



**FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

# **Avaliação Técnico - Económica de Soluções de Reabilitação Baseadas em Painéis CLT - - Um Estudo de Caso**

Relatório apresentado para cumprimento dos requisitos da unidade curricular “Dissertação em Reabilitação Estrutural I” do Curso de Mestrado em Reabilitação de Edifícios

Autor

**Cristina Lopes Pessoa**

Orientadores

**Professor Doutor Alfredo Manuel Pereira Gerales Dias**

**Professor Doutor Luís Filipe de Carvalho Jorge**

Este relatório é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correcções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

**Coimbra, Julho 2016**

---

## ÍNDICE

RESUMO .....	1
1 ENQUADRAMENTO GERAL DA TEMÁTICA.....	2
2 OBJETO DE ESTUDO E OBJETIVOS DO TRABALHO A DESENVOLVER.....	4
2.1 O que são os painéis de CLT e suas vantagens .....	4
2.2 Comparação da solução de CLT com outros sistemas construtivos - Parâmetros de análise .....	15
3 METODOLOGIA DO TRABALHO A DESENVOLVER E RECURSOS NECESSÁRIOS	18
4 PLANO DE TRABALHOS .....	21
5 PRINCIPAIS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22
BIBLIOGRAFIA: .....	24

---

## RESUMO

A construção em madeira em geral, seja através de madeira maciça, lamelada colada ou outros produtos derivados de madeira é reconhecidamente adequada a operações de reabilitação e reforço de edifícios, face ao carácter pouco intrusivo das intervenções, à sua reversibilidade, ao baixo peso próprio das estruturas e ao facto de se traduzir numa obra seca. Os painéis de madeira lamelada colada cruzada, vulgo CLT, são placas de grande dimensão com capacidade estrutural para utilização em paredes, pisos e coberturas, acumulando funções estruturais, de compartimentação e de revestimento. Do ponto de vista estrutural, ao contrário dos sistemas porticados baseados na capacidade de transferência de cargas até à fundação por elementos lineares (vigas e pilares), o sistema construtivo com painéis CLT estabelece essa capacidade através de elementos contínuos planos (paredes) garantindo assim uma grande rigidez e robustez. Através de ferramentas de corte de alta precisão, do tipo CNC, os painéis são normalmente fornecidos em obra nas suas dimensões finais, incluindo todas as aberturas para portas e janelas. As suas dimensões máximas variam consoante o fabricante, contudo, tipicamente, encontram-se limitadas por questões de transporte e fabrico (aplicação de pressão na colagem) a 16,5m de comprimento por 2,95m de largura. As espessuras variam dos 60 aos 500mm sendo constituídas por entre 3 a 8 estratos.

A presente Dissertação pretende analisar do ponto de vista técnico e económico a utilização de soluções de reabilitação baseadas em painéis CLT, através da análise comparativa com sistema de construção em betão estrutural e madeira. Para tal, recorrer-se-á a um edifício tipo com estrutura existente em alvenaria de pedra. Previamente ao desenvolvimento do projecto definir-se-ão os parâmetros de controlo a considerar na análise técnica e económica, antevendo-se desde logo entre eles, além do custo, a integração arquitectónica, intrusão no edifício existente, produção de resíduos, rapidez e logística de execução.

## 1 ENQUADRAMENTO GERAL DA TEMÁTICA

Desde os primórdios da construção que madeira teve um papel fundamental, tanto a madeira como a pedra foram materiais fundamentais na construção durante vários séculos, sendo somente sendo ultrapassados pelo betão.

Durante várias décadas o betão foi dominante na construção, a madeira foi perdendo a sua posição no mercado. Nas últimas décadas tanto a população como as entidades governamentais começaram a ter mais consciência sobre questões ambientais e o impacto que o comércio da madeira poderia ter na economia, isto associado ao aparecimento de avanços tecnológicos que permitiram conhecer melhor as suas características intrínsecas, enaltecendo assim as suas qualidades enquanto material de construção. Ao longo dos anos a madeira soube se adaptar e transformar, seja sob a forma de madeira maciça, de lamelada colada, de painéis de madeira lamelada cruzada entre outros produtos derivados da madeira, sendo nos dias de hoje um material que voltou a tomar uma posição de destaque na construção.

No sector da reabilitação, o estudo de edifícios antigos tem ganho cada vez mais importância. O que se via como património antes, ou seja, monumentos, edifícios públicos de grande importância entre outros de grande relevância, hoje é mais claro que o edificado a conservar e a restaurar poderá englobar muitos mais tipos de edificado, como por exemplo habitacionais, industriais etc.

A madeira, os seus produtos ou derivados adequam-se perfeitamente as operações de reabilitação e reforço de edifícios, face ao carácter pouco intrusivo das intervenções, à sua reversibilidade, ao baixo peso próprio das estruturas e ao facto de se traduzir numa obra seca. Os painéis de madeira lamelada colada cruzada, CLT, são placas de grande dimensão com capacidade estrutural para utilização em paredes, pisos e coberturas, acumulando funções estruturais, de compartimentação e de revestimento. Do ponto de vista estrutural, ao contrário dos sistemas porticados baseados na capacidade de transferência de cargas até à fundação por elementos lineares (vigas e pilares), o sistema construtivo com painéis CLT estabelece essa capacidade através de elementos contínuos planos (paredes) garantindo assim uma grande rigidez e robustez. São fornecidos em obra nas suas dimensões finais, incluindo todas as aberturas para portas e janelas. As suas dimensões máximas variam consoante o fabricante, contudo, tipicamente, encontram-se limitadas por questões de transporte e fabrico (aplicação de pressão na

colagem) a 16,5m de comprimento por 2,95m de largura. As espessuras variam dos 60 aos 500mm sendo constituídas por entre 3 a 8 estratos.

