)	±2	±2	±2	EN 324-1
Espessura/ <i>Espesor</i> /Thickness (mm)	±0,8	±0,8	±0,8	EN 324-1
Esquadria/ <i>Escuadria</i> /Squareness (mm/m)	±2	±2	±2	EN 324-2

**PROPRIEDADES FISICO-MECÂNICAS - PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS - PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES**

	ESPESSURA-ESPESOR-THICKNESS (mm)			
	6-8-10	10-12	18-22	REF.
Densidade/ <i>Densidad</i> /Density (*) (Kg/m <sup>3</sup> ) – gama/ <i>rango</i> /range	720±40	700±40	700±40	EN 323
Teor de humidade/ <i>Humedad residual</i> /Moisture content (%) – gama/ <i>rango</i> /rang	9±3	9±3	9±3	EN 322
Flexão/ <i>Flexión</i> /Bending (MPa) – min.				
Módulo longitudinal/ <i>Módulo longitudinal</i> /Longitudinal modulus	5200	5200	5200	EN 310
Módulo transversal/ <i>Módulo transversal</i> /Transversal modulus	2100	2100	2100	EN 310
Resist. flexão longit./ <i>Resist. flexión longit.</i> /Longit. bending strength	38	36	34	EN 310
Resist. flexão transv./ <i>Resist. flexión transv.</i> /Transv. bending strength	17	16	15	EN 310
Resist. flexão V313/ <i>Resist. flexión V313</i> /Bending strength V313	19	18	17	EN 310
Tracção/ <i>Tracción</i> /Internal Bond (MPa) – min.				
Resist. tracção/ <i>Resist. tracción</i> /Tensile strength	0,60	0,58	0,55	EN 319
Resist. tracção V313/ <i>Resist. tracción V313</i> /Tensile strength V313	0,21	0,17	0,15	EN 319
Resist. tracção V100/ <i>Resist. tracción V100</i> /Tensile strength V100	0,17	0,15	0,13	EN 319
Inchamento/ <i>Hinchamiento</i> /Thickness swelling (24h) (%) – max.	10	9	8	EN 317
Teor de formaldeído/ <i>Contenido en formaldehído</i> /Formaldehyde potencial(mg/100g) – max.	5	5	5	EN 120
Resistência ao fogo/ <i>Restencia al fuego</i> /Fire resistance	B 2	B 2	B 2	DIN 4102 T1

 (\*) Valor de referência / *Dato orientativo* / Guiding value

 Informação sobre outras características fornecida sob consulta / *Información sobre otras características suministrada bajo consulta* / Information about other characteristics supplied upon request.  
 Este documento pode ser alterado sem prévio aviso / *Este documento puede ser alterado sin previo aviso* / This document can be changed without prior notice.

## VÃOS E CARGAS ADMISSÍVEIS - LUCES Y CARGAS ADMISIBLES - ALLOWABLE SPANS AND LOADS

Placas apoiadas no mínimo em 3 apoios, com o comprimento do painel perpendicular aos suportes. / *Tableros colocados sobre 3 apoyos como mínimo y con la parte longitudinal del tablero perpendicular a los soportes.* / Panels are continuous over three or more spans and installed with the long panel dimension perpendicular to supports.

Bordos curtos sobre apoios. Bordos longos encaixados ou sobre apoios / *Lados cortos soportados. Lados largos ensamblados o soportados.* / Short edges must be supported. Long edges must have T&G joints or must be supported.

### Pavimento - Suelo - Floor Decking

DISTÂNCIA ENTRE APOIOS (cm) - *DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)* - JOIST SPACING (cm)

USO USO USE	MEIO HÚMIDO (classe de serviço 2) <i>MEDIO HÚMEDO (clase de servicio 2)</i> HUMID CONDITIONS (service class 2)				MEIO SECO (classe de serviço 1) <i>MEDIO SECO (clase de servicio 1)</i> DRY CONDITIONS (service class 1)			
	150 Kg/m <sup>2</sup>	200 Kg/m <sup>2</sup>	250 Kg/m <sup>2</sup>	300 Kg/m <sup>2</sup>	150 Kg/m <sup>2</sup>	200 Kg/m <sup>2</sup>	250 Kg/m <sup>2</sup>	300 Kg/m <sup>2</sup>
Cargas de utilização <i>Cargas de uso</i> Allowable loads	150 Kg/m <sup>2</sup>	200 Kg/m <sup>2</sup>	250 Kg/m <sup>2</sup>	300 Kg/m <sup>2</sup>	150 Kg/m <sup>2</sup>	200 Kg/m <sup>2</sup>	250 Kg/m <sup>2</sup>	300 Kg/m <sup>2</sup>
Cargas permanentes <i>Cargas permanentes</i> Permanent loads	45 Kg/m <sup>2</sup>							
Espeçura (mm) <i>Espesor (mm)</i> Thickness (mm)	15	55	55	53	51	57	57	55
	18	73	69	65	62	75	71	68
	22	80	80	78	74	80	80	80
								77

Hipótese de cálculo: Cargas permanentes: próprio peso do painel (15 kg/m<sup>2</sup>) – Piso leve (5 kg/m<sup>2</sup>) – 20% de carga total de utilização. / *Hipótesis de cálculo: cargas permanentes: el propio peso del panel (15 kg/m<sup>2</sup>) – Piso ligero (5 kg/m<sup>2</sup>) – 20% de carga total de utilización.* / Calculus hypothesis: permanent loads: panel own weight (15 kg/m<sup>2</sup>) – Light flooring (5 kg/m<sup>2</sup>) – 20 % total working load.

### Telhado - Cubierta - Roof

DISTÂNCIA ENTRE APOIOS (cm) - *DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)* - JOIST SPACING (cm)

CARGAS VERTICAIS <i>CARGAS VERTICALES</i> VERTICAL LOADS	100 Kg/m <sup>2</sup>	150 Kg/m <sup>2</sup>	200 Kg/m <sup>2</sup>	250 Kg/m <sup>2</sup>	300 Kg/m <sup>2</sup>	350 Kg/m <sup>2</sup>	400 Kg/m <sup>2</sup>
15 mm	83,3	83,3	83,3	62,5	62,5	-	-
18 mm	125	83,3	83,3	83,3	83,3	62,5	62,5
22 mm	125	125	125	83,3	83,3	83,3	83,3

Colocação segundo parecer técnico / *Colocación según parecer técnico* / Installation according technical guides

Produto com marcação CE segundo a Norma Europeia EN 13986

*Producto con marcado CE de acuerdo con la Norma Europea EN 13986*

CE marked product according to European Standard EN13986

Fabricado numa linha de produção certificada ISO 9001  
*Fabricado en una línea de producción certificada ISO 9001*  
Produced in an ISO 9001 registered plant



**TAFIBRA**  
creamos tu entorno

**SONAE**  
INDÚSTRIA

#### PORTUGAL

Lugar do Espido - Via Norte / 4470-909 Maia  
Tel.+351 229 360 100 / Fax.+351 229 360 150  
e-mail: sonae.tafibra@sonaeindustria.com  
www.tafibra.com / www.sonaeindustria.com

#### ESPAÑA

Oficinas Centrales  
Ronda de Poniente, 6-B / Centro Empresarial Euronova  
28760 Tres Cantos (Madrid)  
Tel.+34 918 070 700 / Fax.+34 918 070 705/706  
e-mail: comercial@tafibra.es  
www.tafibra.com / www.sonaeindustria.com

#### Delegación Cataluña

Tel.+34 977 524 583 / Fax.+34 977 524 552

#### Delegación Centro

Tel.+34 918 070 707 / Fax.+34 918 070 704

#### Delegación Galicia

Tel.+34 986 758 304 / Fax.+34 986 758 308

#### Delegación Levante

Tel.+34 961 217 280 / Fax.+34 961 212 559

#### Delegación Noroeste

Tel.+34 983 420 606 / Fax.+34 983 420 623

#### Delegación Norte

Tel.+34 945 384 344 / Fax.+34 945 384 374

#### Delegación Sur

Tel.+34 953 648 020 / Fax.+34 953 648 021

#### Representación en Canarias

Tel.+34 928 264 143 / Fax.+34 928 222 003

#### Export Department

Lugar do Espido - Via Norte - Apartado 1207  
4470-909 Maia - Portugal  
Tel.+351 229 360 172 / Fax.+351 229 360 170  
e-mail: export@sonaeindustria.com






## ANEXO VII- FICHA TÉCNICA PARAFUSOS

---

Fonte:



