



Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo



1952 – 2022



ESTRUTURAS DE MADEIRA: UMA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA [2/3]

PROF. DR. ALEXANDRE AUGUSTO MARTINS

[2022]

COMO CITAR ESTE MATERIAL

MARTINS, ALEXANDRE AUGUSTO. **ESTRUTURAS DE MADEIRA: UMA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA [2/3]**. MATERIAL DIDÁTICO. SÃO PAULO: FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE; MARÇO DE 2022. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.GPARQCON.COM.BR/](http://www.gparqcon.com.br/). ACESSO EM: _____

MADEIRA ENGENHEIRADA



[REACTOR, 2022]



[ARTWOOD, 2022]

■ MADEIRA ENGENHEIRADA

- TODA MADEIRA NATURAL EXTRAÍDA DA FLORESTA QUE PASSA POR ALGUM TIPO DE PROCESSAMENTO (OU DE BENEFICIAMENTO) QUE RESULTA NOVOS PRODUTOS
- AO LONGO DO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA MADEIRA, SÃO DESCARTADAS AS MATÉRIAS-PRIMAS QUE APRESENTAM EXCESSO DE IMPERFEIÇÕES (NÓS, GRETAS, FENDAS, RACHADURAS, TRINCAS,...), PARA QUE O RESULTADO, NO CONTEXTO GERAL, ALCANCE ÍNDICES DE QUALIDADE MAIS ELEVADOS QUE O PRODUTO BRUTO, *IN NATURA*
- AS TÁBUAS, LÂMINAS (OU AFINS) DERIVADAS DESSE PROCESSO, QUANDO RECEBEM CAVILHAS, PREGOS, PARAFUSOS, ADESIVOS OU COLAS ESPECIAIS, CONFIGURAM UM NOVO PRODUTO FEITO EM MADEIRA, A MADEIRA ENGENHEIRADA (*MASS TIMBER*)

■ MADEIRA ENGENHEIRADA

■ VANTAGENS:

- PEÇAS COM ALTO DESEMPENHO ESTRUTURAL, E DE MAIOR RESISTÊNCIA QUE A MADEIRA ORIGINAL *IN NATURA*
- ESTABILIDADE E CONFIABILIDADE ESTRUTURAL GERAL
- QUALIDADE ASSEGURADA PELO FABRICANTE
- PEÇAS RETAS OU CURVAS (EM UMA OU EM DUAS DIREÇÕES)
- PRECISÃO MILIMÉTRICA (AQUILO QUE SE PROJETA É AQUILO QUE SE PRODUZ)
- PODEM SER FABRICADAS PEÇAS EXTENSAS, SE NECESSÁRIO. NESSES CASOS, DEVEM SER CONSIDERADOS OS FATORES LOGÍSTICOS (TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO, APLICAÇÃO)
- LEVES E DE FÁCIL MANUSEIO

- MADEIRA ENGENHEIRADA

- CLASSIFICAÇÃO:

- COMO PILARES + VIGAS:

1. MADEIRA LAMINADA COLADA – MLC (*GLUE LAMINATED TIMBER – GLULAM*)
2. MADEIRA MICROLAMINADA – MM (*LAMINATED VENEER LUMBER – LVL*)

- COMO LAJES + PAREDES:

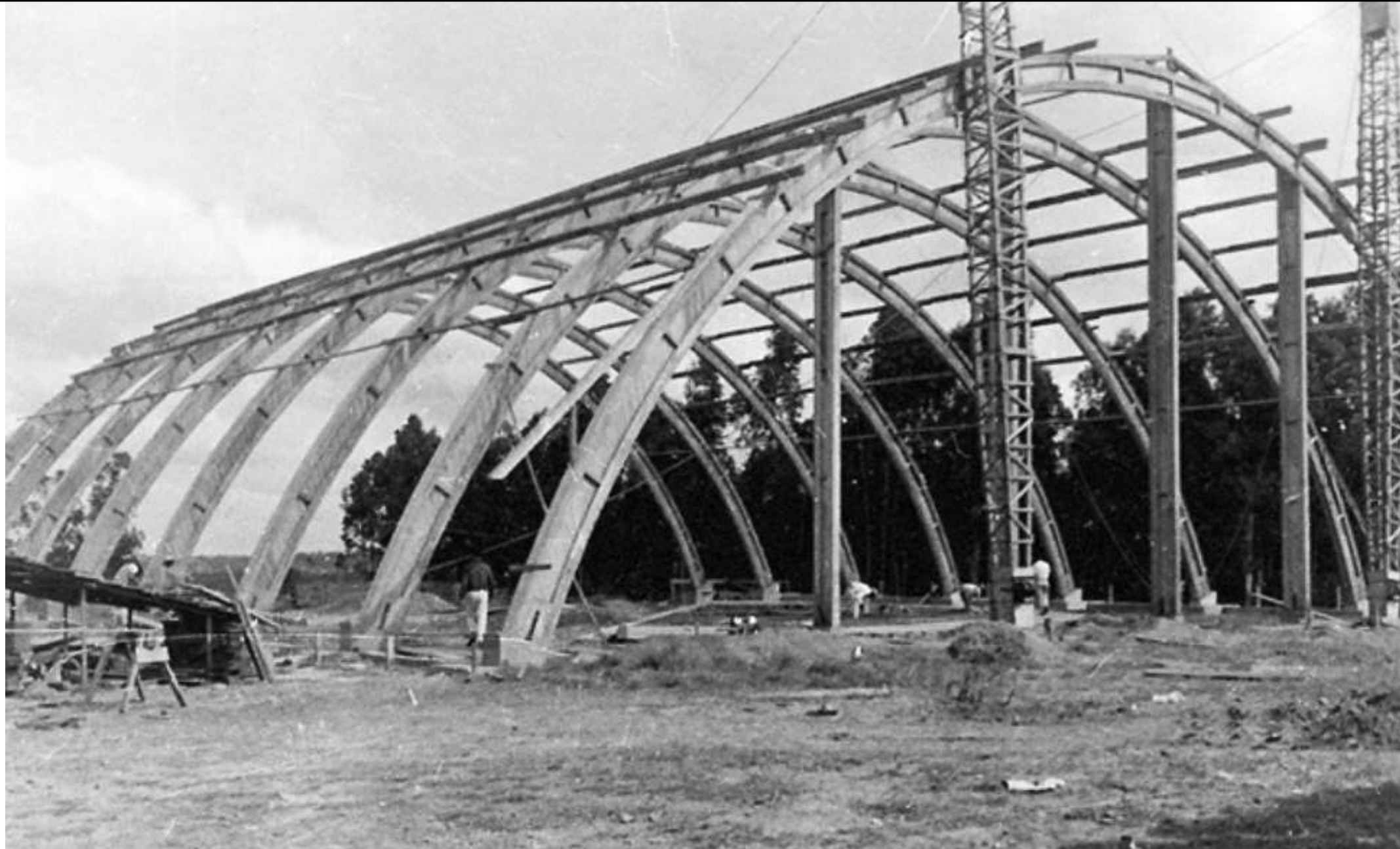
3. MADEIRA LAMINADA COLADA CRUZADA (*CROSS LAMINATED TIMBER – CLT*)

1. MADEIRA LAMINADA COLADA – MLC

- MADEIRA LAMINADA COLADA NO BRASIL

- ESMARA ESTRUTURAS DE MADEIRA (DE 1954):

- FUNDADA EM CURITIBA (PARANÁ), TROUXE A TECNOLOGIA ALEMÃ PARA O MERCADO NACIONAL, SENDO ELA A PRIMEIRA EMPRESA BRASILEIRA A TRABALHAR COM MADEIRA LAMINADA COLADA NO PAÍS (INICIALMENTE ADOTANDO PINHO ARAUCÁRIA COMO MATÉRIA-PRIMA)



GALPÃO DE MADEIRA PREGADA
[VERA CRUZ – RIO GRANDE DO SUL]

[CARPINTERIA, 2022]



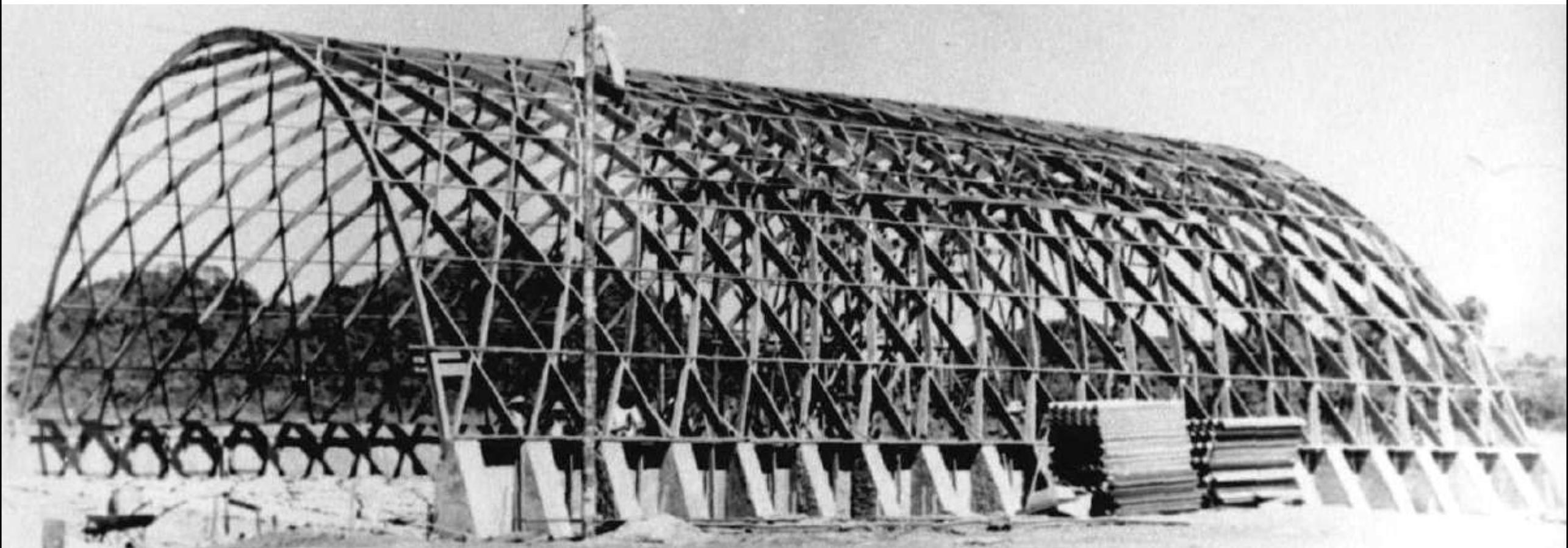
PÓRTICOS TRIARTICULADOS, SEÇÃO "I", FEITOS COM TÁBUAS CRUZADAS DE PINHO ARAUCÁRIA

[CARPINTERIA, 2022]

- MADEIRA LAMINADA COLADA NO BRASIL

- SOCIEDADE TEKNO LTDA (DE 1939):

- ABERTA NO RIO DE JANEIRO, PROJETO E CONSTRUIU, APENAS NA PRIMEIRA METADE DA DÉCADA DE 1950, CERCA DE DUZENTAS ESTRUTURAS LAMELARES DE MADEIRA



GALPÃO LAMELAR – RIO DE JANEIRO
[DÉCADA DE 1950]



GINÁSIO MUNICIPAL DE SOROCABA
(DÉCADA DE 1950)

- MADEIRA LAMINADA COLADA NO BRASIL

- CALLIA & CALLIA LTDA. (DE 1949):

- PRIMEIRA EM FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA LAMINADA COLADA EM SÃO PAULO
- FOI A EMPRESA PIONEIRA DAS ESTRUTURAS LAMELARES NO BRASIL, TENDO CONSTRUÍDO A PRIMEIRA OBRA EM PIRACICABA, COBRINDO UM VÃO DE 29,0m



PÓRTICOS TRIARTICULADOS, MONTADOS PARA A USINA TAMOIO, EM ARARAQUARA (SP)



ESTRUTURA TRELIÇADA PARA A COBERTURA
DO MERCADÃO DA LAPA, EM SÃO PAULO

[CARPINTERIA, 2022]

- MADEIRA LAMINADA COLADA NO BRASIL

- LAMINARCO MADEIRA INDUSTRIAL LTDA. (DE 1965):

- DERIVADA DA CALLIA & CALLIA E TAMBÉM COM SEDE EM SÃO PAULO, FOI A PIONEIRA EM FABRICAR VIGAS DE MADEIRA LAMINADA COLADA, E TAMBÉM A PRIMEIRA A ABRIR UMA FÁBRICA DE VIGAS DE MLC NA REGIÃO SUDESTE DO PAÍS



ESTRUTURA TRELIÇADA PARA A COBERTURA DO SHOPPING RIVIERA, EM BERTIOGA (SP)

[CARPINTERIA, 2022]

MLC: ASPECTOS TÉCNICOS

- **MADEIRA LAMINADA COLADA**
- TRATA-SE DE UM PRODUTO ESTRUTURAL, FORMADO PELA ASSOCIAÇÃO DE LÂMINAS DE MADEIRA SELECIONADAS E ADESIVADAS, SOB PRESSÃO, COM LIGANTES ESPECIAIS
- AS FIBRAS DAS LÂMINAS SÃO DISPOSTAS, PREFERENCIALMENTE, EM DIREÇÕES PARALELAS E LONGITUDINAIS ENTRE SI
- A ESPESSURA DAS LÂMINAS VARIA, EM GERAL, DE 1,5cm A 3,0cm PODENDO, EXCEPCIONALMENTE, ATINGIR 5,0cm
- AS LÂMINAS SÃO ENTÃO EMENDADAS COM COLAS NAS EXTREMIDADES PARA QUE FORMEM PEÇAS DE LONGOS COMPRIMENTOS CAPAZES DE VENCER VÃOS DE GRANDES PROPORÇÕES

- MADEIRA LAMINADA COLADA

- ALGUMAS VANTAGENS:

- FABRICAÇÃO DE PEÇAS APTAS ADAPTÁVEIS A GRANDES VÃOS
- MELHOR CONTROLE DE UMIDADE DAS LÂMINAS, REDUZINDO OS EFEITOS DE SECAGENS IRREGULARES
- LÂMINAS DE MELHOR QUALIDADE DISPOSTAS NAS POSIÇÕES DE MAIORES TENSÕES
- CONFECÇÃO DE PEÇAS DE EIXO CURVO (CONVENIENTES PARA ARCOS, TRIBUNAS, CASCAS E OUTRAS SOLUÇÕES ESTRUTURAIS / ESPACIAIS)

- PRINCIPAL DESVANTAGEM:

- ELEVADO CUSTO GERAL: PROJETO + FABRICAÇÃO + INSTALAÇÃO ESPECIALIZADA

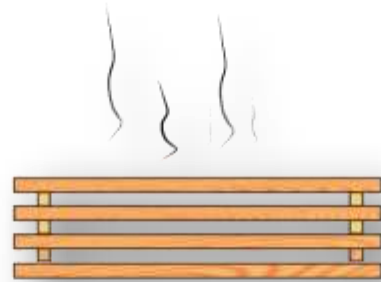


MATÉRIA-PRIMA DE ÁREA REFLORESTADA

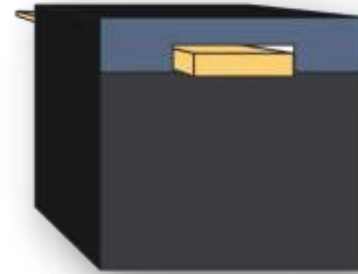
PRINCIPAIS ETAPAS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MADEIRA LAMINADA COLADA



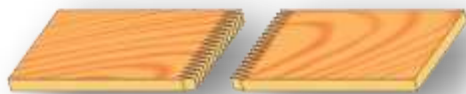
MADEIRA SERRADA



SECAGEM E CONTROLE DE UMIDADE



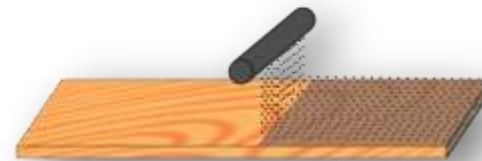
CLASSIFICAÇÃO E CONTROLE DE RESISTÊNCIA



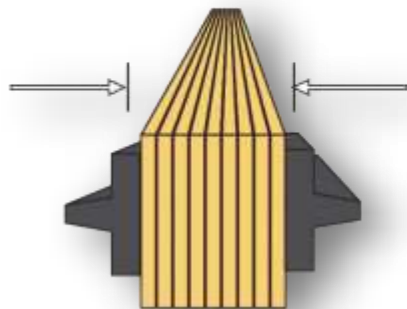
EXECUÇÃO DAS EMENDAS



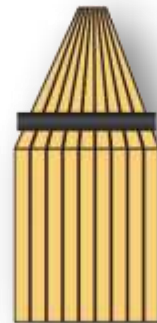
LIXAMENTO E REGULARIZAÇÃO



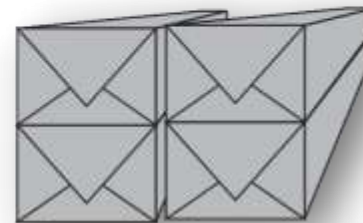
ADESIVAÇÃO



COLAGEM SOB PRESSÃO



POLIMENTO, PROTEÇÃO E FINALIZAÇÃO



EMPACOTAMENTO E ENTREGA

■ PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MLC

a. MADEIRA SERRADA:

- AS ÁRVORES DEVEM SER ABATIDAS DE PREFERÊNCIA AO ATINGIR A MATURIDADE, OCASIÃO EM QUE O CERNE OCUPA A MAIOR PARTE DO TRONCO, GERANDO ASSIM MADEIRAS DE MELHOR QUALIDADE E RESISTÊNCIA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL
- O TEMPO NECESSÁRIO PARA QUE A ÁRVORE ATINJA A MATURIDADE VARIA CONFORME AS ESPÉCIES, PODENDO CHEGAR A MAIS DE 100 ANOS
- A MELHOR ÉPOCA PARA O ABATE É A ESTAÇÃO SECA, QUANDO O TRONCO TEM POUCA UMIDADE
- A TRANSFORMAÇÃO DO TRONCO EM PEÇAS ESTRUTURAIS DEVE SER FEITA O MAIS CEDO POSSÍVEL (LOGO APÓS O CORTE DA ÁRVORE), A FIM DE EVITAR DEFEITOS DECORRENTES DA SECAGEM EXCESSIVA DA MADEIRA

■ PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MLC

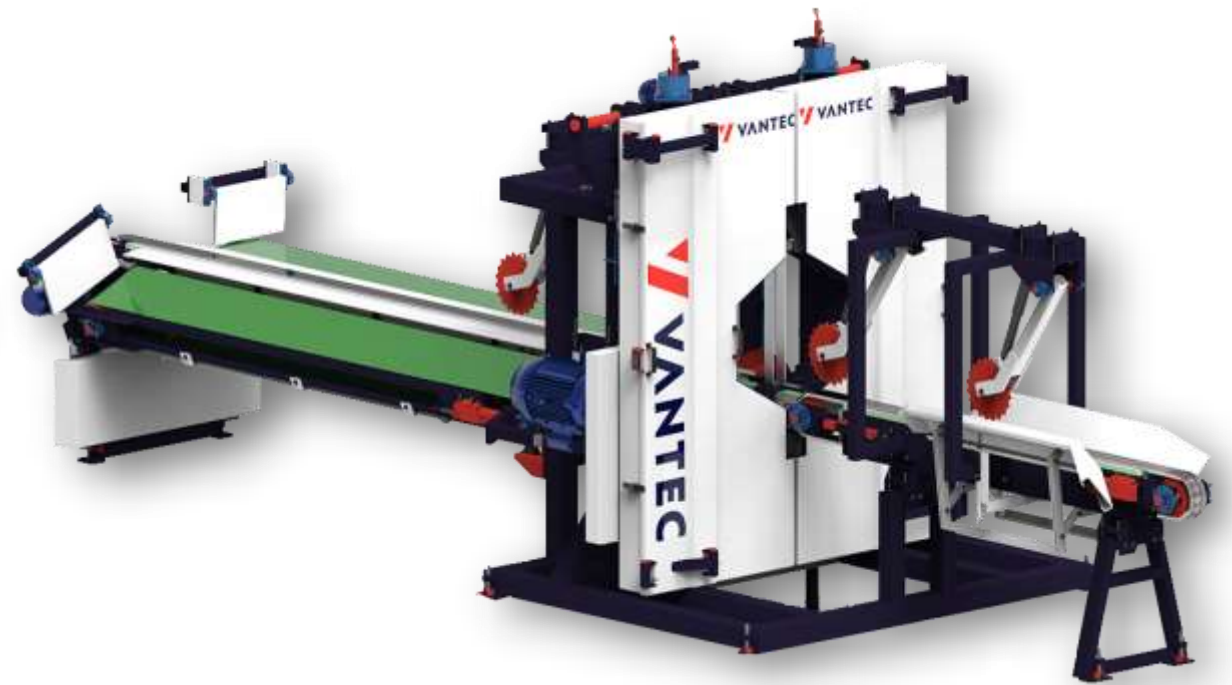
a. MADEIRA SERRADA:

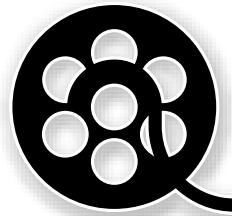
- SE A ÁRVORE FOR CORTADA NA ESTAÇÃO CHUVOSA, DEIXAM-SE SECAR AS TORAS DURANTE ALGUM TEMPO, PARA REDUZIR O ALTO GRAU DE UMIDADE INTERNA
- OS TRONCOS SÃO ENTÃO CORTADOS EM SERRAS ESPECIAIS, DE FITA CONTÍNUA, QUE OS DIVIDE EM LÂMINAS (OU PRANCHAS) PARALELAS, NA ESPESSURA DESEJADA
- AS SERRAS DE FITA POSSUEM COMANDOS MECÂNICOS PARA O AVANÇO DO TRONCO, OS QUAIS GARANTEM A ESPESSURA UNIFORME DAS LÂMINAS
- A TABELA A SEGUIR MOSTRA OS PRINCIPAIS PERFIS, OBEDECENDO A NOMENCLATURA DA ABNT (PADRONIZAÇÃO PB-5), EM DIMENSÕES COMERCIAIS

**ESPESSURAS E ÁREAS MÍNIMAS CONSTRUTIVAS DE SEÇÕES RETANGULARES DE MADEIRA
(NBR 7190 – PROJETO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA)**

MATERIAL	PROPRIEDADE DIMENSIONAL		
	ESPESSURA MÍNIMA (cm)	ÁREA MÍNIMA (cm ²)	SEÇÃO MÍNIMA DE MENOR ESPESSURA (cm X cm)
PEÇAS PRINCIPAIS DE SEÇÕES SIMPLES	5,0	50,0	5,0 X 10,0
PEÇAS COMPONENTES DE SEÇÕES MÚLTIPLAS	2,5	35,0	2,5 X 14,0
PEÇAS SECUNDÁRIAS DE SEÇÕES SIMPLES	2,5	18,0	2,5 X 7,5
PEÇAS COMPONENTES DE SEÇÕES MÚLTIPLAS	1,8	18,0	1,8 X 10,0

VANTEC: SERRA FITA VERTICAL GEMINADA, LINHA MILLENIUM





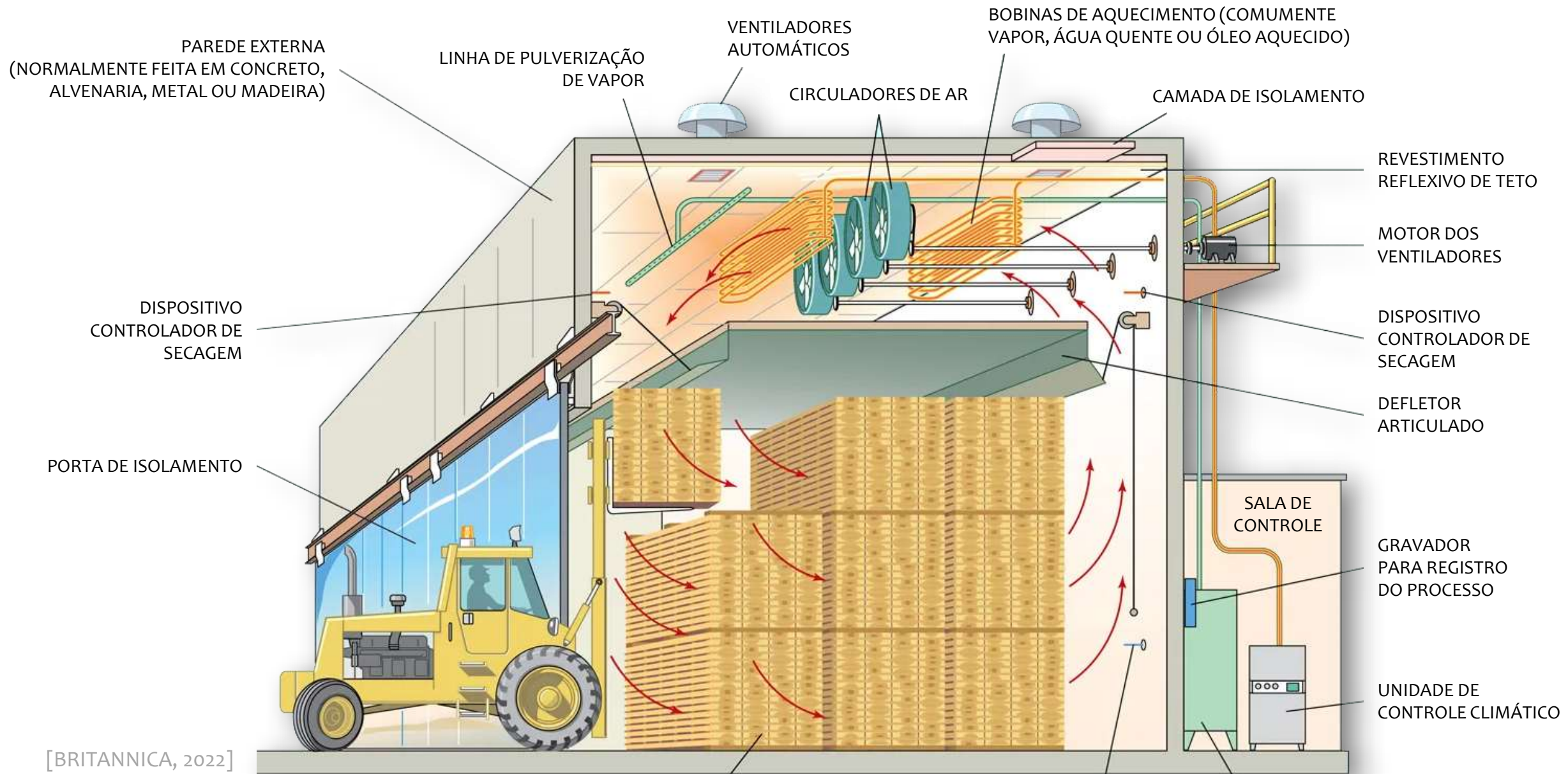
VANTEC: SERRA FITA VERTICAL GEMINADA, LINHA MILLENIUM

[“SERRARIA DE SERRA FITA PARA CORTE DE EUCALIPTO”, EM: <https://www.youtube.com/watch?v=iWF52vdPHNo>]

- PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MLC

- b. SECAGEM E CONTROLE DE UMIDADE:

- ANTES DA COLAGEM, AS LÂMINAS PASSAM POR UM PROCESSO DE SECAGEM EM ESTUFA, CUJO TEMPO É DETERMINADO CONFORME O GRAU DE UMIDADE INICIAL
 - A MADEIRA É RETIRADA DA ESTUFA COM UMA UMIDADE MÁXIMA DE 15,0%. AS ESPECIFICAÇÕES LIMITAM O GRAU DE UMIDADE DAS LÂMINAS ENTRE SI, NÃO DEVENDO ULTRAPASSAR 5,0% NA OCASIÃO DA COLAGEM (PARA QUE SE POSSAM CONTROLAR COM SUCESSO AS TENSÕES INTERNAS GERADAS PELA RETRAÇÃO DIFERENCIAL DO MATERIAL)



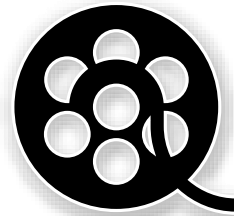
ESQUEMA DE ESTUFA CLÁSSICA PARA SECAGEM DE MADEIRA SERRADA

ESTUFA CLÁSSICA PARA
SECAGEM DE MADEIRA SERRADA



ESTUFA CONTÍNUA (OU PROGRESSIVA)
PARA SECAGEM DE MADEIRA SERRADA





**ESTUFA CONTÍNUA (OU PROGRESSIVA) PARA
SECAGEM DE MADEIRA SERRADA**

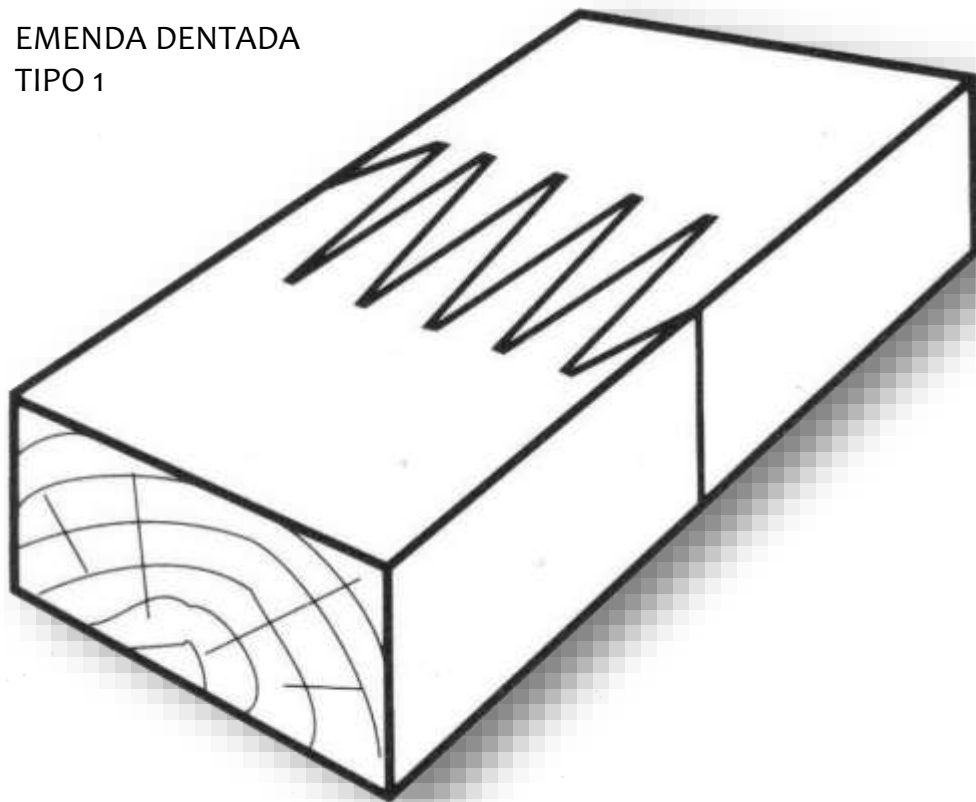
[“ESTUFA CONTÍNUA COM PISO MÓVEL”, EM: <https://www.youtube.com/watch?v=HrSsDOpTgRc>]

■ PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MLC

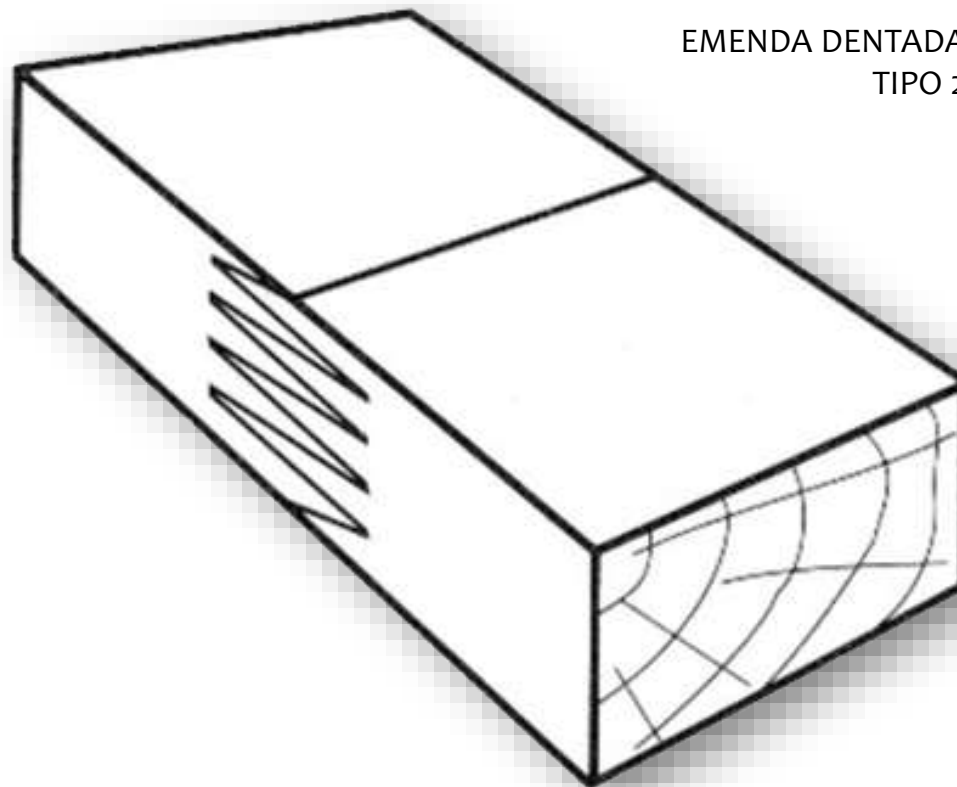
c. EMENDAS:

- AS EMENDAS DENTADAS (*FINGER JOINTS*), SÃO GERALMENTE DISTRIBUÍDAS AO LONGO DAS PEÇAS DE MADEIRA LAMINADA COLADA DE FORMA DESORDENADA
- A EFICIÊNCIA DA JUNTA EM CHANFRO (*SCARF JOINT*) DEPENDE DA INCLINAÇÃO DO CORTE: QUANTO MAIS ACENTUADA, MAIS RESISTENTE
- DE MODO GERAL, AS EMENDAS DENTADAS SÃO MAIS EFICIENTES DO QUE AS EMENDAS CHANFRADAS, ALÉM DE SEREM MAIS COMPACTAS E MENOS EVIDENTES NAS ESTRUTURAS

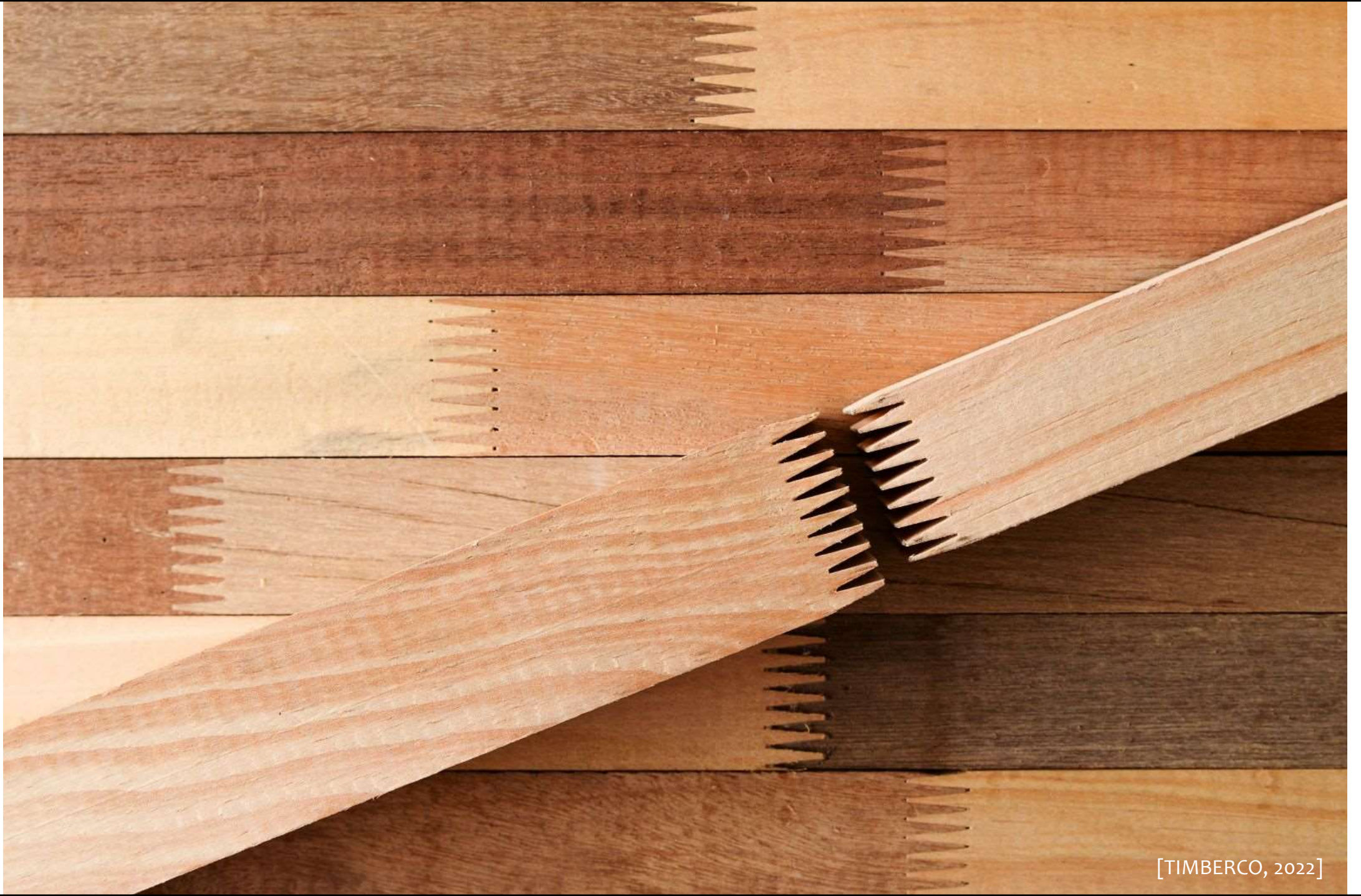
EMENDA DENTADA
TIPO 1



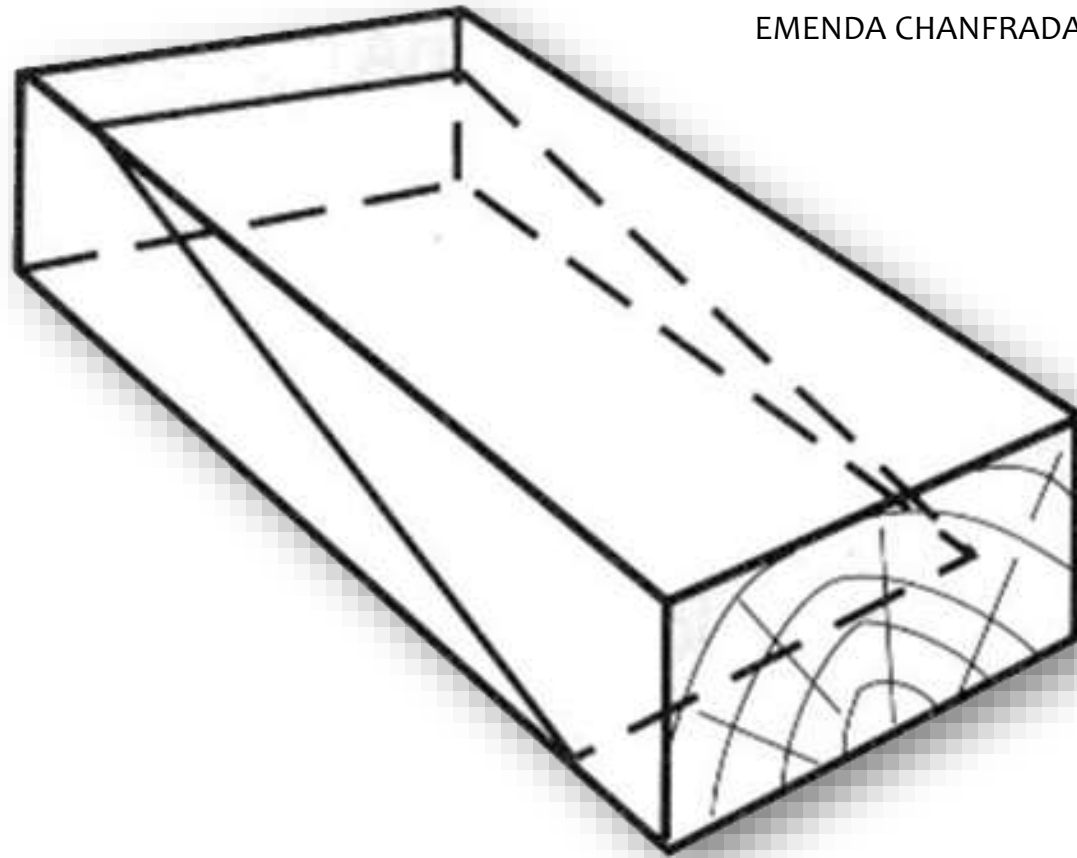
EMENDA DENTADA
TIPO 2







EMENDA CHANFRADA





[ENHACES STYLE TEAM, 2022]



[THIS IS CARPENTRY, 2022]

■ PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MLC

d. ADESIVAÇÃO:

- OS TIPOS DE ADESIVO E AS TÉCNICAS DE COLAGEM SÃO ESSENCIAIS À DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS EM MADEIRA
- NA MAIORIA DOS CASOS, A ESCOLHA DA COLA – ENTRE “CASEÍNA”, “RESORCINA” OU “UREIA-FORMOL”, E MAIS RECENTEMENTE A “MELAMINA” – DEPENDE MAIS DAS CONDIÇÕES DE USO DA ESTRUTURA QUE DO TIPO DE MADEIRA. LOGO, É PRECISO LEVAR EM CONSIDERAÇÃO O MEIO A QUE A ESTRUTURA ESTARÁ SUBMETIDA, OU SEJA, TEMPERATURA E TEOR DE UMIDADE QUE NORMALMENTE INCIDIRÃO SOBRE ELA

■ PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MLC

d. ADESIVAÇÃO:

- A ESCOLHA DA COLA É FUNÇÃO DIRETA DAS CONDIÇÕES A QUE A ESTRUTURA ESTARÁ SUBMETIDA, OU SEJA, SE A MESMA PERMANECERÁ ABRIGADA NO INTERIOR DA EDIFICAÇÃO OU EXPOSTA À VARIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS (SUJEITA À ALTERNÂNCIA CONSTANTE ENTRE SOL E CHUVA; FRIO E CALOR). ESSES SÃO FATORES DETERMINANTES NA ESCOLHA DO ADESIVO MAIS ADEQUADO.
- DE MODO GERAL, PARA UTILIZAÇÃO EM SECO DA PEÇA QUANDO PRONTA, PODE SER ADOTADA A COLA DE “CASEÍNA” (PRODUTO DERIVADO DO LEITE). JÁ PARA SITUAÇÕES SUJEITAS À VARIAÇÃO DE UMIDADE OU EXPOSTAS AO CLIMA, OPTA-SE PELAS COLAS SINTÉTICAS À BASE DE “FENOL-FORMALDEÍDO” (BAQUELITA) OU “RESORCINOL-FORMALDEÍDO”



[FORTIS ADHESIVES, 2020]

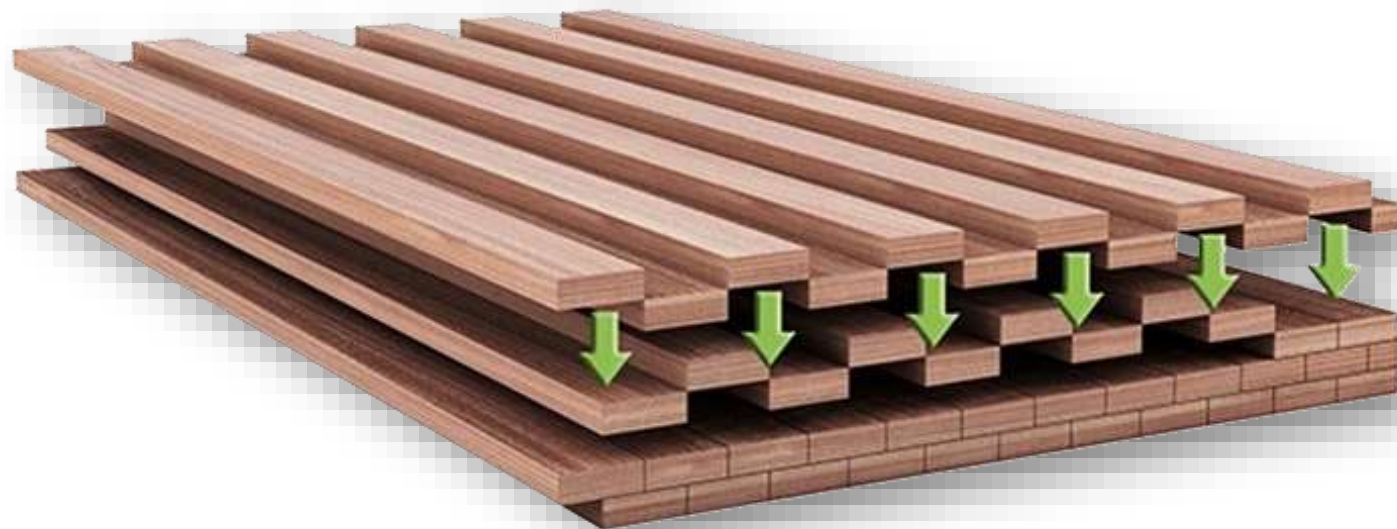


[AJ LAMINATED BEAMS, 2020]

■ PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MLC

e. COLAGEM SOB PRESSÃO:

- UMA VEZ DISPOSTO O ADESIVO SOBRE UMA DAS FACES DAS LÂMINAS DE MADEIRA, ELAS SÃO TRANSPOSTAS PARA PRENSAS HIDRÁULICAS VERTICAIS OU HORIZONTAIS (CONFORME A CAPACIDADE DE FABRICAÇÃO DA EMPRESA E O TIPO DE PEÇA A SER EXECUTADO)
- ESSAS PRENSAS TÊM A FUNÇÃO PRINCIPAL DE UNIR O CONJUNTO DE LÂMINAS DE MODO A QUE SE TORNEM, AO FINAL DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MLC, UM ÚNICO ELEMENTO ESTRUTURAL COESO E ESTATICAMENTE EFICIENTE
- A DEPENDER DO TIPO DE EQUIPAMENTO UTILIZADO – E DA NECESSIDADE PREVISTA EM PROJETO – AS PRENSAS ASSUMEM TAMBÉM AS VEZES DE MODELADORAS DOS DESENHOS FINAIS DAS PEÇAS ESTRUTURAIS (EIXOS CURVOS OU RETOS, POR EXEMPLO)



[PINTEREST, 2022]

MLC:

MONTAGEM ESTRUTURAL SOBREPOSTA E PARALELA (EM UMA ÚNICA DIREÇÃO), ADESIVADA EM UMA DAS FACES, COM DISPOSIÇÃO LONGITUDINAL DE ACORDO COM AS FIBRAS DA MADEIRA







■ PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MLC

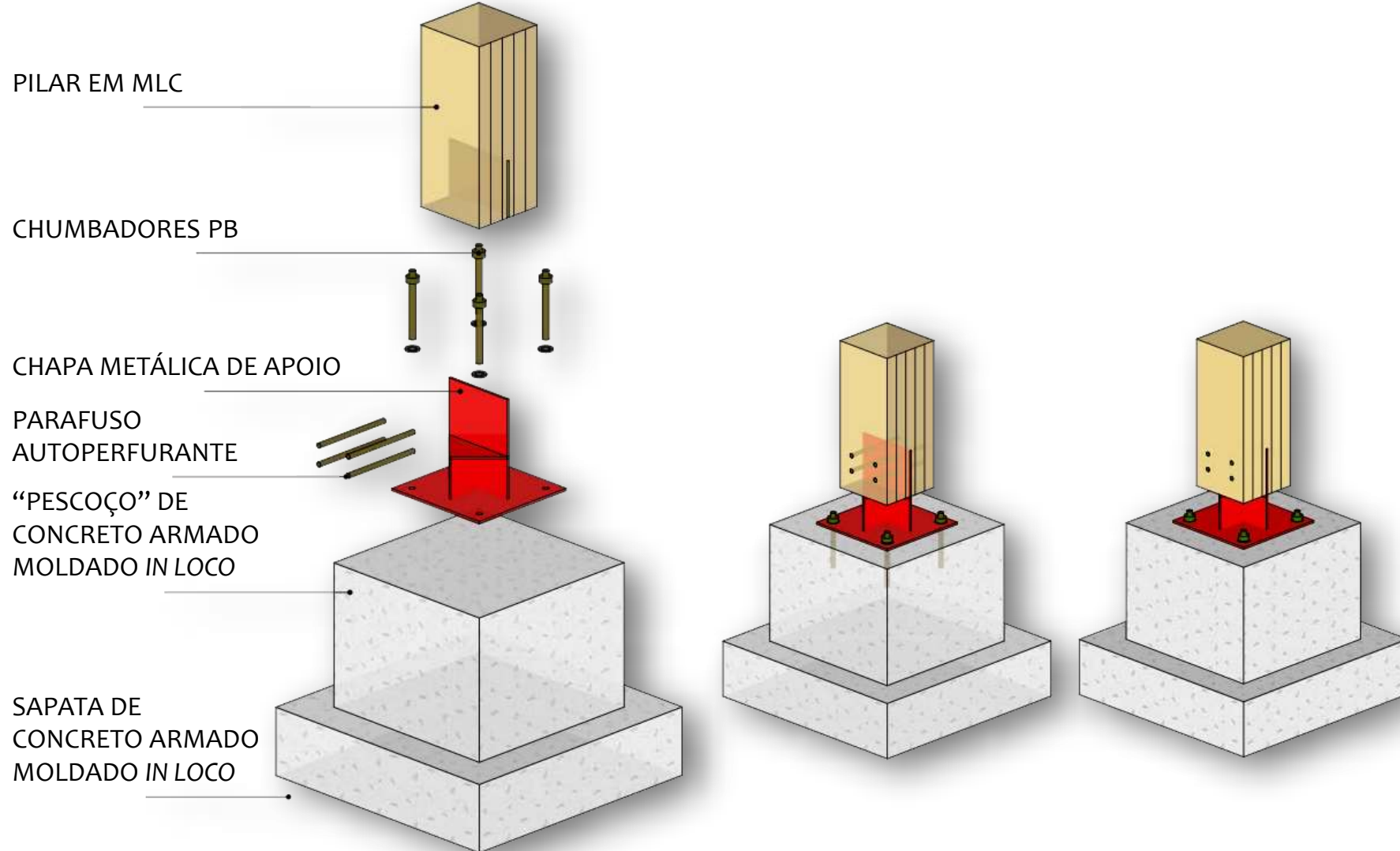
f. POLIMENTO, PROTEÇÃO E FINALIZAÇÃO:

- ESTA É PRATICAMENTE A ÚLTIMA ETAPA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MADEIRA LAMINADA COLADA
- ANTES DO EMPACOTAMENTO, DO ESTOCAMENTO TEMPORÁRIO E DA ENTREGA DO PRODUTO PRONTO PARA INSTALAÇÃO NO CANTEIRO DE OBRAS, AS ESTRUTURAS EM MLC SÃO SUBMETIDAS ÀS FASES DE FINALIZAÇÃO, NAS QUAIS SÃO LIXADAS E POLIDAS, PARA ENTÃO RECEBEREM (A DEPENDER DO CASO), CAMADAS DE ELEMENTOS QUÍMICOS DE PROTEÇÃO E/OU DE CONSERVAÇÃO, COMO SELANTES E VERNIZES (AS QUAIS PODEM SER EVENTUALMENTE REFORÇADAS DEPOIS DA INSTALAÇÃO FINAL)

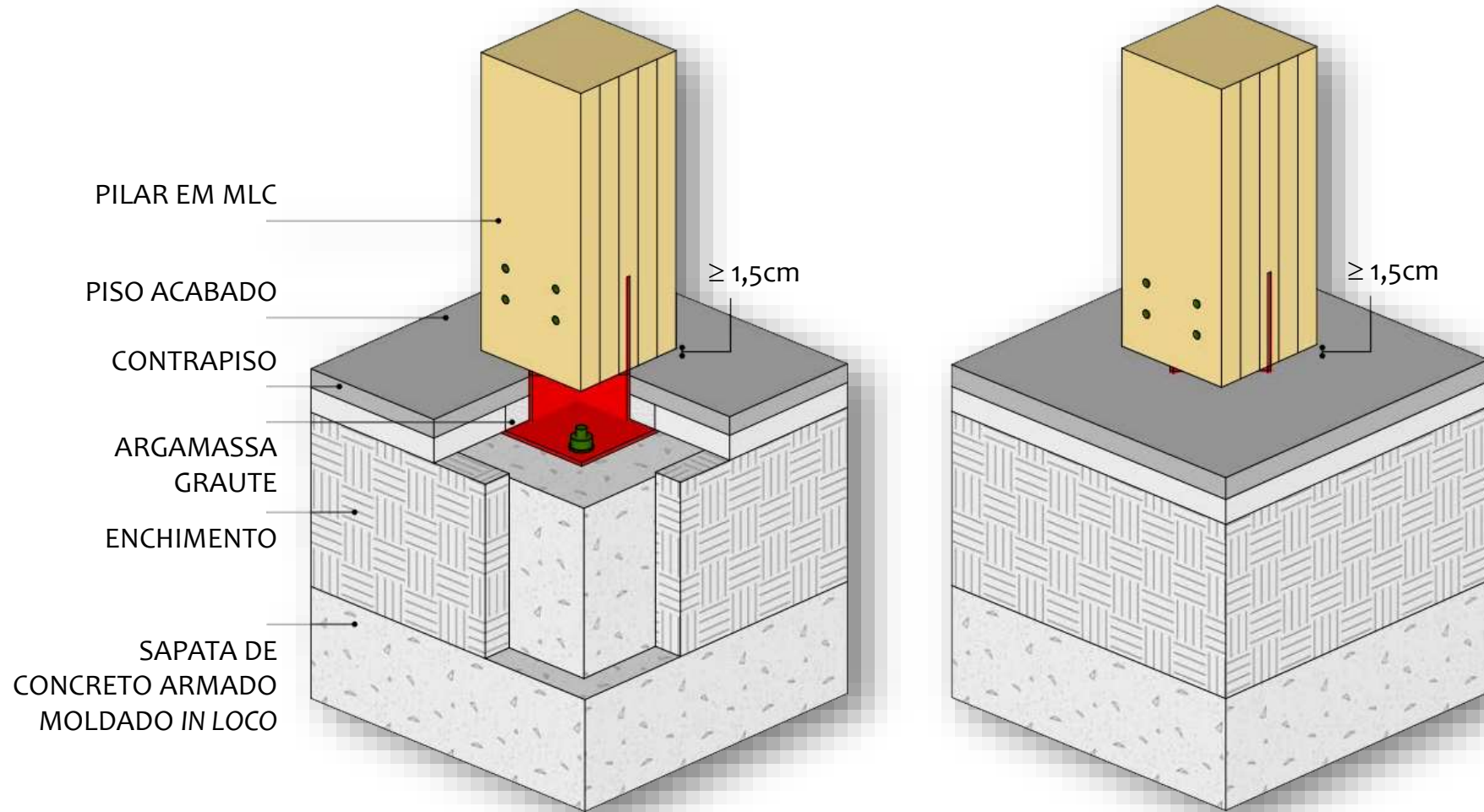




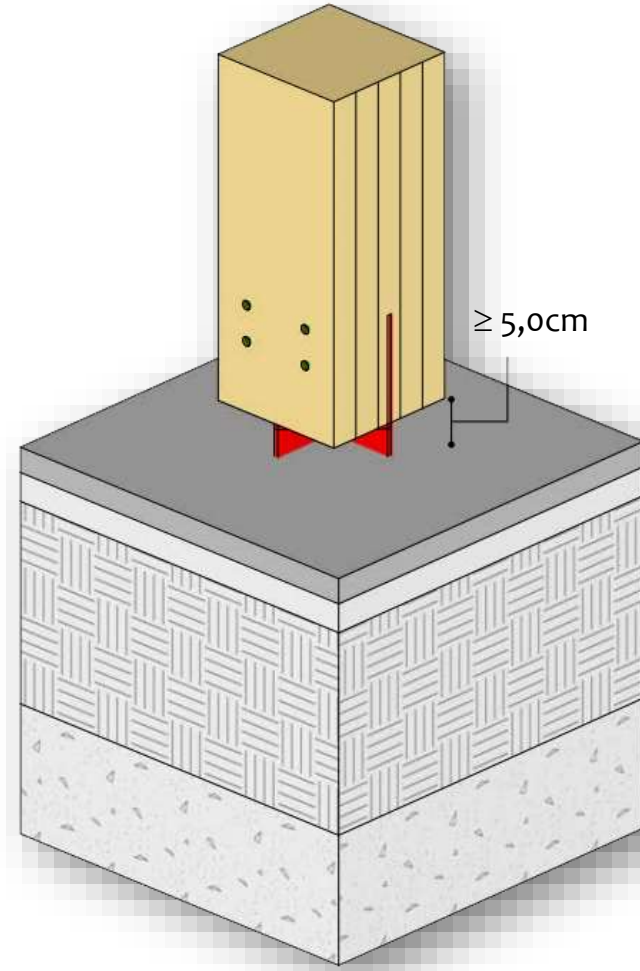
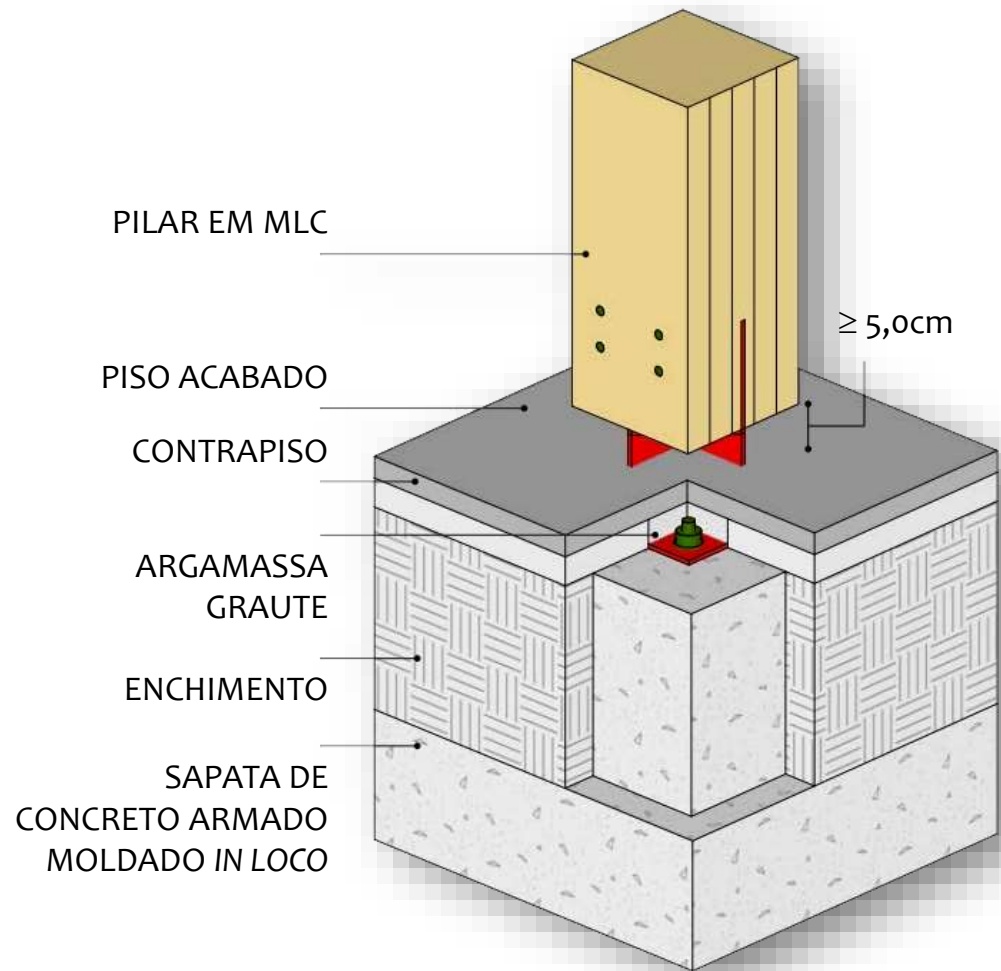
FIXAÇÃO DO PILAR NA FUNDAÇÃO