A presente Dissertação pretende analisar do ponto de vista técnico e económico a utilização de soluções de reabilitação baseadas em painéis CLT, através da análise comparativa com sistema de construção em betão estrutural e madeira. Para tal, recorrer-se-á a um edifício tipo com estrutura existente em alvenaria de pedra. Previamente ao desenvolvimento do projecto definir-se-ão os parâmetros de controlo a considerar na análise técnica e económica, antevendo-se desde logo entre eles, além do custo, a integração arquitectónica, intrusão no edifício existente, produção de resíduos, rapidez e logística de execução

## 2 OBJETO DE ESTUDO E OBJETIVOS DO TRABALHO A DESENVOLVER

### 2.1 O que são os painéis de CLT e suas vantagens

O tema desta dissertação é "Avaliação Técnico - económica de soluções de reabilitação baseadas em Painéis CLT - Um estudo de caso", esta dissertação pretende analisar do ponto de vista técnico e económico a utilização de soluções de reabilitação baseadas em painéis CLT, através da análise comparativa com sistema de construção em betão estrutural e madeira. Para tal, recorrer-se-á a um edifício tipo com estrutura existente em alvenaria de pedra.

Antes de mais cabe explicar melhor o que é o CLT (*Cross Laminated Timber*), são tábuas sucessivas de madeira colada de forma cruzada. Este produto baseia-se no mesmo conceito de colagem de madeira, utilizado na produção de madeira lamelada colada. As camadas que constituem os painéis, normalmente possuem entre três a sete camadas, sendo sempre em número ímpar, devido a criar um eixo de simetria na camada central.

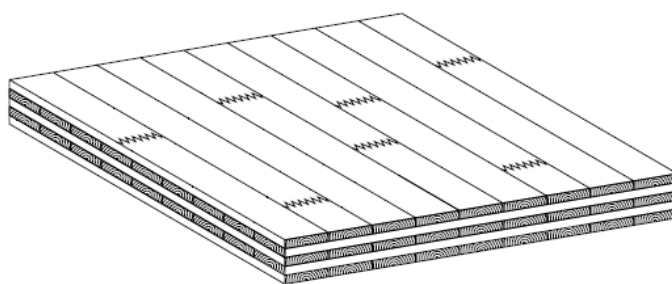


Figura 1 – Representação geral de um painel CLT com 5 estratos. (Jorge et al, 2010)

Uma das maiores vantagens deste sistema é que permite que sejam produzidos elementos em painel, permitindo que estes sejam usados como paredes ou lajes. A

configuração cruzada vem permitir que este elemento possua uma grande capacidade resistente.

Assim, este material possui uma elevada capacidade de carga, que em conjunto com o reduzido peso próprio, permite elementos de elevada esbelteza, apesar disso permite vãos de grande dimensão.

Em termos de comportamento estrutural, a transferência de carga neste sistema dá-se de forma bidireccional, pois possuindo elementos contínuos planos, desta forma garantindo maior rigidez e robustez. Ao contrário dos sistemas porticados em que as cargas são transmitidas preferencialmente em fluxo unidireccional através de elementos lineares (vigas e pilares).

As possibilidades que este material nos dá a nível estrutural são bastante vastas, estes painéis como já foi referido anteriormente podem ser usados como lajes ou paredes estruturais.

Possibilitam que as lajes funcionem como vigas contínuas apoiadas em paredes .

Este material permitem que paredes, se apoiem em apoios contínuos ou pontuais, permitindo também soluções em consola.

Em termos de pavimentos também temos diversas soluções, relativamente ao apoio estes podem ser contínuos, pontuais ou em consola, o pavimento pode conter aberturas, por exemplo para escadas ou instalações técnicas.

A nível de coberturas sejam rectas ou curvas este material também se mostra bastante versátil, pois permite a existência de aberturas para janelas, instalações técnicas ou chaminés. Em termos de apoio estas podem ser apoiadas em contínuo, apoios pontuais ou em consola. De seguida ilustra-se o descrito anteriormente:

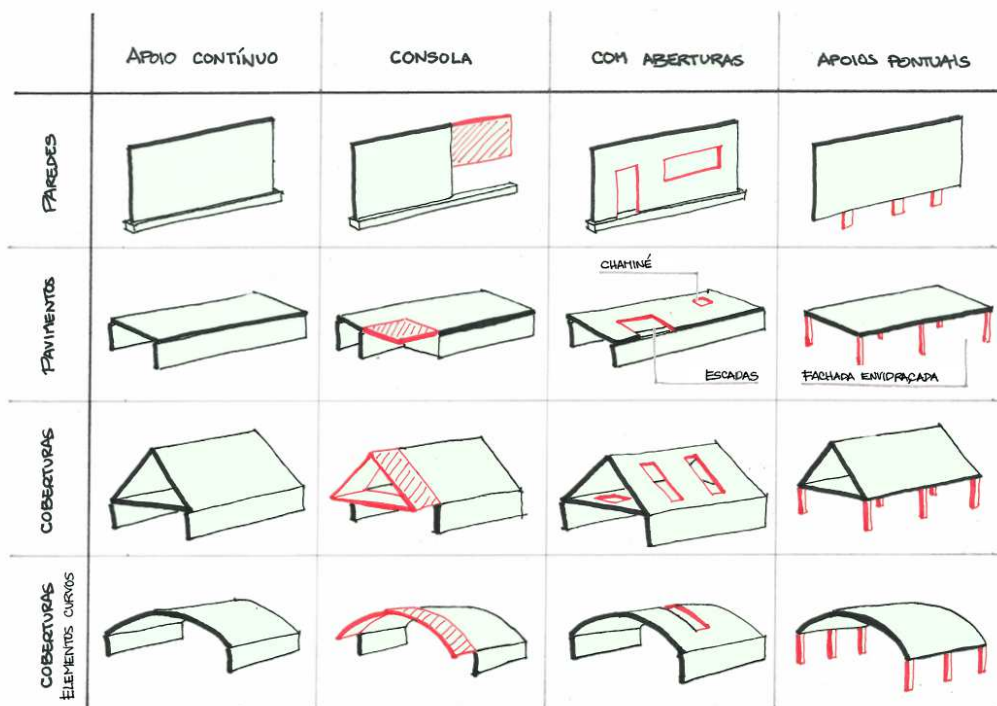


Figura 2- Tipos de uso possíveis para o CLT (Cedida pela Tisem)

Outra das vantagens do CLT, mesmo quando sujeito a variações do teor em água mantêm-se um material estável, dimensionalmente, pois o cruzamento das tábuas restringe os movimentos higroscópios da madeira.

Relativamente ao sismo este sistema também se tem mostrado com resultados muito satisfatórios a nível experimental, apesar do resultado ser bastante condicionado pelo tipo de ligações utilizadas.

