

**INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO**



# **CONSTRUÇÃO COM PAINÉIS DE MADEIRA 'CLT'**

## **UMA NOVA GERAÇÃO DE EDIFÍCIOS**

**PORTO, ABRIL 2015**

## ÁREAS DE ACTUAÇÃO:

- SOLUÇÕES DE ENGENHARIA
- CERTIFICAÇÃO **BREEAM**®

## VERTENTES PRINCIPAIS:

- INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS — PARCERIA
  - ETAR
  - RESERVATÓRIOS



- AQUACULTURA — PARCERIA



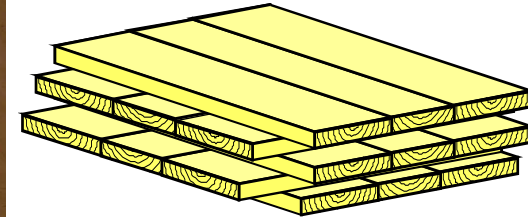
- ESTRUTURAS DE MADEIRA / CLT



- PASSIVE HOUSE DESIGN



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT - CONCEITO



### CARACTERÍSTICAS GERAIS

- ESTRATOS ORTOGONAIS
- ESPÉCIES RESINOSAS
- COLA EM POLIURETANO  
ISENTA DE FORMALDEÍDO
- LAMELAS DAS CLASSES  
DE RESISTÊNCIA C24  
(>90%) E C16 (<10%)



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT - CONCEITO



### CARACTERÍSTICAS GERAIS

- ESPESSURA 60 A 300MM
- DIMENSÕES MÁXIMAS
  - 16,5M (L)
  - 2,95M (B)
- CORTE DE PRECISÃO (CNC)
- COLOCAÇÃO EM OBRA COM FORMATOS FINAIS, INCLUINDO ABERTURAS

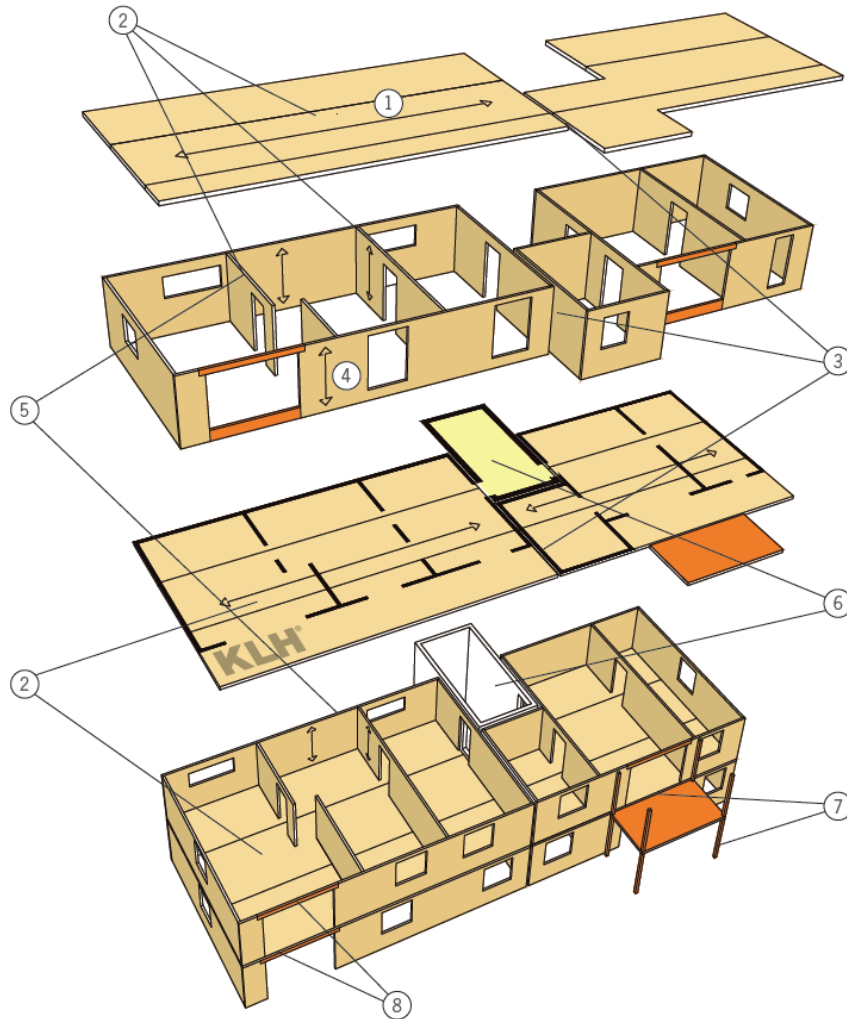
## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT - CONCEITO



### CARACTERÍSTICAS GERAIS

- PREFABRICAÇÃO
- RAPIDEZ DE EXECUÇÃO
- OBRA SECA
- ELEMENTOS ESBELTOS
- ESTRUTURA LEVE  
(450 A 570KG/M3)
- APLICAÇÕES RESTRITAS ÀS  
CLASSES DE SERVIÇO 1 E 2  
(EUROCÓDIGO 5)
- ESTABILIDADE DIMENSIONAL
- ISOLAMENTO ACÚSTICO  
PAINEL 94MM RW=33dB  
PAINEL 145MM RW=37dB

## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT - CONCEITO



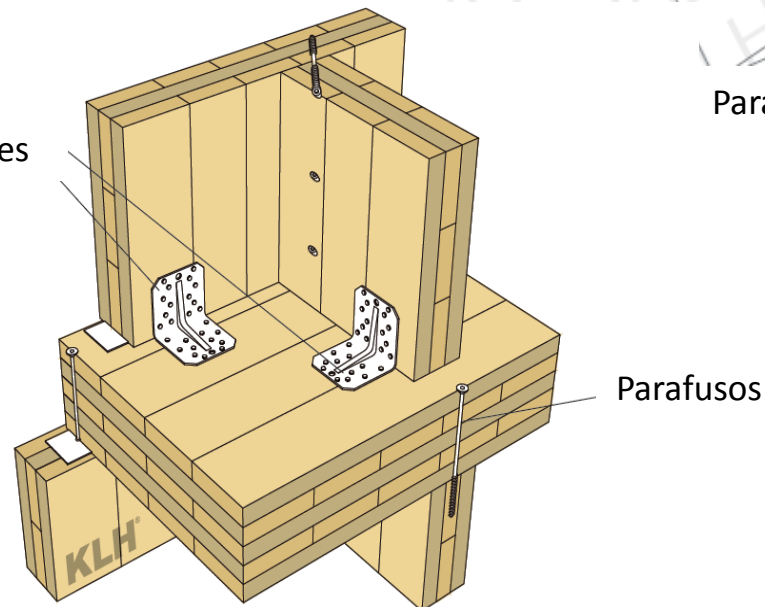
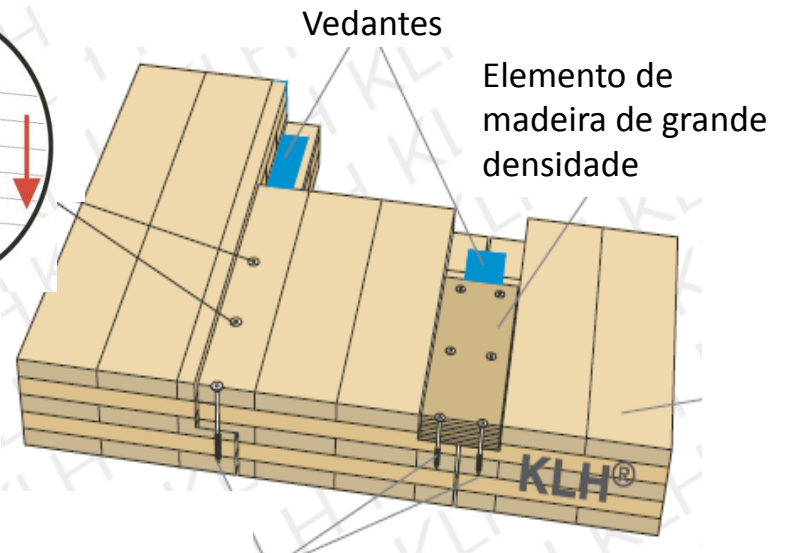
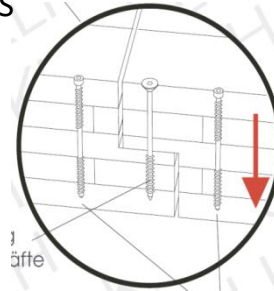
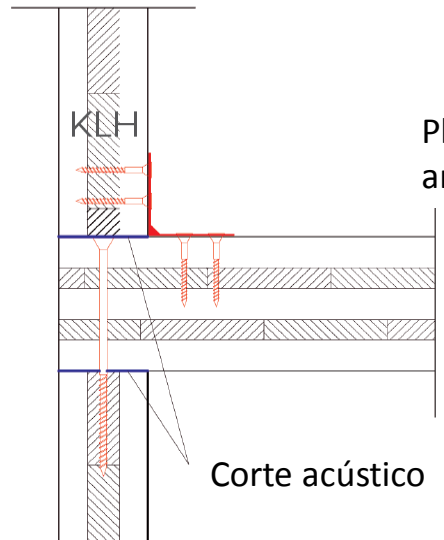
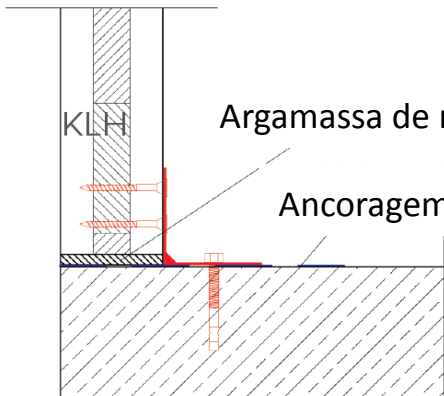
### LEGENDA:

1. PAINÉIS CLT COMO LAJE.
2. LAJES FUNCIONAM COMO VIGAS CONTÍNUAS APOIADAS NOS PAINÉIS PORTANTES TIPO PAREDE.
3. PAREDE DE SEPARAÇÃO DOS APARTAMENTOS.
4. PAINÉIS CLT COMO PAREDE PORTANTE.
5. CORTE ACÚSTICO PARA REDUÇÃO DE TRANSMISSÕES MARGINAIS.
6. CAIXA DE ESCADAS.
7. VARANDAS EM ESTRUTURAS AUTOPORTANTES (SOLUÇÃO PASSIVHAUS) OU EM CONSOLA.
8. PADIEIRAS EM VIGAS LAMELADAS COLADAS OU EM CLT.

NOTA: AS SOLUÇÕES ARQUITECTÓNICAS APRESENTADAS SÃO MERAMENTE EXEMPLIFICATIVAS DO SISTEMA CONSTRUTIVO.



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – TIPO DE LIGAÇÕES



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – INSTALAÇÕES TÉCNICAS (ZONAS HÚMIDAS)

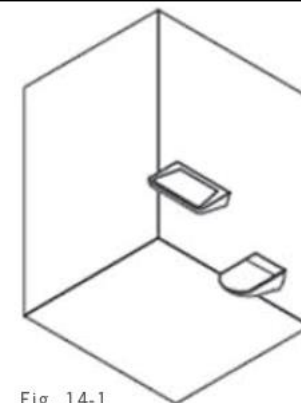
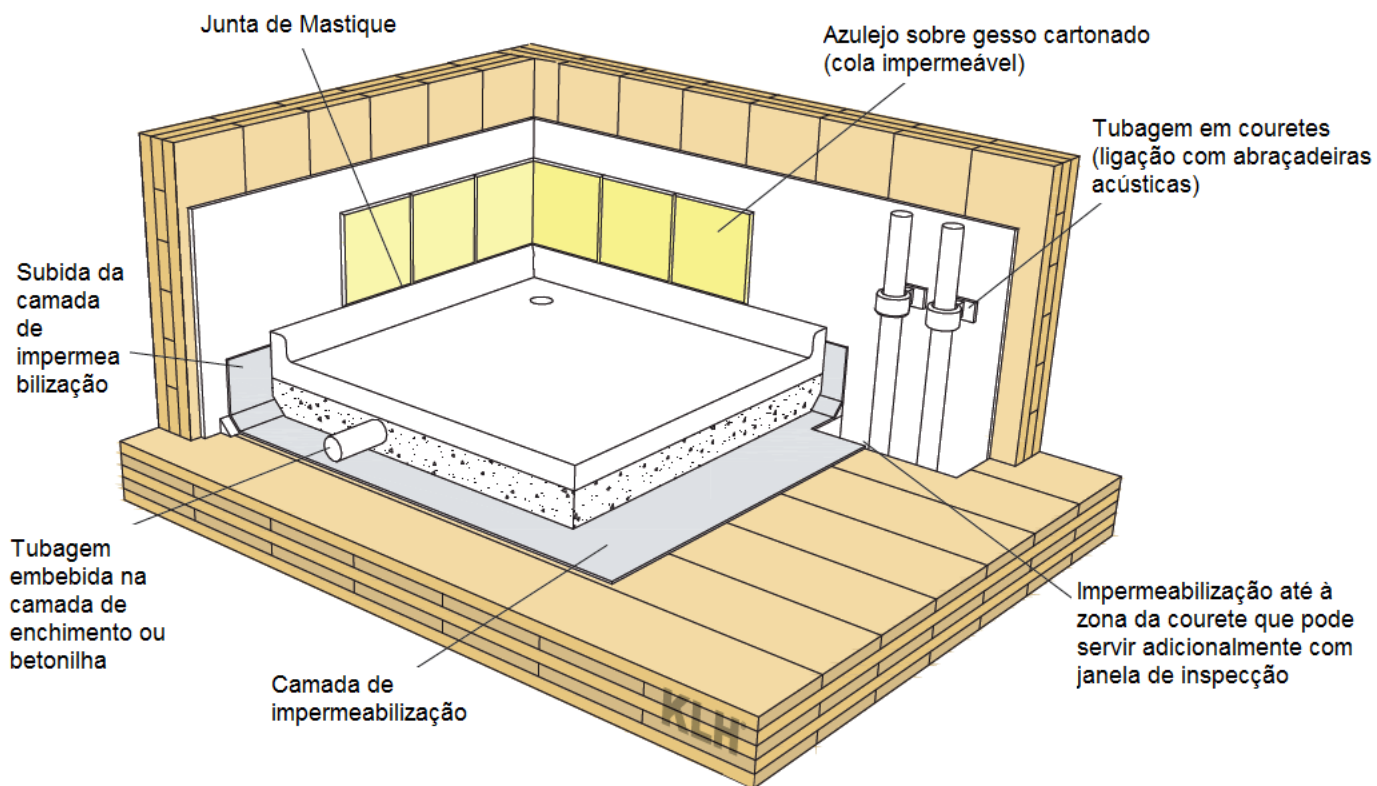


Fig. 14-1

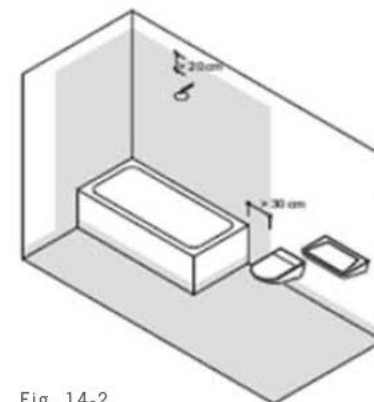


Fig. 14-2

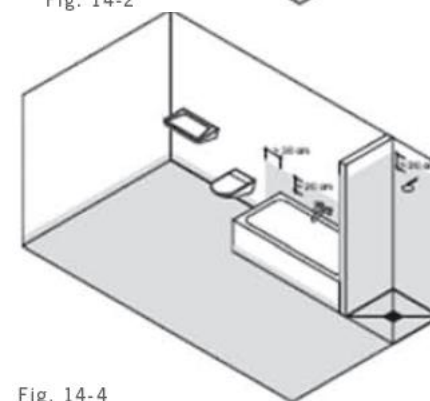
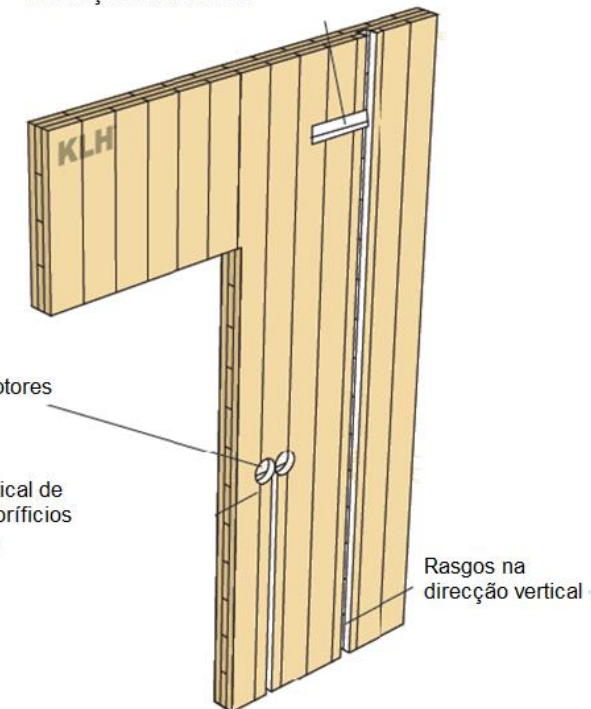
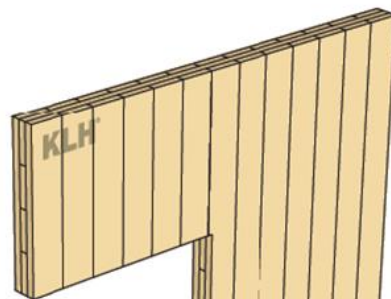


Fig. 14-4



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Rasgos horizontais com corte dos estratos verticais só possível após verificação da estrutura