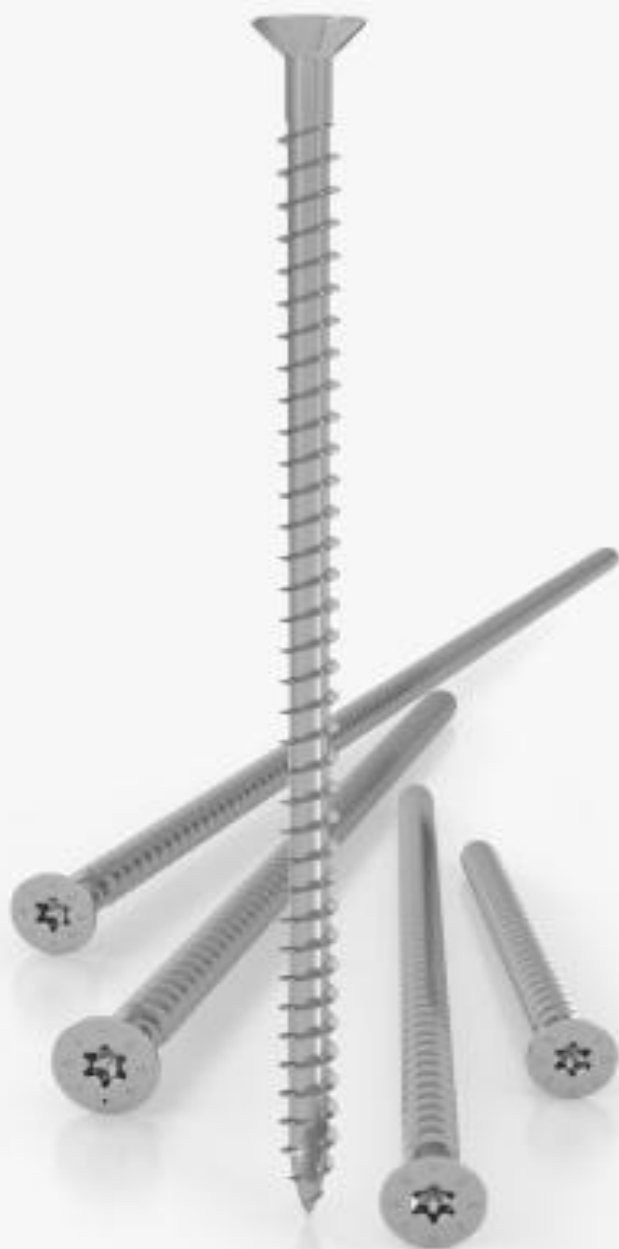
# PARAFUSOS PARA MADEIRA

 rothoblaas

# VGS

Conector totalmente roscado de cabeça escareada

Aço carbônico com zincagem galvânica branca



## EMBALAGEM

Caixa + folheto CE + BT



## AÇO ESPECIAL

Rosca profunda e aço de alta resistência ( $f_{yk} = 1000 \text{ N/mm}^2$ ) para altas prestações à tracção



## CABEÇA ESCAREADA

Cabeça escareada para emprego sobre chapas de aço



## DIÂMETROS Ø9 e Ø11

Otimizam as dimensões mínimas da viga a juntar



## CAMPOS DE EMPREGO

Ligações, reforços e acoplamentos sobre madeira maciça, madeira lamelar, X-Lam, LVL, painéis à base de madeira. Classes de serviço 1 e 2



## Aplicações



Fixação de viga de madeira apostada a uma viga de aço



Fixação de vigas de madeira LVL

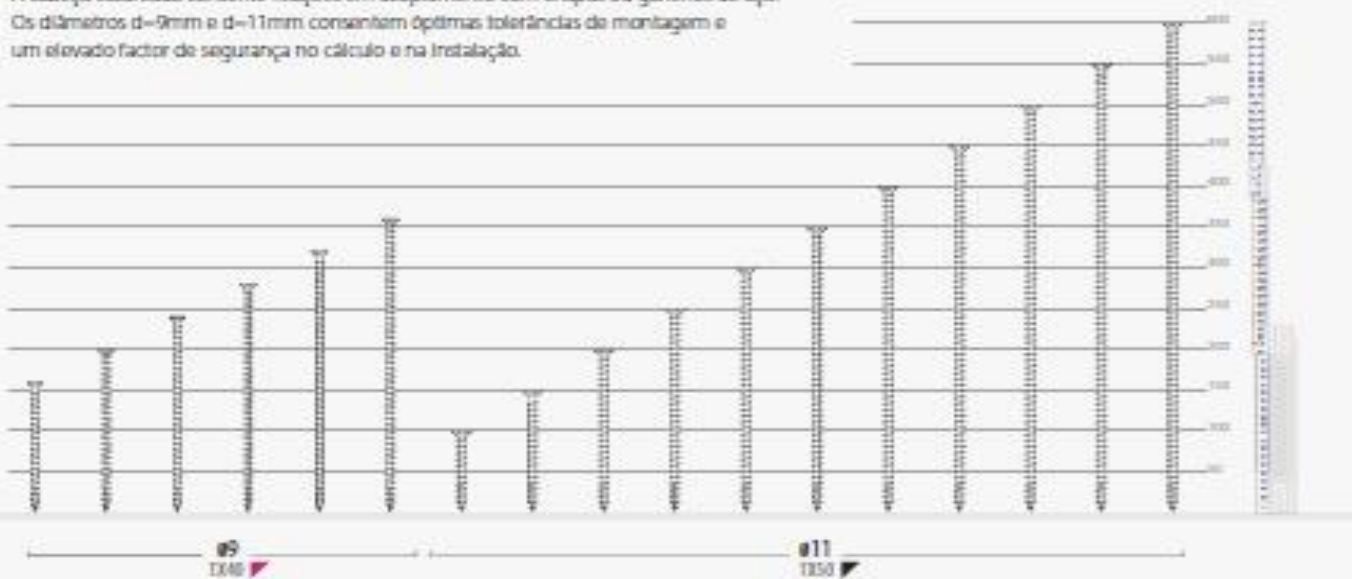


Ligação oculta de vigas de grandes dimensões, com conectores de diâmetro 11 mm



## Gama

A cabeça escarçada consente fixações em acoplamento com chapas ou ganchos de aço. Os diâmetros  $d=9\text{mm}$  e  $d=11\text{mm}$  consentem óptimas tolerâncias de montagem e um elevado factor de segurança no cálculo e na instalação.



Fonte:



# TABELA GERAL

- *Material de Fixação*
- *Material Eléctrico*
- *Ferragens para Carpintaria / Mobiliário*
- *Material de Segurança*



DIÂM. COMP. (mm)	M-6	M-8	M-10	M-12	M-14 M-16	M-18 M-20	M-22 M-24	M-27	M-30	M-33 M-36	M-39 M-42	M-45 M-48
30	6,72	16,24										
35	7,30	13,98	23,24									
40	8,16	15,46	26,32	33,54								
45	8,94	16,80	28,26	39,70								
50	9,84	18,46	30,80	39,70	81,74							
55	10,38	19,58	32,72	43,06	81,74							
60	11,18	19,58	32,20	42,82	87,56	198,50						
65	12,58	20,68	35,24	45,08	93,40	166,30						
70	13,20	22,10	36,66	47,58	93,40	151,76	251,68	587,24				
75	13,98	23,48	38,62	50,38	96,30	157,58	265,70	587,24				
80	15,92	26,06	40,58	53,46	102,14	166,30	265,70	587,24	970,32			
90	19,34	29,10	44,74	58,74	110,88	180,92	288,08	500,58	763,46			
100	21,30	34,16	49,24	64,60	119,62	198,50	313,16	559,32	822,12	1.996,58		
110	27,50	39,70	57,10	73,54	134,26	213,00	338,26	587,24	880,84	1.996,58		
120	43,06	42,50	61,78	78,40	143,02	227,64	363,54	645,96	970,32	1.996,58	3.053,58	5.696,02
130		52,58	71,10	91,18	151,76	236,34	405,52	645,96	998,30	2.114,00	3.319,22	5.961,70
140		59,58	79,16	102,92	160,50	253,90	432,42	704,70	1.057,06	2.262,22	3.582,04	6.079,14
150		67,16	87,80	114,64	169,24	274,32	455,84	735,48	1.115,78	2.320,90	3.699,50	6.607,60
160			185,10	176,22	277,20	461,06	645,96	1.174,42	1.498,84	2.379,68	3.965,14	7.664,64
170			211,40	264,28	306,40	490,24	794,22	1.350,58	1.733,68	2.525,08	4.110,54	8.310,56
180			237,98	293,62	306,40	490,24	794,22	1.350,58	1.733,68	2.642,50	4.110,54	9.250,10
200			331,98	352,34	338,52	551,52	911,60	1.557,52	1.909,90	2.849,40	4.227,98	9.896,12
220				411,06	767,44	1.164,22	1.440,10	1.996,58	2.203,52	3.170,96	4.639,08	10.569,94
240				528,52	828,72	1.348,06	1.585,48	2.379,68	2.642,50	3.495,98	5.022,12	11.364,12
260				675,32	980,42	1.502,70	1.851,16	2.525,08	2.908,14	3.640,78	5.284,98	12.155,44
280				792,76	1.102,98	1.654,46	2.114,00	2.908,14	3.319,22	3.965,14	5.961,70	12.918,82
300				939,56	1.257,62	1.809,12	2.379,68	3.170,96	3.699,50	5.022,12	6.607,60	13.858,38
320					1.380,14	1.931,60	2.642,50	3.582,04	4.110,54	5.590,64	7.253,54	14.504,28
340					1.531,86	2.083,40	2.908,14	3.965,14	4.493,62	6.079,14	7.927,44	15.181,04
360					1.654,46	2.205,90	3.170,96	4.376,18	4.904,68	6.607,60	8.573,44	15.826,94
380					1.809,12	2.360,58	3.436,62	4.756,52	5.284,98	7.136,16	9.250,10	17.146,82
400					1.931,60	2.483,06	3.699,50	5.167,50	5.696,02	7.664,64	9.896,12	18.469,36