A nível térmico este sistema possui também grandes vantagens, pois, além de uma condutibilidade térmica baixa, este sistema elimina ponte térmicas planas e reduz as pontes térmicas lineares, devido a homogeneidade do material, reduzindo bastante a probabilidade de aparecimento de condensações e de perdas de energia.



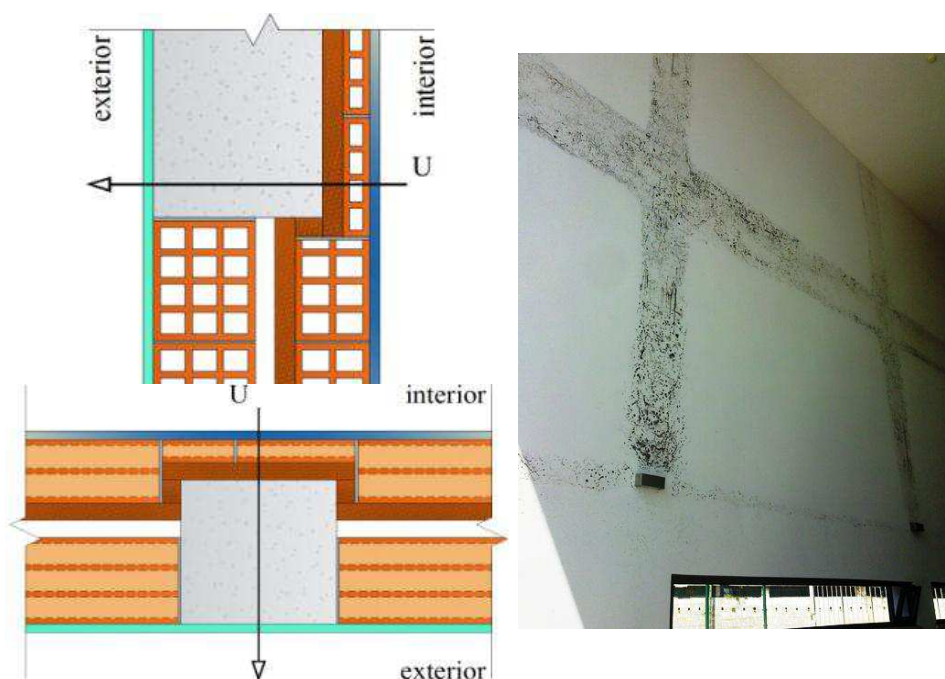


Figura 3– Eliminação das pontes térmicas plana nos sistema CLT e exemplo de condensações numa solução em estrutura de betão.

Consultando bibliografia, verificamos que existem estudos que compararam paredes com diferentes soluções construtivas.

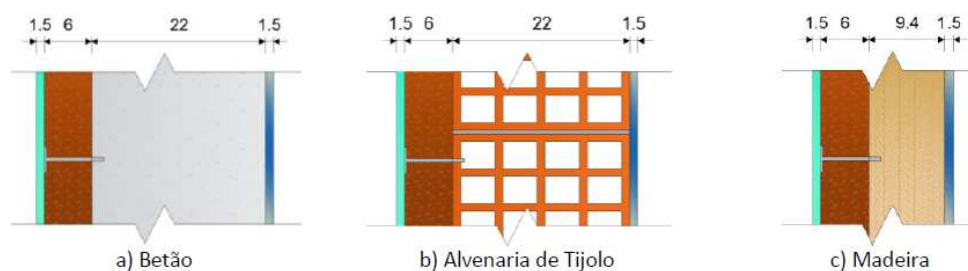


Figura 4 – Pormenores construtivos de diferentes soluções – Betão, alvenaria de tijolo e madeira (Prata e Tadeu, 2011)

Neste estudo foram analisados o coeficiente de perdas lineares  $\Psi$  (W/m.K) em ligações entre duas paredes verticais, chegando ao seguinte grafico:

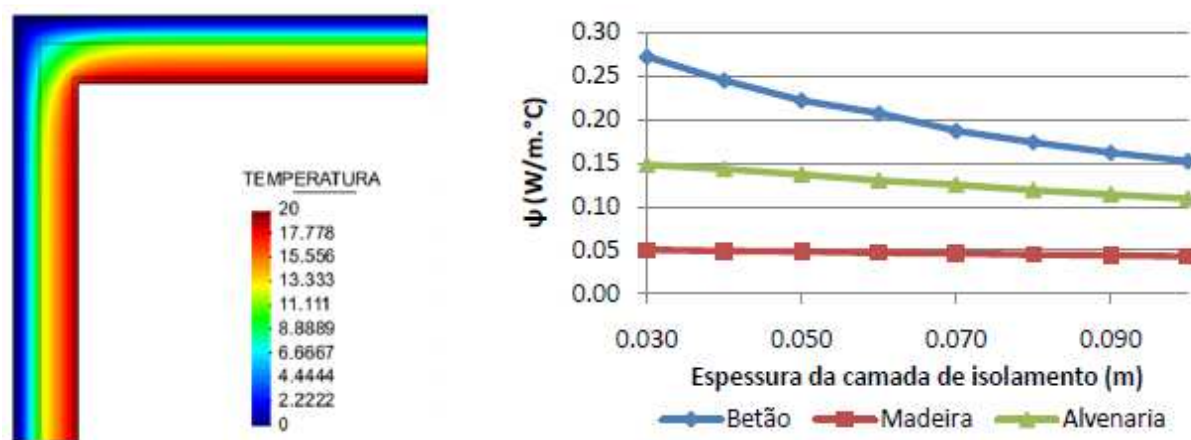


Figura 5 – Registo de temperaturas numa ligação vertical de duas paredes e calculo do coeficiente de perdas lineares  $\Psi$  (W/M.K). (Prata e Tadeu, 2011)

Verifica-se na imagem anterior que o coeficiente de perdas lineares  $\Psi$  (W/M.K) em ligações entre duas paredes verticais na solução em madeira tem perdas bastante inferiores relativamente às outras soluções, daí a necessidade de correcção ser bastante inferior.

Em outras soluções para a correcção das pontes termicas planas é necessário proceder-se a correcções com isolamento ou forras, como se mostra de seguida.