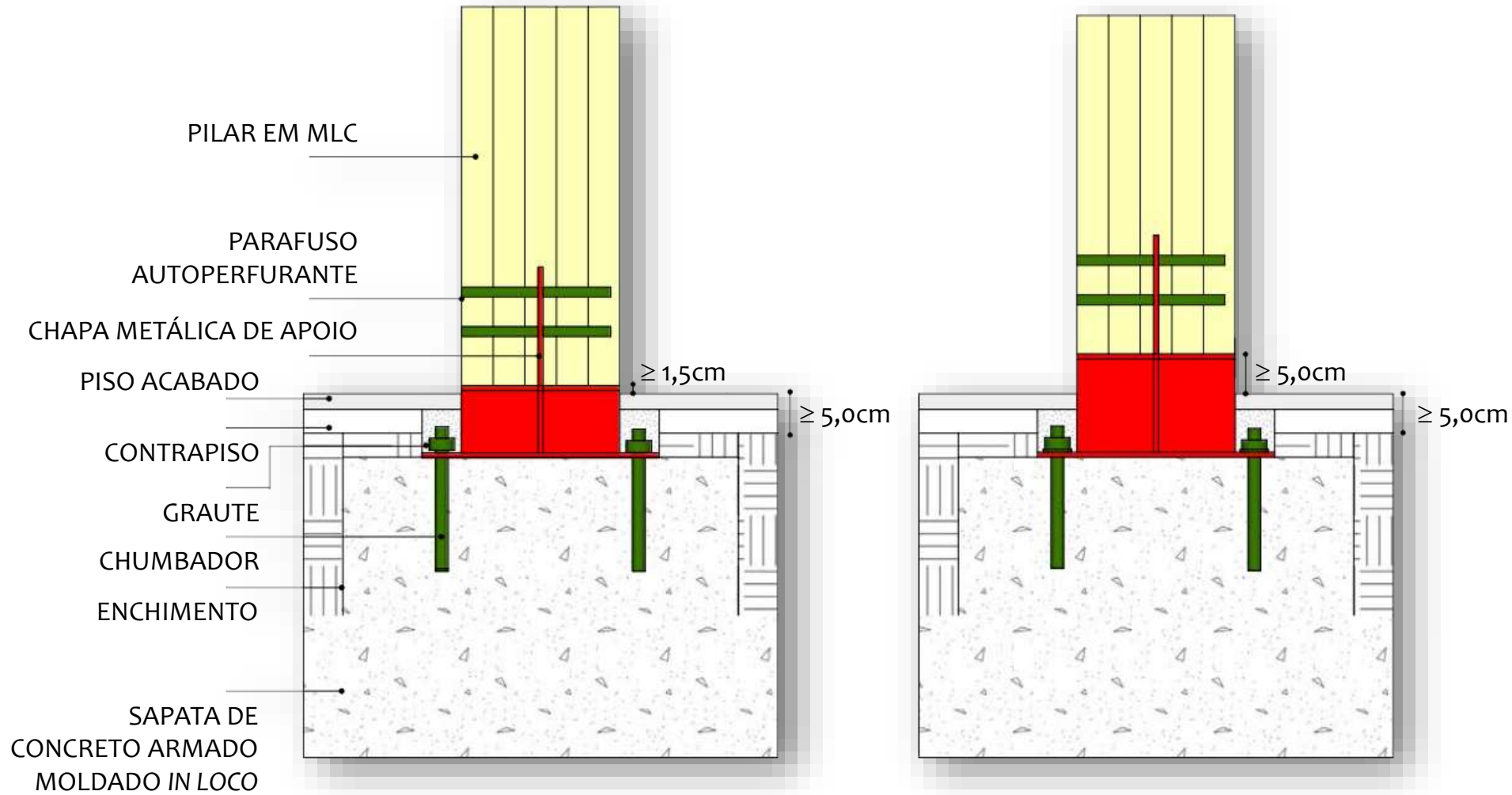
FIXAÇÃO DO PILAR NA FUNDAÇÃO EM ÁREA INTERNA SECA



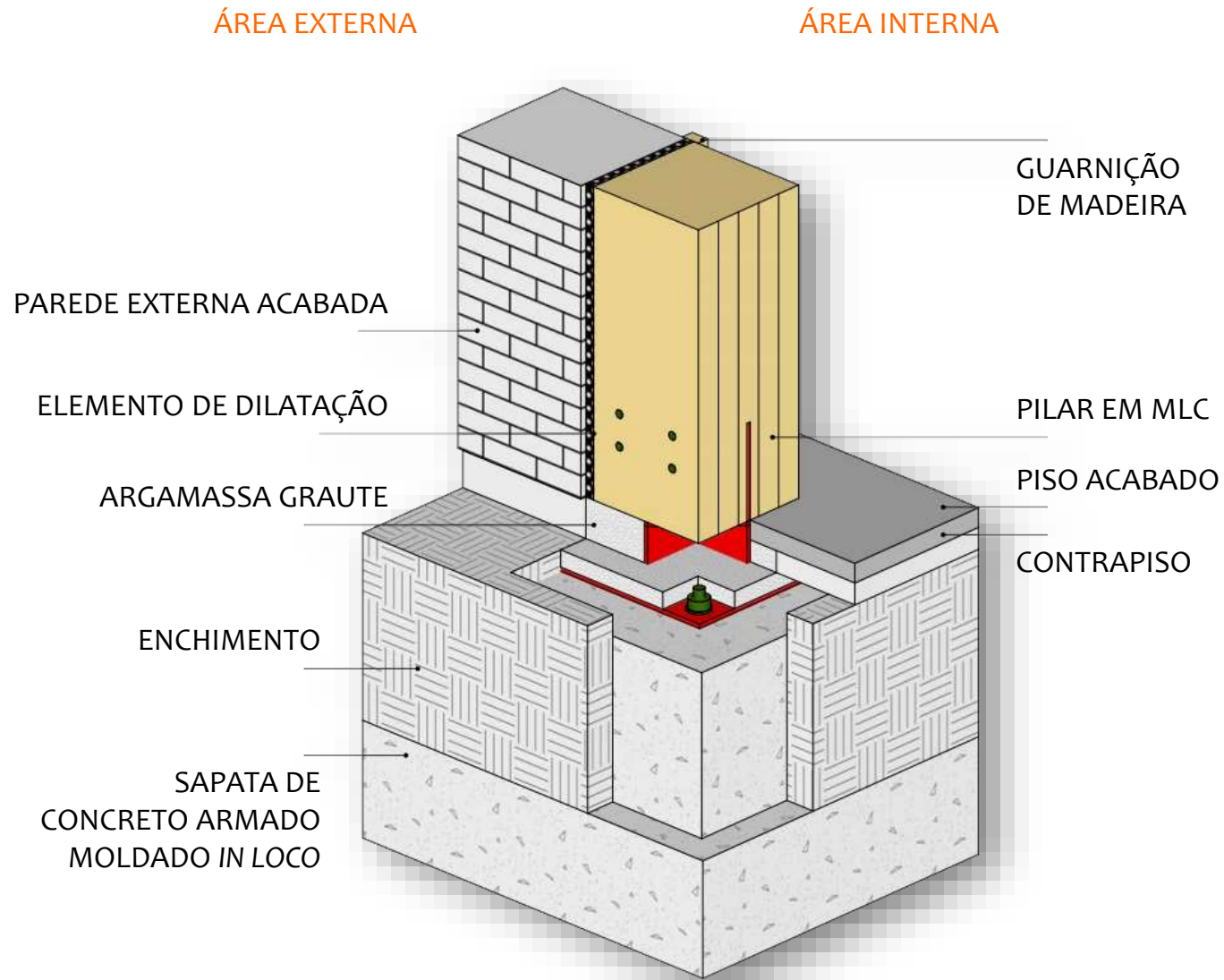
FIXAÇÃO DO PILAR NA FUNDAÇÃO EM ÁREA INTERNA MOLHADA



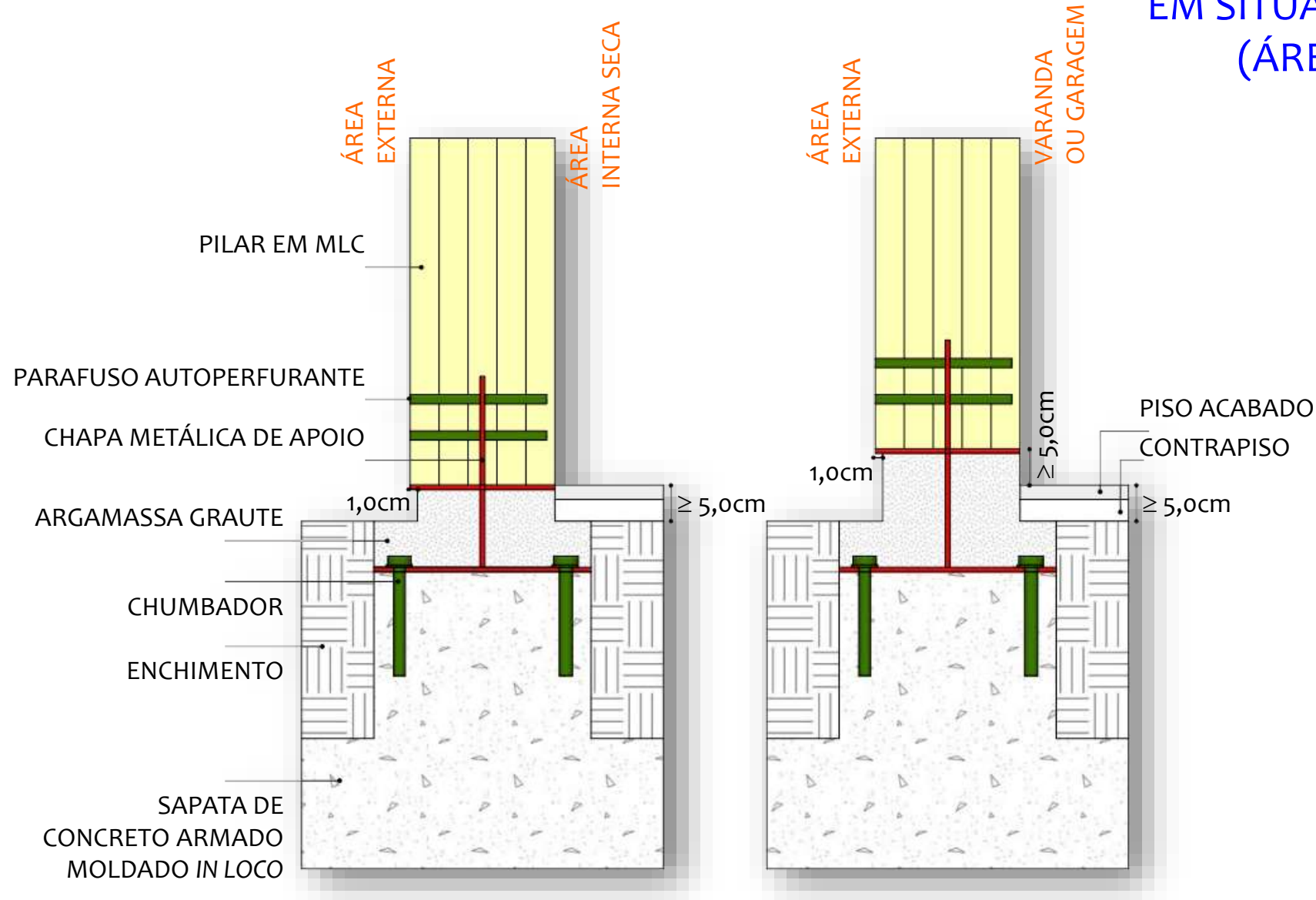
FIXAÇÃO DO PILAR NA FUNDAÇÃO EM ÁREAS INTERNAS SECA E MOLHADA



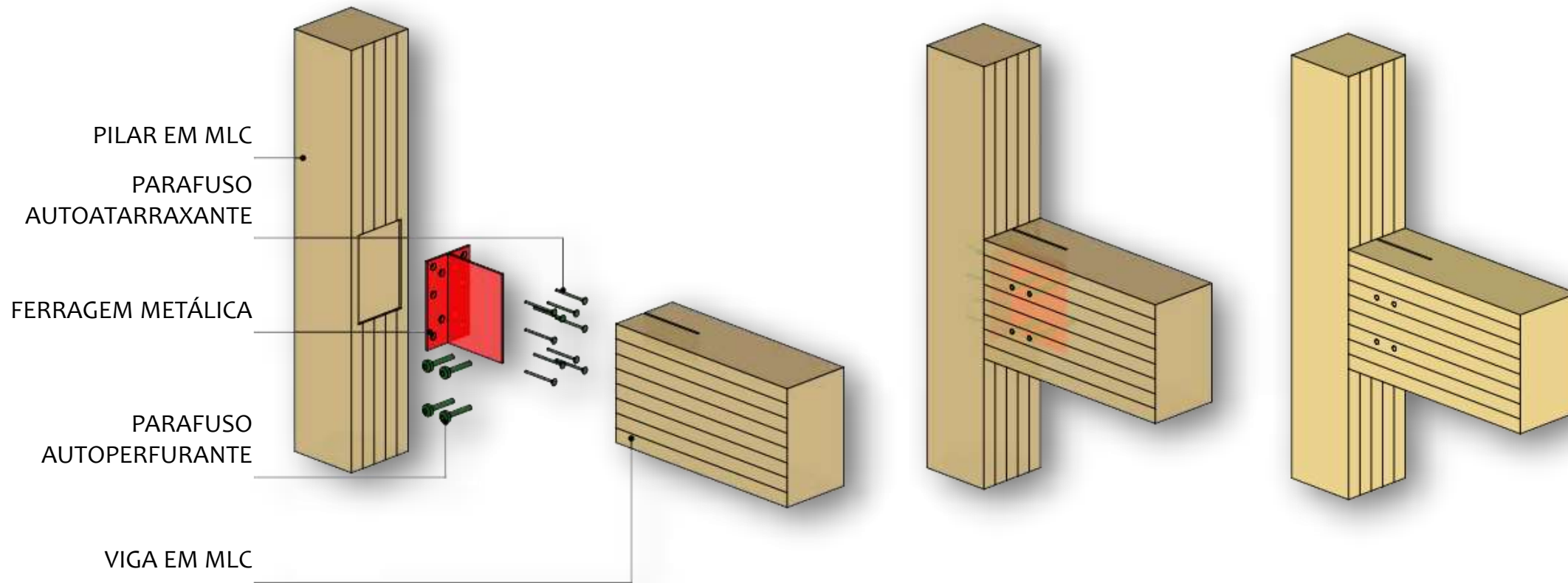
FIXAÇÃO DO PILAR NA FUNDAÇÃO EM SITUAÇÃO LIMITE DE CONSTRUÇÃO (ÁREA EXTERNA X ÁREA INTERNA)



FIXAÇÃO DO PILAR NA FUNDAÇÃO EM SITUAÇÃO LIMITE DE CONSTRUÇÃO (ÁREA EXTERNA X ÁREA INTERNA)



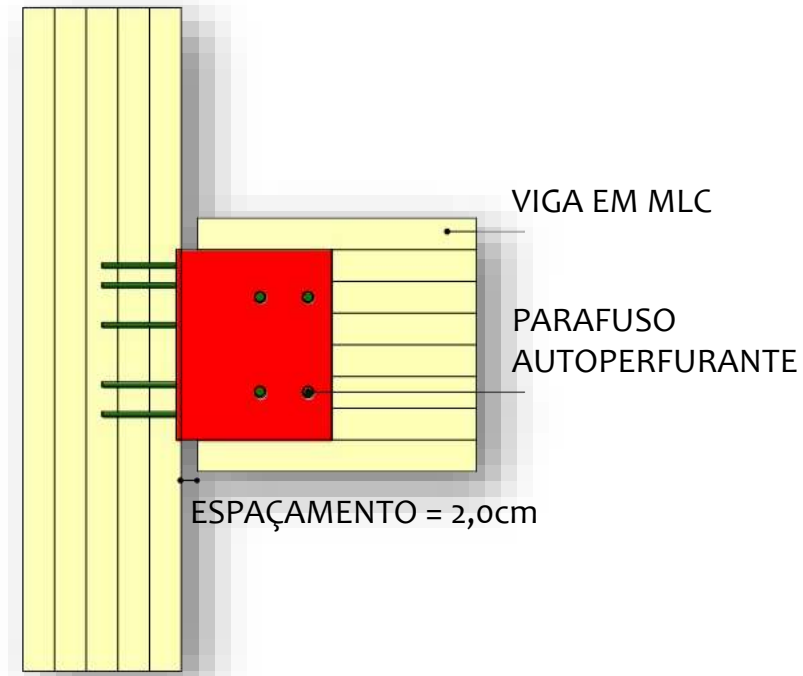
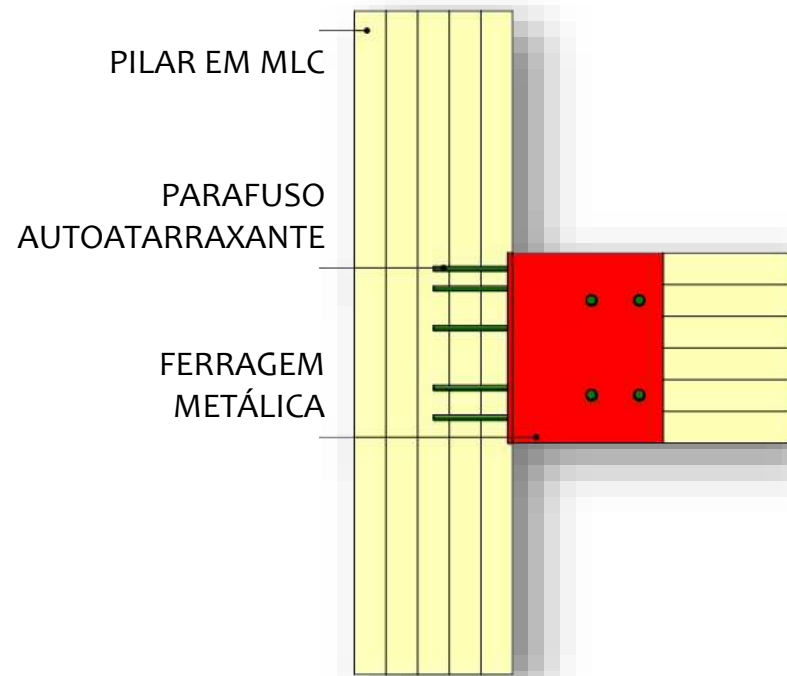
FIXAÇÃO DE VIGA NA LATERAL DO PILAR



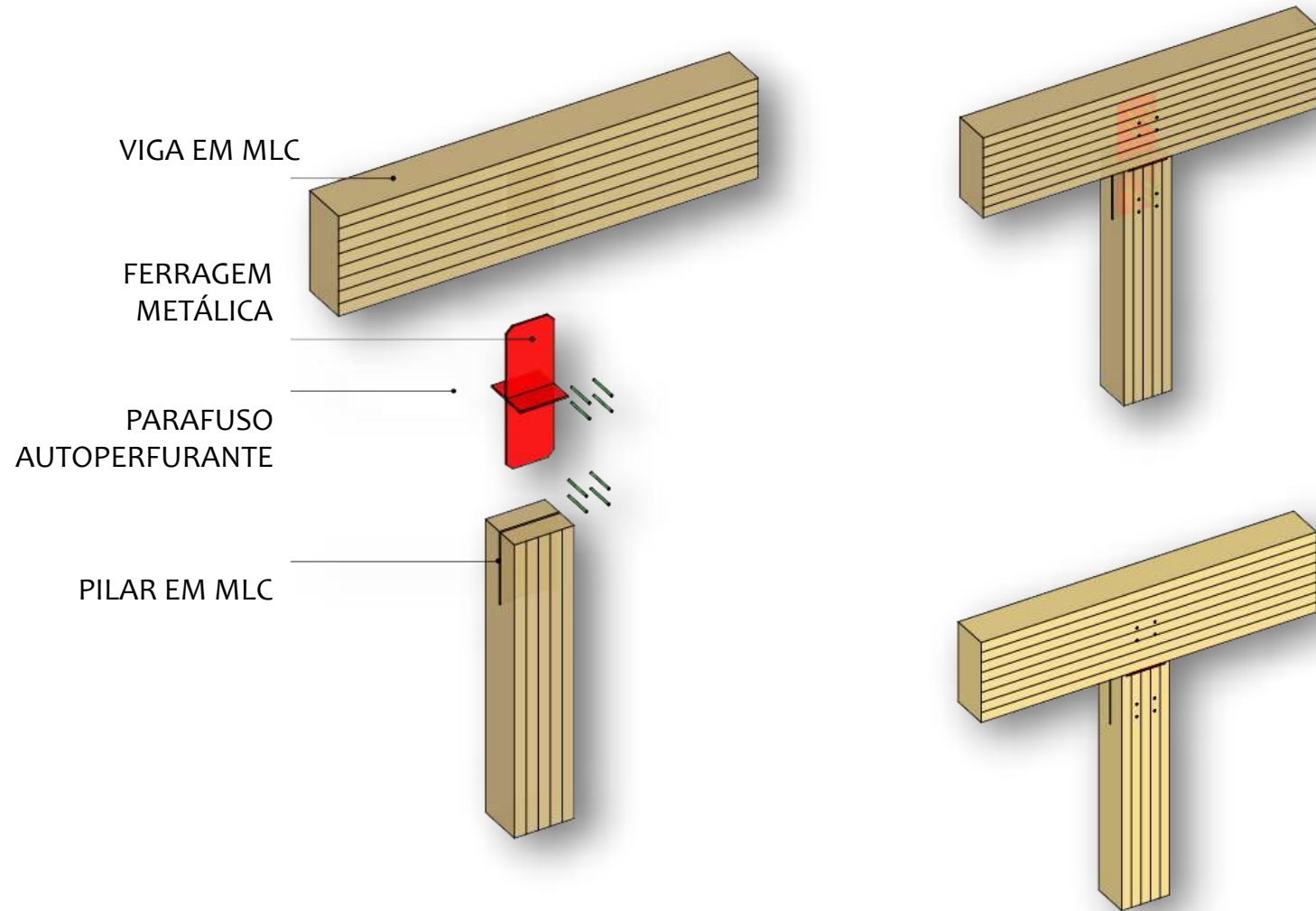
FIXAÇÃO DE VIGA NA LATERAL DO PILAR (ÁREA INTERNA X ÁREA EXTERNA)

ÁREA INTERNA

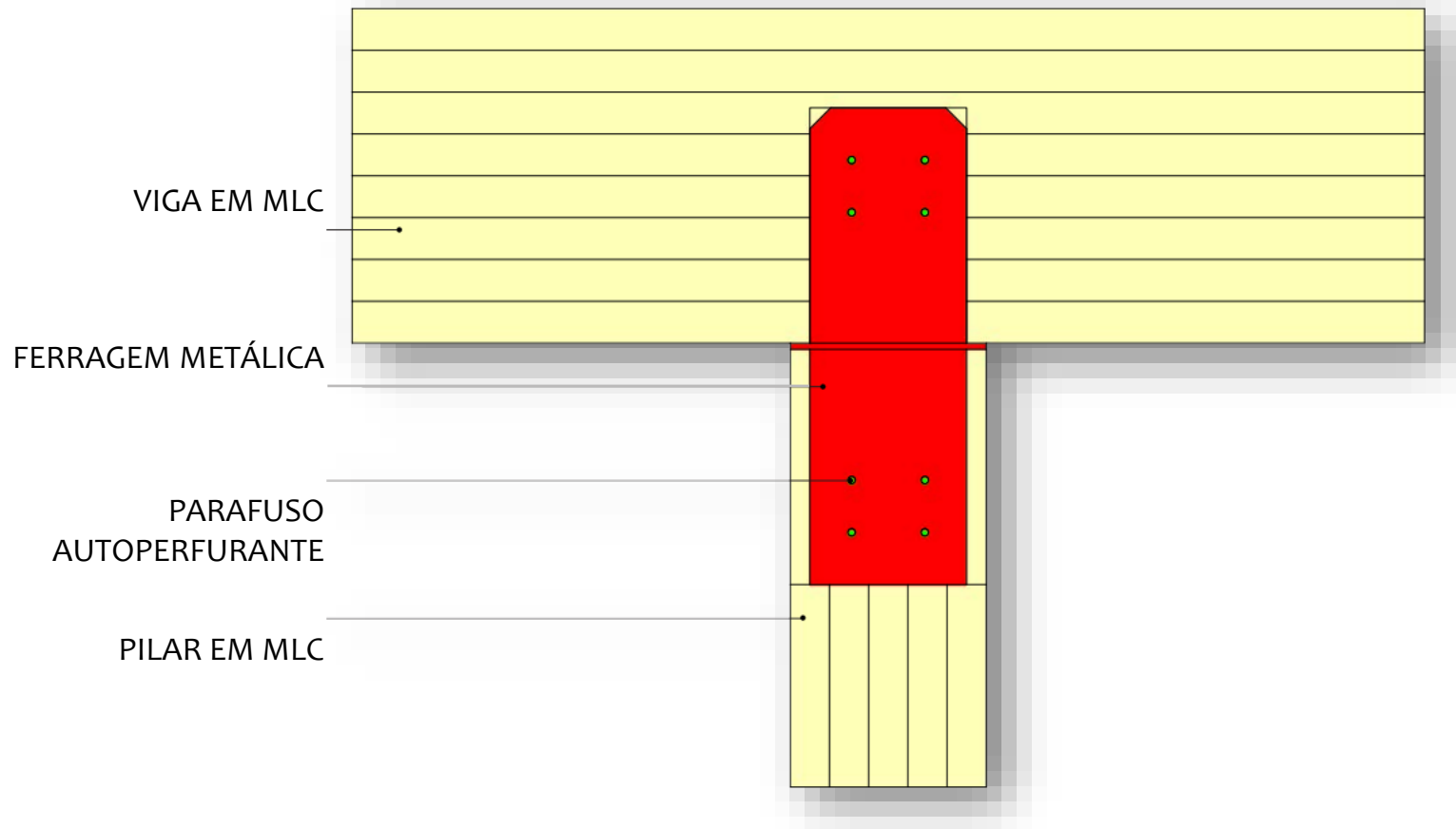
ÁREA EXTERNA



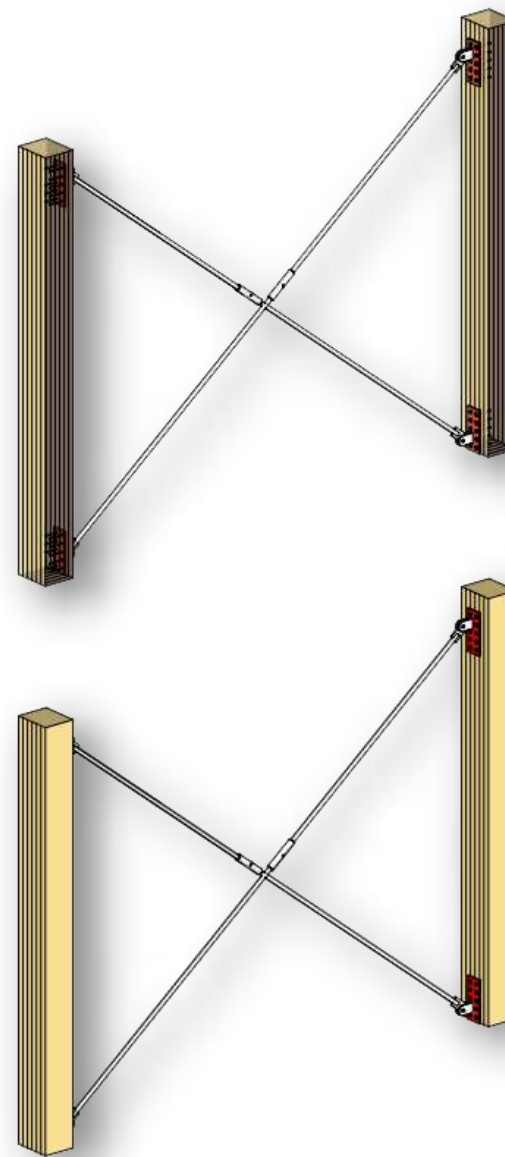
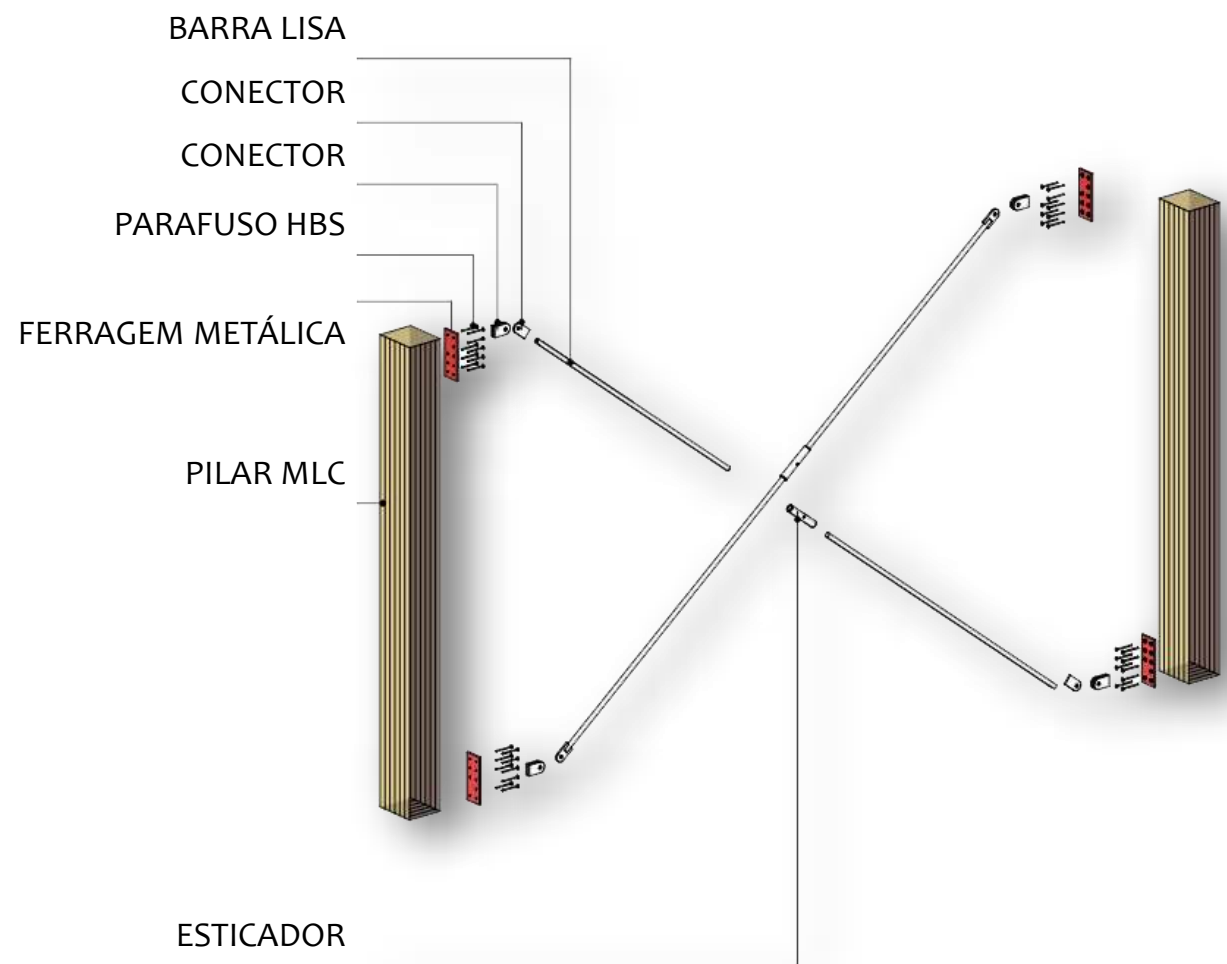
FIXAÇÃO DE VIGA NO TOPO DO PILAR



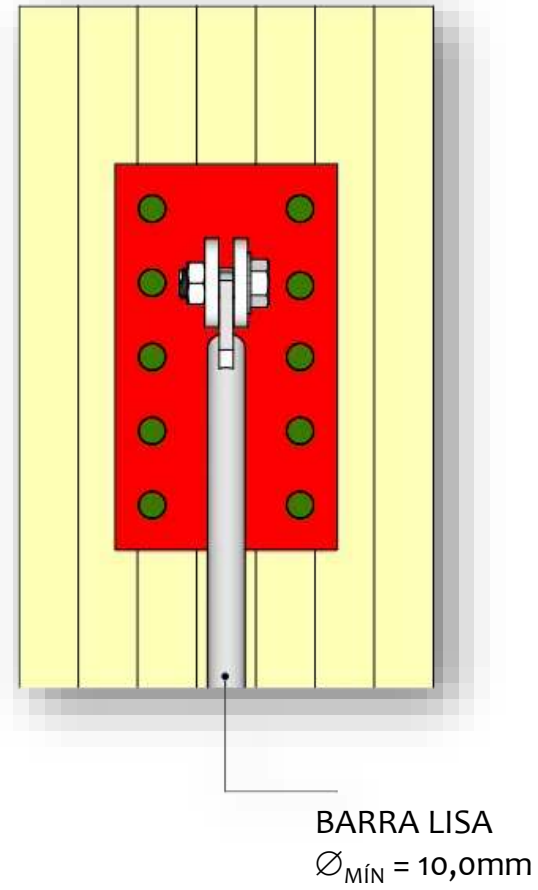
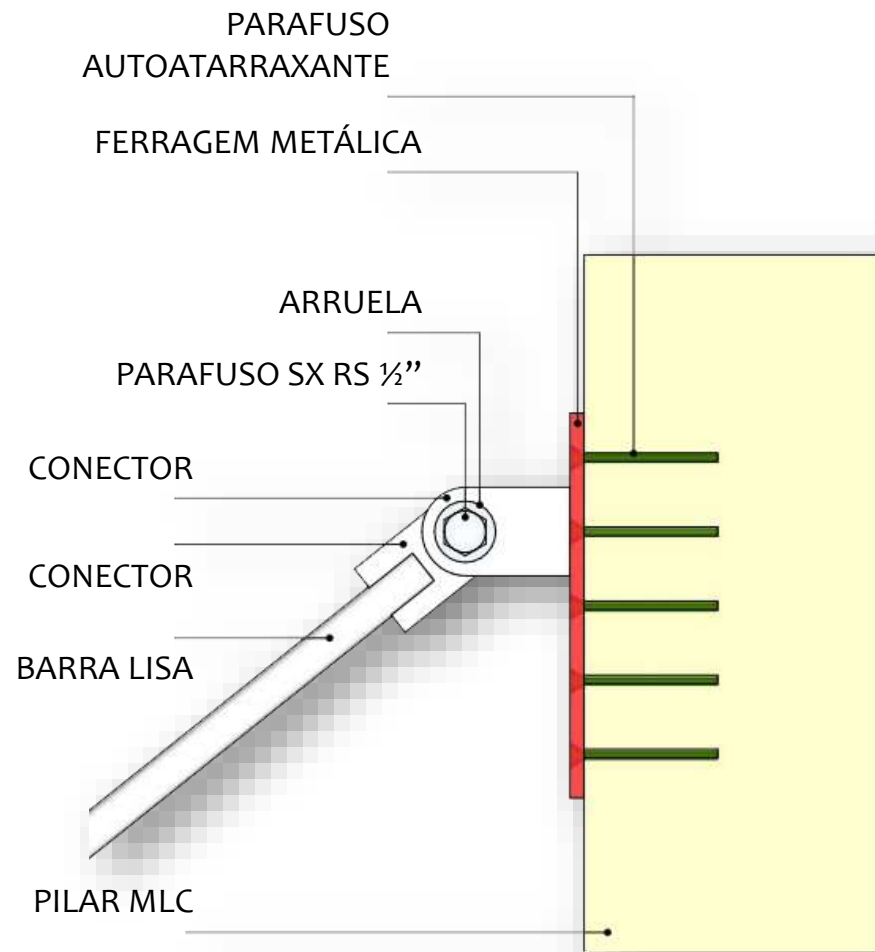
FIXAÇÃO DE VIGA NO TOPO DO PILAR