Emissão: 1/2011      Data: Março 2011      Revisão:      Data:      Preço: €/100      **Tabela 1.9**



**PARAFUSOS DIN 931**

Aço Classe 8.8 - Preto, Zincado  
Aço Classe 8.8 - Preto, Zincado  
Latão  
Inox-A2 e A4



P O R C A S	PORCAS AUTOBLOCANTES				PORCAS C/ FLANGE		PORCAS BAIXAS		PORCAS DE SOLDAR SEXTAVADA		PORCAS DE SOLDAR QUADRADA		PORCAS DE ORELHAS			PORCAS DE GARRA
	DIN 985		DIN 980 V		DIN 923		DIN 935		DIN 939		DIN 938		MODELO AMERICANO			
	CL 8 ZINCADO	AÇO INOX A2	AÇO INOX A4	CL 8 ZINCADO	CL 8 ZINCADO	AÇO INOX A2	CL 8 ZINCADO	CL 8 PRETO	CL 8 PRETO	CL 8 PRETO	CL 8 PRETO	CL 8 PRETO	CL 8 ZINCADO C/2	AÇO INOX A2	LATÃO	ZINCADO C/2
M-3	1,50	2,56				4,94						4,94	5,28	28,09		
M-4	1,50	2,56	8,44		1,46	4,94	0,78					5,10	5,44	29,68	25,94	4,28
M-5	1,50	2,68	9,00		1,54	5,44	0,99	2,40				5,28	5,62	33,92	32,42	4,50
M-6	1,78	4,58	9,58	2,36	2,50	8,94	1,16	2,72		2,40		7,14	7,48	59,99	51,99	5,90
M-8	3,48	9,80	19,70	4,88	4,10	18,26	2,42	5,12	6,24			9,02	9,52	63,00	54,84	7,34
M-10	8,04	22,88	42,20	12,00	6,78	30,60	5,30	9,28	10,88			15,30	16,16	101,76	103,74	11,62
M-12	11,48	35,60	62,96	19,00	11,70	58,50	7,72	13,28	15,68			40,46	42,50	912,00		
M-14	20,86	60,10		27,00	19,20		12,54									
M-16	23,50	67,74	136,06	35,92	30,00		15,44					101,76	127,20	508,76		
M-18	37,40	99,48					24,16									
M-20	49,08	145,06	508,64				29,88					145,00	162,62			
M-22	60,12	192,96					48,20									
M-24	106,84	363,70					67,60									
M-27	267,10						96,58									
M-30	347,22						125,54									
M-33	1.089,38															
M-36	1.335,40															
M-39	1.622,54															
M-42	1.858,64															
M-45	2.429,84															

## **ANEXO VIII- DIFERENTES ABORDAGENS DE LIGAÇÕES**

---





Painel- Diferentes Abordagens, para os tipos de ligações



## ANEXO IX- FICHA TÉCNICA CHAPA- DEFINIÇÃO DE ESPAÇO

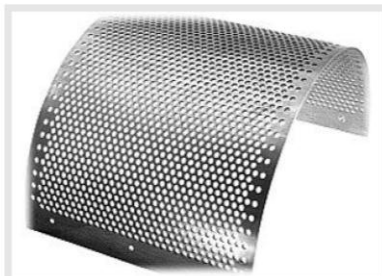
---



**Mercado em linha da rede de arame de China**  
Serviço de alta qualidade, melhor, preço razoável.

Produtos metálica perfurada Hexagona forma inox perfurado chapa de malha de peneiração de Minas

## Hexagona forma inox perfurado chapa de malha de peneiração de Minas



**Imagem Grande** : Hexagona forma inox perfurado chapa de malha de peneiração de Minas

Detalhes do produto:

Lugar de origem: **China**

Marca: **HAODI**

Certificação: **ISO9001:2008**

Número do modelo: **CNMS001**

Condições de Pagamento e Envio:

Quantidade de ordem mínima: **50 pcs**

Detalhes da embalagem: **Por palete**

Tempo de entrega: **20 dias**

Termos de pagamento: **Paypal, T/T, L/C**

Habilidade da fonte: **800 pcs por dia**

### Descrição de produto detalhada

Folha perfurada de aço inoxidável da malha do metal da forma de Hexagona para os meus que peneiram

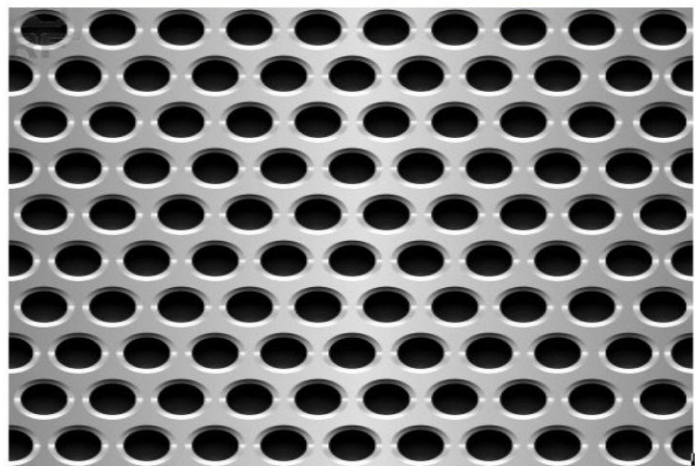
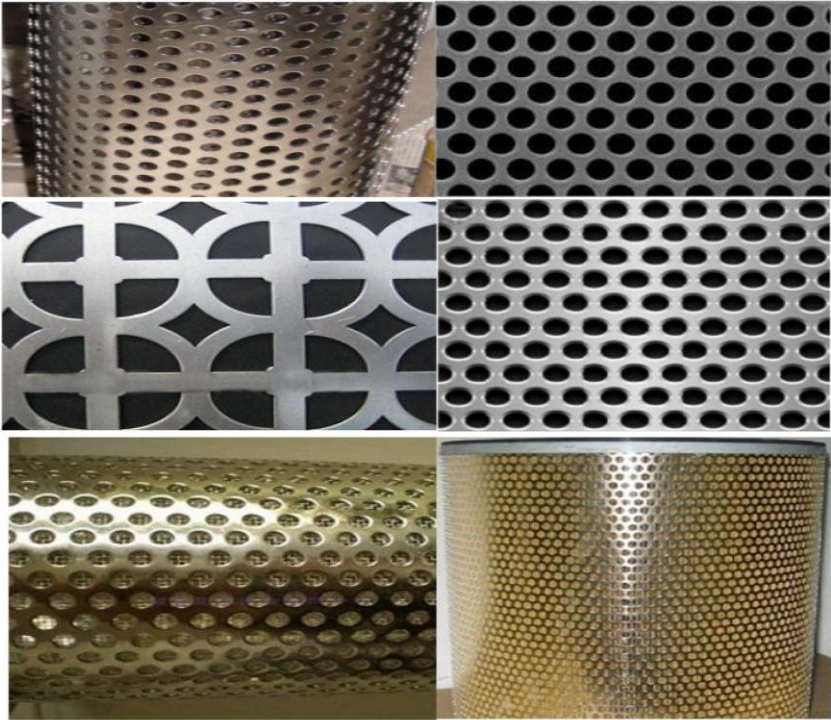
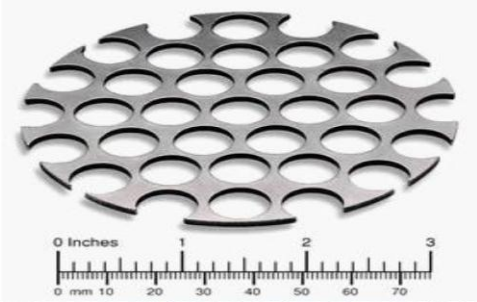
- (1) materiais: baixa placa de aço carbono. Placa de aço inoxidável
- (2) tamanho do furo: 0.08-100mm
- (3) Espessura: 0.3-25mm
- (4) Forma: redondo, retangular, triangular, sextavado, e assim por diante.

**Tecnologia e características:** É perfurada à várias formas, (círculo, quadrado, retangulares, e assim por diante) enrolamento-resistir, Envelhecimento-resistindo, corrosão que resiste, a parte superior das malhas é lisa, é forte e desgaste-resistir.

**Usos:** usado no filtro do motor de combustão interna do automóvel, peneirar dos meus, medicina, grão. A isolamento sadia da sala, ventila do depósito da grão, etc.