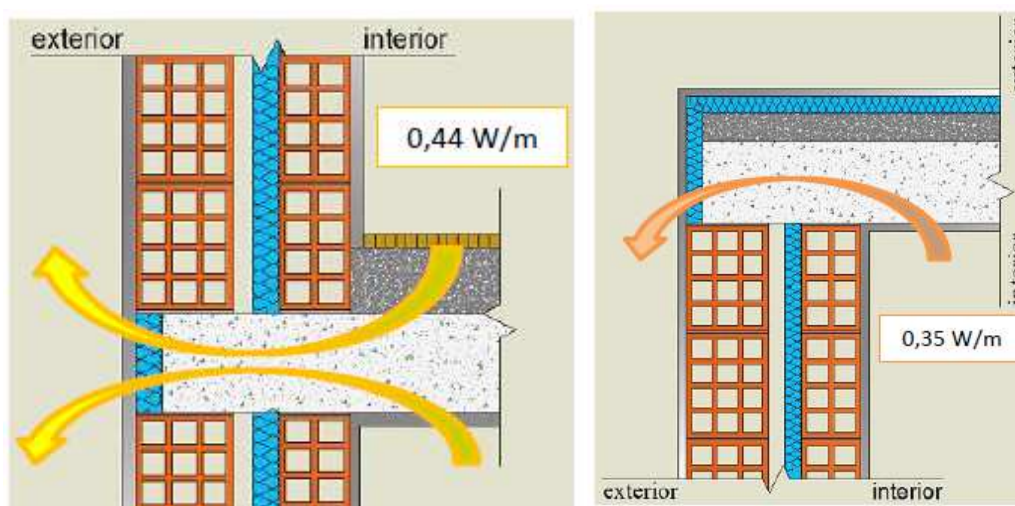


Figura 6 – Pontes térmicas lineares em outras soluções. (Itecons, 2011)

Este sistema com uma espessura bastante inferior às soluções mais correntes tem a vantagem de conseguir cumprir os requisitos térmicos com uma pequena espessura.

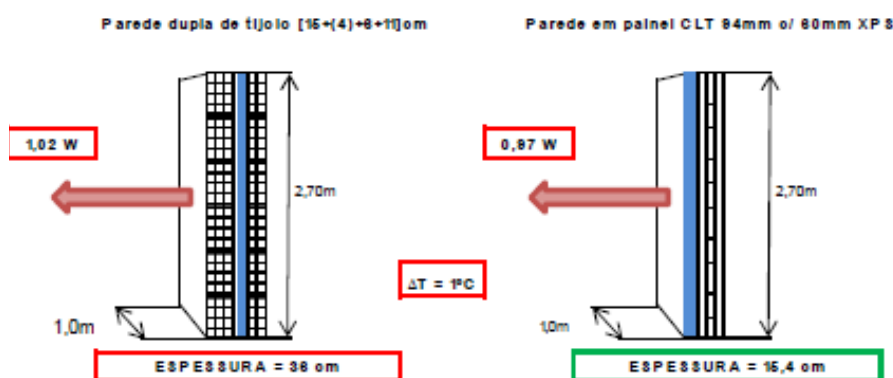


Figura 7- Espessura de parede /coeficiente de transmissão térmica (cedido pela Tisem)

Em termos acústico a vantagem dos painéis de CLT é evidenciada pela sua densidade mais elevada do que em construções de madeira comuns, podendo ainda ser melhorado introduzindo isolamento. No processo de montagem também são usadas mecanismos para precaver a condução dos sons.

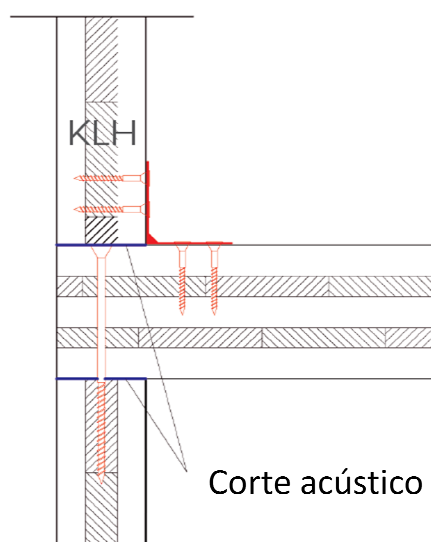


Figura 8- Pormenor construtivo de corte acústico. (KLH,2003)

A segurança contra incêndios, é um dos factores que muitas vezes afasta a escolha por soluções em madeira pelo dono de obra.

O CLT tira partido da sua constituição em estratos ortogonais, ficando as camadas interiores protegidas, contudo a resistência ao fogo também poderá ser melhorada através da fixação de revestimentos adicionais (com classe de reacção ao fogo não inferior a A2)

Na aplicação em obra os painéis de CLT são entregues nas dimensões e formato finais, ou seja, com as aberturas necessárias já executadas. O facto de os painéis serem executados em fábrica em conjunto com a sua leveza permitem diminuir bastante os custos de construção. Os painéis CLT associado a um bom plano de montagem, mão de obra especializada em carpintaria e uma grua proporcionam uma construção rápida, eficaz e competitiva em diversos parâmetros, como o custo e o tempo de execução entre outros. Sendo também uma obra seca, sem produção de grandes ruídos nem muitos resíduos. A vantagem de ser uma obra seca, permite que em simultâneo sejam executadas a instalação de outros sistemas técnicos, e a aplicação de isolamentos e de revestimentos interiores e exteriores.