Furação para acesso aos interruptores

Corte no topo do painel

Interruptores

Furação vertical de acesso aos orifícios das tomadas

Rasgos na direcção vertical

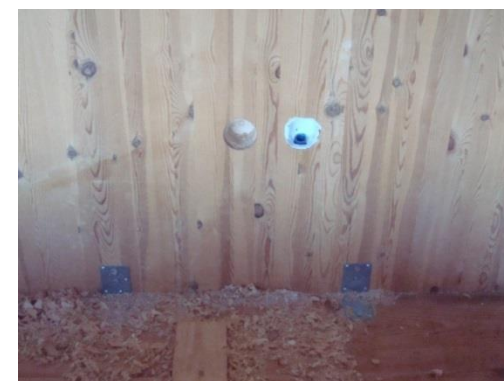
Rasgos perpendiculares à direcção principal de flexão só possíveis juntos aos apoios

Ocultação dos rasgos com tela

Rasgos na direcção principal de flexão

Furação vertical

Rasgos na direcção vertical



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – EXEMPLOS OBRAS

### MORADIA EJ, SERRA DE SANTO ANTÓNIO, ALCANENA





## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – EXEMPLOS OBRAS

### PISCINA MUNICIPAL DA CAPARICA, ALMADA



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – EXEMPLOS OBRAS

### LABORATÓRIO ISQ, CASTELO BRANCO





## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – EXEMPLOS OBRAS

### REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIO ANTIGO, COIMBRA



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – EXEMPLOS OBRAS

### EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR 9 PISOS, LONDRES





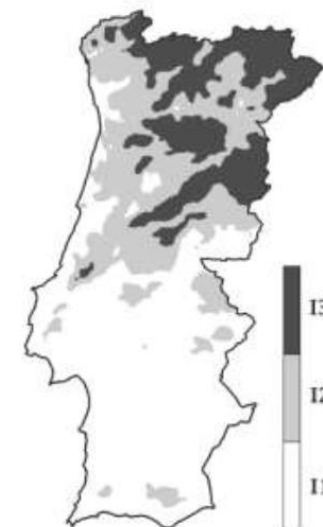
## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – APLICAÇÃO AO REH

### DESEMPENHO ENERGÉTICO

- BAIXA CONDUTIBILIDADE TÉRMICA DA MADEIRA,  $\lambda=0,13 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

TABELA I.01 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados,  $U_{ref} [\text{W}/(\text{m}^2.\text{°C})]$

| $U_{ref}$ [W/(m².°C)]                                                                                    |                              | Zona Climática                                 |      |      |                        |      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|------|------|------------------------|------|------|
| Portugal Continental                                                                                     |                              |                                                |      |      |                        |      |      |
| Zona corrente da envolvente:                                                                             |                              | Com a entrada em vigor do presente regulamento |      |      | 31 de dezembro de 2015 |      |      |
|                                                                                                          |                              | I1                                             | I2   | I3   | I1                     | I2   | I3   |
| em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas, $b_{tr} > 0.7$ | Elementos opacos verticais   | 0,50                                           | 0,40 | 0,35 | 0,40                   | 0,35 | 0,30 |
|                                                                                                          | Elementos opacos horizontais | 0,40                                           | 0,35 | 0,30 | 0,35                   | 0,30 | 0,25 |



PORTARIA N.º 349-B/2013  
DE 29 DE NOVEMBRO

#### EXEMPLO DE PAREDE EXTERIOR

SISTEMA ETICS (c/ XPS)

PAINEL CLT (KLH) 94MM

GESSO CARTONADO 12MM

| Zonamento Referência   | I1   | I2   | I3   |
|------------------------|------|------|------|
| Esp. XPS (mm)          | 40   | 60   | 70   |
| U [W/m2.K]             | 0,49 | 0,39 | 0,35 |
| Esp. Total Parede (mm) | 152  | 172  | 182  |

#### EXEMPLO DE LAJE DE COBERTURA

IMPERMEABILIZAÇÃO ASFÁLTICA

ISOLAMENTO TÉRMICO (XPS)

PAINEL CLT (KLH) 94MM

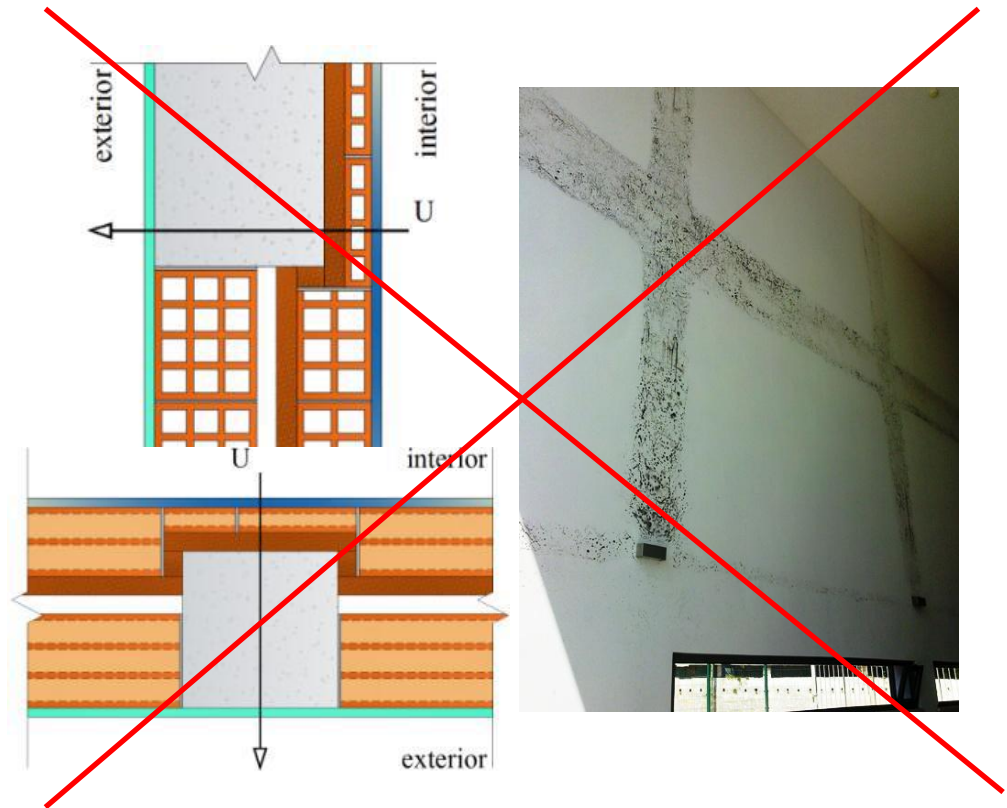
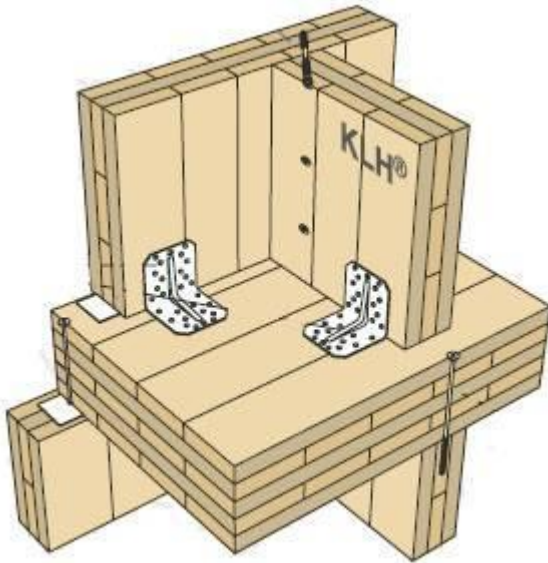
| Zonamento Referência | I1   | I2   | I3   |
|----------------------|------|------|------|
| Esp. XPS (mm)        | 60   | 80   | 100  |
| U [W/m2.K]           | 0,40 | 0,33 | 0,28 |
| Esp. Total Laje (mm) | 154  | 174  | 194  |