A fabricação da especialidade com mais dez anos da experiência, pode produzir como seu pedido, preço de lançamento da fonte, a melhor qualidade, resposta da primeira vez.

Material	espessura		afastamento do furo	largamente	comprimento	taxa de perfuração	peso
	(milímetro)	Abertura (milímetro)	(milímetro)	(m)	(m)	(%)	(kg/m2)
Folha da bobina	0.2	6	2	1	20	44	0.88
	0.35	5	4	1	20	24	2
	0.45	6	3	1	20	35	2.5
	0.8	3	3	1	20	19.6	3
Folha lisa	0.5	1	1	1	2	19.6	3.14
	0.8	1.5	1.5	1	2	19.6	5
	1.5	2	2	1	2	19.6	9.4
	3	5	16	1	2	19.6	18.8
Placa de metal inoxidável	0.5	1	1	1	2	19.6	3.14
	0.8	1.5	1.5	1	2	19.6	5
	1	2	2	1	2	19.6	6.28
	2	5	16	1	2	19.6	6.28
Placa de alumínio	0.5	1	1	1	2	19.6	1.08
	0.8	3	3	1	2	19.6	1.72
	1.5	2	2	1	2	19.6	3.24
	2	4	16	1	2	19.6	4.23





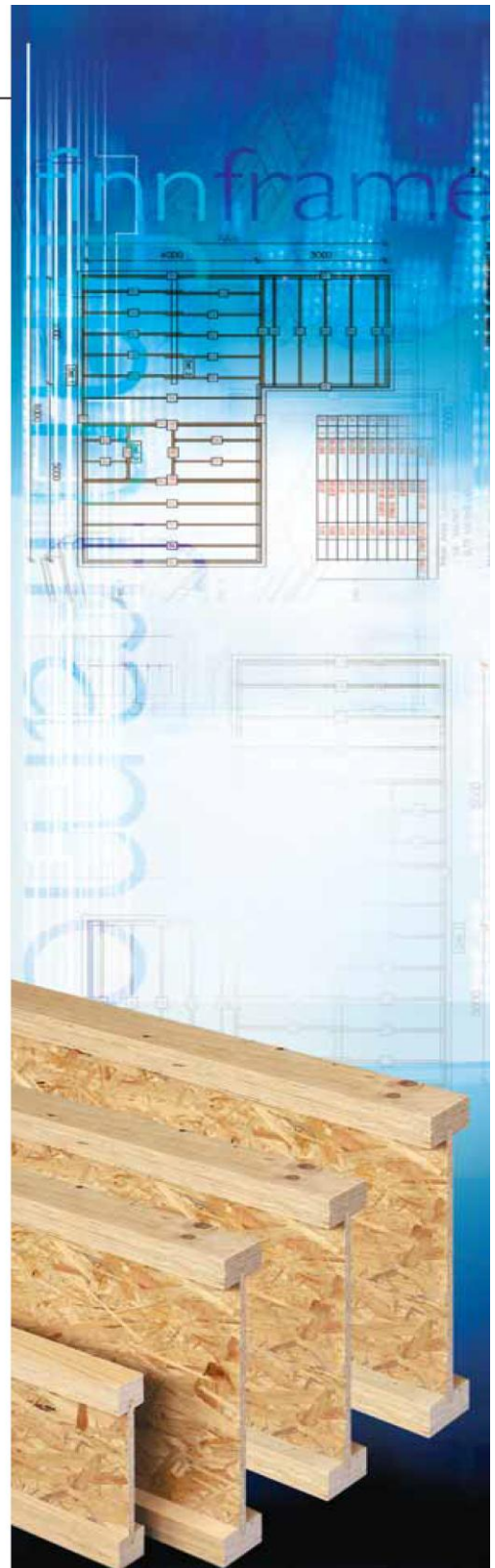
## ANEXO X- FICHA TÉCNICA VIGAS EM I MADEIRA- CONSTRUÇÃO NOVO

---

---



**FINNFRAME  
LVL I-JOIST  
na vanguarda  
da construção  
em madeira**





# Descrição do Sistema

## SISTEMA DE CONSTRUÇÃO DE LAJES

De extrema simplicidade de instalação, esta solução destina-se à construção de lajes de madeira em construção nova ou em reabilitação.

Na América do Norte, 93% da construção unifamiliar utiliza este sistema. Na Europa, o mercado tem tido uma aceitação surpreendente, e em Inglaterra, por exemplo, uma em duas construções novas adopta este sistema.

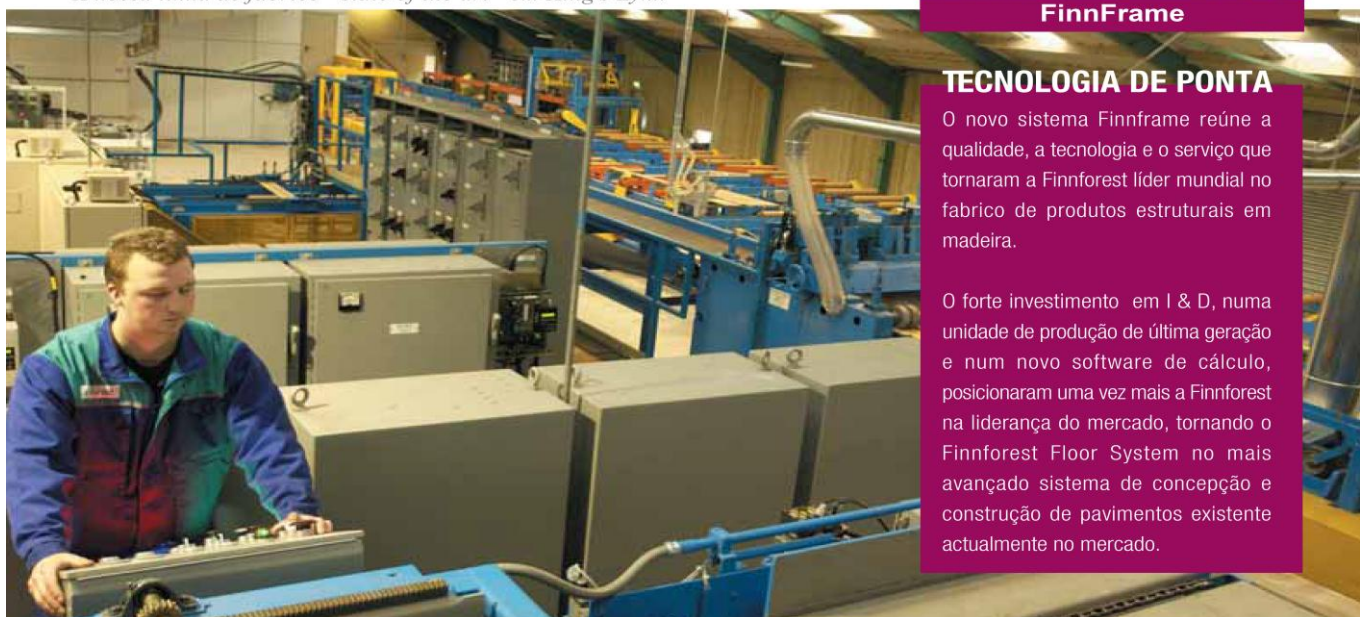
Replica o sistema tradicional que utiliza o barroto como viga de apoio e o sobrado como pavimento, substituindo-os por materiais tecnologicamente avançados com elevadas performances.

O sistema é composto basicamente por três elementos:

- Vigas I em OSB e Kerto
- Painel de pavimento em OSB
- Estribos metálicos de união



*A nossa linha de fabrico "state of the art" em King's Lynn*



**finnforest**  
FinnFrame

### TECNOLOGIA DE PONTA

O novo sistema Finnframe reúne a qualidade, a tecnologia e o serviço que tornaram a Finnforest líder mundial no fabrico de produtos estruturais em madeira.

O forte investimento em I & D, numa unidade de produção de última geração e num novo software de cálculo, posicionaram uma vez mais a Finnforest na liderança do mercado, tornando o Finnforest Floor System no mais avançado sistema de concepção e construção de pavimentos existente actualmente no mercado.

# Finnjoist

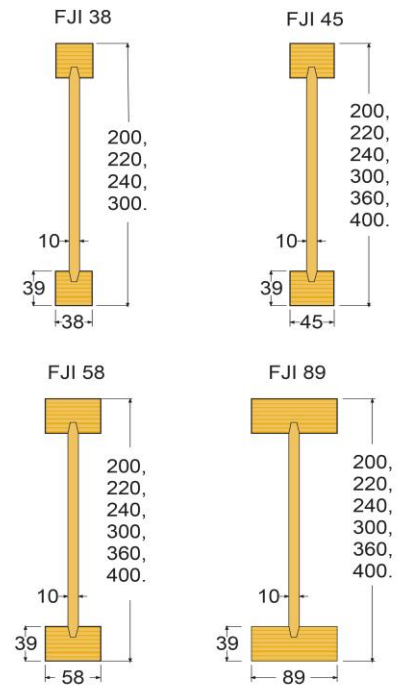
## FINNJOIST (FJI)

As vigas Finnjoist formam o coração do Sistema Finnframe Floor. Fabricadas na nova fábrica "State of the Art" em King's Lynn, podemos garantir que as nossas Finnjoist são fabricadas para preencher as especificações mais exigentes.