CONTRAVENTAMENTO DE PILARES



CONTRAVENTAMENTO DE PILARES



IMPORTANTE:
PREFERENCIALMENTE NÃO SE INSTALAM CAIXILHOS NOS VÃOS QUE RECEBEM OS CONTRAVENTAMENTOS





2. MADEIRA MICROLAMINADA - MM

■ CARACTERÍSTICAS GERAIS

- A MADEIRA MICROLAMINADA (OU *LAMINATED VENEER LUMBER* – LVL; OU LAMINADO DE FOLHAS (OU DE CHAPAS) PARALELAS) FOI DESENVOLVIDA NA DÉCADA DE 1970, SENDO HOJE USADA PARA APLICAÇÕES ESTRUTURAIS PERMANENTES, INCLUINDO VIGAS, CAIBROS, TERÇAS E RIPAS
- EM FUNÇÃO DE SEU ALTO DESEMPENHO, É COMPARÁVEL EM RESISTÊNCIA À MADEIRA MACIÇA, AO CONCRETO E AO AÇO
- O LVL PODE SER UTILIZADO EM TODOS OS CASOS EM QUE SEJA ADOTADA A MADEIRA SERRADA

■ FABRICAÇÃO

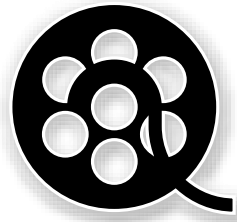
- UMA DAS VANTAGENS DO LVL É PODER SER PRODUZIDO EM PRATICAMENTE QUALQUER COMPRIMENTO – DESDE QUE CONSIDERADAS AS RESTRIÇÕES LOGÍSTICAS IMPLÍCITAS A CADA OBRA EM PARTICULAR
- SUA FABRICAÇÃO BASEIA-SE NA UNIÃO DE FOLHEADOS ROTATIVOS DE MADEIRA DESCASCADA OU CORTADA SOB ALTOS ÍNDICES DE CALOR E DE PRESSÃO
- ANTES DA LAMINAÇÃO, OS FOLHEADOS SÃO SECOS E SUAS RESPECTIVAS FIBRAS SÃO ORIENTADAS NECESSARIAMENTE NA MESMA DIREÇÃO
- ESSE CUIDADO TORNA O LVL MAIS FORTE, MAIS PLANO (OU RETO) E MAIS UNIFORME DO QUE A MADEIRA SÓLIDA, AJUDANDO-O ATÉ A SUPERAR ALGUMAS DAS LIMITAÇÕES NATURAIS DA MADEIRA, ESPECIALMENTE AQUELAS DERIVADAS DE IMPERFEIÇÕES (COMO NÓS, GRETAS OU FENDAS, POR EXEMPLO)

■ PROPRIEDADES

- O CUIDADO NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DÁ AO PRODUTO CERTAS **CARACTERÍSTICAS ORTOTRÓPICAS** (DIFERENTES PROPRIEDADES MECÂNICAS RELATIVAS A DIFERENTES EIXOS) DE MANEIRA SEMELHANTE ÀS PROPRIEDADES DA MADEIRA SERRADA, AO INVÉS DAS **QUALIDADES ISOTRÓPICAS** (MESMAS PROPRIEDADES MECÂNICAS EM CADA DIREÇÃO), COMO O QUE SE DÁ NOS PLANOS DE COMPENSADOS
- A DURABILIDADE ADICIONAL SURGIDA PELO FATO DE SER ESTE UM PRODUTO DE MADEIRA PROJETADA (OU ENGENHEIRADA) SIGNIFICA QUE O LVL É MENOS PROPENSO A ENCOLHER OU A DEFORMAR
- O LVL TAMBÉM PODE SUPORTAR CARGAS MAIS PESADAS E PERCORRER DISTÂNCIAS MAIORES (OU VENCER MAIORES VÃOS) QUE A MADEIRA NORMAL

■ PROPRIEDADES

- A CAPACIDADE DE CORTAR AS FOLHAS DE MADEIRA MICROLAMINADA EM DIFERENTES FORMAS PERMITE A INOVAÇÃO ESTRUTURAL POR MEIO, POR EXEMPLO, DE DESENHOS ANGULARES E/OU CURVOS
- O LVL FORNECE UM MATERIAL DE CONSTRUÇÃO ECONÔMICO E SUSTENTÁVEL, PROPORCIONANDO ALTA CONFIABILIDADE E RESISTÊNCIA ESTRUTURAL
- **IMPORTANTE:**
 - **NÃO CONFUNDIR LVL COM MLC.** O LVL SUBSTITUI AS VIGAS SERRADAS, SENDO REALMENTE ECONÔMICO (PODENDO CHEGAR A 12,0m DE COMPRIMENTO – ALGO DIFICILMENTE ENCONTRADO EM VIGAS DE MADEIRA *IN NATURA*). JÁ A MLC É MAIS INDICADA PARA GRANDES VÃOS OU PARA ESTRUTURAS APARENTES (INTERNAS OU EXTERNAS), POIS O ACABAMENTO FINAL É MAIS PRECISO, MAS MAIS CARO



METSÄ WOOD – KERTO [PRODUCTION PROCESS]

[“METSÄ WOOD KERTO® LAMINATED VENEER LUMBER (LVL)” – PRODUCTION VIDEO”, EM: https://www.youtube.com/watch?v=qNMCu4MMx_o]

PAVILHÃO SERPENTINE

LONDRES – REINO UNIDO (2005)

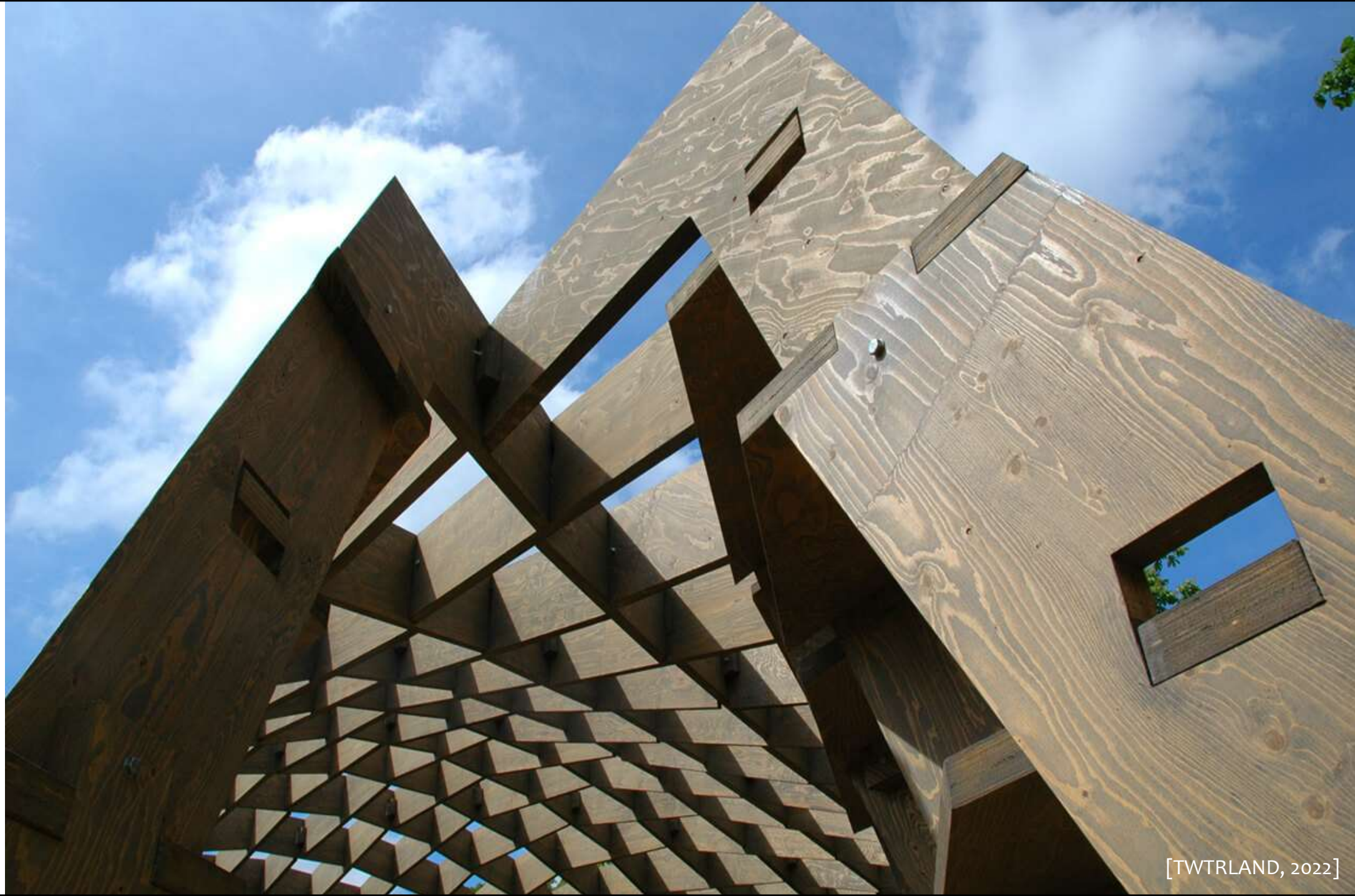
ÁLVARO SIZA VIEIRA E EDUARDO SOUTO DE MOURA





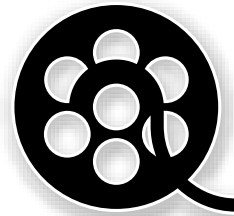






[TWTRLAND, 2022]





PAVILHÃO SERPENTINE 2005

[“JULIA PEYTON-JONES INTERVIEW: SERPENTINE PAVILION 2005”, EM: <https://www.youtube.com/watch?v=z2drmrkpPHU>]

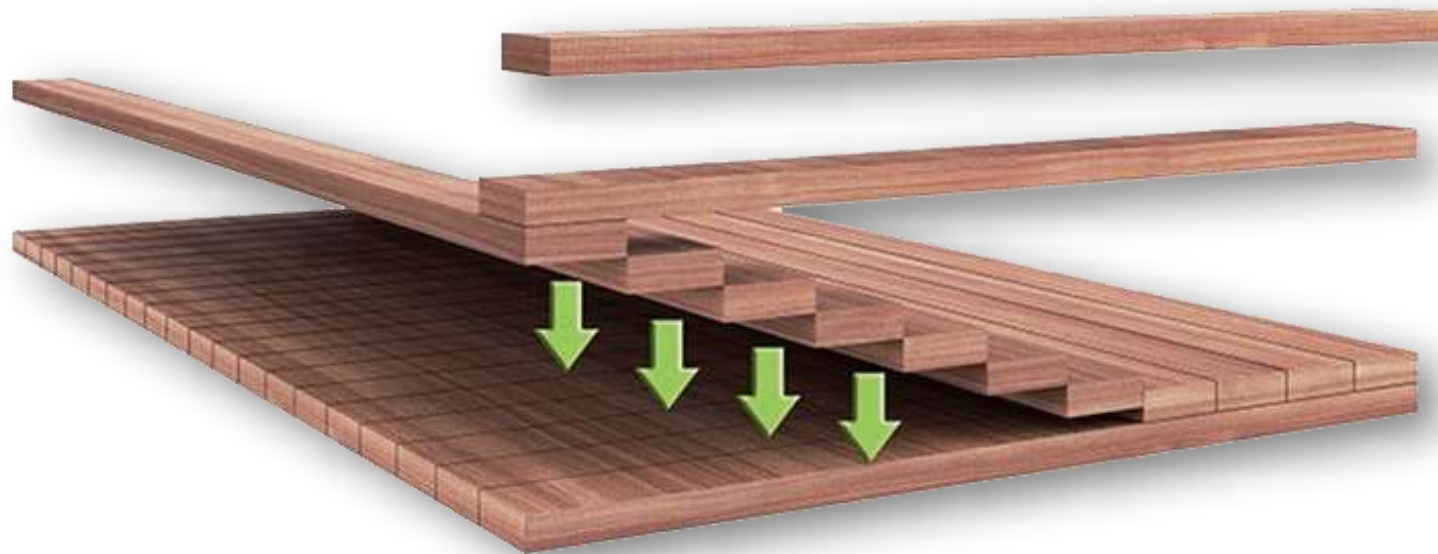
3. MADEIRA LAMINADA COLADA CRUZADA

■ CARACTERÍSTICAS GERAIS

- A MADEIRA LAMINADA É O RESULTADO DA UNIÃO DE TÁBUAS OU DE LÂMINAS PARA FORMAR UMA ÚNICA UNIDADE ESTRUTURAL, GERANDO ELEMENTOS LINEARES, CURVOS OU RETOS, MAS SEMPRE LINEARES
- COM A CLT, NO ENTANTO, A UNIÃO DE TÁBUAS EM CAMADAS PERPENDICULARES (SEMPRE EM NÚMERO ÍMPAR) PERMITE A FABRICAÇÃO DE PRANCHAS, PLACAS OU SUPERFÍCIES
- TRATA-SE DE UM COMPENSADO FEITO DE TÁBUAS QUE PERMITE ALCANÇAR DIMENSÕES CONSIDERÁVEIS: ENTRE 2,4m E 4,0m DE ALTURA, E ATÉ 12,0m DE COMPRIMENTO (OU MAIS, SE NECESSÁRIO E NORMALMENTE PRODUZIDOS SOB ENCOMENDA)

- CARACTERÍSTICAS GERAIS

- DEVIDO À ORIENTAÇÃO TRANSVERSAL DE CADA UMA DAS CAMADAS LONGITUDINAL E TRANSVERSAL, OS GRAUS DE CONTRAÇÃO E DE DILATAÇÃO DA MADEIRA AO NÍVEL DOS PAINÉIS SÃO REDUZIDOS A UM MÍNIMO IRRELEVANTE, ENQUANTO AS CARGAS ESTÁTICAS E A ESTABILIDADE GLOBAL DA FORMA SÃO CONSIDERAVELMENTE MELHORADAS



[PINTEREST, 2022]

CLT:

MONTAGEM ESTRUTURAL SOBREPOSTA, EM CAMADAS PERPENDICULARES, ADESIVADA EM UMA DAS FACES, COM DISPOSIÇÃO LONGITUDINAL (POR LÂMINA) SEGUNDO AS FIBRAS DA MADEIRA



[CROSSLAM, 2022]



[CROSSLAM, 2022]

■ RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA

- A CLT TEM SIDO CHAMADA DE CONCRETO DO FUTURO. ISSO PORQUE ELA CONSEGUE ALCANÇAR AO MENOS A MESMA RESISTÊNCIA ESTRUTURAL DO CONCRETO ARMADO
- TRATA-SE DE UM MATERIAL COM ALTO GRAU DE FLEXIBILIDADE QUE PRECISARIA PASSAR POR DEFORMAÇÕES SIGNIFICATIVAS PARA QUEBRAR E/OU DESMORONAR, AO CONTRÁRIO DO CONCRETO
- COMPARATIVAMENTE, $1,0\text{m}^3$ DE CONCRETO PESA APROXIMADAMENTE 2,7ton, ENQUANTO $1,0\text{m}^3$ DE CLT CHEGA A 400,0kg, PROPORCIONANDO A MESMA RESISTÊNCIA
- QUANTO ÀS PROPRIEDADES FÍSICAS, PARA ATINGIR O MESMO GRAU DE ISOLAMENTO QUE UMA PAREDE DE CLT DE 100,0mm DE ESPESSURA, POR EXEMPLO, SERIA NECESSÁRIO CONSTRUIR UMA PAREDE DE CONCRETO COM 1,8m DE ESPESSURA (RELAÇÃO DE 1/18).

- RESISTÊNCIA AO FOGO

- NA MADEIRA, O FOGO TENDE A AVANÇAR A UMA TAXA DE 0,7 A 0,8mm/minuto
- ISSO SIGNIFICA DIZER QUE, SE UMA PAREDE DE CLT TIVER 100,0mm, ACABARIA SENDO CONSUMIDA DEPOIS DE MAIS DE 2,0h (MESMO SE SE UTILIZASSE MADEIRA NÃO TRATADA)
- ESTE PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO É DERIVADO DE UMA REAÇÃO NATURAL DA ÁRVORE PARA SE PROTEGER EM SITUAÇÕES DE RISCO QUE PODEM COMPROMETER SUA INTEGRIDADE

■ PRODUÇÃO DE FUMAÇA

- EM RELAÇÃO À FUMAÇA, A PRINCIPAL CAUSA DA MORTE DE PESSOAS EM UM INCÊNDIO, ELA SE MOVE DE UMA SALA PARA OUTRA POR INTERMÉDIO DE FENDAS OU DE ESPAÇOS ABERTOS QUE RESULTAM DO ENCONTRO DOS DIFERENTES MATERIAIS
- SE CONSTRUÍDA CORRETAMENTE, A MADEIRA LAMINADA COLADA CRUZADA (CLT) TORNA-SE HERMÉTICA, POR ISSO É IMPORTANTE DAR ATENÇÃO AOS PEQUENOS ELEMENTOS QUE COMPÕEM A ESTRUTURA FINAL, COMO FERRAGENS, JUNTAS E OUTROS
- NO QUE DIZ RESPEITO À RESISTÊNCIA DE UMA CONSTRUÇÃO COM A CLT, PODE-SE ATRIBUIR 90,0% DA RESPONSABILIDADE ÀS FERRAGENS E JUNTAS, E OS RESTANTES 10,0% À PRÓPRIA MADEIRA

■ CONDICIONANTES AMBIENTAIS

- A UMIDADE E O CLIMA SÃO ALGUMAS DAS AÇÕES PROBLEMÁTICAS QUE INCIDEM SOBRE AS ESTRUTURAS EM MADEIRA
- SE VOLTADAS AO EXTERIOR, SOFREM INFLUÊNCIA DIRETA DO CLIMA. CONSIDERANDO QUE O CLT É UM ELEMENTO GERALMENTE ESTRUTURAL, DEVE-SE PROTEGÊ-LO PARA EVITAR DESGASTE, CORROSÃO E COLAPSO
- PARA TANTO, PODE-SE ADICIONAR NOVAS CAMADAS DE REVESTIMENTO À ESTRUTURA, COMO FIBROCIMENTO, TIJOLOS, PEDRA OU OUTROS
- SE OS PAINÉIS DE CLT FOREM MANTIDOS EXPOSTOS, HÁ UMA SÉRIE DE PROTEÇÕES E ACABAMENTOS QUE AJUDAM A RESGUARDÁ-LO DAS AÇÕES CLIMÁTICAS DIRETAS

- **CONDICIONANTES AMBIENTAIS – PROTEÇÃO**

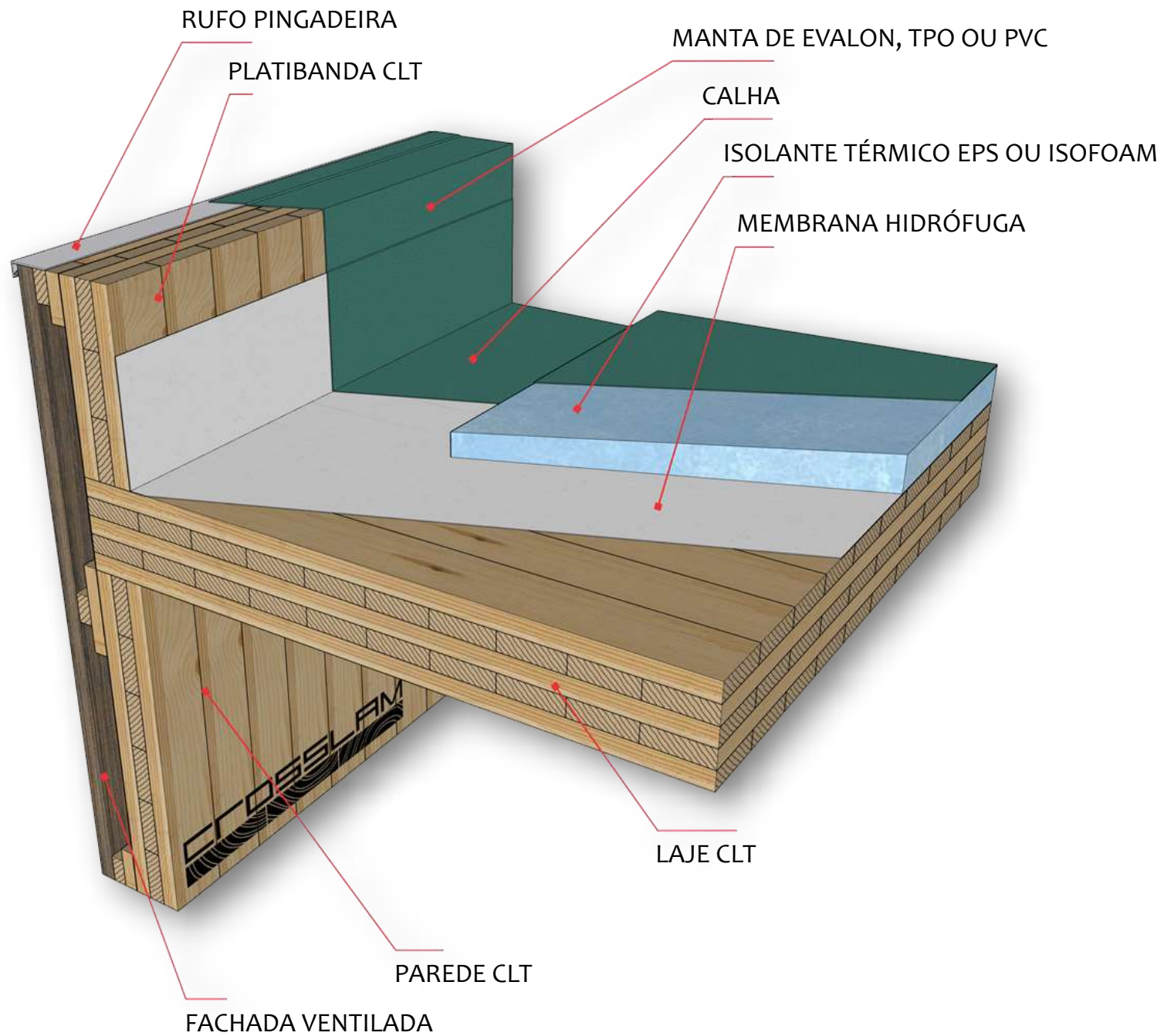
- ÓLEOS VEGETAIS E TINTAS MINERAIS PROTEGEM AS ESTRUTURAS DE MADEIRA, SENDO APLICADOS, POR EXEMPLO, A CADA 5 ANOS (GARANTINDO ATÉ 25 ANOS DE PROTEÇÃO SEM DESPRENDIMENTO OU DESCOLORAÇÃO GERAL)
- OS ÓLEOS VEGETAIS SÃO APLICADOS EM USOS INTERNOS, ENQUANTO AS TINTAS MINERAIS FUNCIONAM MELHOR EM ELEMENTOS AO AR LIVRE
- A APLICAÇÃO DESSES PRODUTOS, INODOROS E DE ALTO DESEMPENHO, NÃO REQUER MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA, DESDE QUE SEJAM SEGUIDAS AS INSTRUÇÕES BÁSICAS COLOCADAS PELOS FORNECEDORES E TOMANDO OS CUIDADOS NECESSÁRIOS

■ NORMATIZAÇÃO

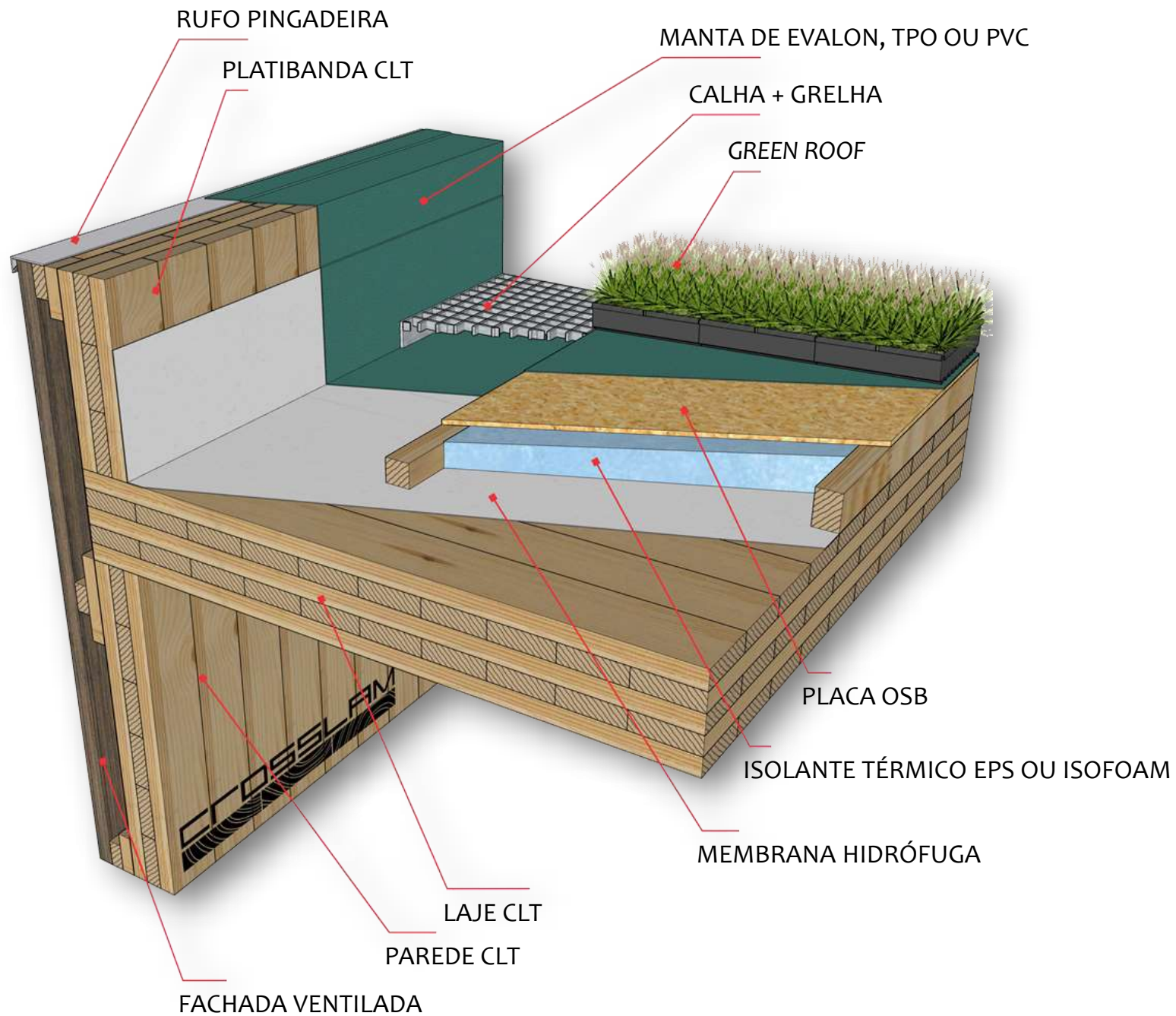
- EM RELAÇÃO ÀS NORMAS, HÁ NO MUNDO REGULAMENTAÇÕES QUE GUIAM O PROJETO E O TRABALHO DE CONSTRUÇÃO COM A CLT, AS QUAIS RESULTAM DA SOMA DOS DIFERENTES ASPECTOS PRESENTES NOS PADRÕES COMUMENTE USADOS EM OBRAS DE CONCRETO E DE MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC)
- EM 2017 FOI PUBLICADO O PADRÃO ATUALMENTE ADOTADO NOS ESTADOS UNIDOS (BASICAMENTE UM RESUMO DAS NORMAS EUROPEIAS)
- NO BRASIL, ATÉ O MOMENTO, NÃO HÁ UMA REGULAMENTAÇÃO NACIONAL OFICIAL QUE MONITORE PROJETOS/CONSTRUÇÕES EM CLT