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – APLICAÇÃO AO REH

### DESEMPENHO ENERGÉTICO

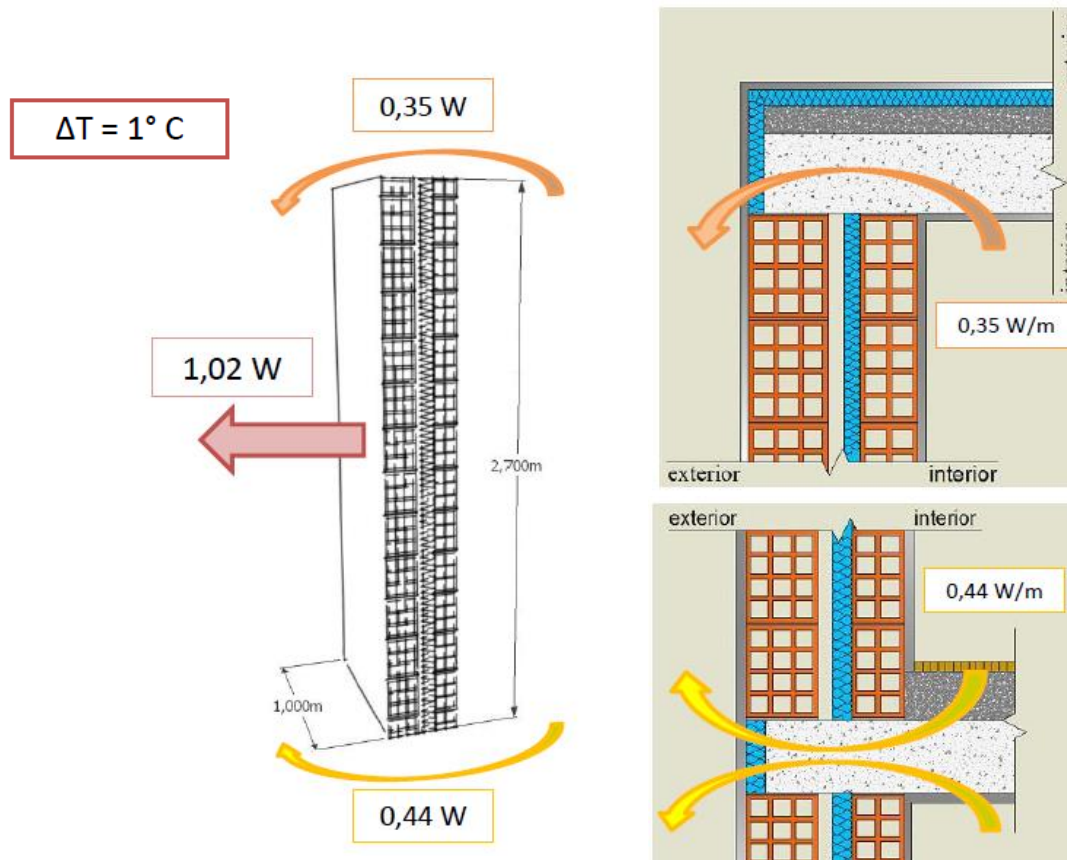
- NÃO EXISTEM PONTES TÉRMICAS PLANAS (INEXISTÊNCIA DE PILARES E/ OU VIGAS)



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – APLICAÇÃO AO REH

### DESEMPENHO ENERGÉTICO

- PONTES TÉRMICAS LINEARES APRESENTAM VALORES SIGNIFICATIVAMENTE MENORES DO QUE AS DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS



### IMPORTÂNCIA DAS PONTES TÉRMICAS LINEARES

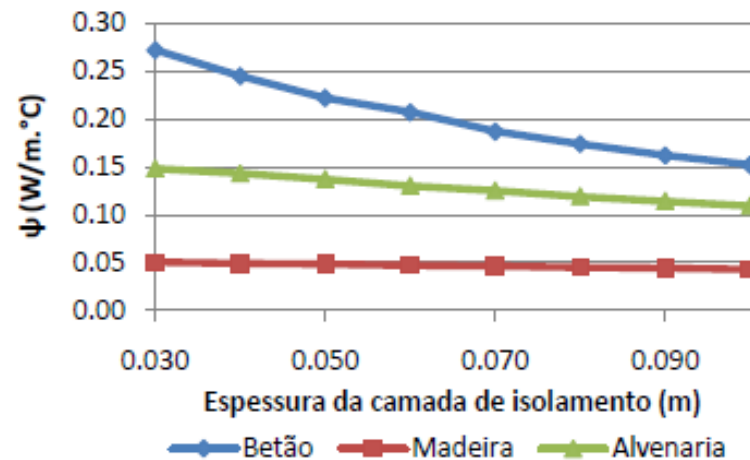
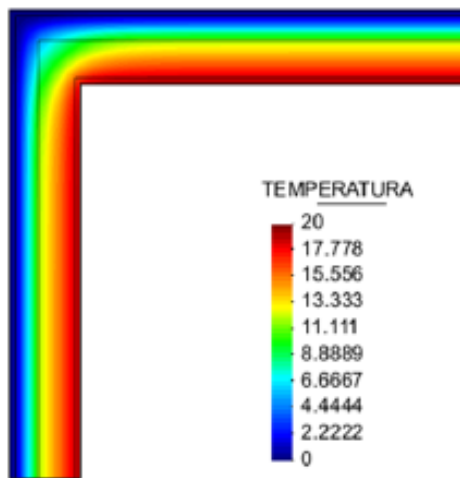
- ZONAS COM TEMPERATURAS BAIXAS ONDE PODEM OCORRER CONDENSAÇÕES SUPERFICIAIS.
- PERDAS DE ENERGIA SIGNIFICATIVAS (DE ORDEM DE GRANDEZA SEMELHANTE À ENERGIA QUE ATRAVESSA A ZONA CORRENTE DA PAREDE).

## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – APLICAÇÃO AO REH

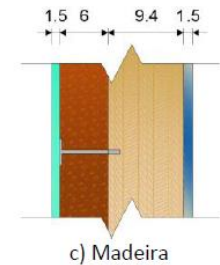
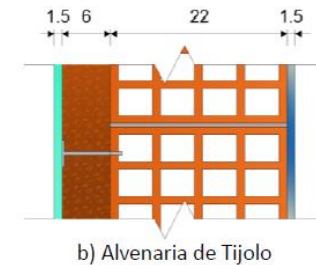
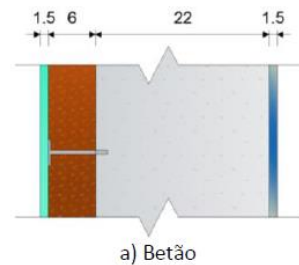
### DESEMPENHO ENERGÉTICO

#### COEFICIENTE DE PERDAS LINEARES, $\Psi$ (W/m.K)

- LIGAÇÃO ENTRE DUAS PAREDES VERTICAS



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



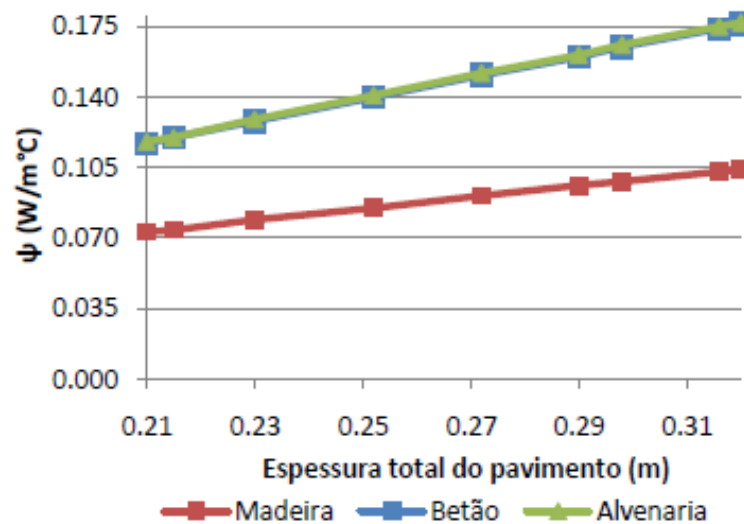
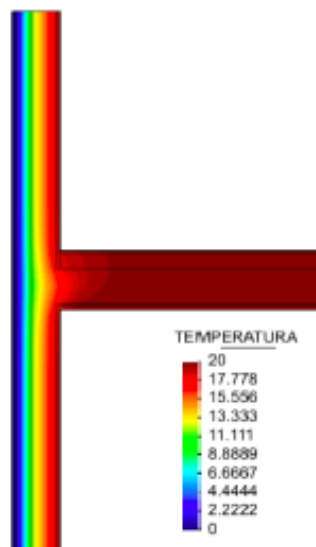


## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – APLICAÇÃO AO REH

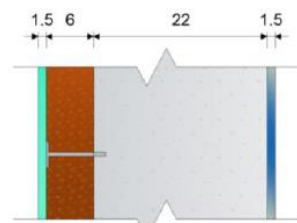
### DESEMPENHO ENERGÉTICO

COEFICIENTE DE PERDAS LINEARES,  $\Psi$  (W/M.K)

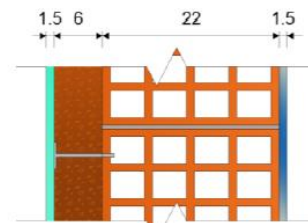
- LIGAÇÃO ENTRE FACHADA E O PAVIMENTO INTERMÉDIO



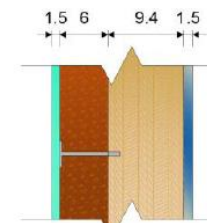
FONTE: Prata, J.D., Simões, N.A., Tadeu, A.J. - "Avaliação de pontes térmicas lineares de soluções em madeira: estudo comparativo". CIMAD 11



a) Betão



b) Alvenaria de Tijolo



c) Madeira

## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – APLICAÇÃO AO REH

### DESEMPENHO ENERGÉTICO

- SOLUÇÃO EM MADEIRA COM INÉRCIA MÉDIA

DE ACORDO COM A **APROXIMAÇÃO SIMPLIFICADA DA EN 832** AS ESTRUTURAS SEGUINTESS PODEM SER CLASSIFICADAS COMO **ESTRUTURAS DE INÉRCIA MÉDIA-ELEVADA** (FACTOR DE UTILIZAÇÃO 0,98):