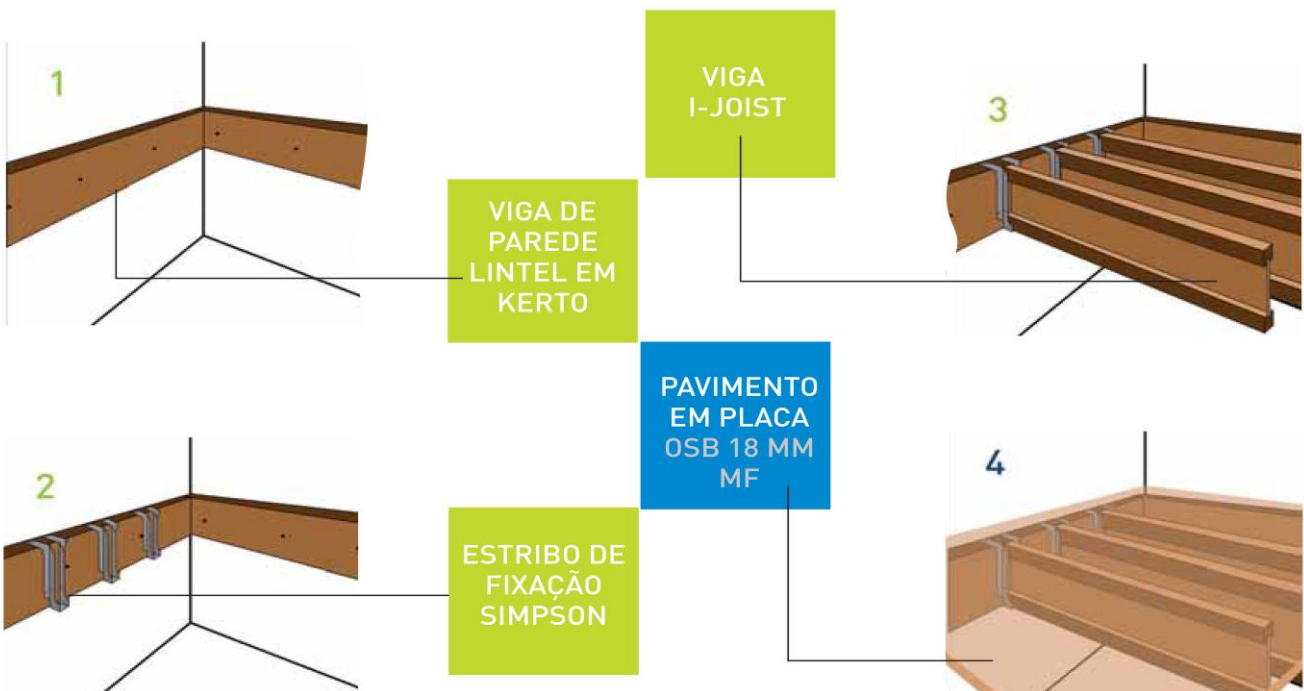
Finnjoist: o coração do sistema Finnframe Floor

As vigas Finnjoist, com banzos em Kerto-S (LVL) e alma em OSB, têm um ratio mais elevado de resistência para peso, e como consequência, permitem vencer vãos maiores e, dada a sua leveza, são de muito fácil instalação, reduzindo o tempo de construção e aumentando a eficiência.

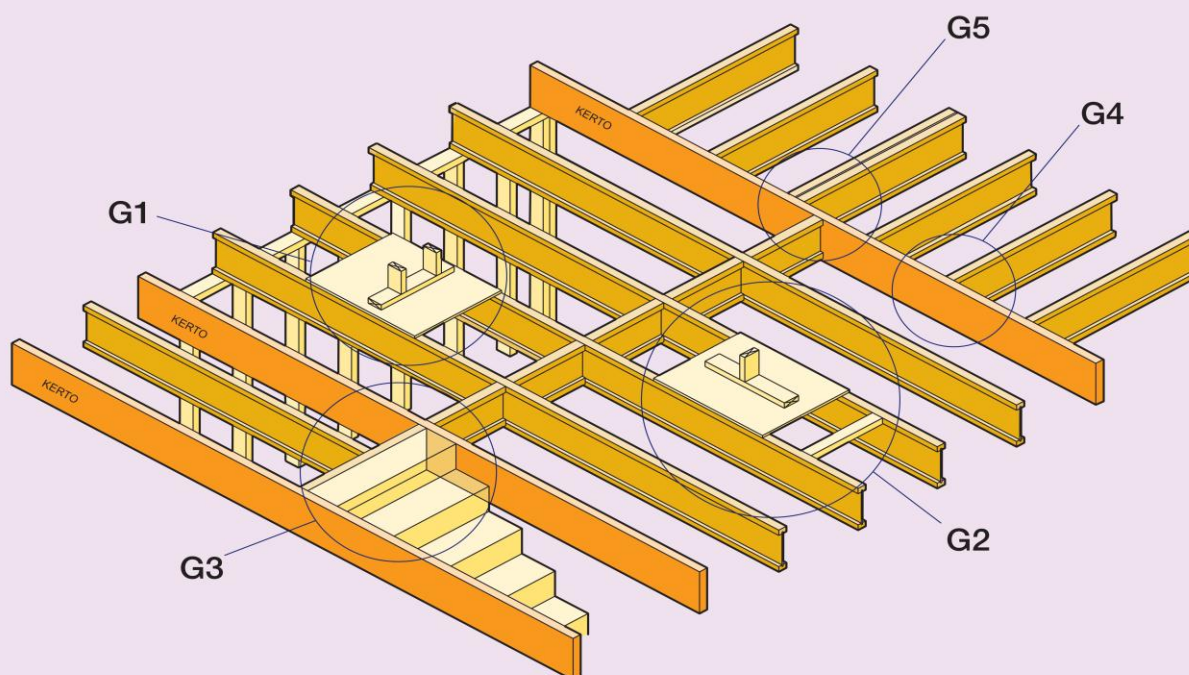


Dimensões Standard Finnjoist

## VIGAS I-JOIST A SUSTENTÁVEL LEVEZA DO OSB



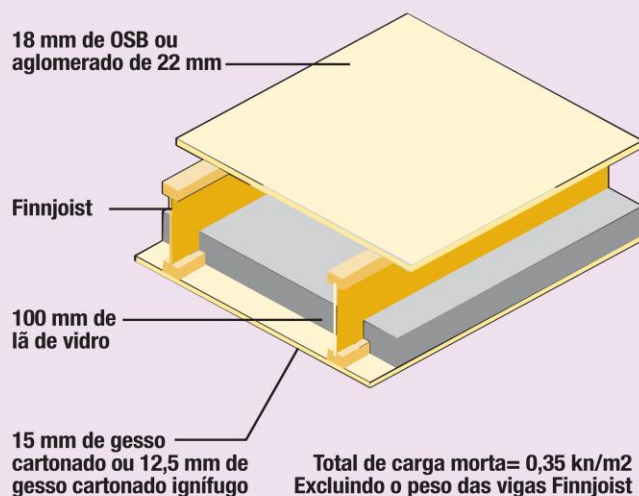
## Sistema tipo de construção de pisos



## Laje Tipo

### Detalhe de uma laje tipo

### Uso doméstico



### CÁLCULO DAS LAJES

No cálculo de qualquer laje, a carga dos materiais utilizados deve ser considerada. As cargas permanentes ou mortas são as que formam a estrutura e os acabamentos.

A sobrecarga de utilização é adicionada às cargas previstas para formar a carga total que se assume seja uniforme em toda a laje. O uso de tabelas pode ser adoptado para seleccionar a secção da viga Finnjoist apropriada que com segurança suporte a carga uniforme. Para pisos intermédios residenciais, assume-se uma Classe de Serviço 1.

As tabelas de vãos indicam as vigas cujas secções são as ideais para os vãos e cargas consideradas, bem como a resistência, flecha e limites de vibração. A Finnforest recomenda a utilização dos limites superiores para performances melhoradas e maior satisfação do utilizador.

# Vantagens...

## **Peso reduzido a um décimo**

Uma laje típica tem um peso próprio de 30 a 50 kg por m<sup>2</sup>, contra 300 a 500 kg/m<sup>2</sup> de uma construção similar em betão.

Isso significa que não são necessárias intervenções profundas em termos estruturais – como fundações e pilares – para suportar a laje.

## **Vantagem anti-sísmica**

O menor peso melhora a performance de estrutura em caso de sismo, uma vez que a massa é reduzida, e logo as cargas horizontais são menores.

## **Rapidez e simplicidade de montagem**

Sendo os elementos pré-fabricados, o tempo de obra é reduzido ao necessário para fixação e encaixe.