Figura 9- Aplicação em obra (Cedidas pela Tisem)

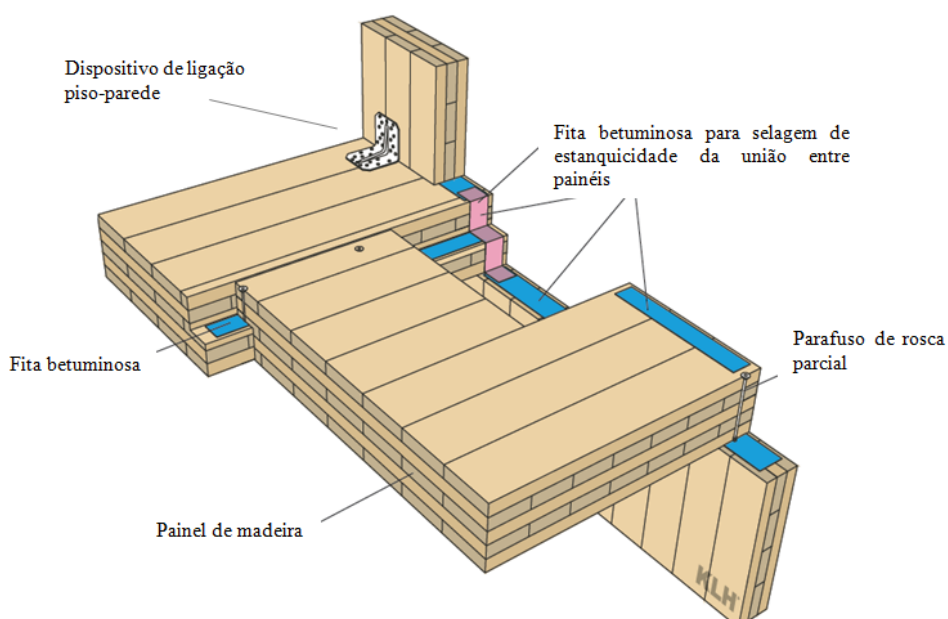


Figura 10- Exemplo de ligações executadas em CLT. (KLH, 2011)

Em reabilitação a ligação entre elementos de CLT e o existente, tem de se realizar de modo a promover o bom funcionamento do sistema, caso contrário pode trazer sérios problemas. Neste aspecto o CLT também mostra uma grande versatilidade pois possui uma grande capacidade de se adaptar aos outros materiais.

A ligação do CLT com outros sistema construtivos é completamente possível, logo que bem executada, segue de seguida alguns exemplos de ligações entre o CLT e perfis metálicos.



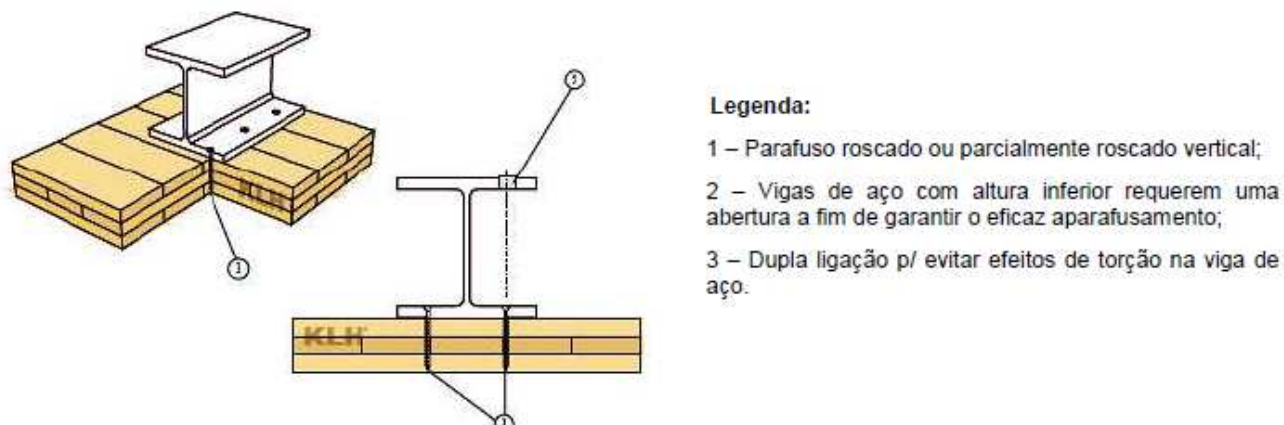


Figura 11-Ligação de viga de aço a painel suspenso na parte inferior (KLH, 2012)

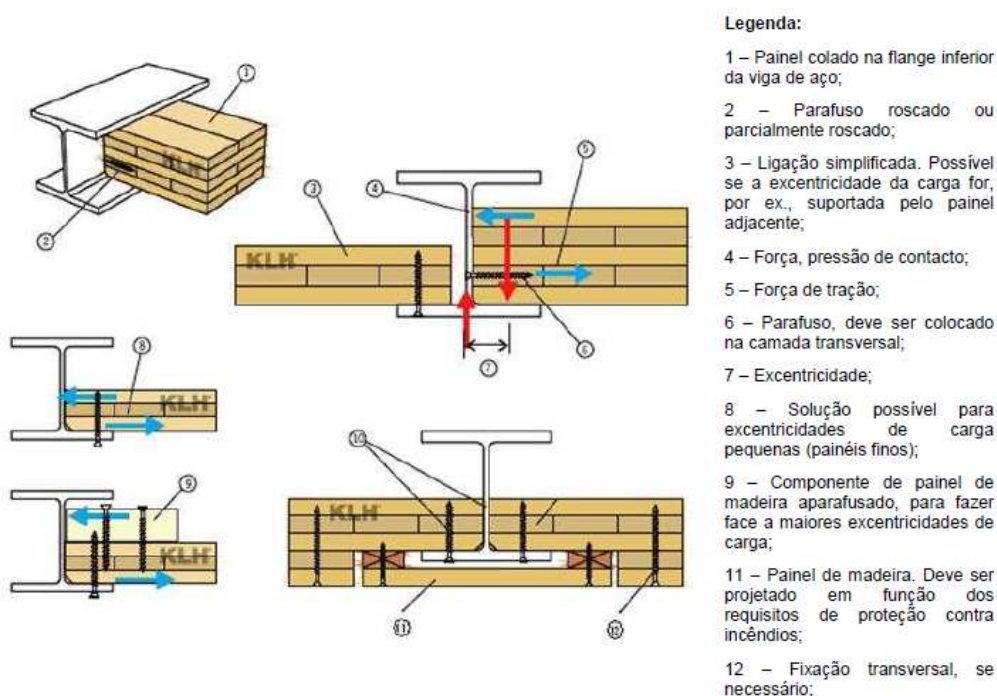


Figura 12- Ligação de painel de laje (teto) com viga de aço. ( KLH, 2012)