- ✓ EDIFÍCIOS COM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO EXTERIORES E INTERIORES DENSOS / MACIÇOS, COM BETONILHAS FLUTUANTES E SEM TECTOS FALSOS SUSPENSOS.
- ✓ EDIFÍCIOS EM ALVENARIA OU BETÃO ARMADO.
- ✓ **CONSTRUÇÃO MACIÇA EM MADEIRA (MADEIRA LAMELADA DE GRANDES DIMENSÕES OU CONSTRUÇÕES COM LAJES EM MADEIRA) COM OU SEM BETONILHAS, DESDE QUE NÃO TENHAM SIDO UTILIZADOS TECTOS FALSOS SUSPENSOS OU REVESTIMENTOS DE PAREDE OCOS OU ISOLADOS TERMICAMENTE.**



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – PASSIVE HOUSE

### Os CINCO PILARES PASSIVE HOUSE:

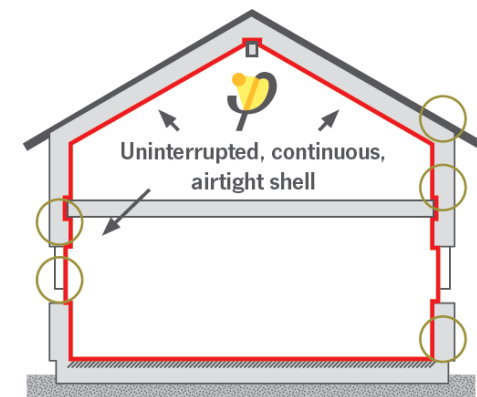
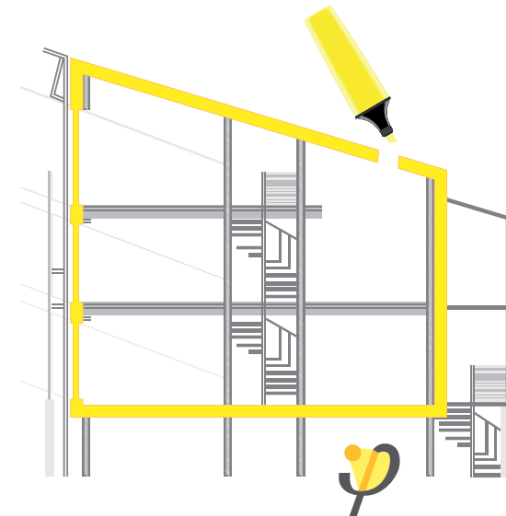
1. EXCELENTE ISOLAMENTO TÉRMICO.
2. **CONSTRUÇÃO “LIVRE” DE PONTES TÉRMICAS.**
3. **ENVOLVENTE DO EDIFÍCIO ESTANQUE AO AR.**
4. SISTEMA DE VENTILAÇÃO COM RECUPERAÇÃO DE CALOR.
5. GANHOS SOLARES.

### VANTAGENS DO SISTEMA CONSTRUTIVO CLT NA APLICAÇÃO DO CONCEITO PASSIVE HOUSE:

#### REGRA DO LÁPIS FÁCIL DE EXECUTAR:

- QUER NA CONTINUIDADE DO ISOLAMENTO.
- QUER NA GARANTIA DA ESTANQUEIDADE AO AR.

SOLUÇÃO EM MADEIRA COM INÉRCIA MÉDIA DE ACORDO COM A APROXIMAÇÃO SIMPLIFICADA DA EN832 (CONSTRUÇÃO MACIÇA EM MADEIRA DESDE QUE NÃO SE UTILIZEM TECTOS FALSOS SUSPENSOS OU REVESTIMENTOS DE PAREDES OCOS OU ISOLADOS TERMICAMENTE)

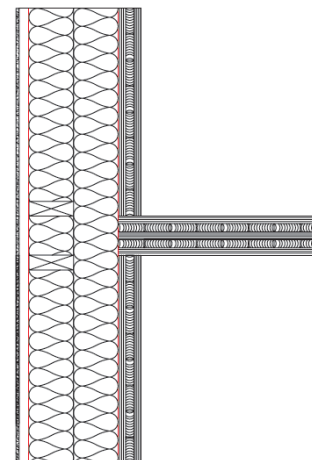
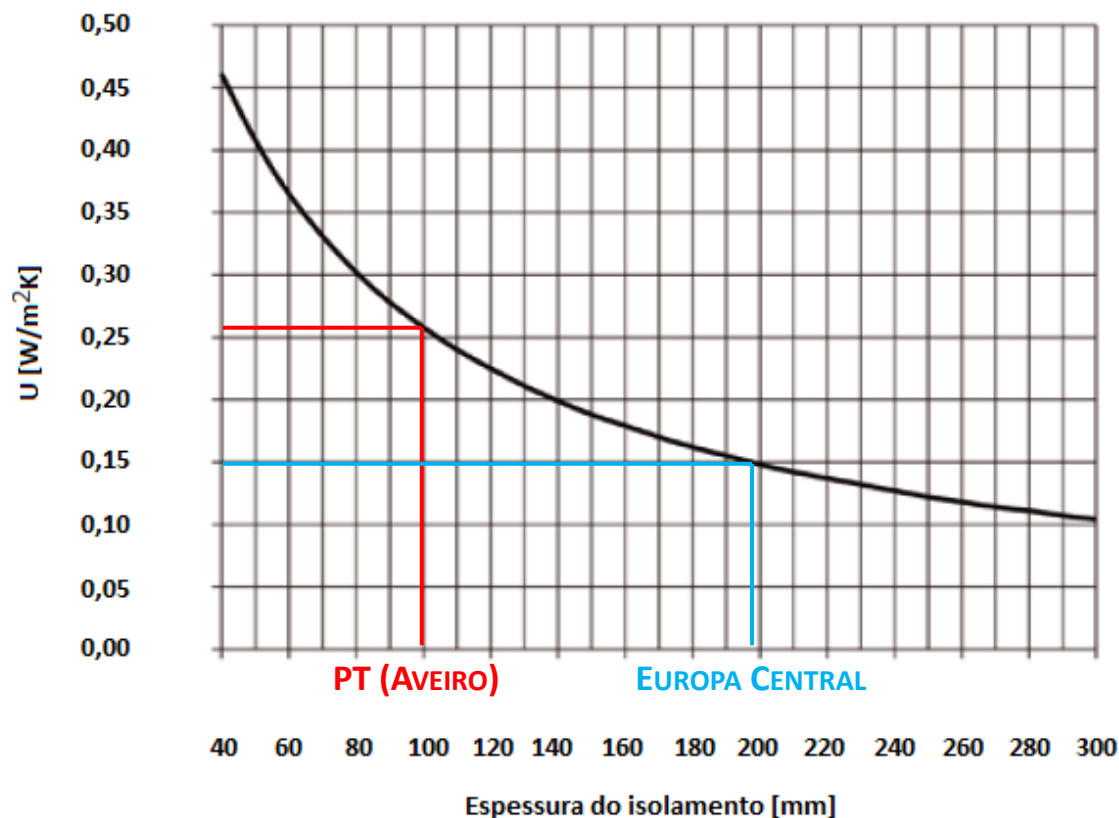




## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – PASSIVE HOUSE

### ISOLAMENTO TÉRMICO

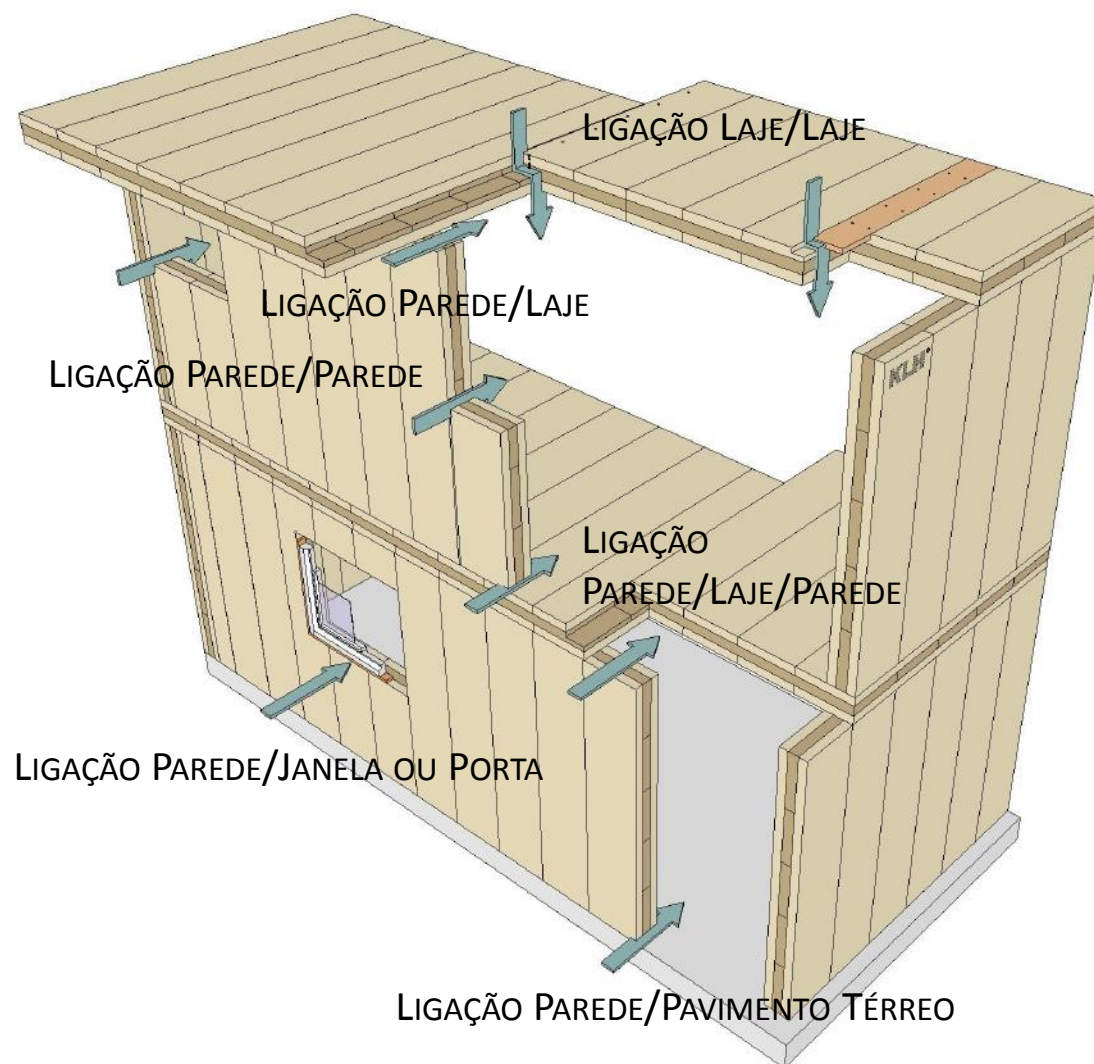
Coefficiente de transmissão térmica U de painéis KLH 3s 94 DQ  
em função da espessura do isolamento térmico



**COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA  
VS.  
ESPESSURA DE ISOLAMENTO**

## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – PASSIVE HOUSE

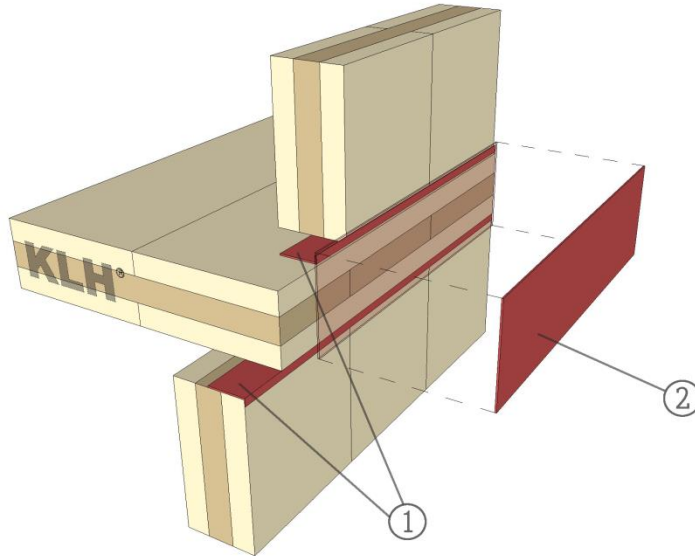
### ESTANQUEIDADE AO AR – PONTOS DE INFILTRAÇÃO / EXFILTRAÇÃO



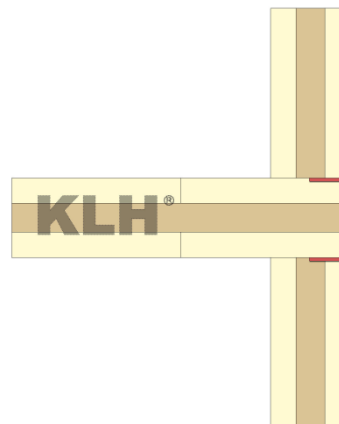
**LIGAÇÕES ENTRE PAINÉIS  
A TRATAR**

## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – PASSIVE HOUSE

### ESTANQUEIDADE AO AR



- 1) Extensão da camada estanque ao ar dos painéis de parede.
- 2) Selagem por sobreposição no topo ao nível da laje de tecto.



O PRINCÍPIO É SIMPLES.

A CAMADA DE COLA EXTERIOR DOS ELEMENTOS KLH É RESPONSÁVEL PELA SUA ESTANQUEIDADE. AO PROLONGAR ESTA CAMADA ESTANQUE AO AR ATÉ AOS LIMITES EXTERIORES DOS PAINÉIS, EVITA-SE A INDESEJADA CIRCULAÇÃO DE AR ATRAVÉS DAS FRESTAS DA CONSTRUÇÃO.



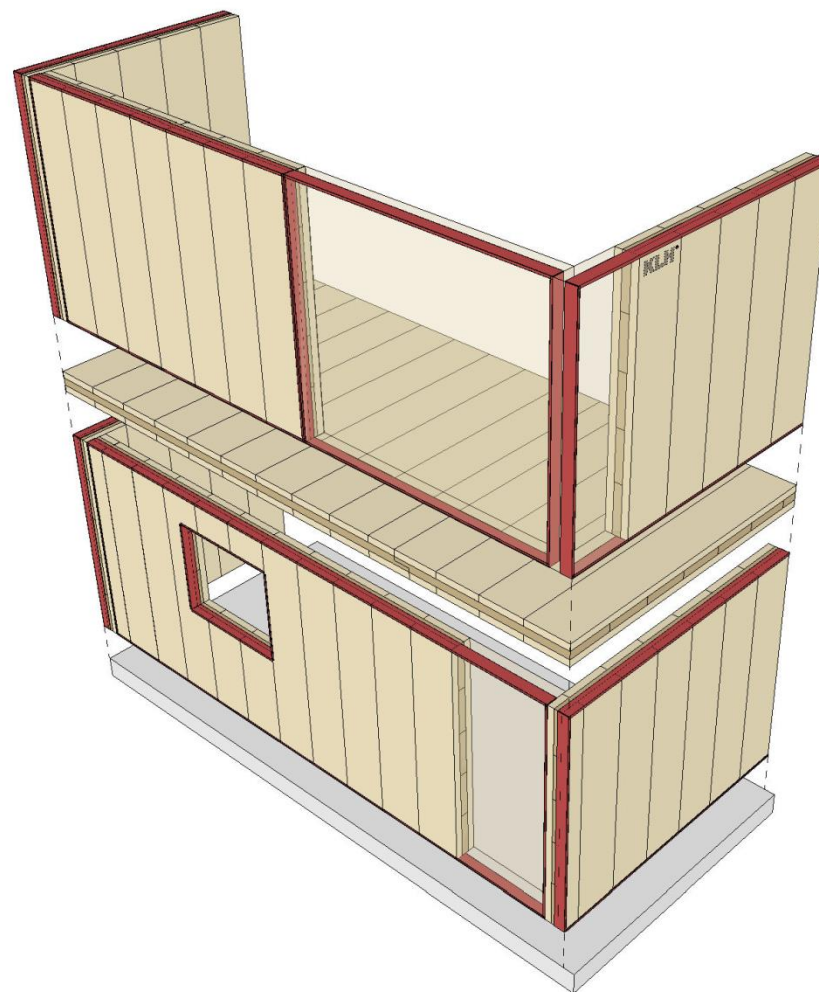
(Fita Eurasol da Wurth – [www.wuerth.com](http://www.wuerth.com))



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – PASSIVE HOUSE

### ESTANQUEIDADE AO AR – NOVA SOLUÇÃO PARA ATINGIR A ESTANQUEIDADE AO AR (SETEMBRO 2014)

EXTENSÃO DA CAMADA ESTANQUE (CAMADA EXTERIOR DE COLA) AO TOPO DOS PAINÉIS



# ESTANQUEIDADE AO AR – PORMENORIZAÇÃO

KLH

## JUNTA PAREDE-PAREDE

SELAGEM DO TOPO DAS PAREDES



## JUNTA PAREDE-LAJE-PAREDE

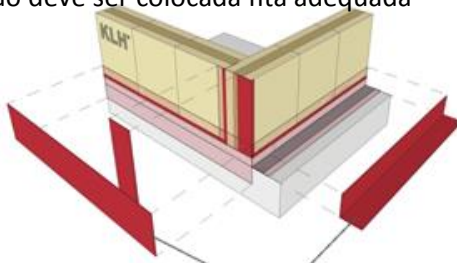
A camada estanque ao ar prolongada das paredes será selada sobre os topos das lajes



SELAGEM DO TOPO DAS LAJES COM FITAS DE 20CM DE LARGURA

## LIGAÇÃO PAREDE-LAJE TÉRREA

Para a ligação entre o elemento KLH e o betão deve ser colocada fita adequada



LIGAÇÃO À LAJE TÉRREA

## LIGAÇÃO COBERTURA

Na ligação à cobertura, a camada estanque ao ar prolongada das paredes será selada à barreira de vapor



SOBREPOSIÇÃO DA SELAGEM ENTRE A BARREIRA PARA VAPOR E A EXTREMIDADE DA PAREDE

## LIGAÇÃO PARA PAREDES ELEVADAS EM MEIA MADEIRA OU PLACA DE LIGAÇÃO

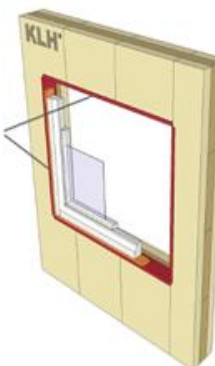
A fita de selagem final deve ser aplicada antes da placa



PLACA DE LIGAÇÃO

## JANELAS / PORTAS / ABERTURAS

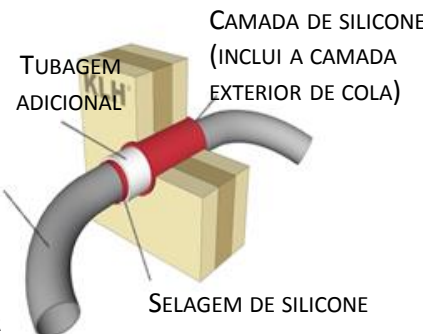
Nas aberturas no invólucro exterior do edifício, a aresta de corte deve ser selada para uma adequada ligação aos elementos construtivos a aplicar. A camada estanque prolongada deve ser selada com a camada impermeabilizante da janela ou porta.