■ PROJETO E CONSTRUÇÃO

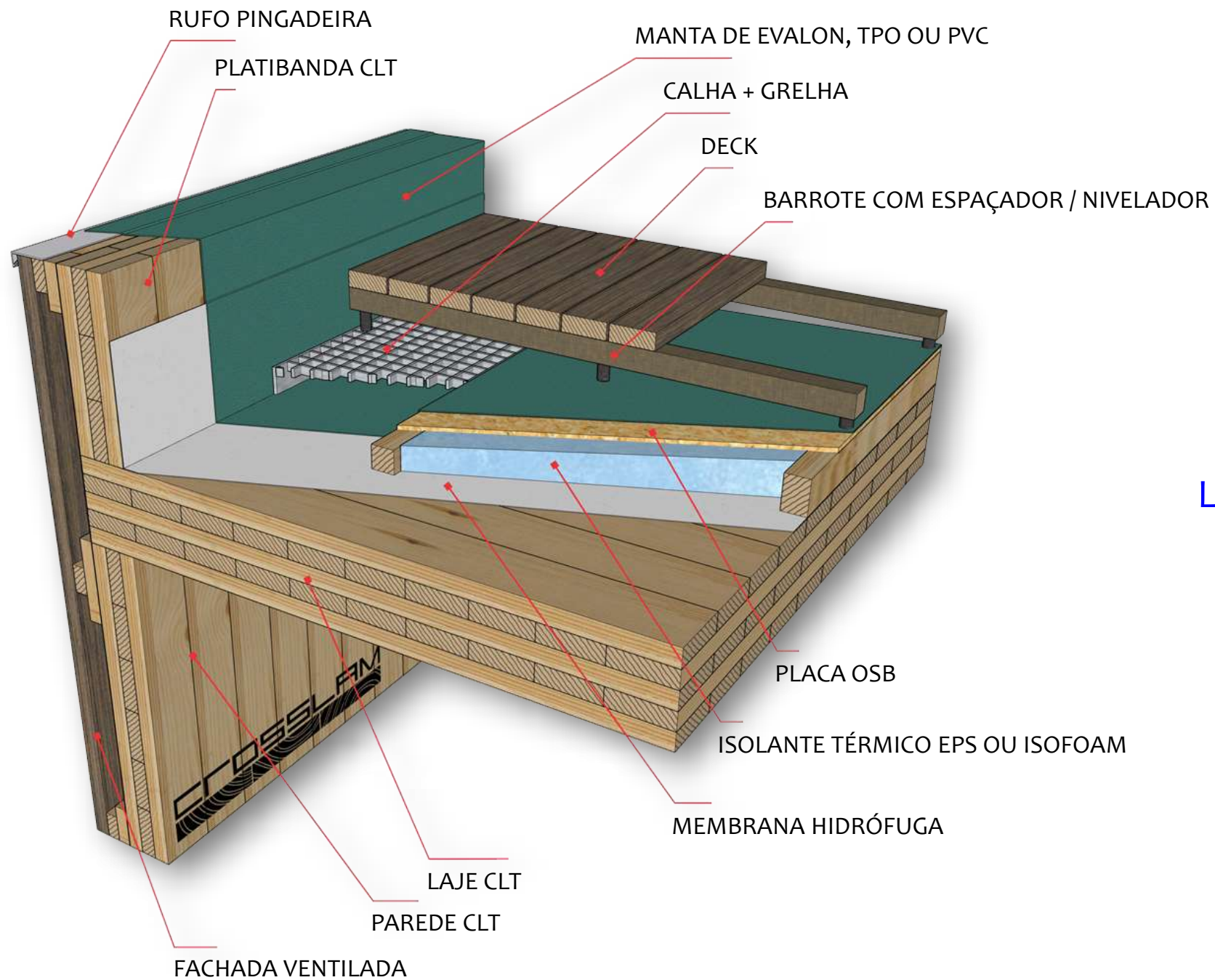
- DURANTE A FABRICAÇÃO, O CLT DEVE SER FEITO COM MADEIRA ESTRUTURAL – CONHECENDO O LIMITE DE RESISTÊNCIA DE CADA PLACA – JÁ QUE A QUALIDADE DO PAINEL SERÁ O RESULTADO DA QUALIDADE DA MADEIRA UTILIZADA
- A ALTA PRECISÃO DAS ESTRUTURAS EM CLT É SEMPRE COMBINADA COM A EXATIDÃO DAS FUNDAÇÕES, POR ISSO AS LAJES EM CONCRETO NÃO PODEM TRAZER IMPERFEIÇÕES (LAJES TAMBÉM EM CLT SÃO NORMALMENTE AS MAIS INDICADAS)
- POR SE TRATAR DE UMA SOLUÇÃO PRÉ-FABRICADA, DIFERENÇAS MILIMÉTRICAS PODEM SER PROBLEMÁTICAS DURANTE A INSTALAÇÃO



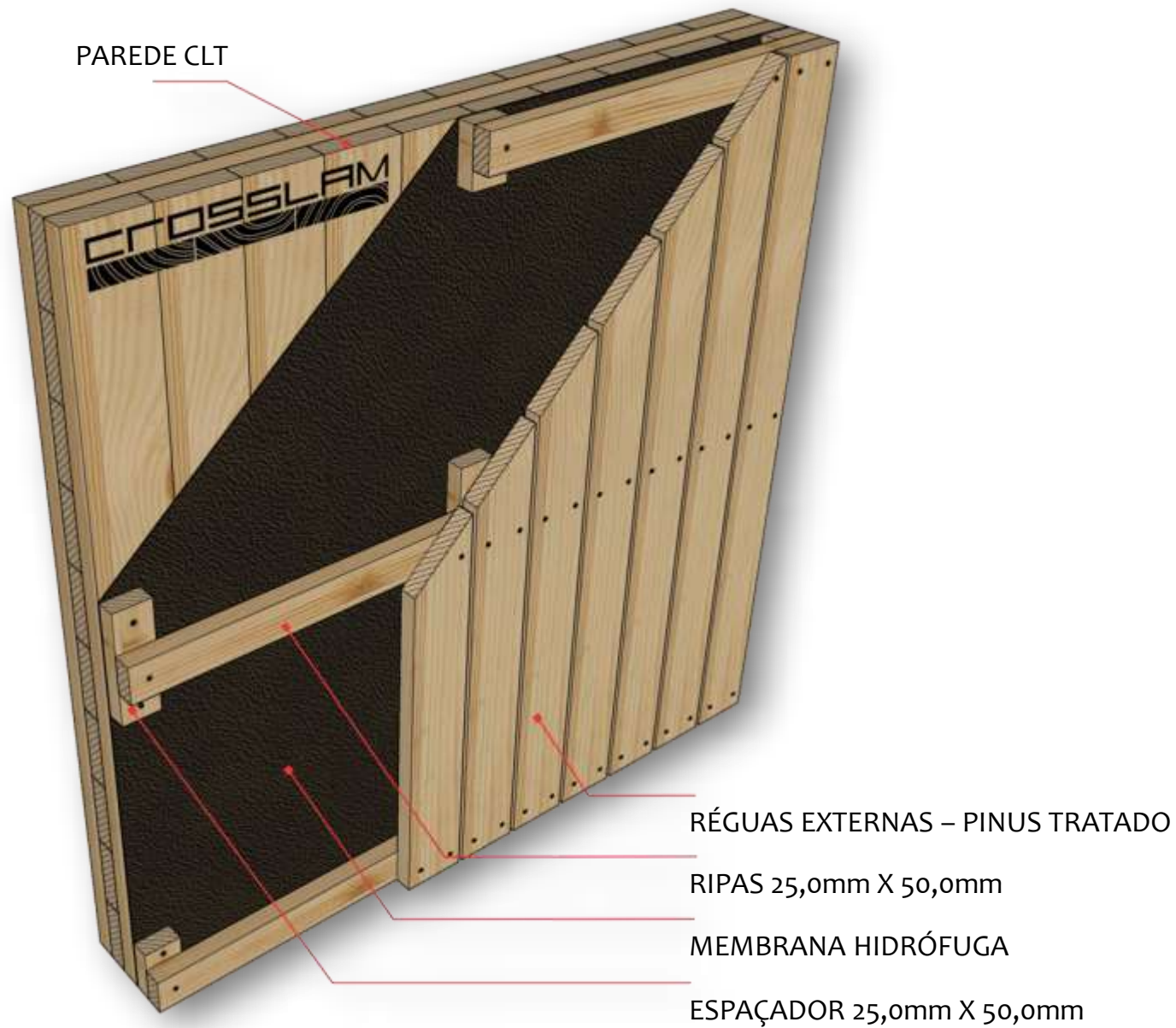
LAJE DE COBERTURA – OPÇÃO 1



LAJE DE COBERTURA – OPÇÃO 2



LAJE DE COBERTURA – OPÇÃO 3



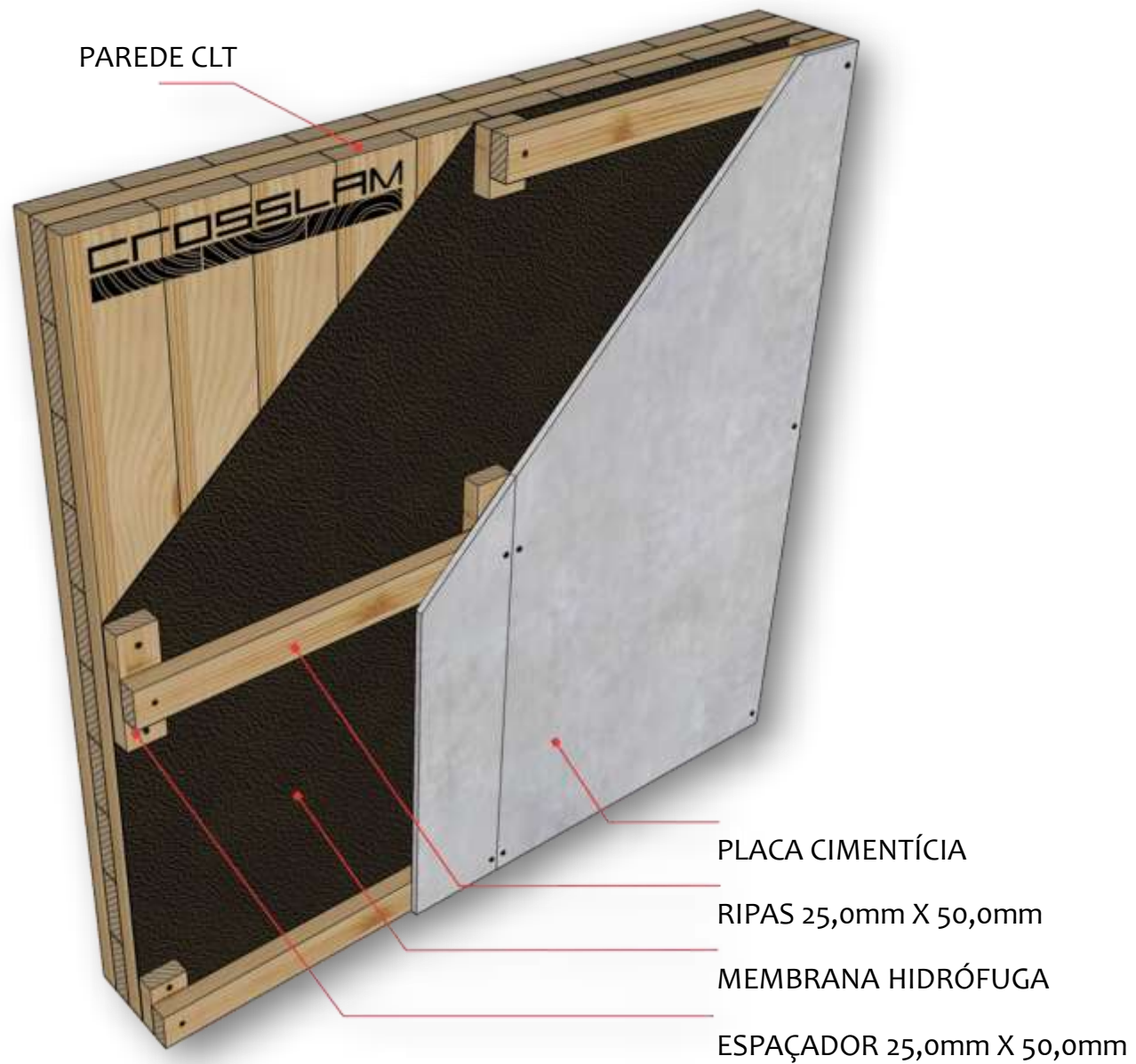
PAREDE EXTERNA – OPÇÃO 1

RÉGUAS EXTERNAS – PINUS TRATADO

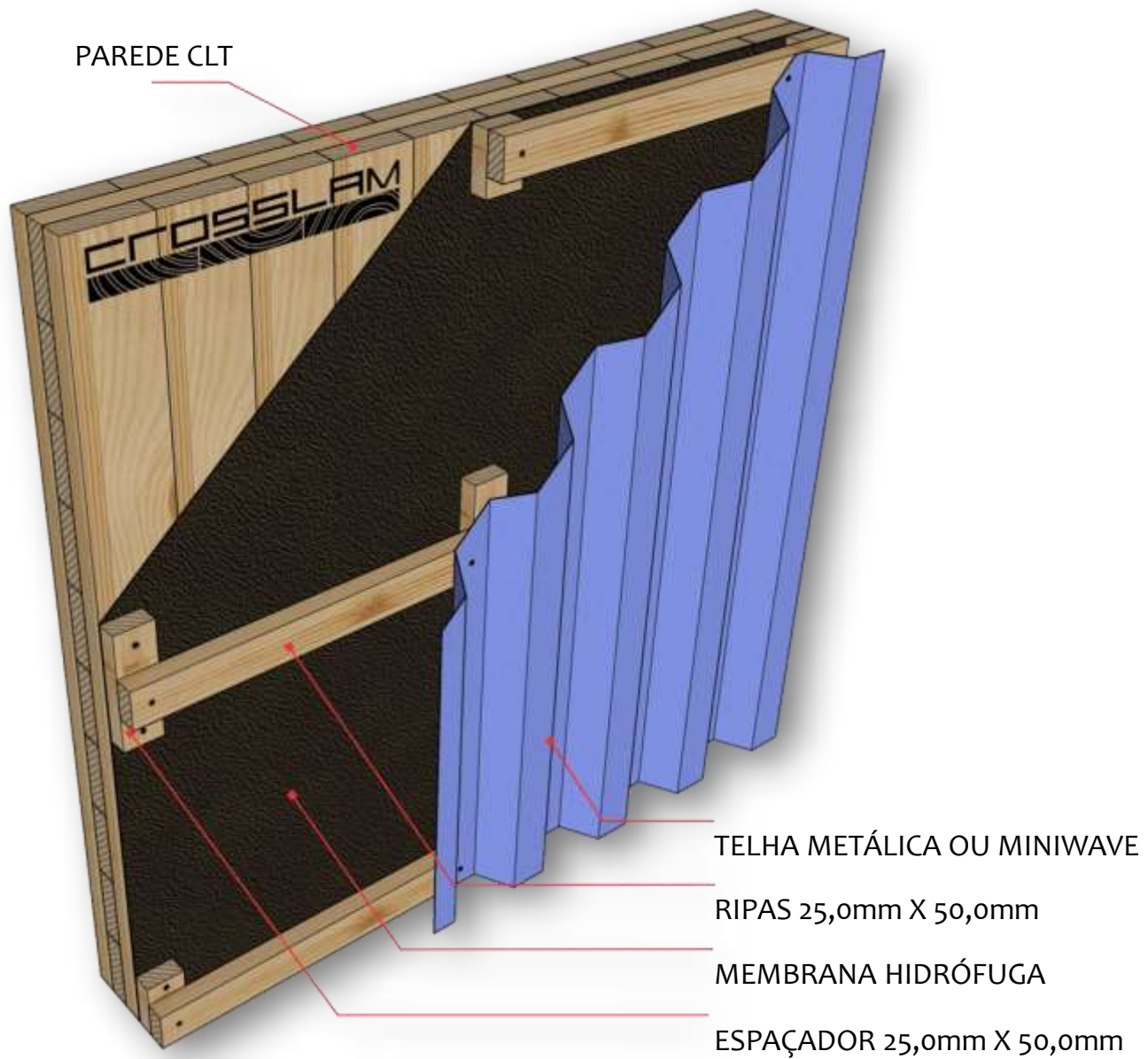
RIPAS 25,0mm X 50,0mm

MEMBRANA HIDRÓFUGA

ESPAÇADOR 25,0mm X 50,0mm



PAREDE EXTERNA – OPÇÃO 2



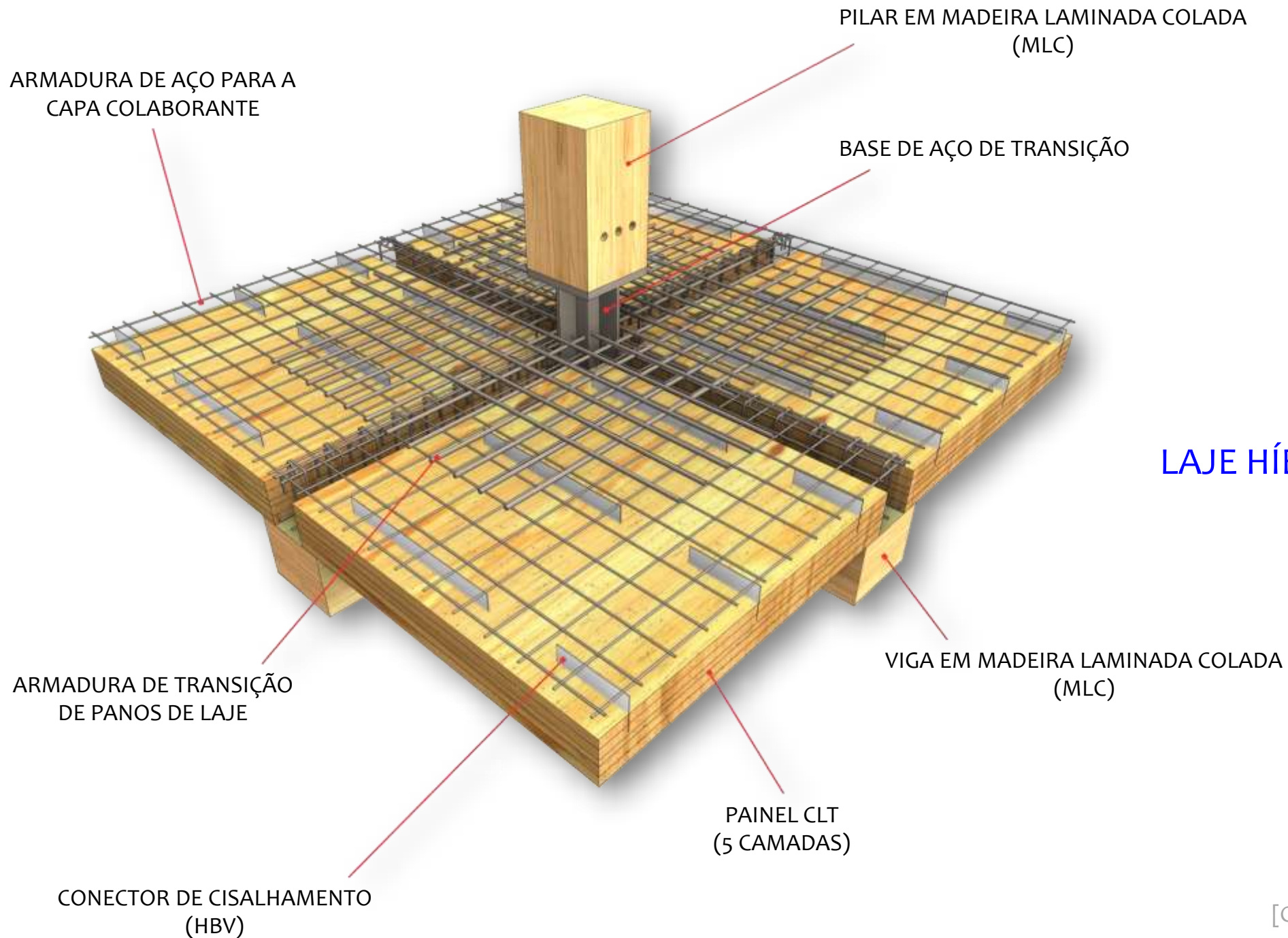
PAREDE EXTERNA – OPÇÃO 3

TELHA METÁLICA OU MINIWAVE

RIPAS 25,0mm X 50,0mm

MEMBRANA HIDRÓFUGA

ESPAÇADOR 25,0mm X 50,0mm



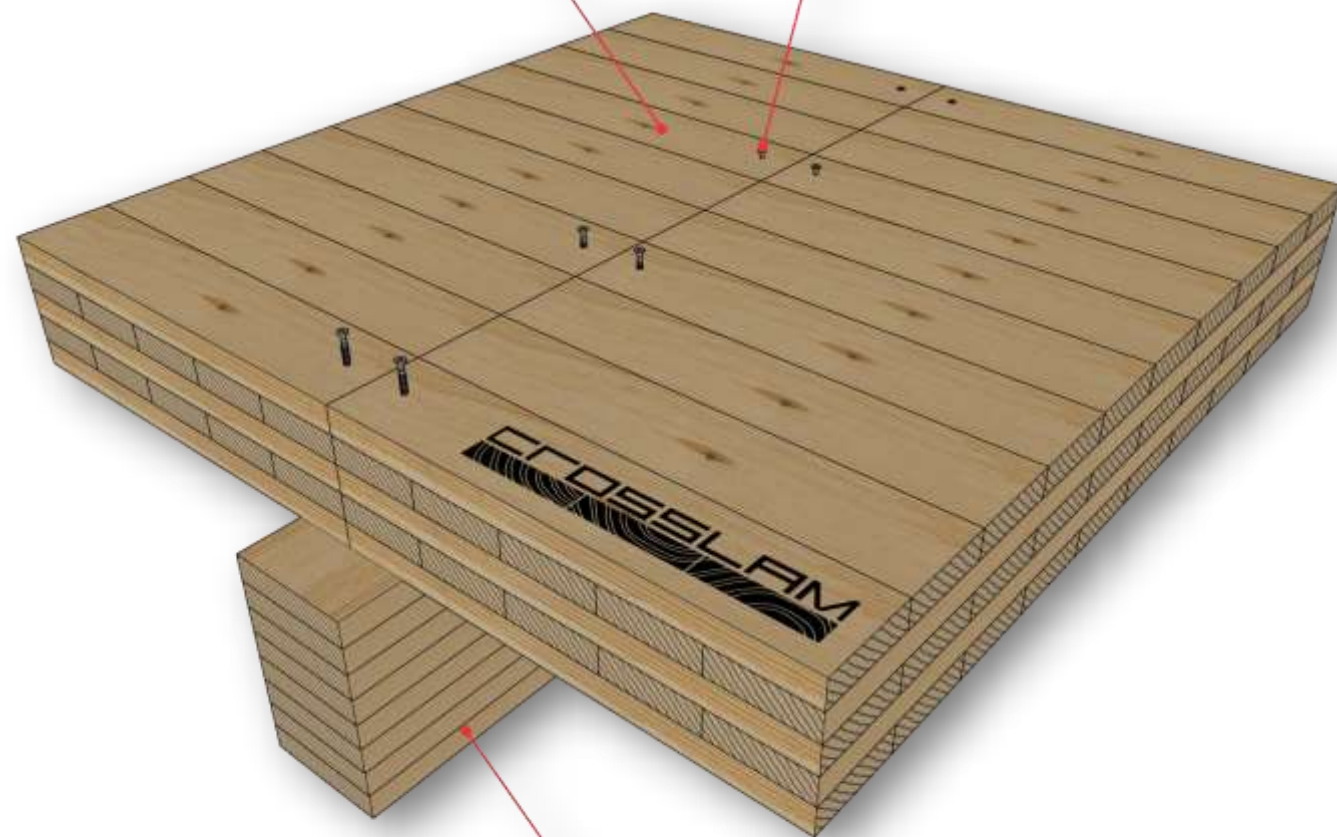
LAJE HÍBRIDA: CLT + CONCRETO



CONEXÃO LAJE / VIGA – OPÇÃO 1

PARAFUSOS AUTOATARRAXANTES

LAJE EM CLT EMENDA DE TOPO



VIGA EM MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC)

CONEXÃO LAJE / VIGA – OPÇÃO 2

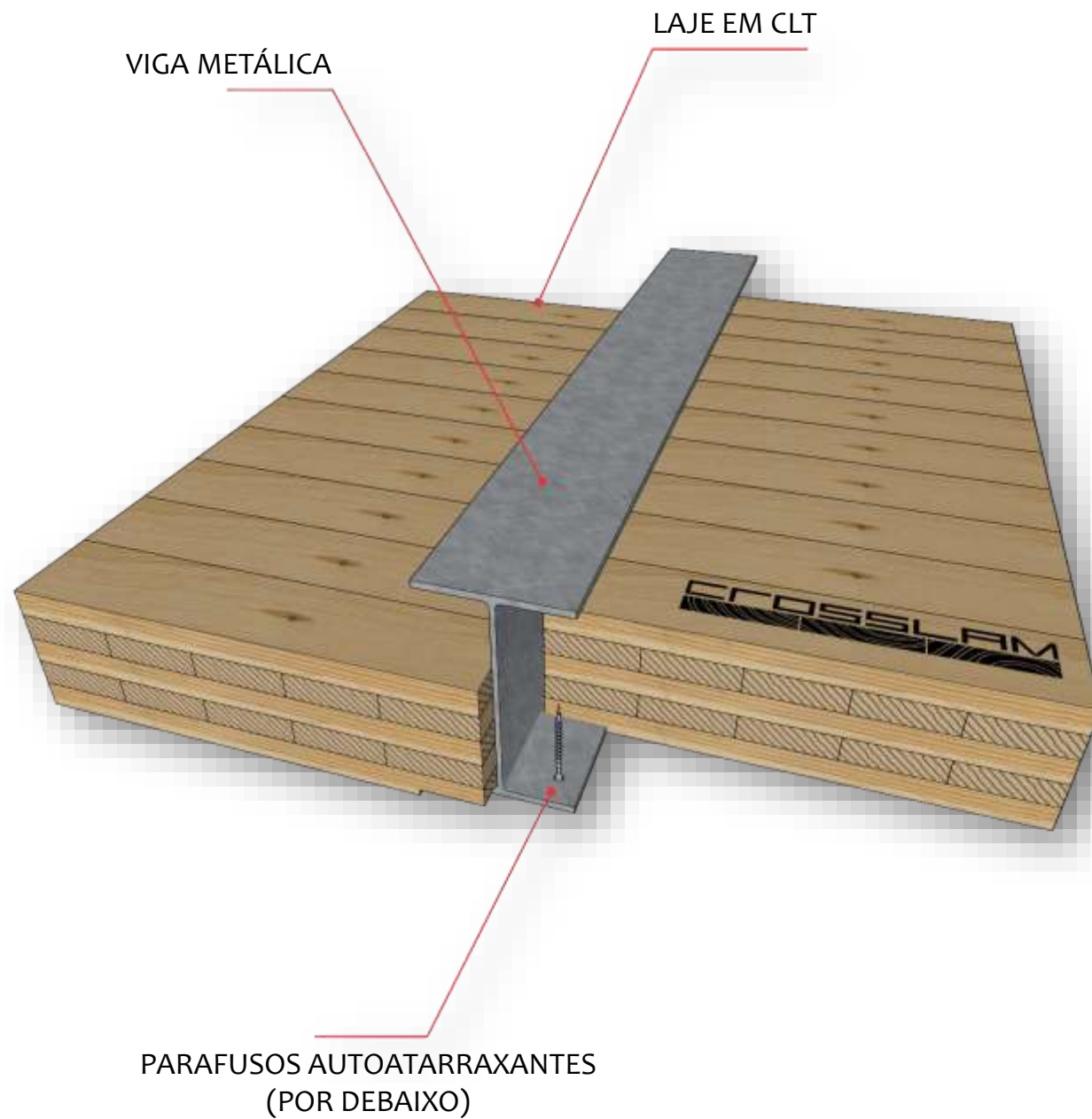
PARAFUSOS AUTOATARRAXANTES
(POR DEBAIXO)