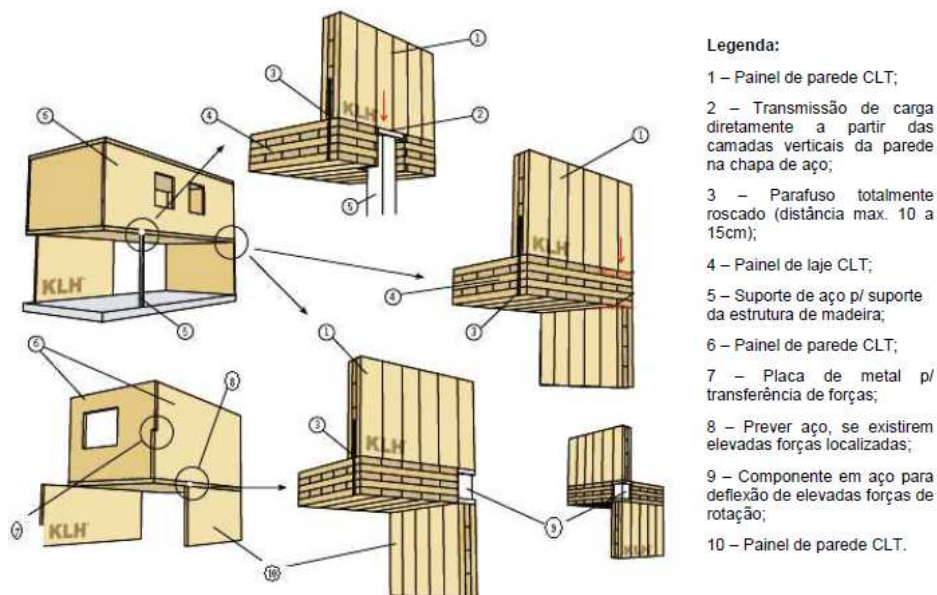


Figura 13- Suspensão de tetos c/ peças metálicas (KLH, 2012)

De seguida apresenta-se dois exemplo onde se mostra a versatilidade do CLT na reabilitação. Estes casos evidenciam bem as capacidades que o CLT tem de se adaptar a soluções de reabilitação.

Este primeiro caso, trata-se de uma casa de repouso, onde a solução escolhida para reabilitação foi o CLT.

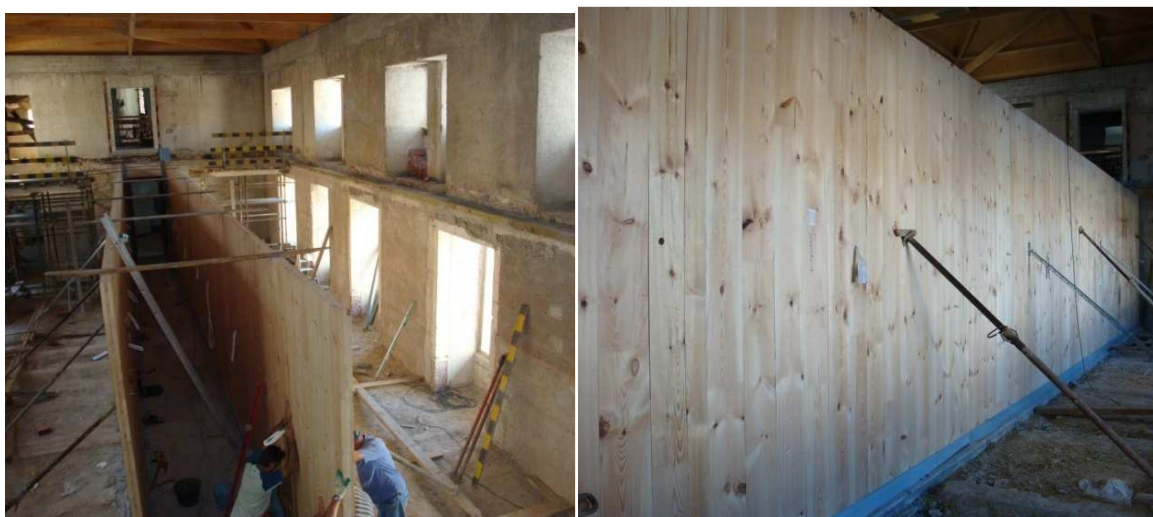


Figura 14- Intervenção numa casa de repouso com CLT. (cedidas pela Tisem)

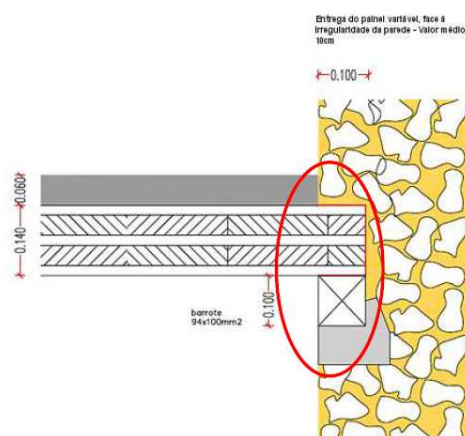


Figura 15- Pormenor construtivo de apoio de laje CLT. (cedido pela Tisem)

A ligação da estrutura de CLT com o betão deve ser especialmente cuidada, devido à sensibilidade da madeira à humidade, logo há necessidade de ter especiais cuidados nestes pormenores construtivos.

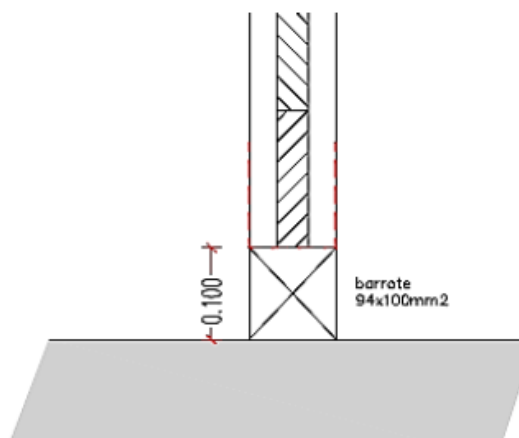


Figura 16- Pormenor construtivo ligação betão - CLT. (cedido pela Tisem)

Outro caso muito comum em reabilitação é o acréscimo de pisos num edifício existente. A interacção com o edifício existente é o aspecto mais importante, este desafio passa pela redução das cargas na estrutura e pela utilização de processos construtivos o menos



invasivos possível, produzindo o mínimo de ruído possível e permitindo a respectiva manutenção durante a intervenção.