SELAGEM AO LONGO DO CORTE DO PAINEL

## ABERTURAS PARA INSTALAÇÕES

Para pequenas aberturas (ex. furos para instalações eléctricas), deve ser utilizada uma técnica especial de selagem. As aberturas são demasiado pequenas para a utilização da fita, pelo que se recomenda colagem de um pequeno tubo.

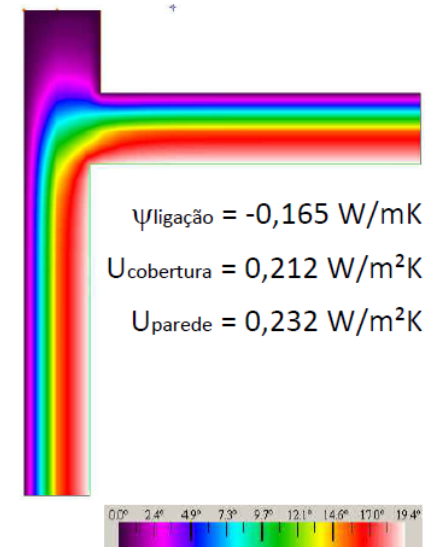
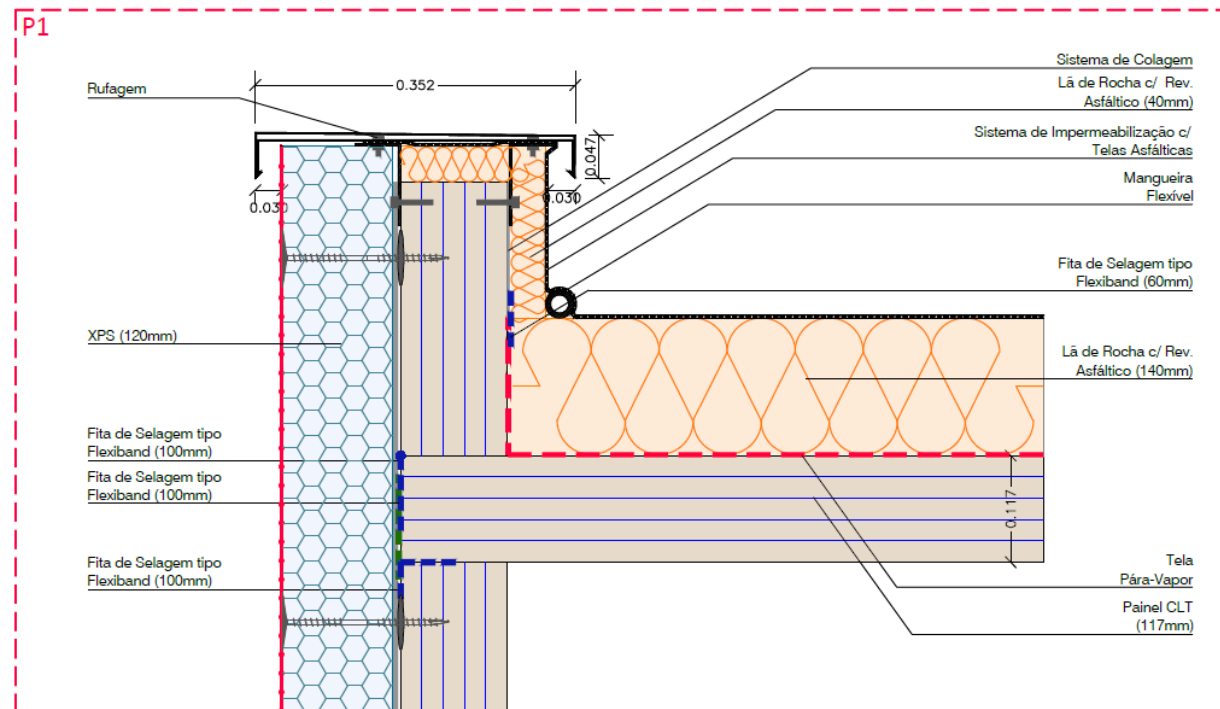


TUBAGEM A INSTALAR

## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – PASSIVE HOUSE

### PORMENORIZAÇÃO CONSTRUTIVA – FACHADA COM SISTEMA ETICS

#### LIGAÇÃO DE PAREDE - COBERTURA



Nota:

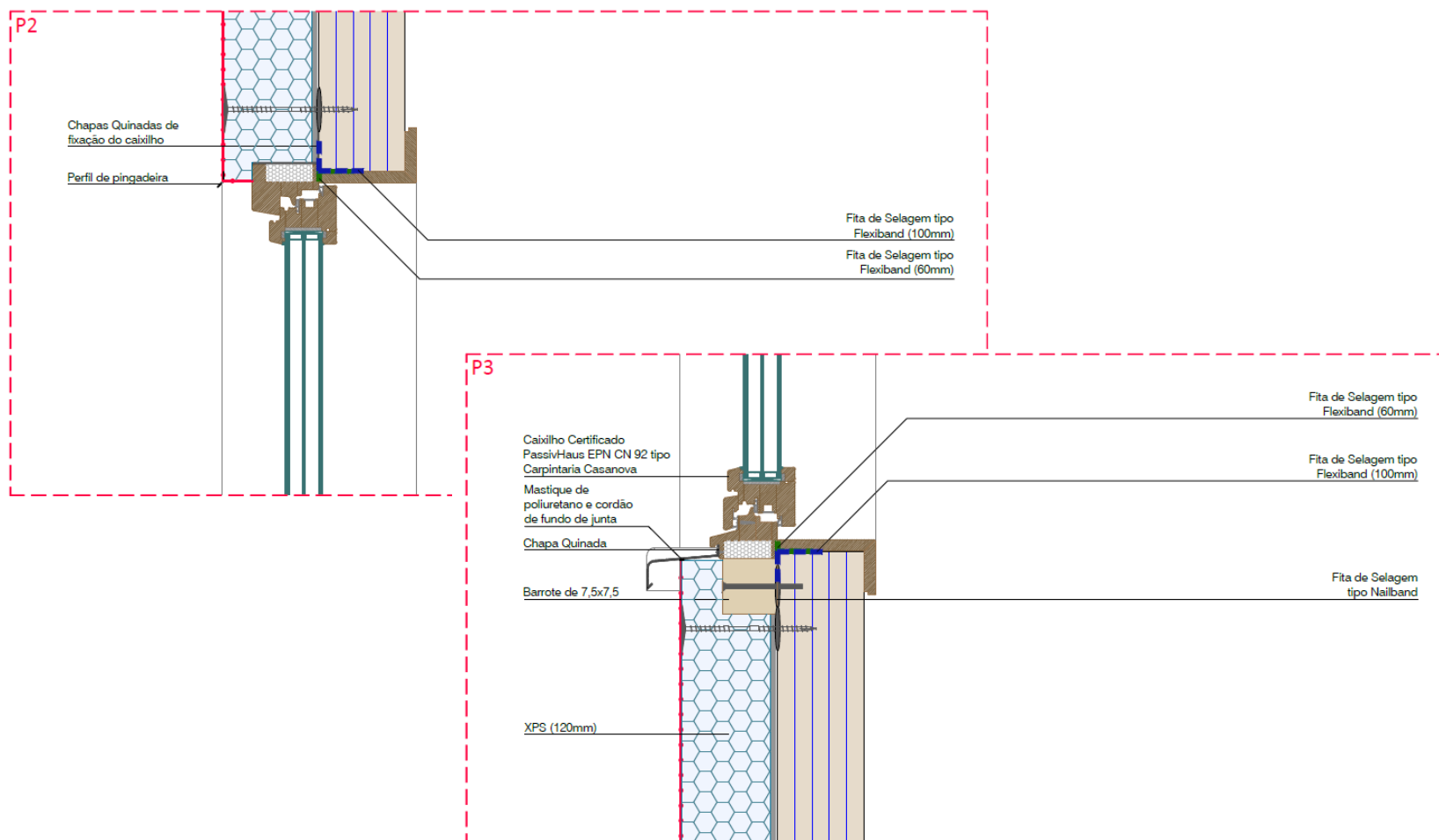
coeficiente de perda linear determinado de acordo com a EN ISO 10211, considerando medidas exteriores - Passive House.



## SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – PASSIVE HOUSE

### PORMENORIZAÇÃO CONSTRUTIVA – FACHADA COM SISTEMA ETICS

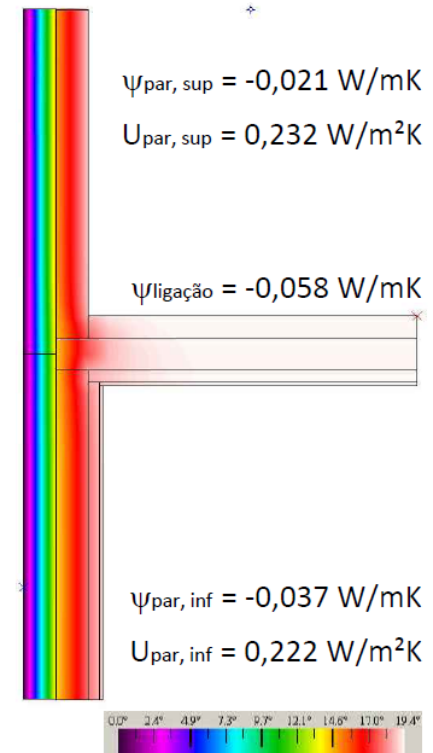
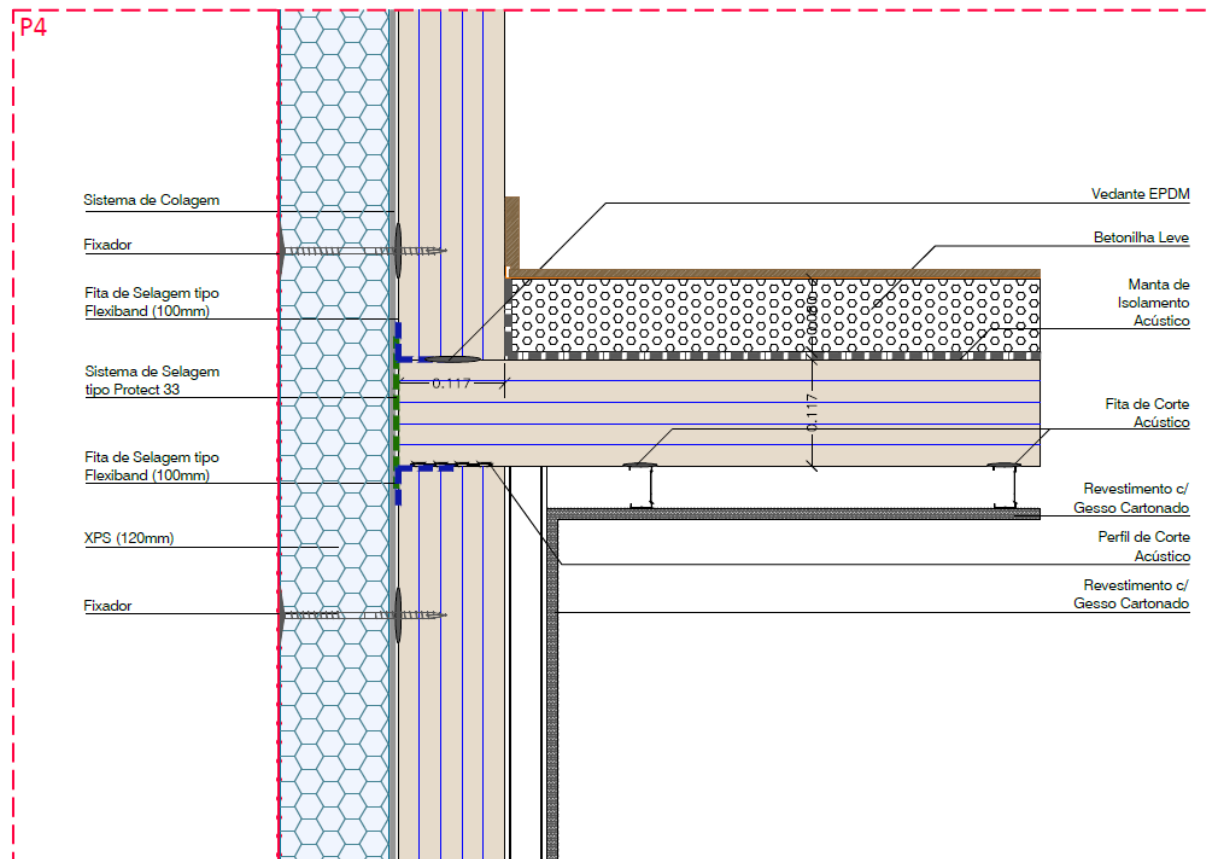
#### LIGAÇÃO DE PAREDE - ENVIDRAÇADO



# SISTEMA CONSTRUTIVO CLT – PASSIVE HOUSE

## PORMENORIZAÇÃO CONSTRUTIVA – FACHADA COM SISTEMA ETICS

### LIGAÇÃO DE PAREDE – LAJE INTERMÉDIA



coeficiente de perda linear  
determinado de acordo com a  
EN ISO 10211, considerando medidas  
exteriores - Passive House.



## PROJECTOS PASSIVE HOUSE EM CLT

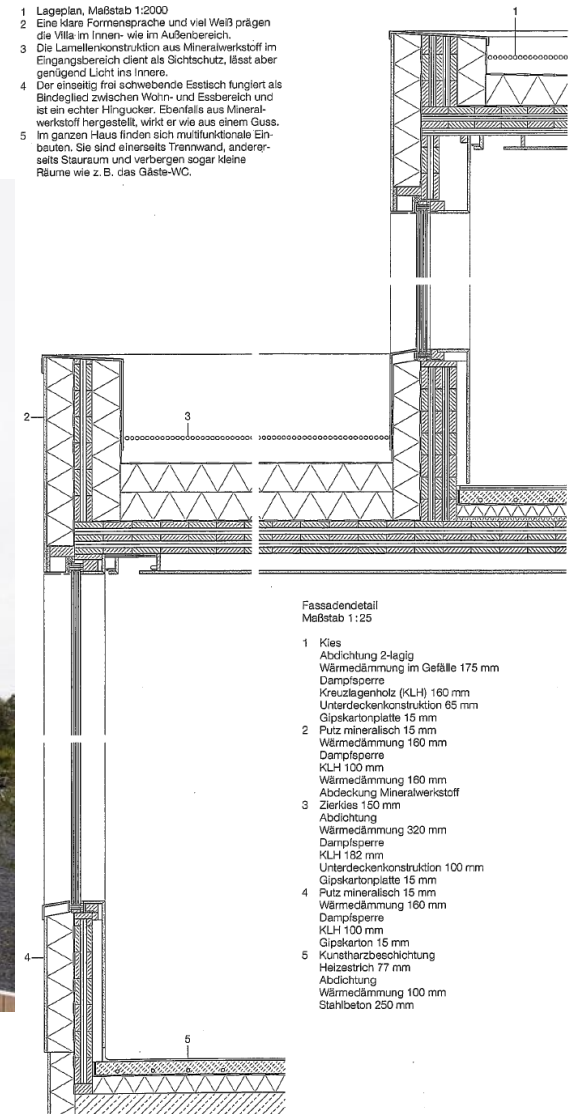


PASSIVE HOUSE BUILDING MÜHLWEG  
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS, VIENA, ÁUSTRIA

## PROJECTOS PASSIVE HOUSE EM CLT



- 1 Lageplan, Maßstab 1:2000
- 2 Eine klare Formensprache und viel Weiß prägen die Villa im Innen- wie im Außenbereich.
- 3 Die Lamellenkonstruktion aus Mineralwerkstoff im Eingangsbereich dient als Sichtschutz, lässt aber genügend Licht ins Innere.
- 4 Der einseitig frei schwebende Esstisch fungiert als Bindeglied zwischen Wohn- und Essbereich und ist ein echter Hingucker. Ebenfalls aus Mineralwerkstoff hergestellt, wirkt er wie aus einem Guss.
- 5 Im ganzen Haus finden sich multifunktionale Einbauten. Sie sind einerseits Trennwand, andererseits Stauraum und verbergen sogar kleine Räume wie z. B. das Gäste-WC.



PASSIVE HOUSE FAMILY HOUSE AMMERSEE  
EDIFÍCIO UNIFAMILIAR, AMMERSEE, ALEMANHA, 2009



## PROJECTOS PASSIVE HOUSE EM CLT



PASSIVE HOUSE BUILDING PRENZLAUER BERG  
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS, BERLIM, ALEMANHA, 2009





MADE FOR BUILDING  
BUILT FOR LIVING

**Emanuel Lopes**

**Tlm: 927 552 525 | Email: [emanuel.lopes@tisem.pt](mailto:emanuel.lopes@tisem.pt)**

TISEM, Lda

Tlm: 233 426 929 | Email: [geral@tisem.pt](mailto:geral@tisem.pt)

Centro de Actividades

Rua Arnaldo Sobral, nº49 - Sala 207

3080-048 Figueira da Foz, Portugal

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