A maioria dos materiais é aplicada de forma quase intuitiva, o que dispensa o recurso a instaladores com formação especializada.

## **Ferramenta reduzida**

O equipamento necessário reduz-se a uma serra, martelo ou aparafusadora, e a uma régua de níveis.

## **Permite a passagem de condutas técnicas no interior da laje**

A laje é oca, podendo as vigas ser furadas até diâmetros de 175 mm nas secções maiores. Nela podem ser colocadas as instalações técnicas, como electricidade, esgotos, ar condicionado, redes de telecomunicações, etc. Por essa razão os painéis de forro do tecto – gesso cartonado ou outros – podem ser fixos directamente nos banzos inferiores da viga, diminuindo assim a espessura da laje e aumentando-se o pé direito das habitações.

## **Solução seca**

Os materiais não necessitam de tempo de cura ou secagem: após instalação, podem ser imediatamente habitados.

## **Ausência de cofragem**

O sistema funciona como uma cofragem perdida, ou melhor, cofragem aproveitada: não há necessidade de fazer um molde com a inerente agressão ao pavimento inferior.

## **Custo reduzido**

A soma de duas vigas por m<sup>2</sup> mais um m<sup>2</sup> de painel OSB de 18 mm ronda os 30 Euros/m<sup>2</sup>, com uma utilização óptima para áreas na ordem dos 25 m<sup>2</sup>.

## **Reabilitação**

Esta solução é a ideal para a reabilitação de prédios com estruturas compostas por paredes estruturais em pedra e/ou alvenaria, e lajes em madeira. Estes materiais permitem fazer intervenções não agressivas do edifício existente, como fundações ou pilares.

Limitam-se a replicar ou melhorar o projecto inicial, melhorando os níveis de resistência, rigidez, variação dimensional ao longo do tempo, maior amplitude dos vãos, uniformidade de dimensionamento, etc.



Tipicamente, uma laje destas é simplesmente ancorada na estrutura existente, utilizando um lintel de madeira, ou aplicando ferragens directamente na parede de suporte existente. A nova estrutura adiciona um novo elemento de diafragma ao edifício existente.

Uma aplicação típica é a ampliação de coberturas, com a construção de um piso nos sótãos não aproveitados.

## **Fácil manuseamento**

A leveza dos materiais (1 a 2 kg por metro linear de viga), permite que as vigas sejam manuseadas em obra por um operário isolado.

Os painéis de OSB estão também disponíveis em dimensões de 16 x 2000 x 900 mm, com um peso de 10 kg por placa.

Isto pode ser particularmente importante em sótãos ou desvãos de difícil acesso.

## **Ausência de estaleiro**

Devido às suas reduzidas dimensões e peso, o espaço necessário para estaleiro ou para acesso de carros pesados é reduzido ou inexistente. Em obras em centros históricos pode ser determinante.

## **Ausência de meios de elevação pesada**

Pelas mesmas razões, este tipo de obra dispensa a montagem de guias.

## **Desmontável**

Uma estrutura feita utilizando este sistema é facilmente desmontável e reinstalada noutra utilização.

## **Produto homologado – garantia**

Estes materiais levam o selo CE, ou seja, têm a garantia de que cumprem a mais exigente regulamentação europeia em termos de segurança e qualidade.

## **Ecologia**

A madeira é a única matéria-prima totalmente amiga do ambiente e reciclável.

Ao utilizar madeira na construção, está a valorizar a floresta e a contribuir para a fixação do carbono. Os materiais utilizados, nomeadamente as colas, cumprem as mais estritas regulamentações sobre emissões.

*KERTO-S* perfeito para vigas



*KERTO-Q* perfeito para painéis



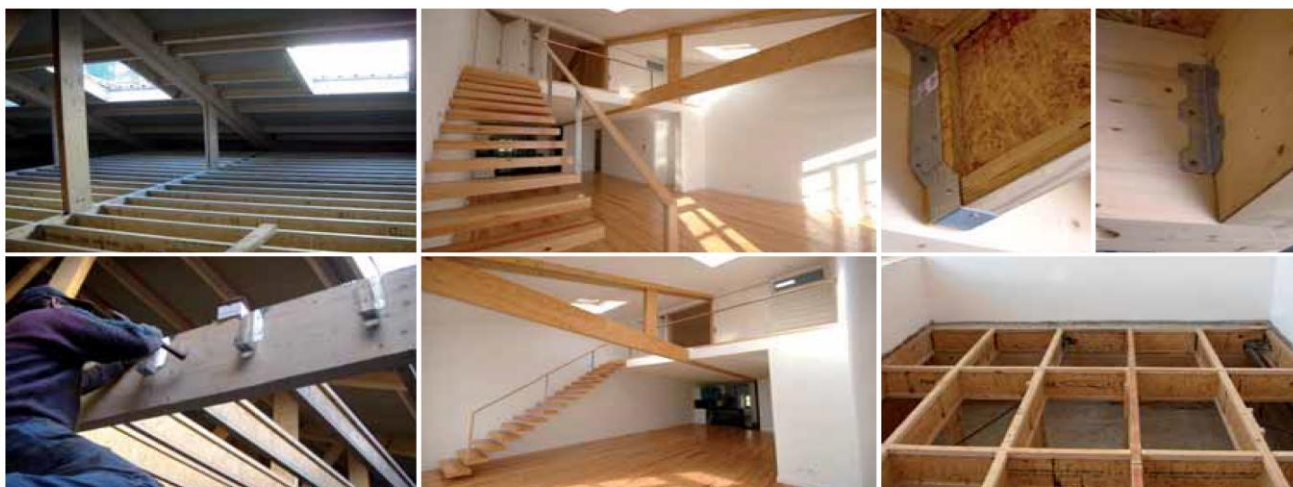
# PAVIMENTOS FINNFRAME

## Declaração de Garantia Vitalícia

Os produtos Finnframe da Finnforest são fabricados e construídos de acordo com os mais elevados padrões. Cada produto é totalmente coberto pela Garantia Finnframe, de modo a estar isento de defeitos, tanto de material como de mão-de-obra, de acordo com as especificações Finnforest.

Quando são instalados e usados correctamente, garantimos que os nossos produtos durarão toda a vida da estrutura na qual foram instalados.

Contudo, se por alguma infeliz razão o seu pavimento revelar algum problema que seja causado por defeito do material, a Finnforest resolverá prontamente possíveis problemas, com o mínimo de inconveniência para si.



Distribuidor em Portugal:



### Sede:

Quinta de Sta. Rosa.  
Apdo. 1042  
P-2681-855 Camarate (Lisboa)  
Tel.: 219 484 000  
Fax: :219 484 001  
Telm : 919 999 666  
mail@jular.pt

[www.jular.pt](http://www.jular.pt)

### Fábrica:

Estrada Nac. 3, Km 6  
P-2050-306 Azambuja  
Tel : 263 850 070  
Fax : 263 850 071  
Telm :919 999 960  
azambuja@jular.pt

### Delegação Norte:

Rua Oriental, 435  
Apartado 5069  
P-4456-901 Perafita  
Tel : 229 953 638  
Fax : 229 942 056  
porto@jular.pt

### Delegação Centro:

Estrada da Atouguia  
P-2495-302 Fatima  
Tel : 249 531 879  
Fax : 249 531 830  
fatima@jular.pt

### Delegação Sul:

Fracção H, Edifício 8  
Vale do Paraíso  
P-8200-567 Albufeira  
Tel:289 588 538  
Fax :289 588 536  
algarve@jular.pt



**ANEXO XI- SISTEMA DE FUNDAÇÕES- CONSTRUÇÃO NOVO**

-----  
-----

# Helical Foundation Systems



The leading edge  
in helical  
foundations



Building Solid Foundations



# MacLean-Dixie—The Leading Edge



## MacLean-Dixie's helical foundation systems offer the leading edge.

If you're still considering concrete or pile driven foundations as the best solution for your projects, MacLean-Dixie is about to change your mind. Our Helical Foundation Systems can help you finish jobs faster and more cost effectively. Even better—using MacLean-Dixie products is the best way to ensure solid, stable foundations that last for the life of the structure.

### Why our helical piles are the best choice.

MacLean-Dixie's proprietary helical edge sets us apart. Unlike helical piles with straight edges on their helices, ours has a specially rounded bevel edge to cut through the earth efficiently. So there's less torque required to screw it in and less strain on the helices and shaft. We offer a Round Corner Square (RCS) solid steel square shaft or pipe type for maximum stability depending on soil conditions.

MacLean-Dixie HFS™ proprietary edge



### Standard equipment and less manpower



MacLean-Dixie foundation systems install quickly and easily. They're simply screwed down into stable soil strata using hydraulic torque motor installation equipment. There's no excavating or spoils to remove. No hammering or vibration that can disturb surrounding structures.

### The hard facts: the problem with concrete alone.

Excavating for a poured foundation requires a lot of heavy equipment, a large crew—and a large budget. Not to mention getting rid of all the spoils. And what if it's contaminated? Why risk a potential EPA disposal issue?