Do ponto de vista sísmico, caso não exista um aumento significativo da massa do edifício (normalmente não ultrapassa os 10%), a intervenção oferece a oportunidade de dotar os edifícios antigos de um diafragma rígido no topo, melhorando assim o seu comportamento global. Na figura ilustra-se o modelo de intervenção num edifício antigo com 4 pisos.

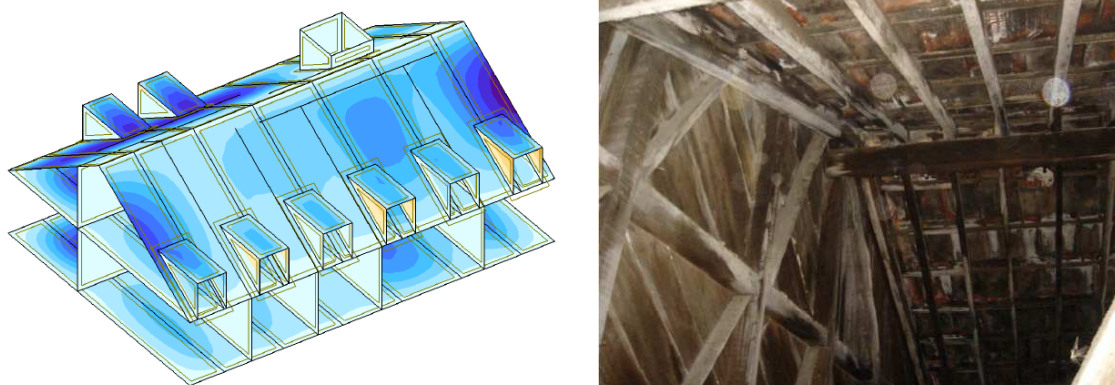


Figura 17 – Proposta de reabilitação de edifício (Jorge, 2013)

Os painéis de CLT possuem a Aprovação técnica Europeia (European Technical Approval ETA 06/0138). Através desta aprovação foi conseguido que este produto tenha selo de qualidade - Marcação CE. Esta consiste numa apreciação técnica favorável da aptidão ao uso de um produto, estabelecida com base nas exigências essenciais das obras de construção onde esse produto seja incorporado.

## **2.2 Comparação da solução de CLT com outros sistemas construtivos - Parâmetros de análise**

Após elucidar o que são painéis de CLT e as suas vantagens mais importantes, tem toda a relevância avaliar o quanto e como o CLT se enquadra na reabilitação. Para perceber

---

melhor as potencialidades do CLT na reabilitação, vamos comparar este sistema como outros usados de forma mais comum no nosso país.

Um dos sistemas construtivos será o betão estrutural, que na fase de projecto será decidido se se irá estudar uma solução de betão pré-fabricado ou betão in situ.

Muitas vezes em reabilitação outra solução muito usada é a madeira nas suas diversas formas, logo tem todo cabimento também comparar com o CLT com outras soluções em madeira. Em projecto será tomada a decisão se se irá usar uma solução porticada de madeira maciça ou uma solução porticada em madeira laminada colada.

Para se efectuar esta análise é necessários discriminar os parâmetros que se irá estudar. Estes serão divididos em dois grupos, parâmetros qualitativos e parâmetros quantitativos.

Nos parâmetros quantitativos cabe estudar os seguintes:

**Custo** - Com este indicador pretende-se determinar o custo real actual no mercado para cada tipo de intervenção, será realizado através de pedidos de orçamentos a empresas que tenham vasta experiencia em cada sistema construtivo.

**Tempo de execução** - Este indicador, grande parte das vezes é dos pontos cruciais de decisão juntamente com o custo, que leva muitas vezes a uma decisão por parte do dono de obra. Este parâmetro será efectuado por consulta a empresas que exerçam trabalhos com cada sistema escolhido.

**Área útil disponível e altura útil** - Aqui pretende verificar-se como cada uma das soluções utilizadas se integra na arquitectura e as consequências disso, ou seja, se temos acréscimos ou não área útil e de altura útil. Como é sabido estes dois parâmetros são muito importantes, pois dependendo da solução poderemos chegar a soluções que aumentem bastante a área e/ou a altura úteis, que podem traduzir-se na prática numa divisão maior ou maior numero divisões num edifício ou até a acréscimos de piso.

**Resíduos** - Em cada uma das soluções pretende-se prever a quantidade de resíduos e os espaço que ocupam em obra. Daqui consegue-se retirar algumas conclusões, saber qual a solução que produz mais quantidades de resíduos, que como consequência tem custos

---

de transporte para vazadouro e ocupam espaço em estaleiro, podendo implicar ocupações de áreas de grandeza completamente diferentes de uma solução para outras.

**Acústica** – Neste parâmetro pretende verificar que melhorias a nível acústico cada solução trás ao existente, e a possível dificuldade de cumprir os requisitos em vigor.

**Térmica** – De forma semelhante este parâmetro pretende verificar que melhorias a nível térmico que cada solução trás ao existente, e a possível dificuldade de cumprir os requisitos em vigor.

Nos parâmetros qualitativos cabe estudar os seguintes:

**Ligação ao existente** - Aqui pretende-se verificar que tipos de ligações é possível em cada soluções e avaliar a sua complexidade, a nível de execução, meios e qualificação de mão de obra necessária.

**Resistência ao fogo** – Aqui irá verificar-se se o elemento por si só cumpre a resistência ao fogo, ou se é necessário colocar isolamento, nomeadamente tipo de isolamento e espessura.

**Integração arquitectónica** – Vai-se analisar como cada solução se integra no existente.

**Intrusão no edifício** - Este parâmetro pretende avaliar a necessidade que cada sistema construtivo tem de mexer ou ajustar a estrutura existente.

**Logística de execução** - Este parâmetros é bastante importante, por aqui vai-se perceber e comparar o que cada solução necessita em termos de mão de obra, equipamentos, necessidade de espaço de estaleiro.

### 3 METODOLOGIA DO TRABALHO A DESENVOLVER E RECURSOS NECESSÁRIOS

Como metodologia de trabalho irá ser usado o caso de estudo a apresentar de seguida. Trata-se de um edifício misto, constituído por habitação e serviços, constituído por 5 pisos, a sua estrutura é constituída por paredes exteriores em alvenaria de pedra e paredes interiores em construção pombalina. A arquitectura interior existente vai ser alterada na totalidade, pois a arquitectura irá alterar toda a compartimentação, obrigando à demolição total do interior. De seguida apresenta-se algumas imagens do existente.