LAJE EM CLT EMENDA DE TOPO

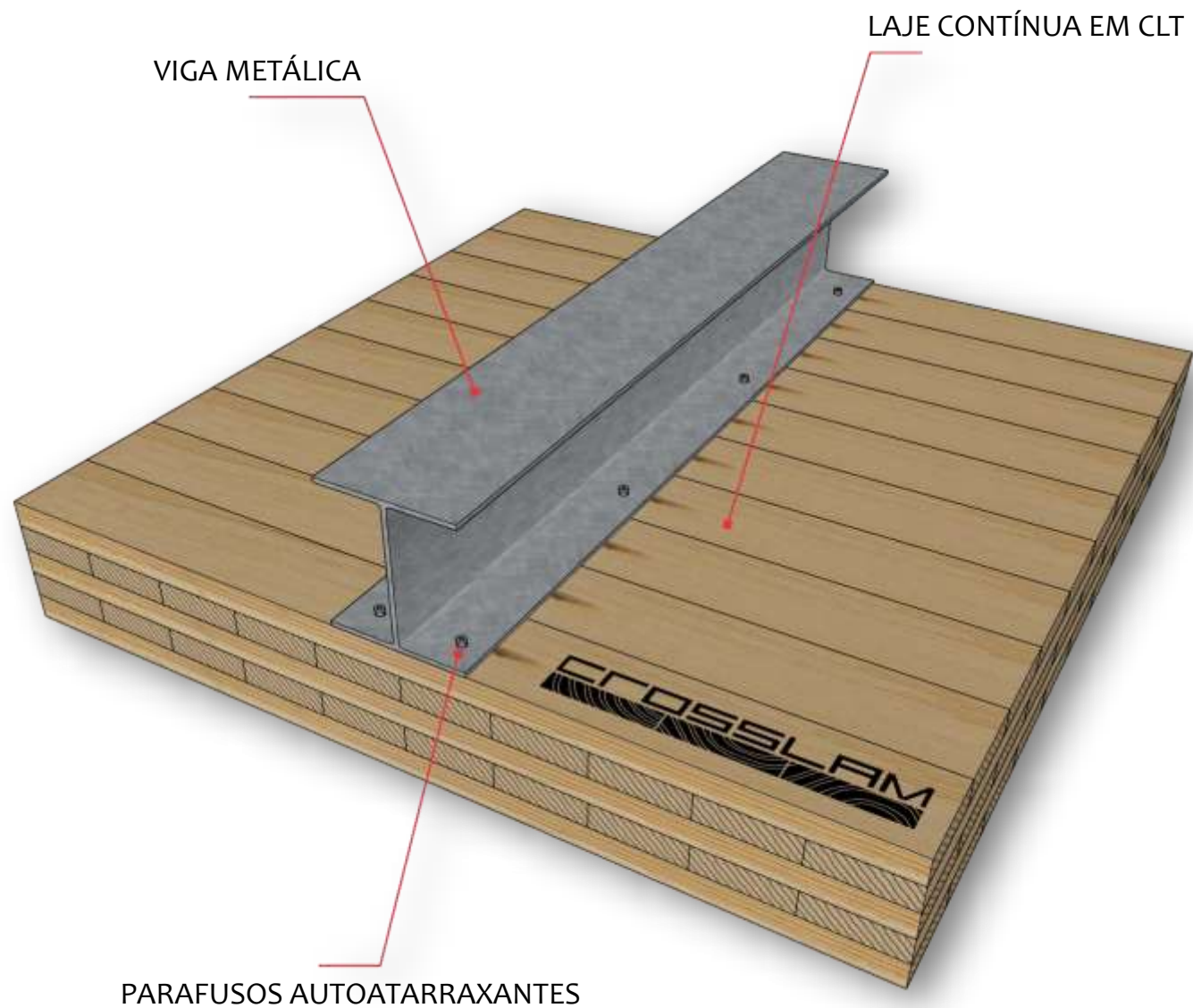


VIGA METÁLICA

CONEXÃO LAJE / VIGA – OPÇÃO 3



CONEXÃO LAJE / VIGA – OPÇÃO 4

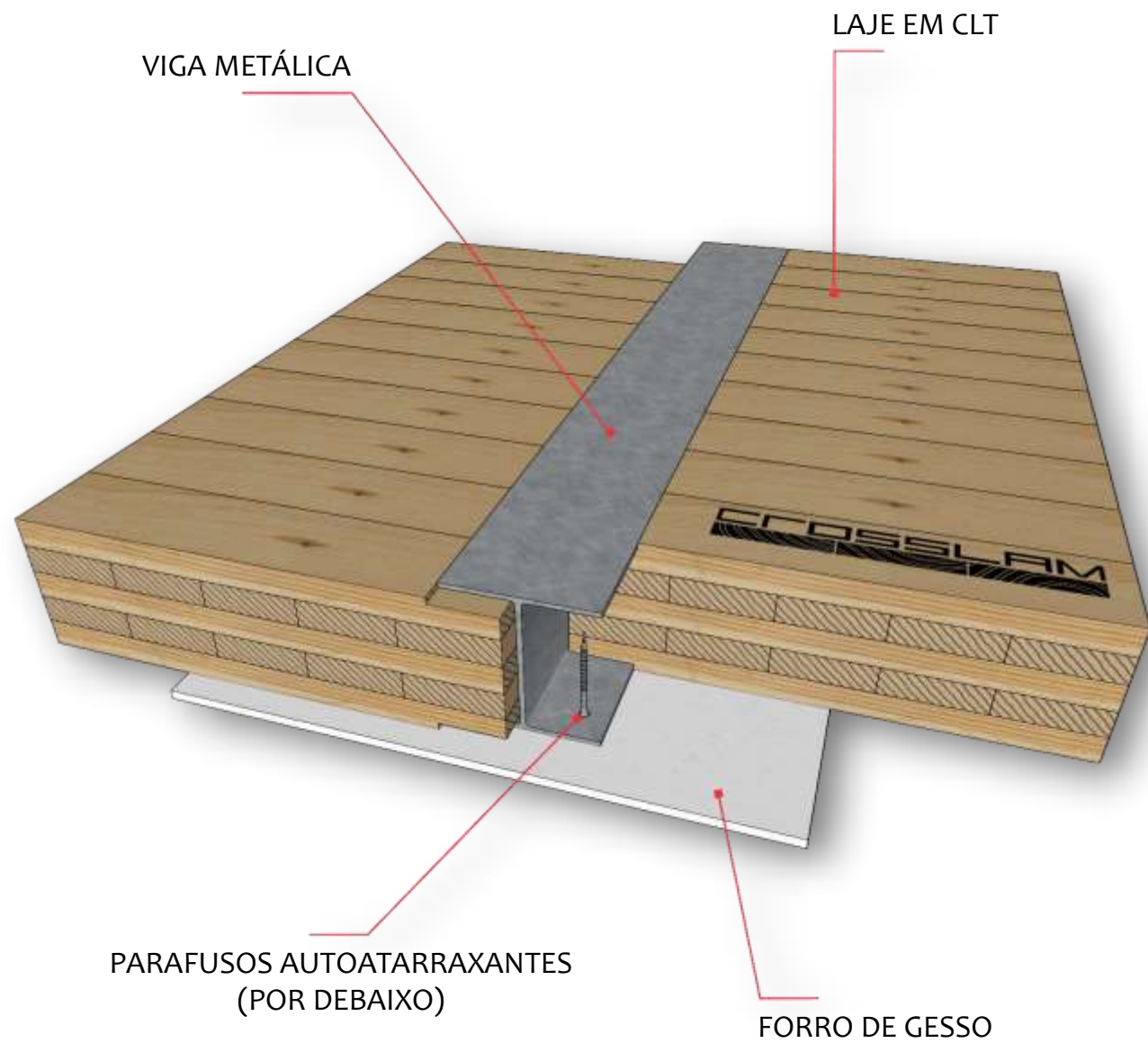


VIGA METÁLICA

LAJE CONTÍNUA EM CLT

PARAFUSOS AUTOATARRAXANTES

CONEXÃO LAJE / VIGA – OPÇÃO 5



CONEXÃO LAJE / VIGA – OPÇÃO 6



PAINEL CLT

PARAFUSO VGZ (ESPECÍFICO PARA MADEIRA COM ROSCA TOTAL), UTILIZADO A 45° EM RELAÇÃO AO PAINEL

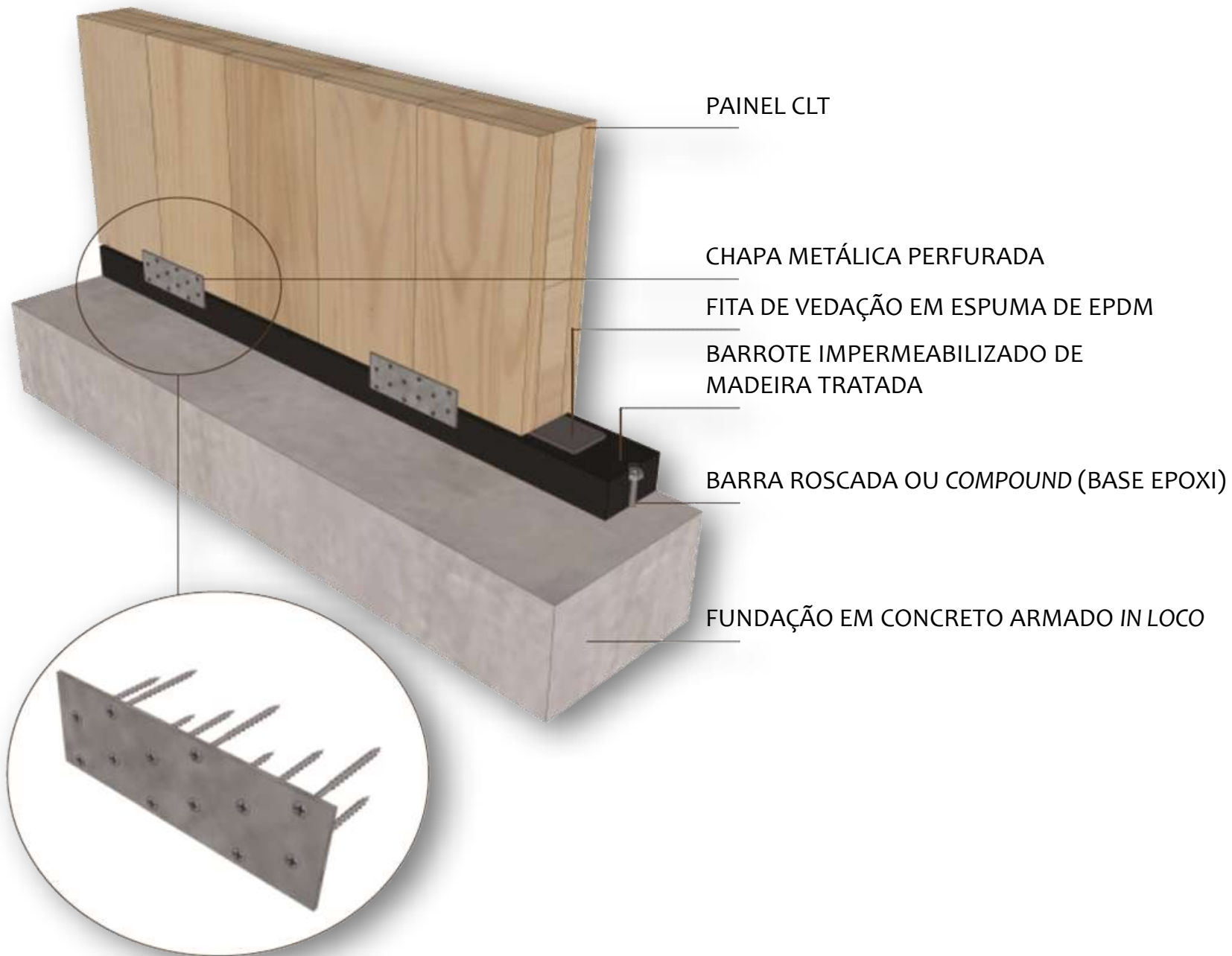
FITA DE VEDAÇÃO EM ESPUMA DE EPDM

BARROTE IMPERMEABILIZADO DE MADEIRA TRATADA

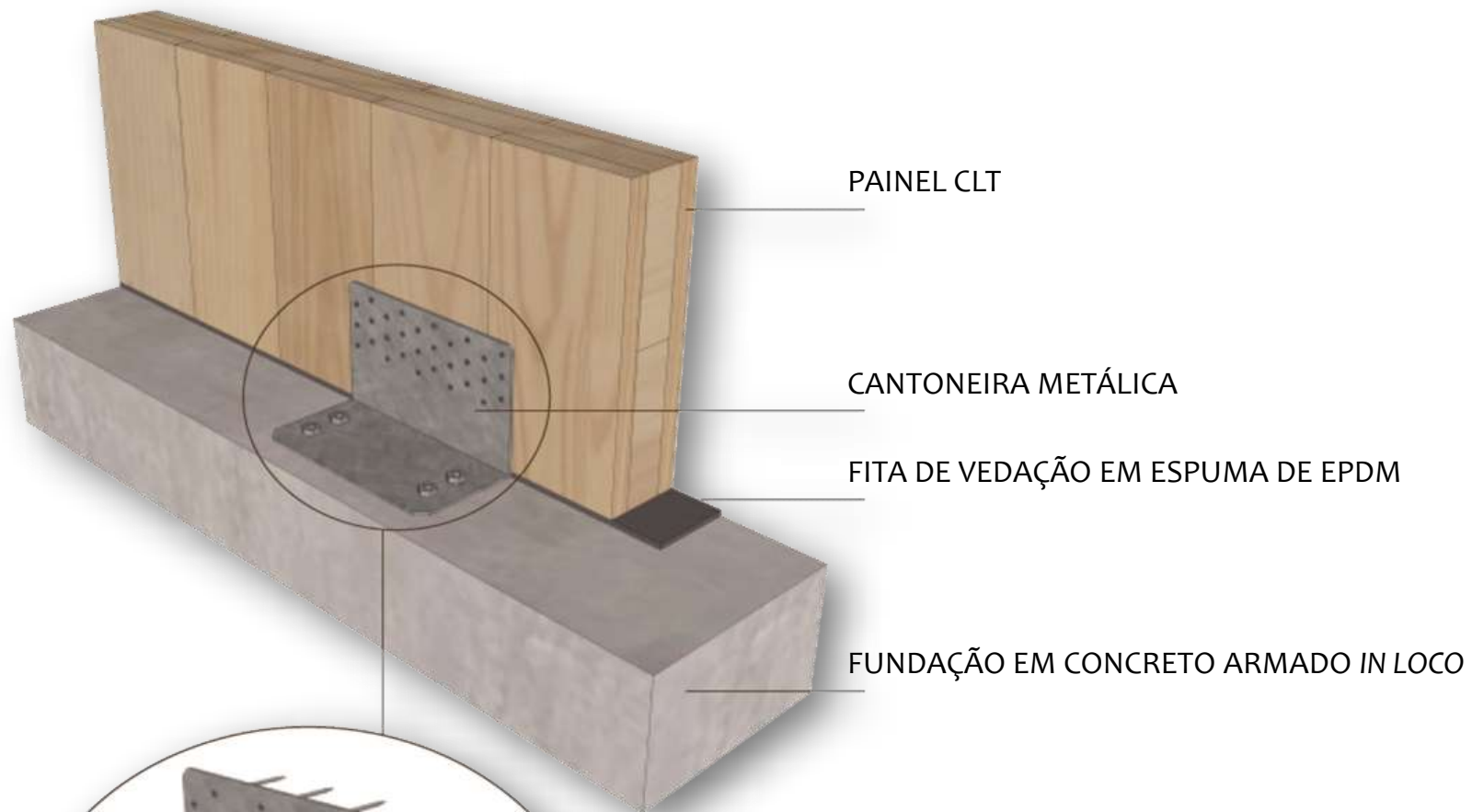
BARRA ROSCADA OU COMPOUND (BASE EPOXI)

FUNDAÇÃO EM CONCRETO ARMADO *IN LOCO*

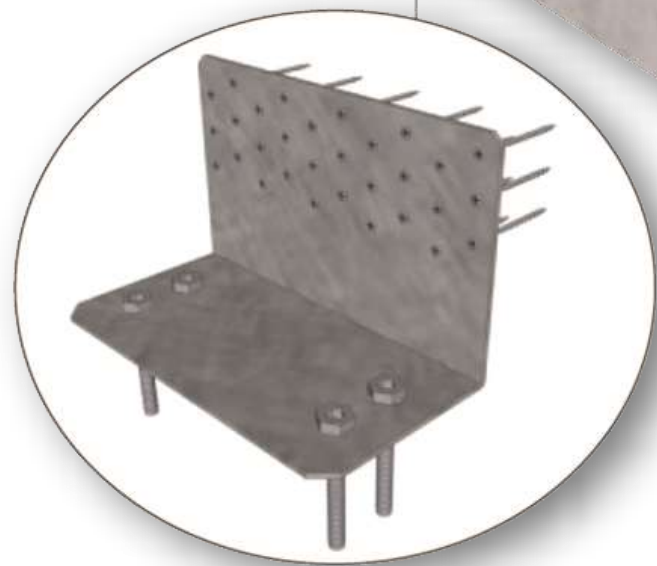
BASE PAREDE – OPÇÃO 1

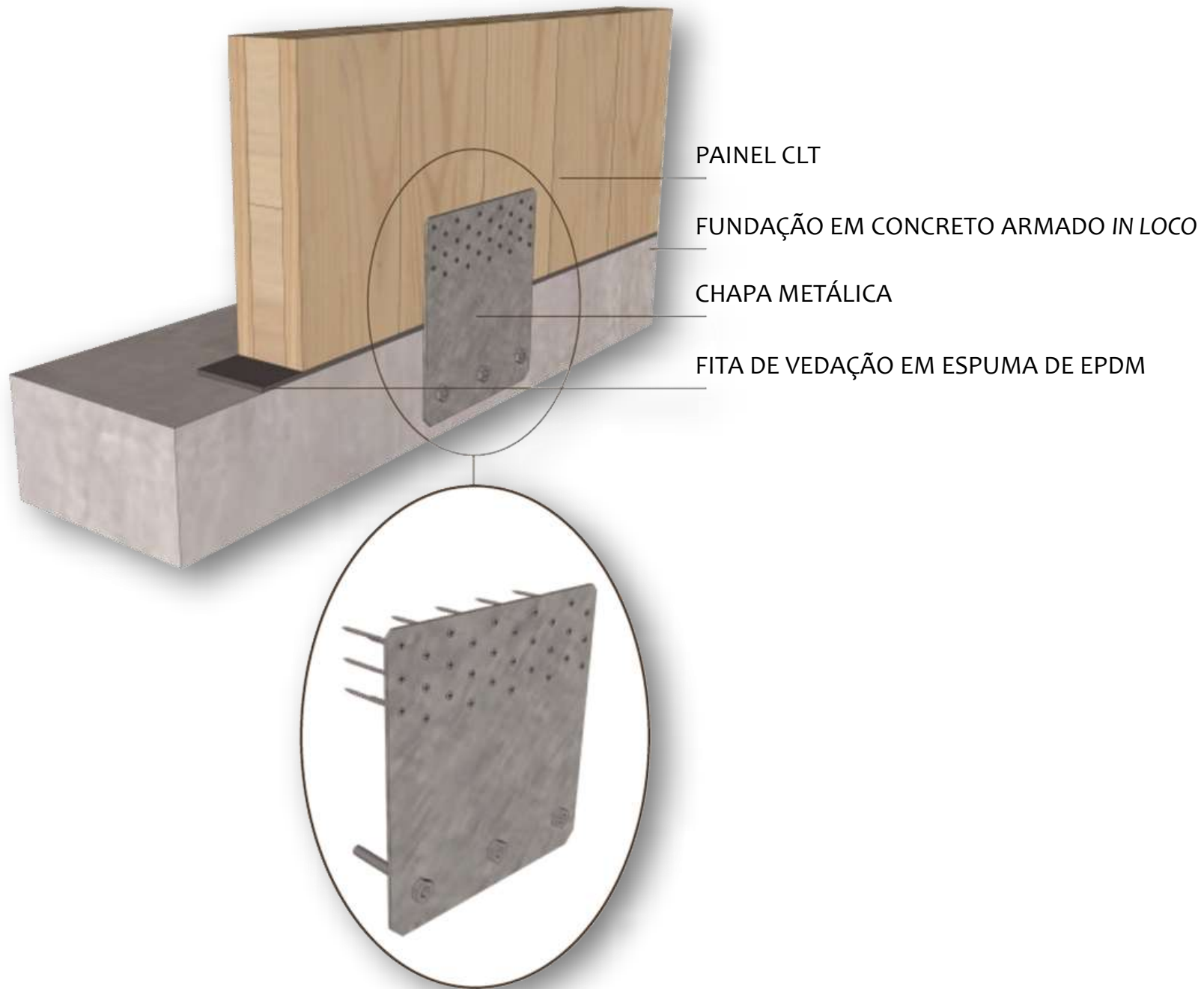


BASE PAREDE – OPÇÃO 2

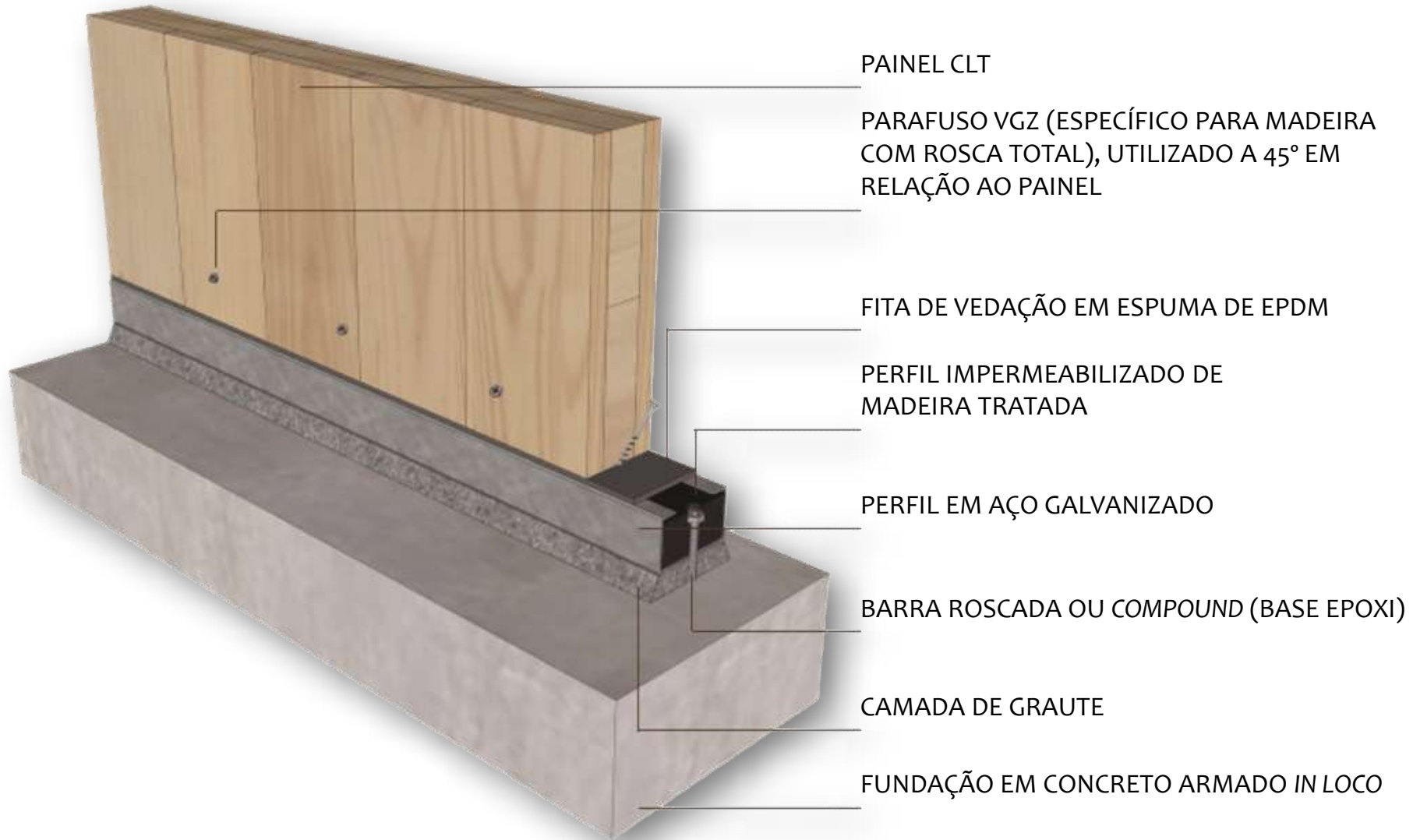


BASE PAREDE – OPÇÃO 3





BASE PAREDE – OPÇÃO 4



PAINEL CLT

PARAFUSO VGZ (ESPECÍFICO PARA MADEIRA COM ROSCA TOTAL), UTILIZADO A 45° EM RELAÇÃO AO PAINEL

FITA DE VEDAÇÃO EM ESPUMA DE EPDM

PERFIL IMPERMEABILIZADO DE MADEIRA TRATADA

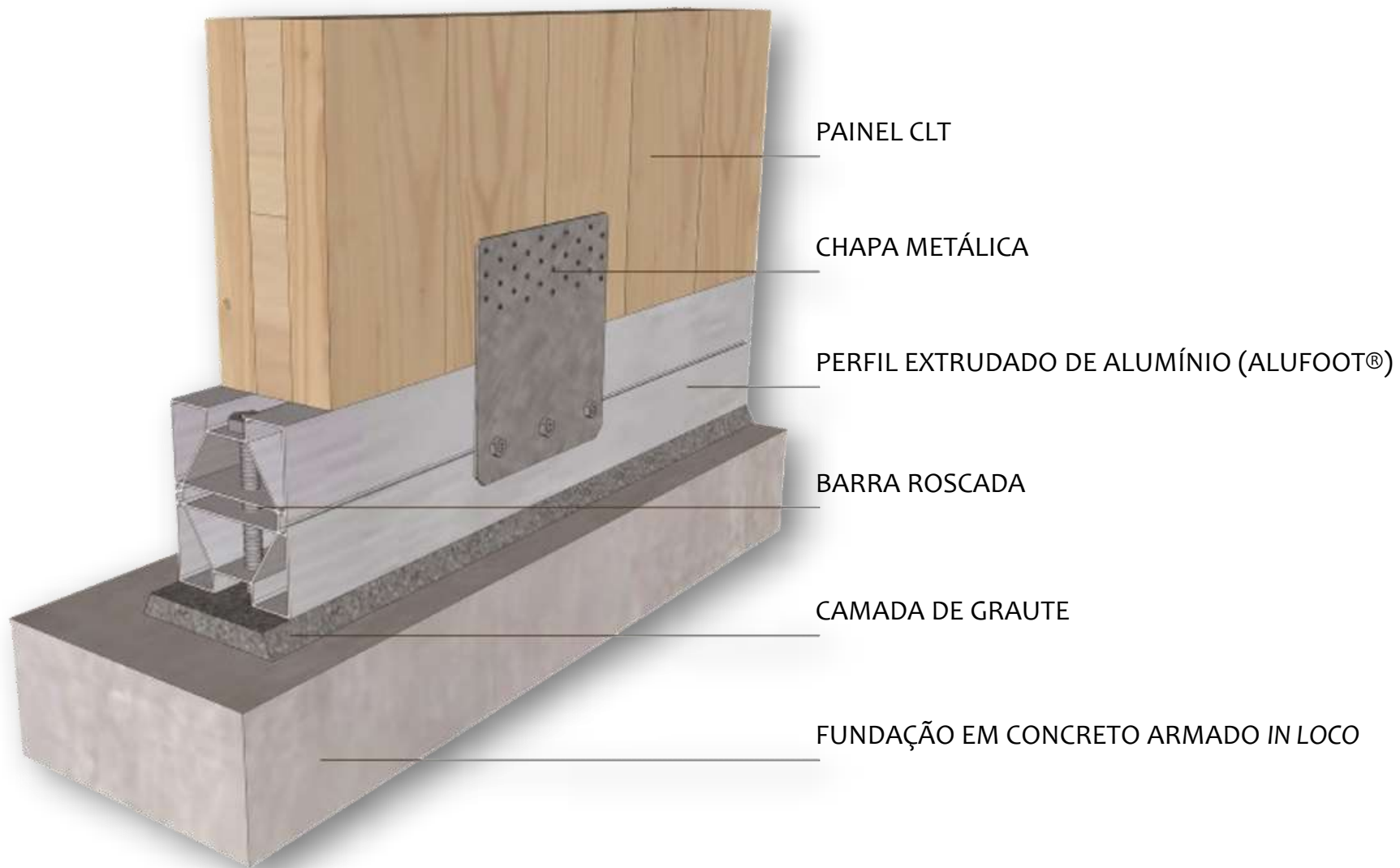
PERFIL EM AÇO GALVANIZADO

BARRA ROSCADA OU COMPOUND (BASE EPOXI)

CAMADA DE GRAUTE

FUNDAÇÃO EM CONCRETO ARMADO *IN LOCO*

BASE PAREDE – OPÇÃO 5



BASE PAREDE – OPÇÃO 6





[ARCHDAILY, 2022]



[ARCHDAILY, 2022]



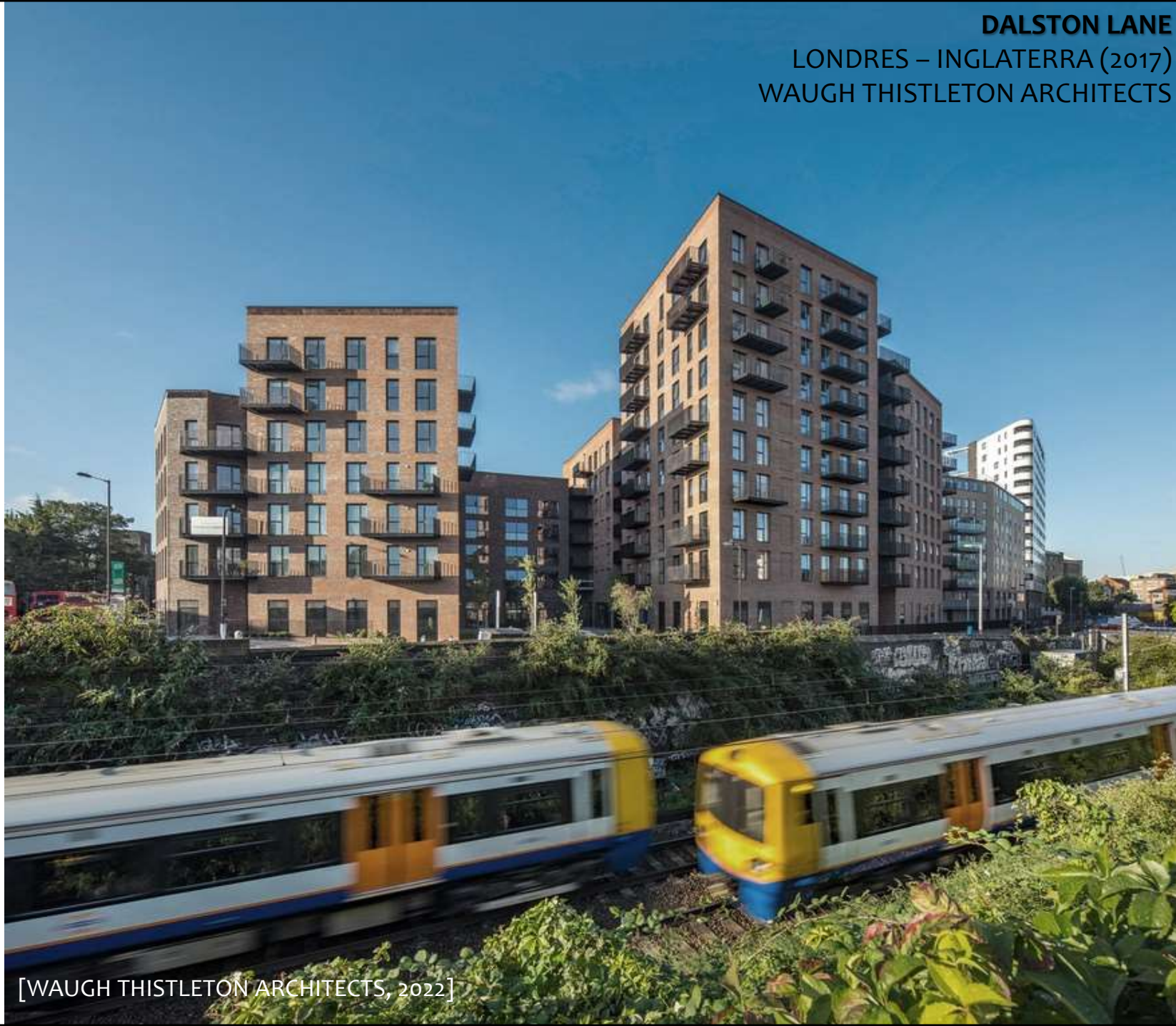


[ARCHDAILY, 2022]



[ARCHDAILY, 2022]

DALSTON LANE
LONDRES – INGLATERRA (2017)
WAUGH THISTLETON ARCHITECTS



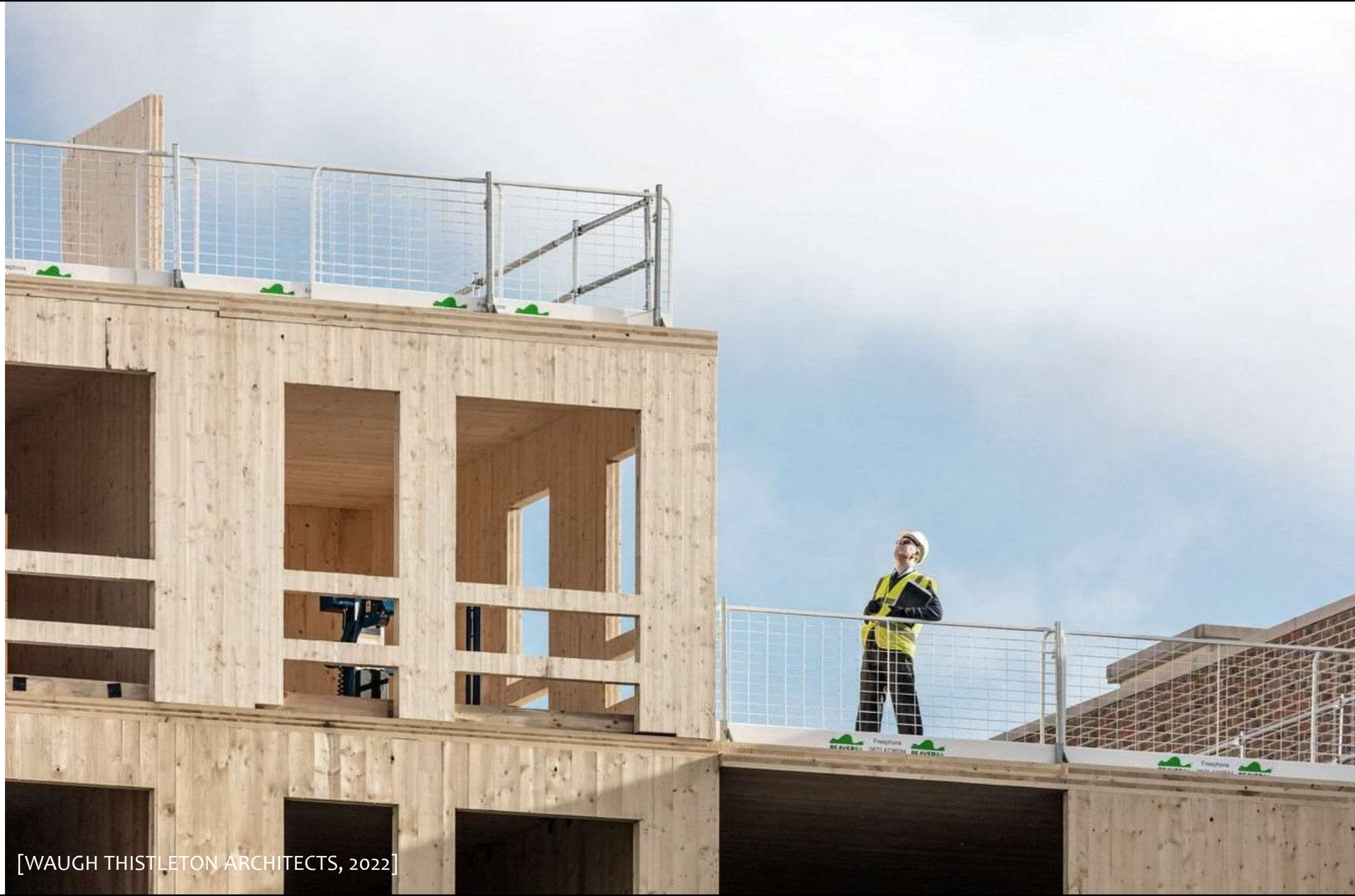
[WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, 2022]



[WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, 2022]



[WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, 2022]



[WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, 2022]