With MacLean-Dixie's helical piles, there's no excavation required and surrounding soil is barely disturbed, so there are no spoils to remove. Better yet, there's no concrete cure time, which means no downtime for your crew. Our piles can be installed in any weather and in limited-access areas.

### A comprehensive line of products.

No matter what your foundation project, we have the right product for the job. Our complete line includes everything you need for new construction, repair and restoration, walkways, marinas and lighting foundation applications. Products include helical and resistance piles, tieback anchors and soil nails, all of which must pass rigorous quality tests before they leave our plant.

### The best products hands down.

There's a reason MacLean-Dixie products are known as the best in the business. Our quality control standards are uncompromisingly high every step of the way. We expect only the best, starting with the raw materials we purchase, through the manufacturing process, and all the way down to the certifications of the installers on the job. And because we're one of the largest manufacturing facilities in the industry, we're equipped to handle large projects more efficiently and more cost effectively.

MacLean-Dixie HFS™ manufacturing facility



**Only first-quality steel.**

Every one of our parts, from the smallest nut to the largest pile, is made from only first-quality steel with properties guaranteed to meet ASTM steel material specifications. Steel that doesn't meet these strict strength, content and quality standards is refused and never allowed into our plant. And all final products, unless otherwise specified, are hot dip galvanized in accordance with ASTM A-153 or A-123 specifications.

**Independent steel certification**



**Rigorous inspections. And high expectations.**

Random helices and extension bars are torque tested weekly to ensure that they meet compression and tension load requirements. Steel wall thicknesses, drilled holes and welds are checked throughout the fabrication process. And RCS solid steel square shaft lead sections are stamped by the welder. So you can be 100% sure that our products will meet your high expectations, too.

**Find out more at MacLeanDixie.com.**

Visit our web site for more information and technical specifications on all of our products.

**Traceable heat code quality control**



**MacLean-Dixie HFS welder's mark**



ICC-ES  
Legacy Report  
PFC-55518 & 21-47

**Consistent quality testing for every aspect of MacLean-Dixie's helical strength.**

*Hole size and location gauge for consistent extension fit*



*Upset socket depth and hole location gauge for accurate attaching*



*Wall thickness gauge for torsion strength*



*Six point helical test for weld integrity*



*Rigorous helical torsion test to meet our strict guidelines*



*Extension bar torsion testing*



**Building Solid Foundations**

# Specialty Applications



## Specialty Applications

### Walkways: Shangri-la Botanical Gardens — Orange, Texas

Over 850 helical steel piles were used as the foundation system for 2,400 feet of boardwalk through wetlands, swamps and ponds. A series of 1-1/2" RCS square shaft piles were installed 15 to 25 feet deep for a working load of 15 KIP vertically and 10 KIP laterally. Beam saddles were placed on the vertical piles to support wood beams. A threaded stud adapter was attached diagonally to the wood beam. Three classrooms, a bird blind and a nature discovery building in other remote areas were also supported by battered helical steel piles. A 6"x 6" x 1/2" thick steel plate was bolted to the top of each pile, then cast into a concrete pile cap which supported large timber columns. The new foundation is capable of resisting 5 KIP lateral load, 15 KIP vertical load and overturning moments.

Helical steel piles being installed into swampland



Battered helical steel piles for support



Concrete pile caps cast to support timber columns



Two rows of helical anchors installed



Drilling helical tiebacks



### Marine application: Inlet Watch Marina and Yacht Club—Wilmington, North Carolina

A bowing and deteriorating bulkhead was replaced with a new fiberglass wall and two rows of helical anchors. Contractors used a configuration consisting of 1-1/2" RCS solid steel square shaft 8"-10"-12" lead helices with an ultimate capacity of 3,400 pounds. The top row of anchors were installed to 17 feet with a design load of 7 KIP. The second row was installed to 14 feet with a capacity of 21 KIP. The contractor installed over 700 feet of sheeting with 208 helical tiebacks in record time, overcoming many technical issues like drilling through two sets of old planks, wet sand and changing water levels due to the tide.

A bowing and deteriorating bulkhead was replaced with a new fiberglass wall and two rows of helical anchors. Contractors used a configuration consisting of 1-1/2" RCS solid steel square shaft 8"-10"-12" lead helices with an ultimate capacity of 3,400 pounds. The top row of anchors were installed to 17 feet with a design load of 7 KIP. The second row was installed to 14 feet with a capacity of 21 KIP. The contractor installed over 700 feet of sheeting with 208 helical tiebacks in record time, overcoming many technical issues like drilling through two sets of old planks, wet sand and changing water levels due to the tide.

### Lighting application: for roadway streetlights, signage poles and commercial lampposts—Suitable for all locations and climates.

MacLean-Dixie Lighting Systems offer quick installations in any weather using minimal manpower and a hydraulic drivehead mounted to your own equipment.

Minimal manpower



Installs in five minutes



## Marinas, walkways and lighting

### The product of choice from coast to coast.

MacLean-Dixie's helical piles are environmentally friendly. Our piles are ideal substitutes for dead men anchors in bulkheads, and as sea wall tiebacks and boat moorings. They can also be used to replace deteriorated wooden dock piles. Installation is quick and simple, even in environmentally sensitive locations. All that's needed is a lightweight drive tool—there's no vibration hammer and no welding. The piles simply bolt together, allowing you to screw into stable strata, regardless of depth of water or soil.

Braced brackets and placed tension anchors for support



### No better way to install walkways.

Conventional helical piles can be used to support light bridges, golf cart paths, and walkways through swamps and marshes. A series of braced brackets with intermittently placed tension anchors consisting of helical piles are usually capped with a wood deck and railing system. The installation of a helical walkway system limits the disturbance in sensitive areas like wetlands, botanical gardens or beachfronts. No access road is required, just your own lightweight equipment outfitted with a hydraulic driver.

### Shedding light on a more economical foundation system.

MacLean-Dixie's helical piles can also be used when installing roadway area lighting and signage poles. Traditional cast-in-place or precast concrete foundations require excavation, spoils removal and backfill—and a lot of concrete and manpower, which eat up your precious time and money. Our helical piles can be screwed through the soil in a matter of minutes using a hydraulic drivehead mounted to your own construction equipment. It's that simple. Forget about excavation and concrete cure time. Once the piles are in place, you're ready to install your lighting or signage poles because the piles can be loaded immediately.

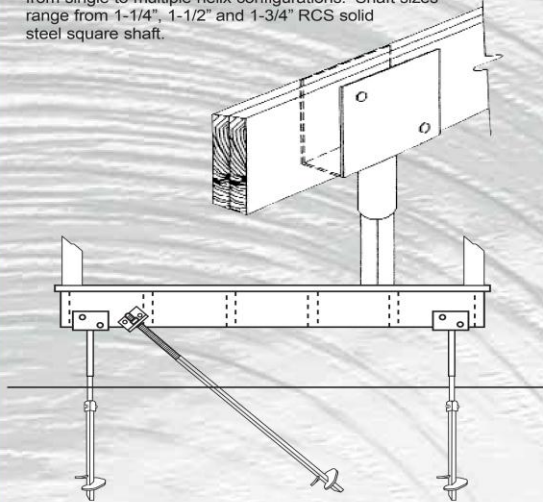
Up and running with minimal manpower and equipment



Helical piles can be installed in any weather, and even through frozen ground and asphalt. The soil around the piles remains undisturbed, with minimal disturbance to existing landscape. Because there's no vibration during installation, there's no damage to sensitive structures or instrumentation in the construction zone. And one set-up can complete the installation—there's no second visit required.

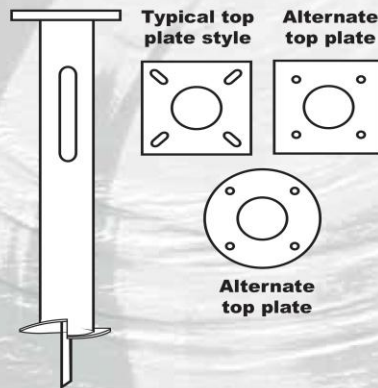
### Typical Walkway Helical Anchors

MacLean-Dixie helical piles for walkway applications are available from single to multiple helix configurations. Shaft sizes range from 1-1/4", 1-1/2" and 1-3/4" RCS solid steel square shaft.