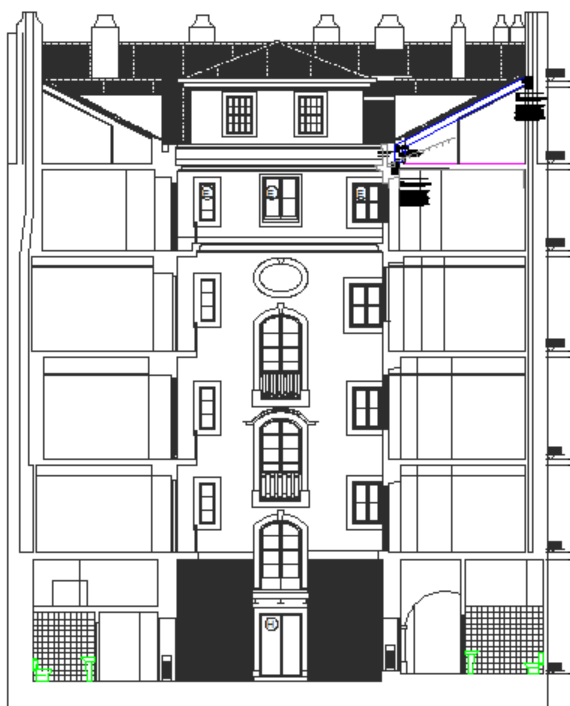


Figura 18- Alçado.



Figura 19- Fotografias do existente.

Este caso de estudo irá ser estudado através de simulação modelada no programa Robot Structural Analysis Professional.

As diferentes soluções construtivas irão ser calculadas através do programa mencionado anteriormente, tendo por base os Eurocódigos.

No caso da reabilitação com estrutural em betão o cálculo será baseado no Eurocódigo 2.

Nas soluções baseadas em madeira, seja em CLT, seja em madeira maciça ou laminada colada a base de cálculo para o estudo será o Eurocódigo 5.

Verificando a estruturas para os Estados Limites Últimos e para os Estados Limites de Serviços em cada solução construtiva.

## **4 PLANO DE TRABALHOS**

O plano de trabalho a executar durante o prazo de execução da tese será dividido em quatro tarefas principais.

A primeira tarefa realizada no primeiro mês, Setembro é a pesquisa bibliográfica e sua síntese.

A segunda tarefa será a execução dos projectos para cada tipo de solução e a sua respectiva modelação estrutural no Robot, bem como solicitar informação a algumas empresas sobre orçamentação e sobre alguns parâmetros importantes para o estudo. Esta tarefa espera-se começar ainda em Setembro e ir até Dezembro.

Na terceira tarefa pretende-se realizar o tratamento dos resultados tanto das simulações como das informações solicitadas às várias empresas. Esta tarefa espera-se começar ainda em Dezembro e irá até finais de Janeiro.

A última tarefa a ser executada em Fevereiro é a redacção da tese.

---

## 5 PRINCIPAIS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As principais referências bibliográficas que irão ser usadas para a presente tese são:

- Appleton, J. – Reabilitação de edifícios antigos. Patologias e tecnologias de intervenção. Edições Orion, 2ª Edição, Novembro de 2011
- Cóias, V. – Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos. Gecorpa, Lisboa, Maio 2007

Nestas referências procuram-se encontram bibliografia acerca de reabilitação de edifícios antigos e a caracterização das principais soluções de reabilitação.

- OIB, European Technical Approval ETA 06/0138 – KLH solid wood slabs. 2012
- Jorge, L. - Edifícios construídos com painéis de madeira lamelada - colada cruzada (X-Lam), Seminário Casas de Madeira, LNEC, 2013
- Jorge, L., Lopes, E., Martins, H. - Sistema Construtivo com Painéis maciços de madeira lamelada-colada cruzada (XLAM), Reabilitar 2010, Lisboa
- Thompson, H - A Process Revealed / Auf dem Howlweg, Fuel, 2009
- KLH - Bauteilkatalog, KLH Massivholz GmbH. Áustri- 2003
- KLH - Component Catalogue for Building your own Home, KLH Massivholz GmbH. Áustria, versão 01/2011
- KLH - Component Catalogue for Cross laminated timber Structures, KLH Massivholz GmbH. Áustria ,versão 01/2012
- KLH Massivholz GmbH - Component Catalogue for Building your own Home, versão 01/2011



- Costa, A. - Construção de edifícios com Cross Laminated Timber (CLT).  
Dissertação de Mestrado, FEUP, 2013.

Com a consulta deste conjunto de bibliografia procura-se conhecer as características e potencialidades do CLT, bem conhecer casos de construção com CLT e perceber a sua evolução no mercado, para este propósito conto também com a colaboração da empresa Tisem, em sua representação o Professor Doutor Luís Jorge, meu orientador.

---

## **BIBLIOGRAFIA:**

Costa, A. - Construção de edifícios com Cross Laminated Timber (CLT). Dissertação de Mestrado, FEUP, 2013.

ITECONS - Catálogo de pontes térmicas lineares -  
<http://www.itecons.uc.pt/catalogoptl/index.php?module=catlg>, 2011

Jorge, L. - Edifícios construídos com painéis de madeira lamelada - colada cruzada (X-Lam), Seminário Casas de Madeira, LNEC, 2013

Jorge, L., Lopes, E., Martins, H. - Sistema Construtivo com Painéis maciços de madeira lamelada-colada cruzada (XLAM), Reabilitar 2010, Lisboa

KLH - Bauteilkatalog, KLH Massivholz GmbH. Áustria- 2003

KLH - Component Catalogue for Building your own Home, KLH Massivholz GmbH. Áustria, versão 01/2011

KLH - Component Catalogue for Cross laminated timber Structures, KLH Massivholz GmbH. Áustria ,versão 01/2012

KLH Massivholz GmbH - Component Catalogue for Building your own Home, versão 01/2011

OIB, European Technical Approval ETA 06/0138 – KLH solid wood slabs. 2012

Prata, J.D., Simões, N.A., Tadeu, A.J. - Avaliação de pontes térmicas lineares de soluções em madeira: estudo comparativo. CIMAD 11