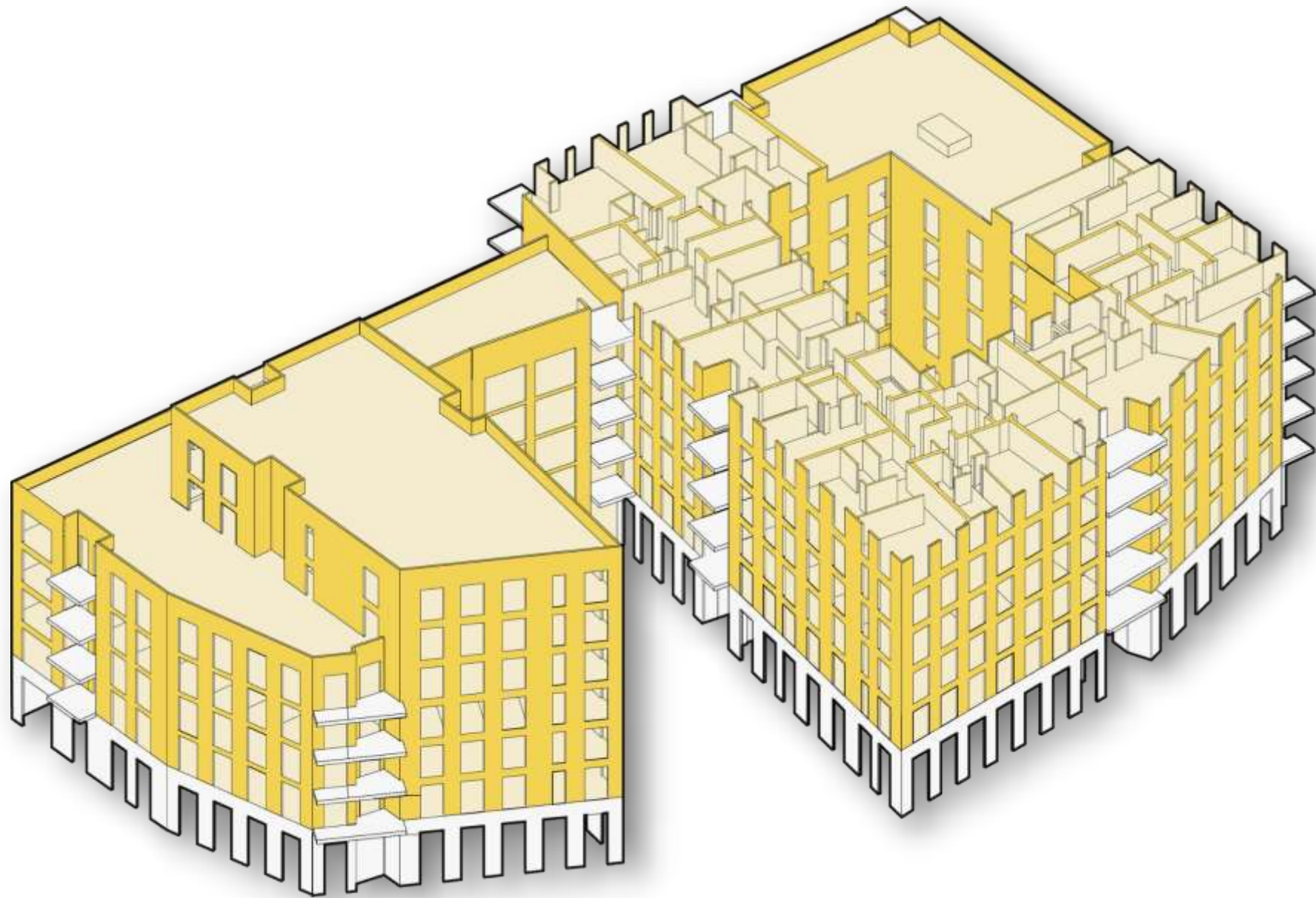


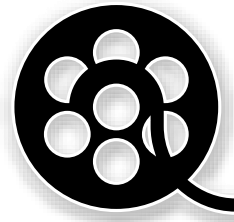
[WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, 2022]











DALSTON LANE

[“DALSTON LANE | AERIAL VIEWS”, EM: <https://www.youtube.com/watch?v=uwKPrUroPRQ>]

PRÉ-DIMENSIONAMENTO EMPÍRICO

TRELIÇAS PLANAS

■ TRELIÇAS PLANAS

- AS BARRAS DAS TRELIÇAS PRECISAM SER DISPOSTAS DE MANEIRA A FORMAREM TRIÂNGULOS
- PARA QUE AS BARRAS NÃO ESTEJAM SUJEITAS À FLEXÃO, OS CARREGAMENTOS DEVEM SER COLOCADOS DIRETAMENTE SOBRE OS NÓS DAS TRELIÇAS
- NAS ESTRUTURAS EM MADEIRA, AS TRELIÇAS NÃO APRESENTAM NÓS PERFEITAMENTE ARTICULADOS, JÁ QUE NELES SÃO UTILIZADOS ENCAIXES, CHAPAS METÁLICAS OU PARAFUSOS FIXADOS DIRETAMENTE SOBRE AS BARRAS
- EM CASOS MAIS USUAIS, AS BARRAS DAS TRELIÇAS EM MADEIRA SÃO COMPOSTOS POR PERFIS DE 6,0cm X 12,0cm E 6,0cm X 16,0cm. PARA GRANDES VÃOS, ESSES PERFIS PODEM SER DUPLICADOS E/OU TRIPLICADOS



[PINTEREST, 2022]



[DIVISARE, 2022]





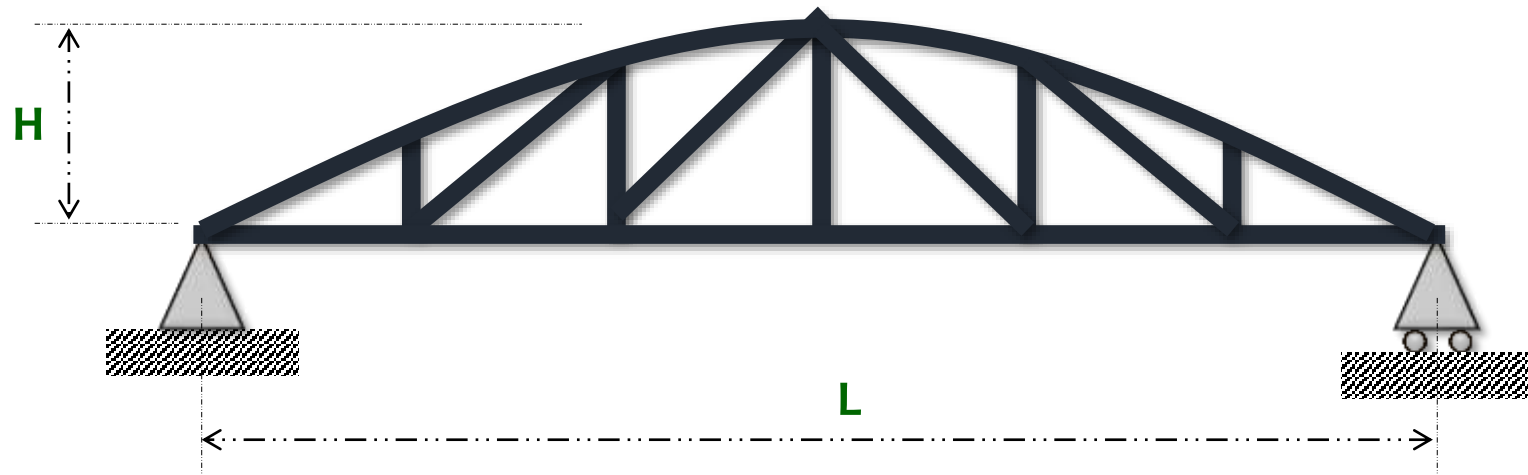
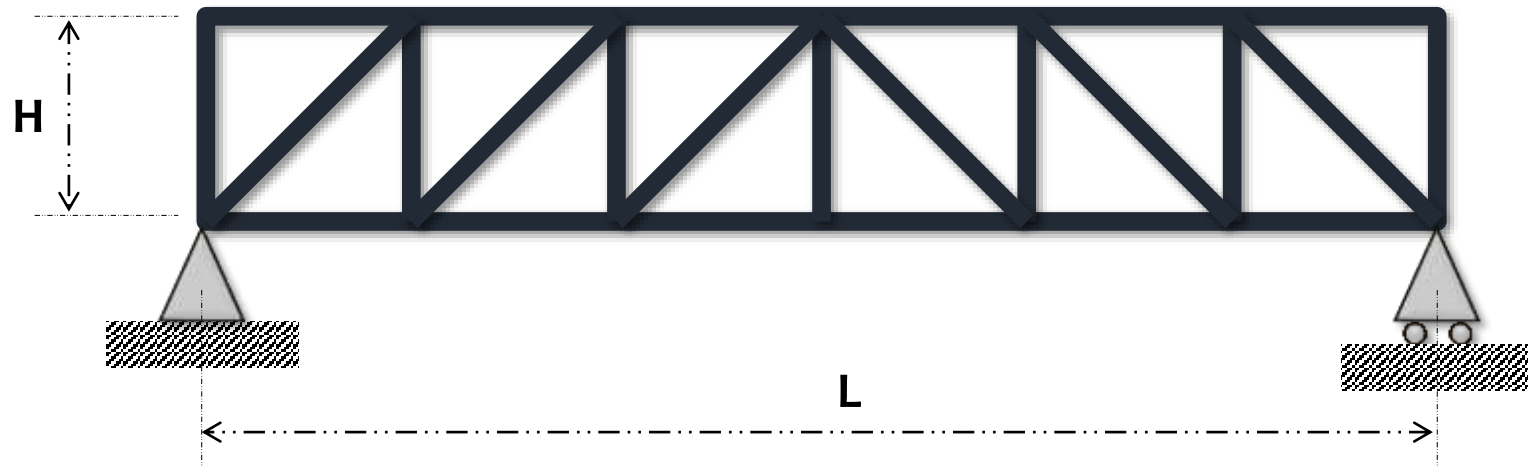
[SARUM HARDWOOD, 2022]



[PINTEREST, 2022]

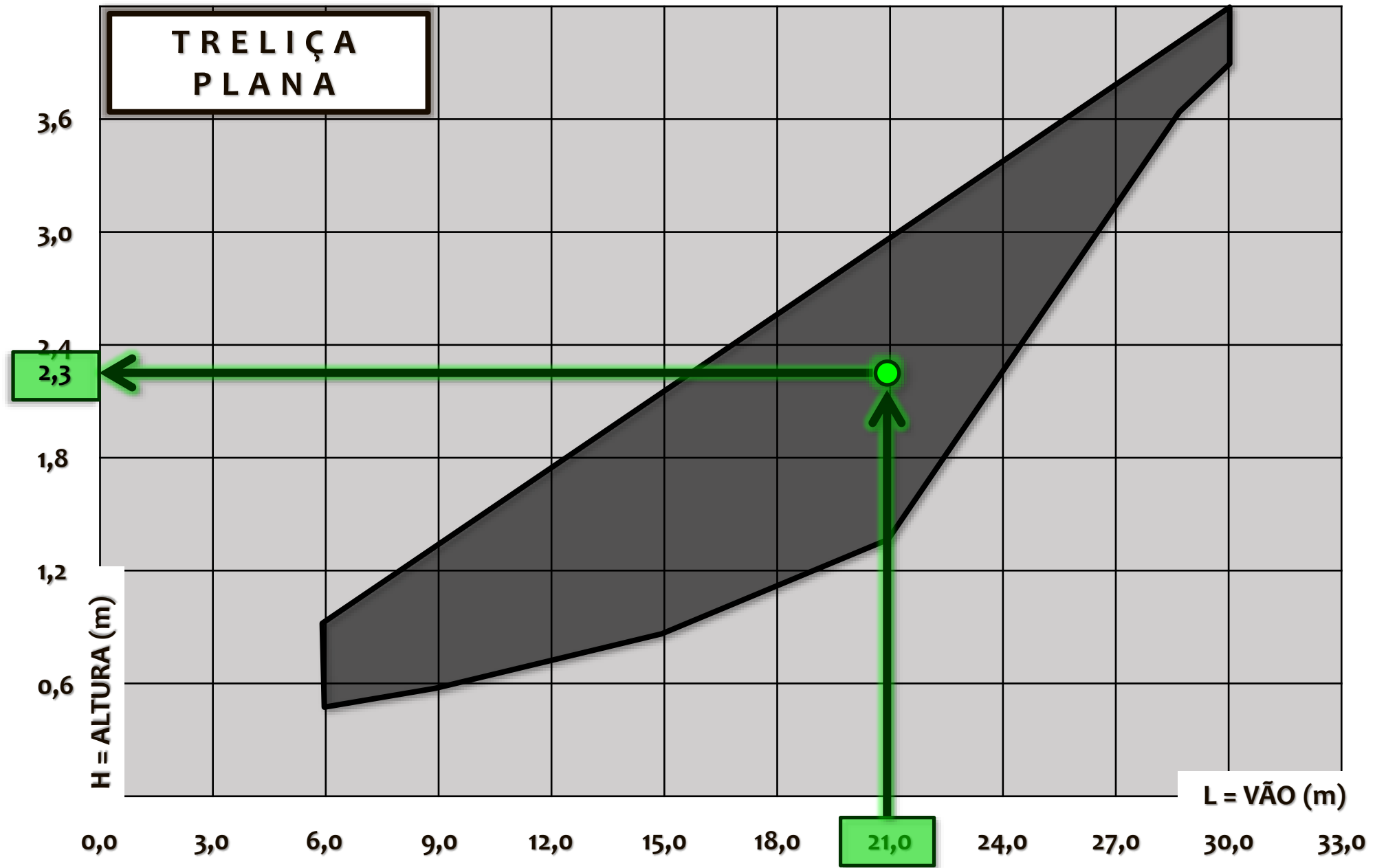


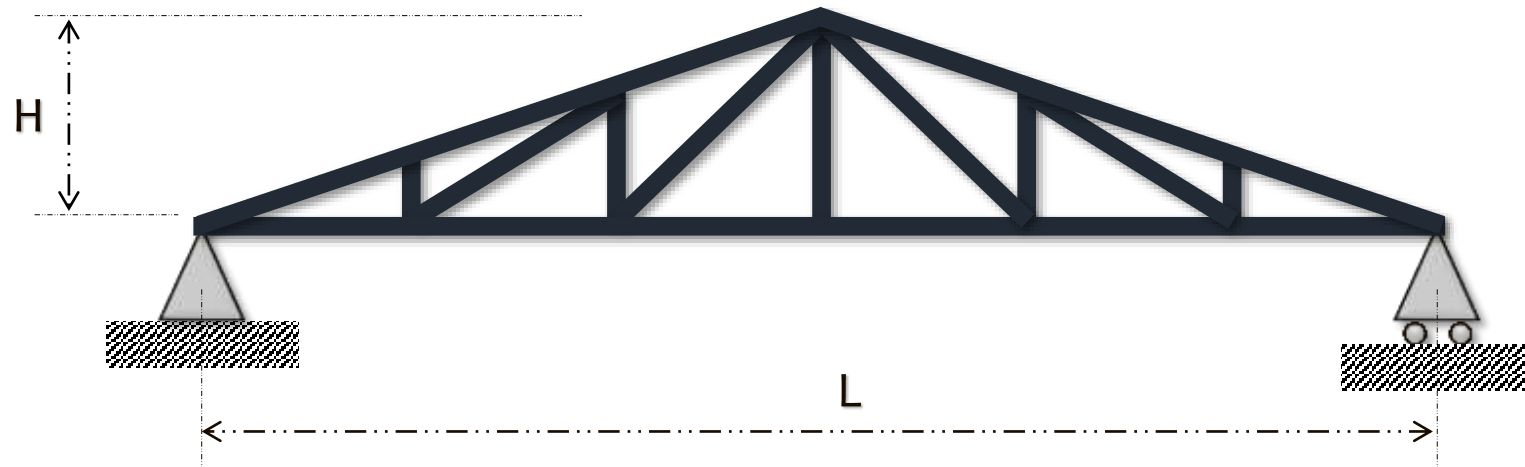
[PERGOLAKITSUSA, 2022]



$$\frac{L}{5} \leq H \leq \frac{L}{10}$$

$$\text{IDEAL: } H = \frac{L}{6}$$

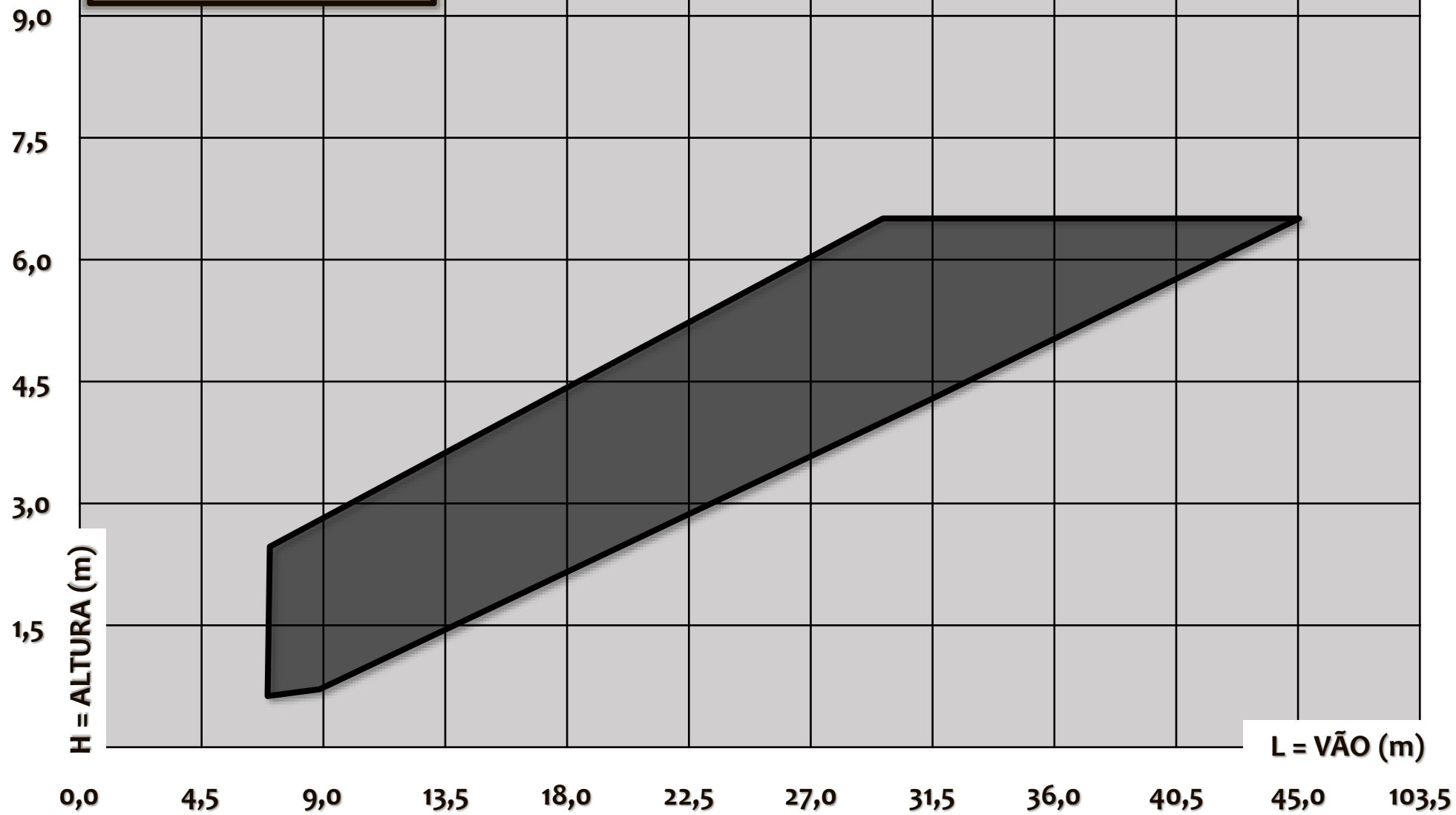




$$\frac{L}{5} \leq H \leq \frac{L}{10}$$

$$\text{IDEAL: } H = \frac{L}{6}$$

**TESOURA
TRIANGULAR**



A R C O S

■ ARCOS

- A FORMA FINAL DO ARCO DE MADEIRA DEVE SER A MAIS PRÓXIMA POSSÍVEL DO FUNICULAR DAS FORÇAS PREDOMINANTES
- AS FORÇAS HORIZONTAIS NOS APOIOS (EMPUXOS) PODEM SER ABSORVIDAS DIRETAMENTE PELOS PRÓPRIOS APOIOS (PILARES) OU POR INTERMÉDIO DE TIRANTES (AINDA QUE MAIS ECONÔMICOS, POR VEZES PODEM OBSTRUIR OS ESPAÇOS INTERNOS)
- NA EXECUÇÃO DOS ARCOS EM MADEIRA, UM DOS PONTOS A CONSIDERAR É A CURVATURA FINAL DA ESTRUTURA. PARA OBTÊ-LA ADOTAM-SE SISTEMAS TRELIÇADOS, SEÇÕES COMPOSTAS (VIGAS LONGITUDINAIS CURVAS COM SARRAFOS INTERCALADOS) OU PERFIS LAMINADOS
- PELA DIFICULDADE DE CONSTRUÇÃO, É POSSÍVEL DIVIDI-LOS EM PARTES. NESTE CASO, É MAIS INDICADO O USO DE ARCOS TRIARTICULADOS



[WIKIPEDIA, 2022]



[MAPIO, 2022]



[ARCHDAILY, 2022]



[PINTEREST, 2022]

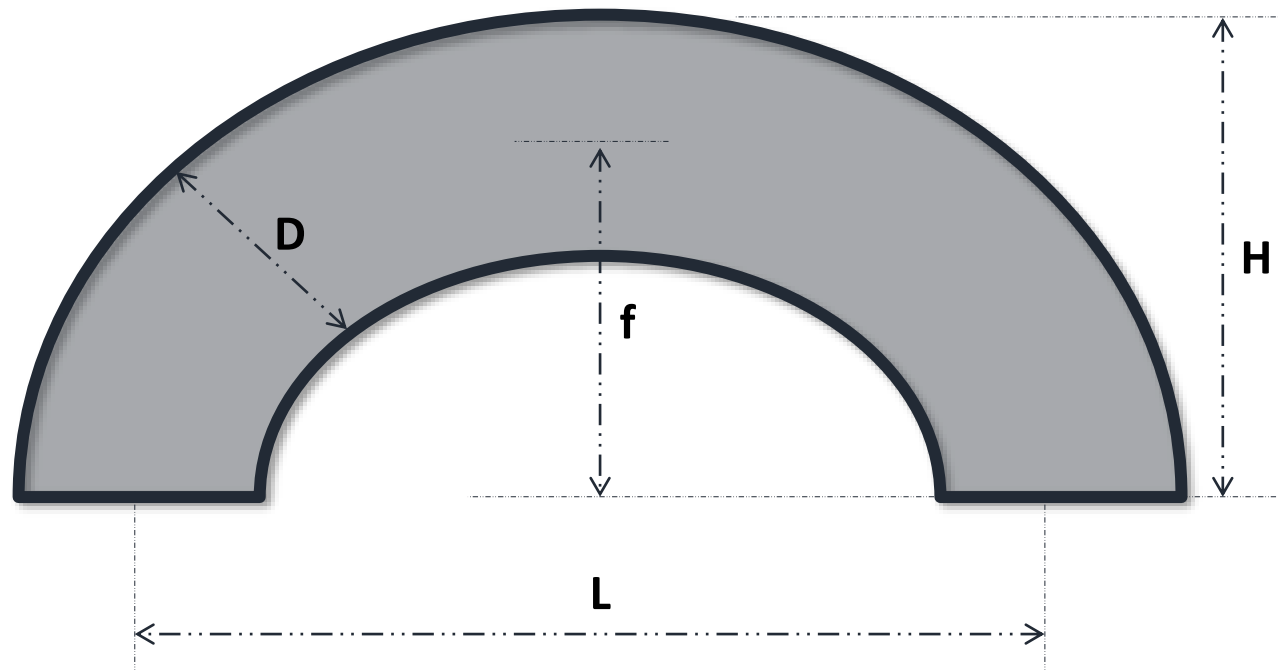


[COPRISYSTEMS, 2022]





[EXPEDIA, 2022]

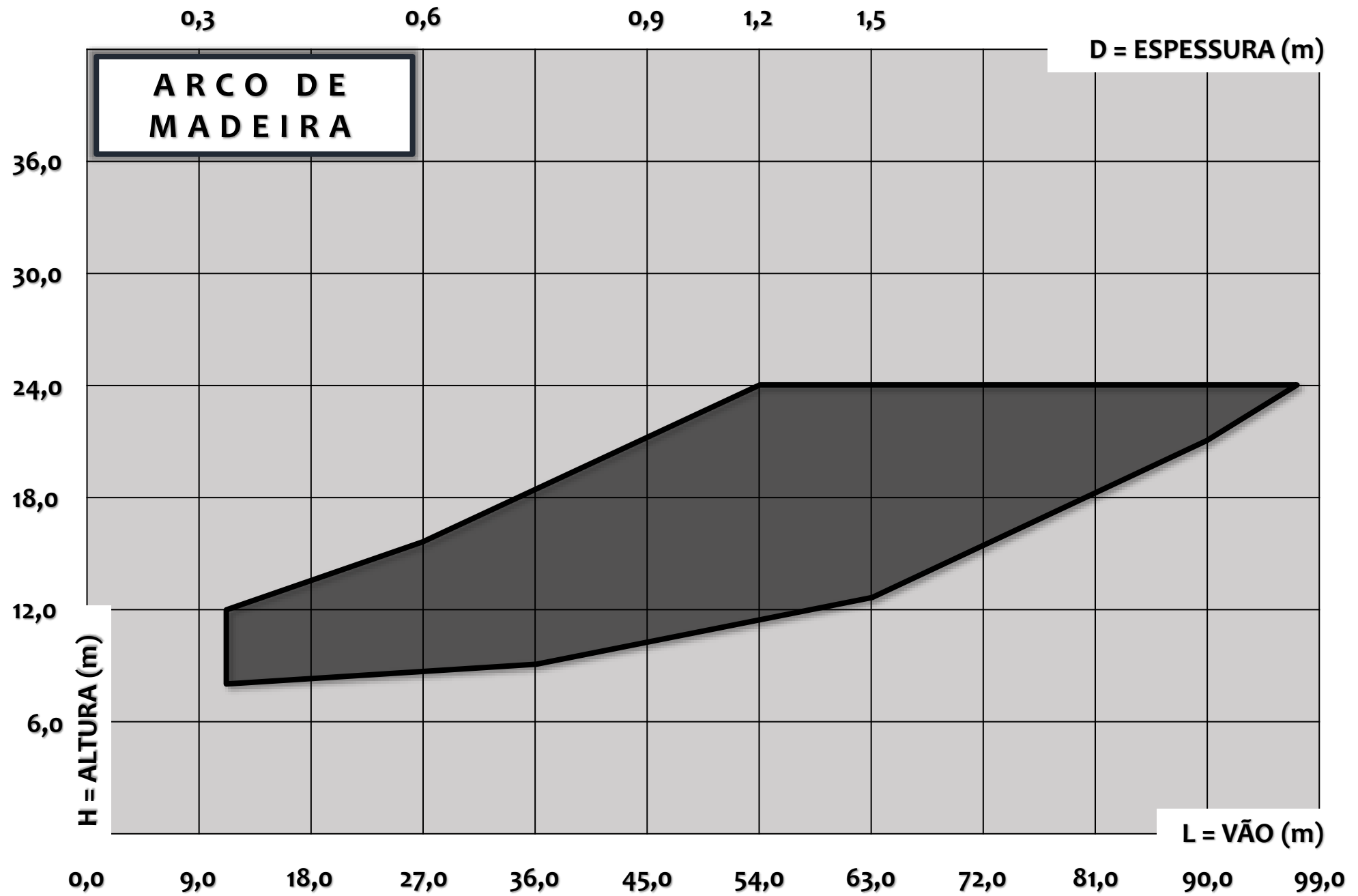


$$\frac{L}{10} \leq f \leq \frac{L}{5}$$

$$D = 2,0\% \cdot L$$

$$\frac{D}{4} \leq b \leq \frac{D}{3}$$

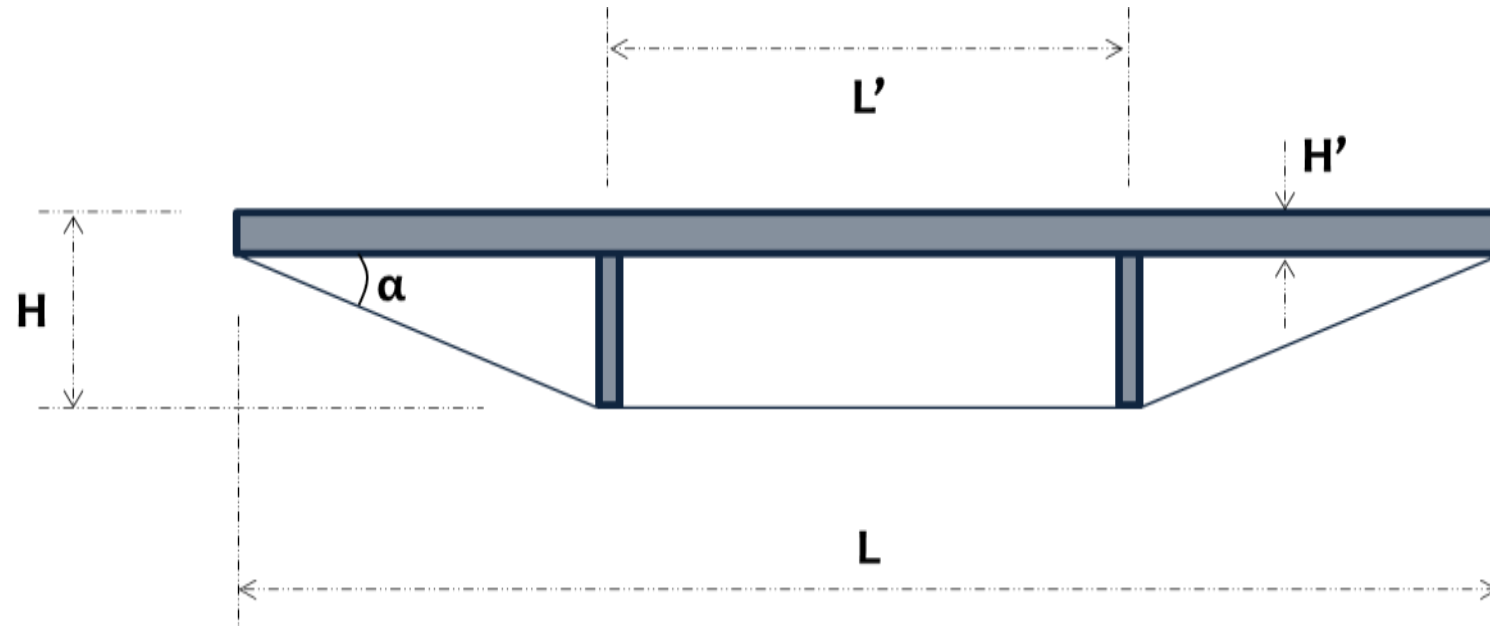
ONDE, b = LARGURA DO ARCO



VIGAS-VAGÃO

■ VIGAS-VAGÃO

- PARA O COMPORTAMENTO ESTÁTICO ADEQUADO DAS VIGAS-VAGÃO, O CABO TENSIONADO DEVE SE APROXIMAR AO MÁXIMO DA FORMA FUNICULAR (A QUAL É FUNÇÃO DA QUANTIDADE E DA POSIÇÃO DOS MONTANTES VERTICAIS)
- NA MAIORIA DAS APLICAÇÕES, NAS VIGAS-VAGÃO CONSTRUÍDAS EM MADEIRA, A MEMBRANA SUPERIOR É FORMADA POR PERFIS SIMPLES DE 6,0cm X 12,0cm OU 6,0cm X 16,0cm
- EM CASOS ESPECÍFICOS, O CABO DE AÇO TRACIONADO É INCORPORADO À ALTURA DA VIGA (SOLUÇÃO MAIS COMUM EM REFORÇOS DE ESTRUTURAS PREEXISTENTES)



$$\alpha \geq 15,0^\circ$$

$$H' = 3,0\% \cdot L$$

$$H = 5,0\% \cdot L$$

$$b = 0,25 \cdot h'$$



[FLIKR, 2022]