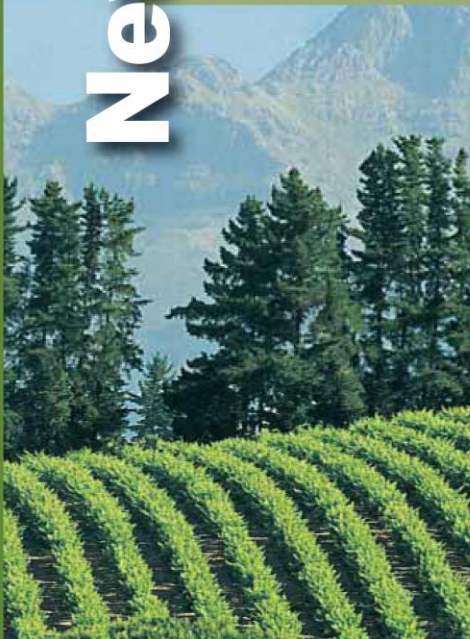
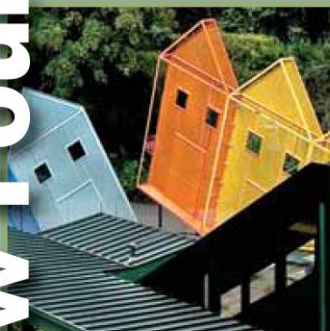
### Standard lighting foundation material specifications

- Available in 6", 8" and 10" diameter sizes
- Lengths from 5-10 feet
- Includes wiring slot opening for cables
- Top plate configurations to meet pole plate base dimensions
- Hot dip galvanized to ASTM A-153
- Typically installed for lighting poles to 50' height



Building Solid Foundations

# New Foundations



## Build on our solid foundation.

### Lot line to lot line: residential structure—Brooklyn, New York

This new six-story residential structure was planned next to buildings with foundations over 100 years old. Though initial soil borings pointed toward a spread footing, the site conditions discovered during actual excavation called for a revised foundation system based on helical piles. The use of piles kept the project on schedule, allowed contractors to access the site via the ramp being used for excavation, and the vibration-free installation did not impact the adjacent structures. A total of 54 piles were installed to an ultimate capacity of 80 KIP using MacLean-Dixie's D10 1-3/4" Round Corner Square (RCS) solid steel square shaft piles to an average depth of 30 feet.

Piles installed with no disturbance to adjacent structures



### Pure helical pile foundation system:

#### CVS Pharmacy—Dallas, Texas

Installed 1-3/4" RCS solid steel square shaft piles with steel plates



Located on highly expansive clay soils, these CVS Pharmacy stores are supported entirely on helical piles.

Contractors used a combination of 1-1/2" and 1-3/4" RCS solid steel square shaft piles with 6" x 6" x 1/2" thick steel plates bolted to the top. The steel plates were cast into the concrete floor slab, placing the building load directly on the helical piles. The first building rests on 128 helical piles

Building load directly on installed square helical piles



installed to a depth of 15 feet by one crew using one machine in just three days. The second building rests on 157 piles installed to 25 feet by one crew in four days, in the mud, allowing the concrete contractor to start work one day later. A load test verified that the helical piles outperformed what was expected, even in the poor soils at these locations.

Building load directly on installed square helical piles



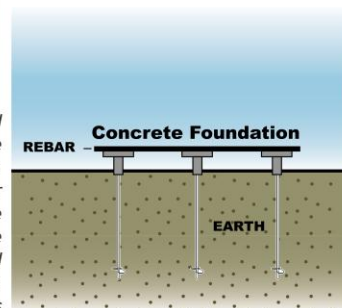
### Unique foundation structure: Metro-North's Riverdale Station Art—Riverdale, New York

When Metro-North's Riverdale railroad station in the Bronx was refurbished, the project included the installation of a large, perforated-steel sculpture on the outdoor grounds. The site chosen for the artwork posed several challenges, namely numerous underground

Landscaping and fencing remain undisturbed



utilities, limited access due to a new fence and landscaping that couldn't be disturbed, plus excessive wind loads. This project consisted of installing 22 piles, which were battered to counteract the overturning loads.



**Easy installation.  
Easy on your budget.**

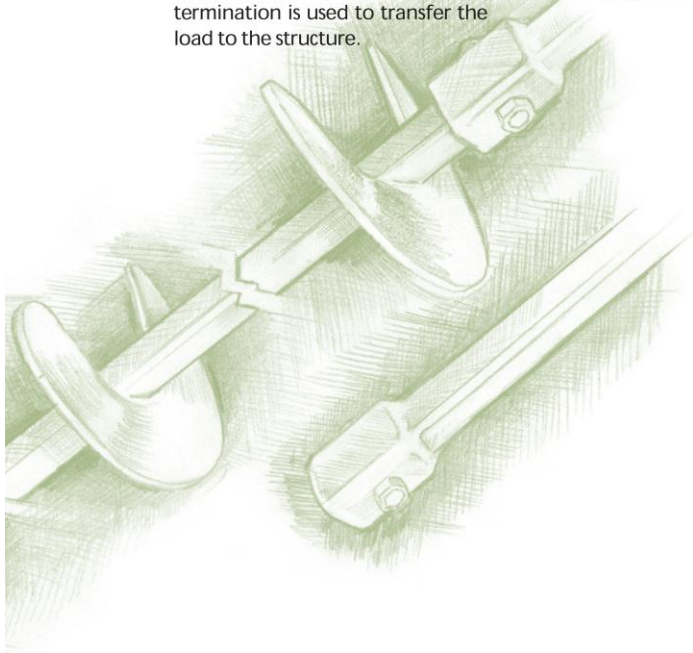
Why use MacLean-Dixie's helical piles for your new construction projects? The reason is simple—and so is the installation. There's no heavy excavating equipment needed, minimal noise compared to a pile driver and no vibration or disturbance to surrounding structures. Our helical piles install quickly—in fact, a 20-foot long pile can be installed in just minutes. Since there's no concrete required, there's no cure time. And construction of footings can begin immediately after piles are installed. So you save time, plus money and manpower.

**Stabilize structures  
on all soil types.**

A lightweight hydraulic driving tool s the piles deep down until they become anchored in load-bearing soil or bedrock below. The piles are tied into the foundation rebar grid before the footings are poured. Once the final foundations are in place, the structural load is transferred to the helical piles, creating rock solid stability. And MacLean-Dixie's piles can be used in all soil types ranging from soft sand to compressible clay to areas with high water tables.

**The basics of a helical pile.**

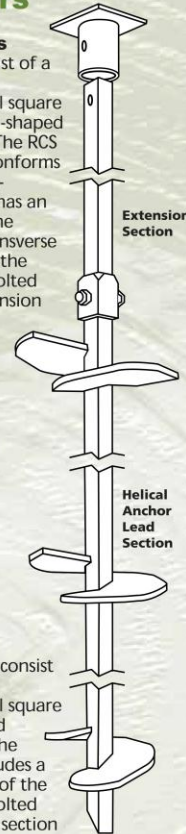
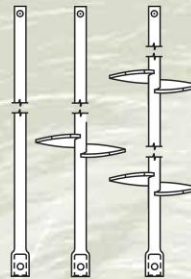
Helical piles are available in RCS solid steel square shafts or pipe, depending on your installing torque requirements and soil type. Helix diameters—from 4 to 16 inches—are based on load requirements and are designed to "track" for minimal disruption of soil during installation. In fact, the helices are manufactured with a constant pitch to ensure that the only soil displaced is the helix thickness. The lead section with helices is installed first. Extensions can be added on quickly to reach the necessary depth. The square upset socket connection provides direct transfer of installing torque through the solid shaft and not through the bolts. Once the pile is in place, the appropriate engineered termination is used to transfer the load to the structure.



**MacLean-Dixie HFS™  
1-1/4", 1-1/2" and 1-3/4"  
RCS solid steel square shaft  
Multi-Helix Anchors**

**Helical Anchor Lead Sections**

Helical Anchor Lead Sections consist of a central solid steel square shaft manufactured from RCS solid steel square shaft bar with one or more helical-shaped steel plates welded to the shaft. The RCS solid steel square shaft material conforms to ASTM A-576 special quality hot-wrought steel. Each lead section has an earth-penetrating pilot point at the bottom end of the shaft and a transverse through hole at the upper end of the square shaft to accommodate a bolted connection to a mating shaft extension section.



**Extension Sections**

Helical Anchor Extension Sections consist of a central solid square shaft manufactured from RCS solid steel square shaft bar and are offered with and without helical plates welded to the shaft. Each extension section includes a transverse hole on the upper end of the square shaft to accommodate a bolted connection to a mating extension section or adapter/bracket.

Each extension section also includes an integrally forged square socket at the lower end of the shaft. The forged square socket is designed to fit over the lead section or other extension. Installing torque is transmitted through the upset socket and not the bolt. A transverse hole permits connection to the lead or extension section with a bolt and nut.

**Corrosion Protection**

Foundation Anchor Lead Sections, Extension Sections, connection bolts and nuts are hot dip galvanized per ASTM A-153, as required.

**Installation Torque Rating**

The Ultimate Mechanical Strength Torque rating includes Lead Sections and Extensions  
 1-1/4" D3.4 RCS shaft Multi-Helix 3,400 [ft.-lb.]  
 1-1/2" D6 RCS shaft Multi-Helix 6,000 [ft.-lb.]  
 1-1/2" D7 RCS shaft Multi-Helix 7,000 [ft.-lb.]  
 1-3/4" D10 RCS shaft Multi-Helix 10,000 [ft.-lb.]



**Building Solid Foundations**

## **ANEXO XII- PLANTAS DE PROJETO 2012- REABILITAÇÃO**

---





Painel- Plantas projeto anterior/ levantamento