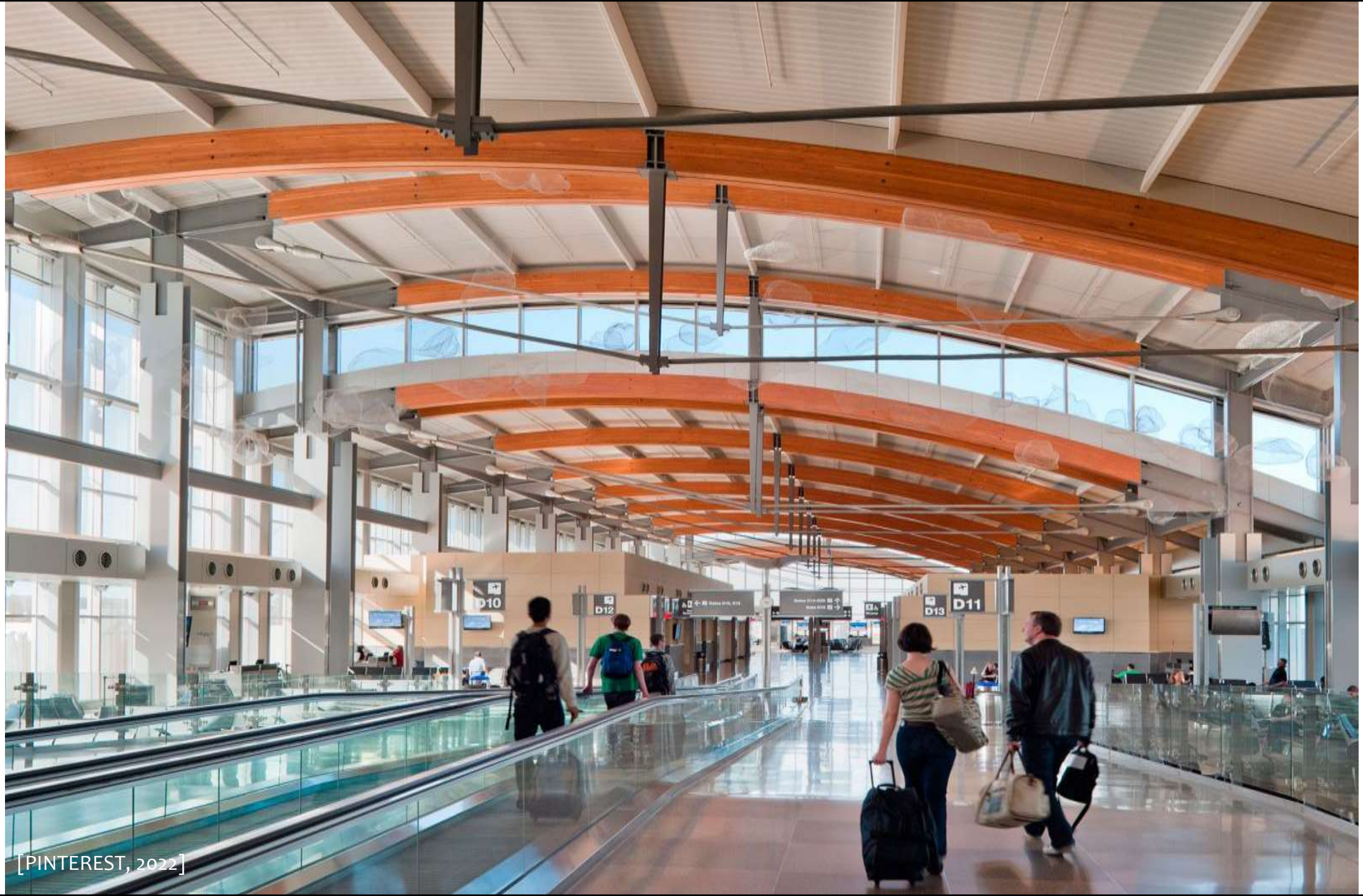
[FLIKR, 2022]



[VERMONT TIMBER WORKS, 2022]



[PINTEREST, 2022]



[PINTEREST, 2022]

VIGAS DE ALMA CHEIA

- VIGAS DE ALMA CHEIA

- EM SISTEMAS ESTRUTURAIS FEITOS EM MADEIRA, IMPORTA CONSIDERAR O NÍVEL GLOBAL DE ESTATICIDADE DA EDIFICAÇÃO
- PARA TANTO, NORMALMENTE AS VIGAS SÃO PROJETADAS COMO ISOSTÁTICAS, ISTO É, BIAPOIADAS SEGUIDAS OU NÃO POR BALANÇOS EM UMA OU NAS DUAS EXTREMIDADES
- AO CONSIDERAR O INVESTIMENTO FINANCEIRO, SEMPRE QUE POSSÍVEL É INDICADO TRABALHAR COM BITOLAS COMERCIAIS DISPONÍVEIS NO MERCADO (PERFIS SIMPLES DE 6,0cm X 12,0cm OU DE 6,0cm X 16,0cm SÃO OS MAIS INDICADOS)

- VIGAS DE ALMA CHEIA

- EM CASOS NOS QUAIS ESSES PERFIS NÃO ATENDEM ÀS DEMANDAS DE PROJETO, PODE-SE OPTAR PELA SOBREPOSIÇÃO DE VIGAS, POR COMPOSIÇÕES FEITAS COM TÁBUAS OU COM SARRAFOS ASSOCIADOS A CAIBROS OU A PONTALETES, PELO USO DE TÁBUAS CONTÍGUAS OU, NO EXTREMO, PELA ADOÇÃO DE VIGAS DE MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC)
- QUANDO É PRECISO AUMENTAR A CAPACIDADE DE CARGA DE VIGAS DE ALMA CHEIA – SEM AUMENTO DAS DIMENSÕES FINAIS DOS PERFIS – PODE-SE USAR REFORÇOS FEITOS EM CHAPAS METÁLICAS COLADAS OU PARAFUSADAS ÀS ESTRUTURAS EM MADEIRA
- A DEPENDER DOS ESFORÇOS ABSORVIDOS, ESSAS CHAPAS SÃO POSICIONADAS JUNTO ÀS FIBRAS SUPERIORES E/OU INFERIORES (OU ATÉ NA POSIÇÃO VERTICAL, INTERNA OU EXTERNAMENTE À SEÇÃO CONSIDERADA)



[ARCHIDUST, 2022]



[CERAMIASSOCIATES, 2022]



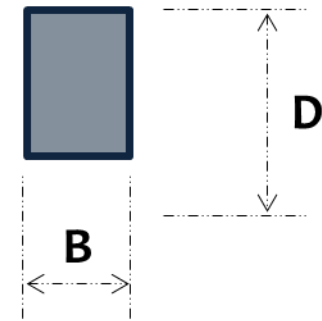
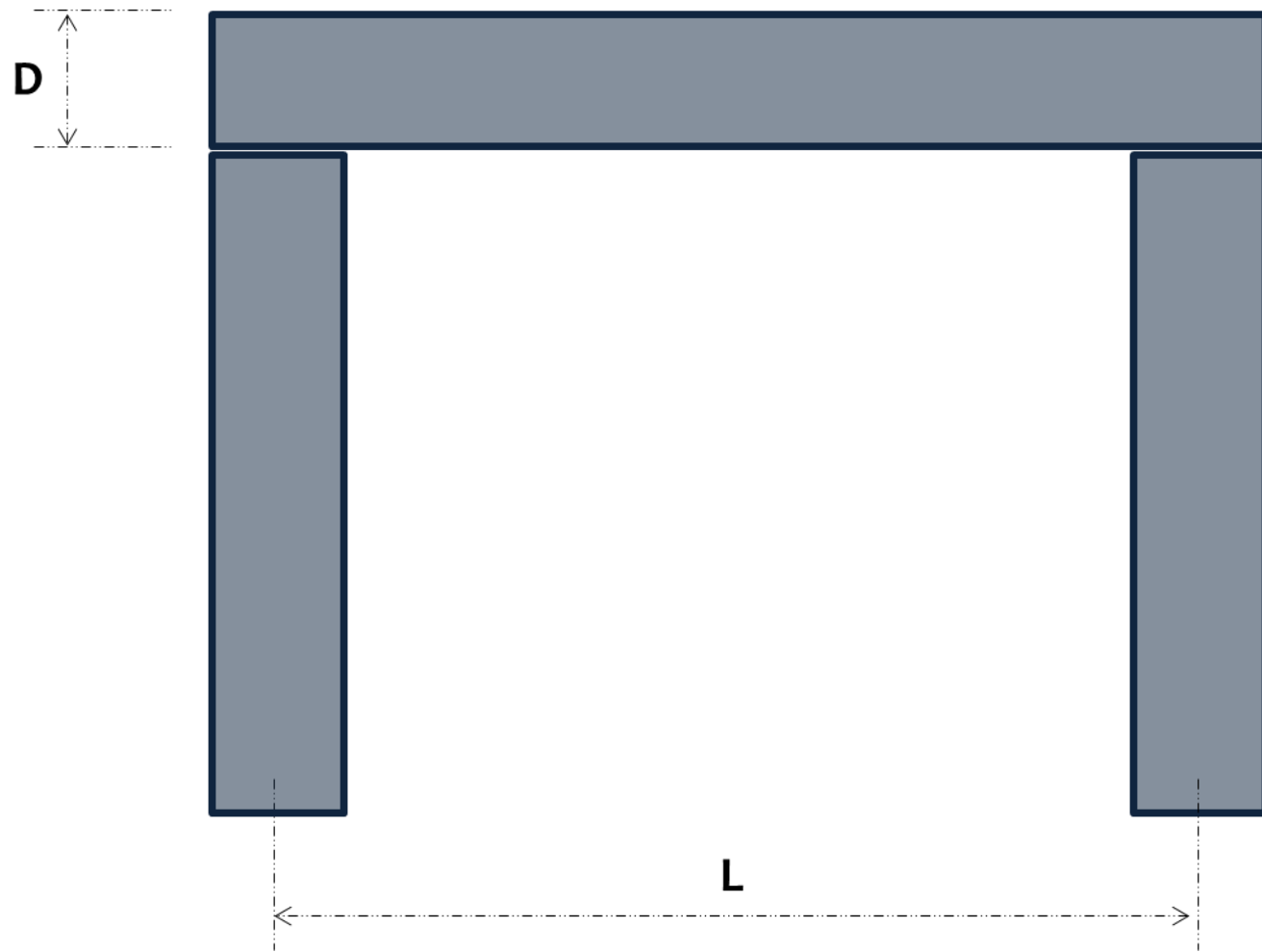
[HEMSWORTH ARCHITECTURE, 2022]



[DUNN LUMBER, 2022]

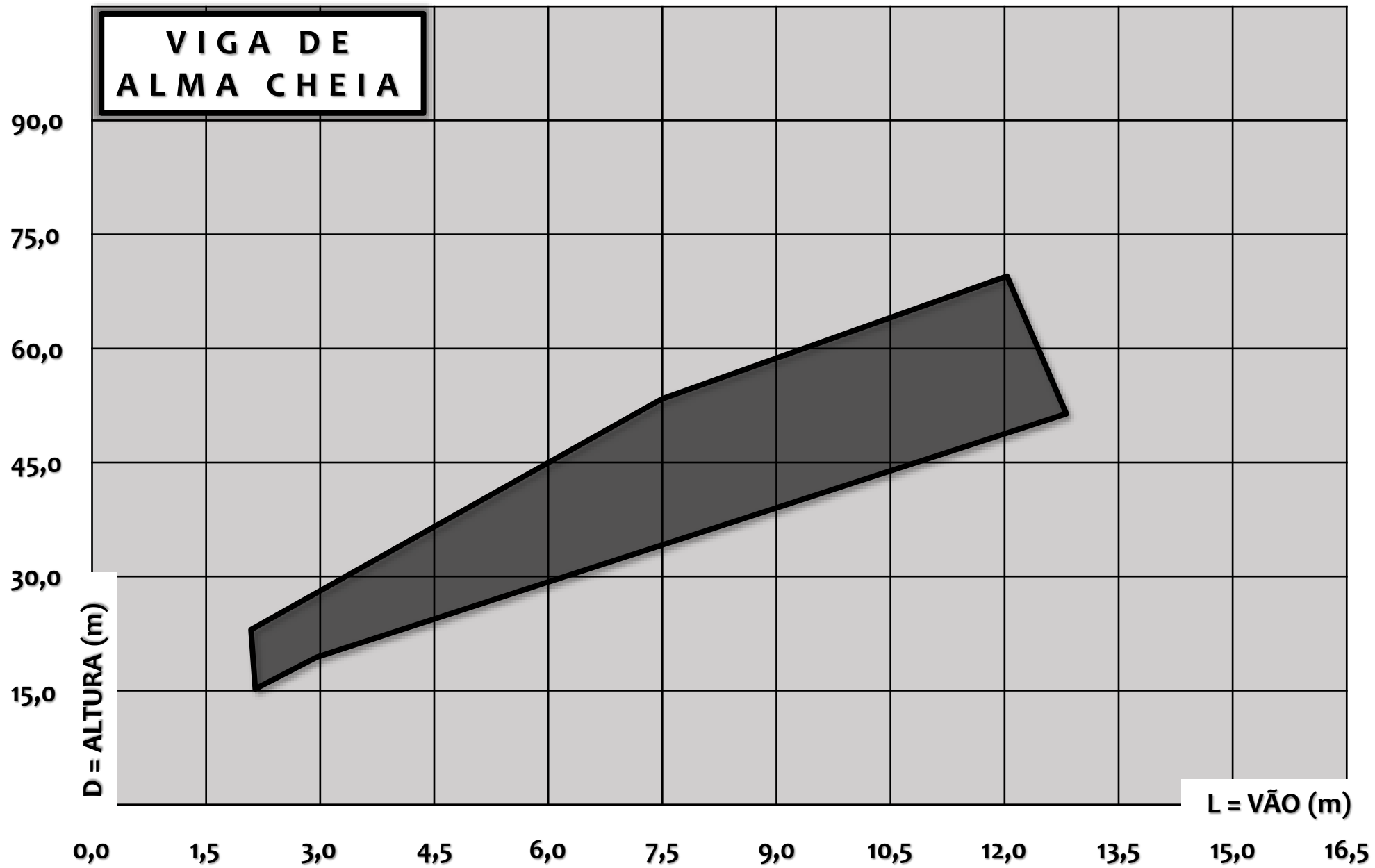


[MBM FOREST PRODUCTS, 2022]



$$D = 5\% \cdot L$$

$$B = \frac{D}{6}$$



PILARES

- PILARES

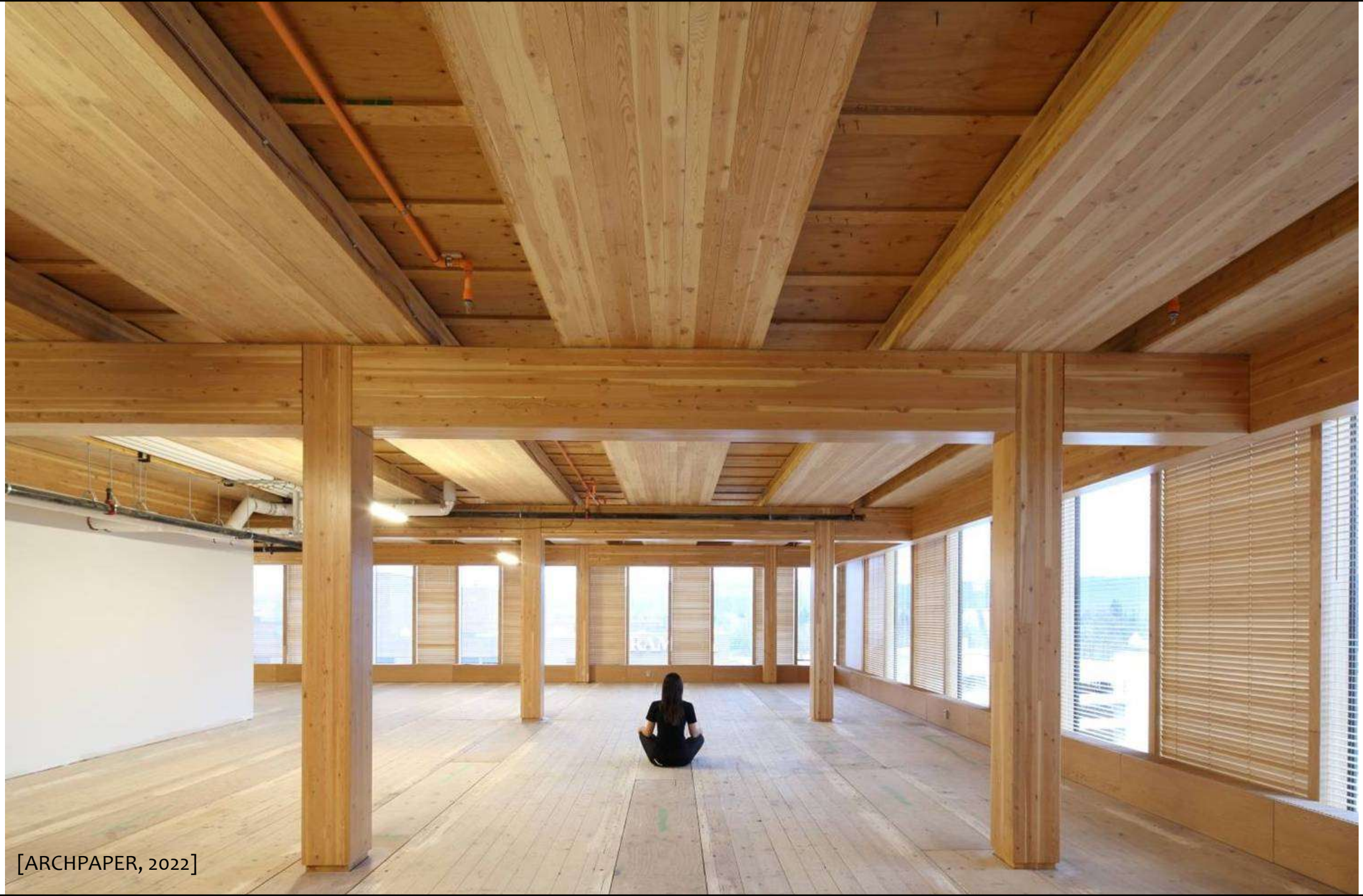
- PILARES EM MADEIRA PODEM SER EXECUTADOS EM SEÇÃO MACIÇA, A PARTIR DE BITOLAS ESPECIAIS (15,0cm X 15,0cm OU 20,0cm X 20,0cm, POR EXEMPLO)
- POR DEMANDAREM SEÇÕES TRANSVERSAIS FORA DOS CATÁLOGOS COMERCIAIS, OS PILARES MACIÇOS GERALMENTE SÃO MAIS CAROS
- COM VISTAS AO CONTROLE DE CUSTOS – E SEM PREJUÍZO ESTÁTICO – OS PILARES MACIÇOS PODEM SER SUBSTITUÍDOS POR AQUELES DE SEÇÕES COMPOSTAS (PONTALETES ISOLADOS TRAVADOS COM BARRAS HORIZONTAIS OU “EM X”)
- É COMUM O USO DE PILARES COMPOSTOS POR VIGAS, CONECTADOS ENTRE SI POR OUTRAS VIGAS OU POR CAIBROS, FORMANDO SEÇÕES EM “I”

■ PILARES

- EM CASOS ASSIM, AS LIGAÇÕES ENTRE AS PEÇAS DEVEM SER DE ELEVADA RIGIDEZ. COM ISSO, ALÉM DE NÃO SEREM VERIFICADOS ESCORREGAMENTOS RELATIVOS DAS PEÇAS, SEU COMPORTAMENTO ESTRUTURAL PASSA A SER SIMILAR AO DE PILARES EM SEÇÃO ÚNICA
- PARA ECONOMIA AINDA MAIS SIGNIFICATIVA, SE SUBMETIDOS A CARREGAMENTOS DE BAIXO VALOR, A LIGAÇÃO ENTRE AS VIGAS PODE SER FEITA POR MEIO DE TACOS DE MADEIRA, ESPAÇADOS E LIGADOS ADEQUADAMENTE
- SOLUÇÃO MENOS USUAL – MAS DE BOA CAPACIDADE DE CARGA – É ENCONTRADA NA UTILIZAÇÃO DE VÁRIAS VIGAS UNIDAS ENTRE SI, COMPONDO ALGO PRÓXIMO A UMA SEÇÃO CHEIA (OU MACIÇA)



[I-B, 2022]



[ARCHPAPER, 2022]



[INGENIEURHOLZBAU, 2022]



[KONTRAKTING, 2022]



[CASAPRATICA, 2022]

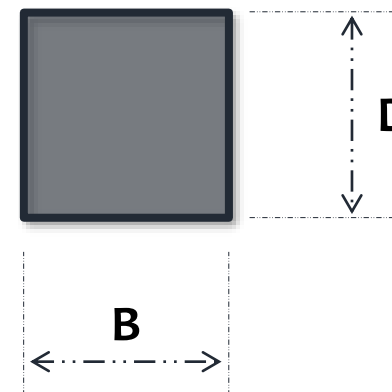


[PINTEREST, 2022]



[ITA CONSTRUTORA, 2022]

$$\text{ÁREA DA SEÇÃO} = \frac{P}{\sigma}$$



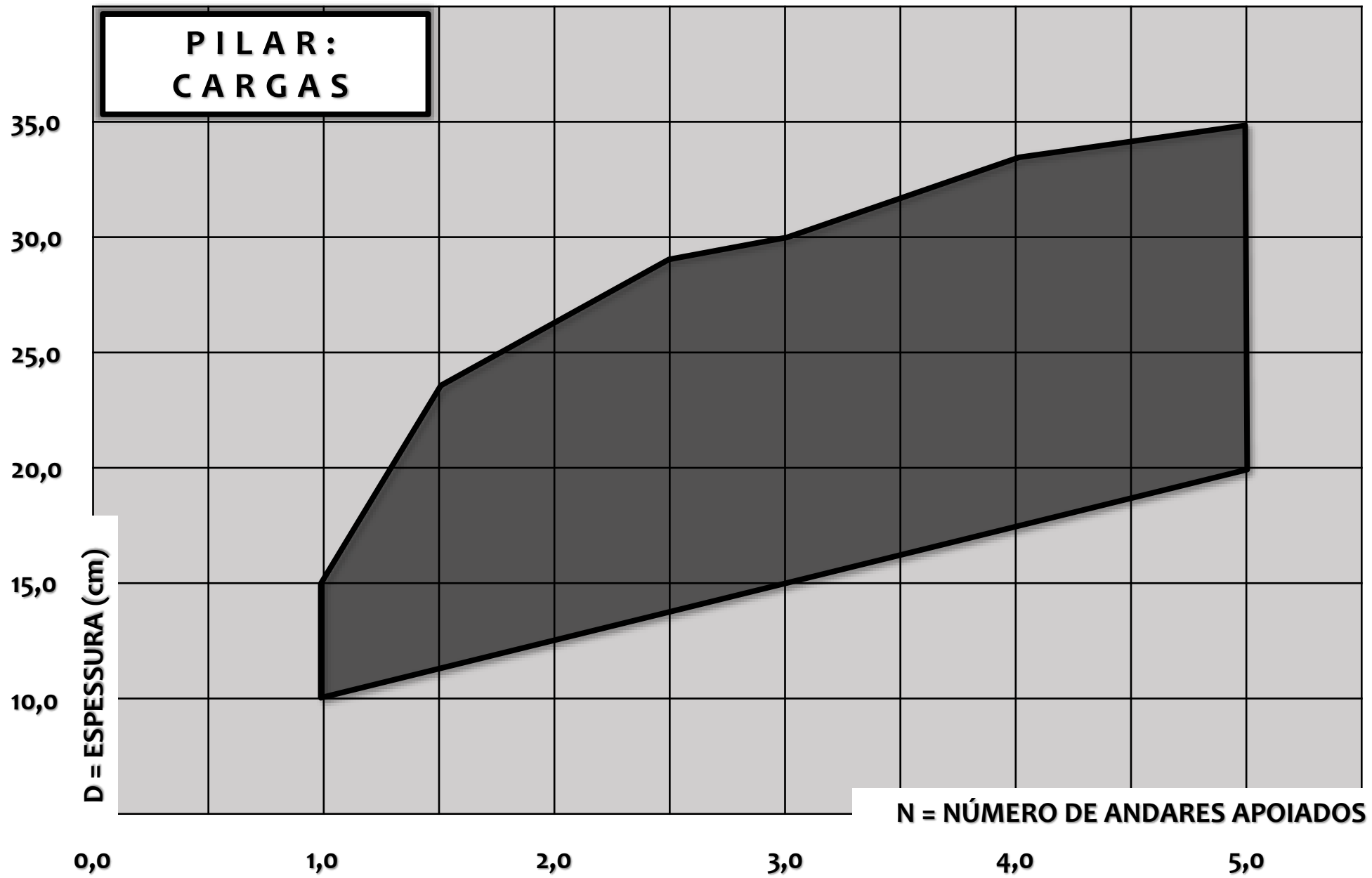
ONDE:

P = CARGA NO PILAR, OBTIDA PELO PROCESSO DA “ÁREA DE INFLUÊNCIA”.

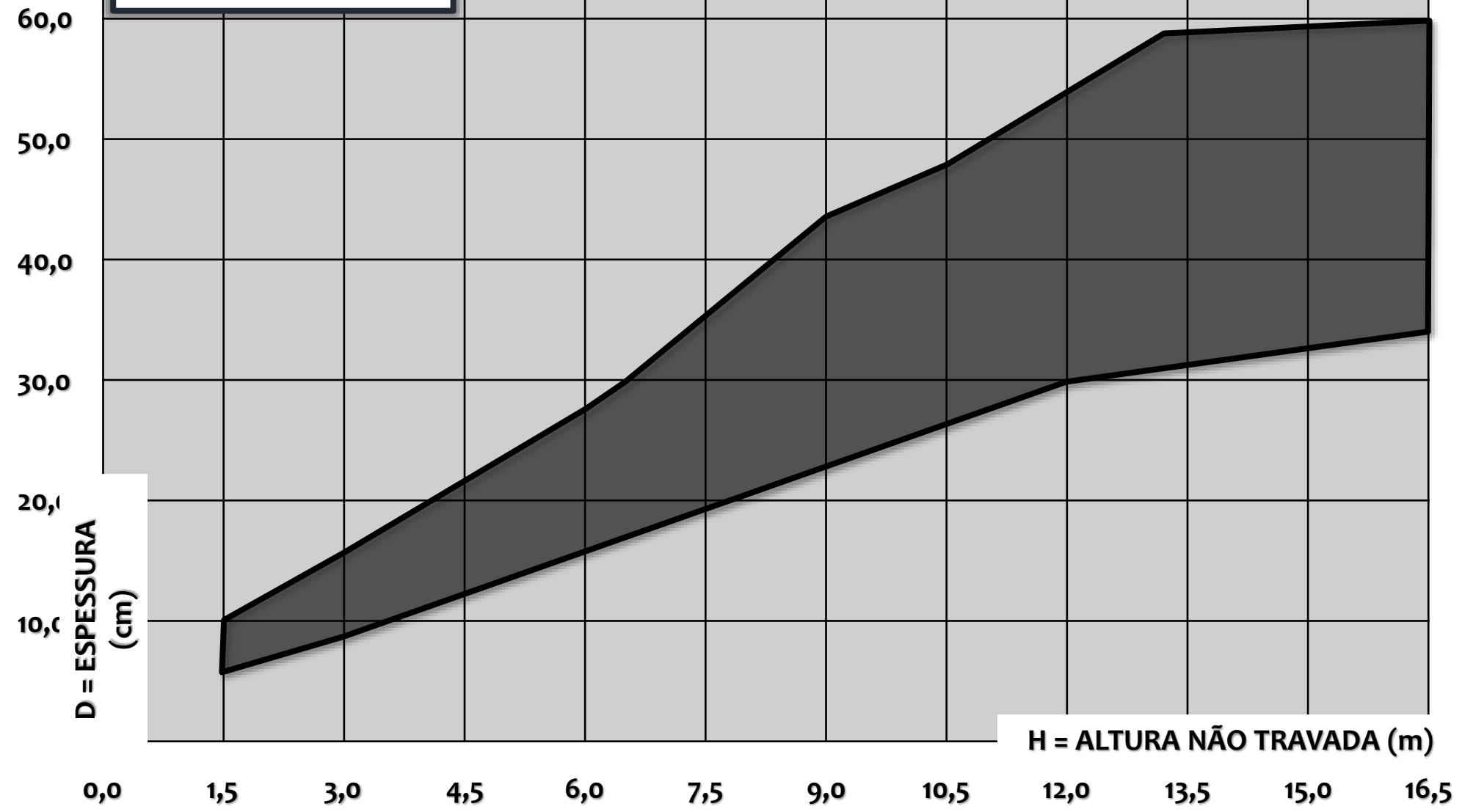
σ = TENSÃO ADMISSÍVEL NO PILAR, CONSIDERADA IGUAL A 60kgf/cm².

IMPORTANTE:

ADOTAR O MAIOR VALOR ENTRE AMBOS OS GRÁFICOS A SEGUIR



**PILAR:
FLAMBAGEM**



PÓRTICOS

■ PÓRTICOS

- NOS PÓRTICOS, SÃO INSTALADAS LIGAÇÕES RÍGIDAS ENTRE AS VIGAS E PILARES
- SÃO DUAS AS CONSEQUÊNCIAS MAIS EVIDENTES QUANDO DA ADOÇÃO DE PÓRTICOS EM MADEIRA:
 - REDUÇÃO DA ALTURA FINAL DAS VIGAS (JÁ QUE PARCELA CONSIDERÁVEL DOS ESFORÇOS NELAS ATUANTES É COMPARTILHADA PELOS PILARES)
 - CRIAÇÃO DE UM ELEMENTO RÍGIDO QUE POSSA ATUAR COMO PARTE DO CONTRAVENTAMENTO DA EDIFICAÇÃO
- PARA GARANTIR A RIGIDEZ NOS NÓS, PODEM SER UTILIZADOS PARAFUSOS ESTRUTURAIS, CHAPAS METÁLICAS OU COLAS ESPECIAIS

- PÓRTICOS

- APESAR DA DIFICULDADE EM EXECUTAR NÓS RÍGIDOS NOS PÓRTICOS FEITOS EM MADEIRA, ELES SÃO USUAIS NAS ESTRUTURAS APORTICADAS TRELIÇADAS – O QUE IMPLICA ECONOMIA DE MATERIAL E DE MÃO DE OBRA
- PARA CASOS ESPECÍFICOS – A DEPENDER DAS EXIGÊNCIAS ARQUITETÔNICAS – OS PÓRTICOS PODEM SER TAMBÉM PROJETADOS EM CONSTRUÍDOS EM PEÇA ÚNICA FEITA DE MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC)



[BUCKLAND TIMBER, 2022]



[REDSTAG TIMBER LAB, 2022]



[DASTA, 2022]



[CIN MAGAZINE, 2022]



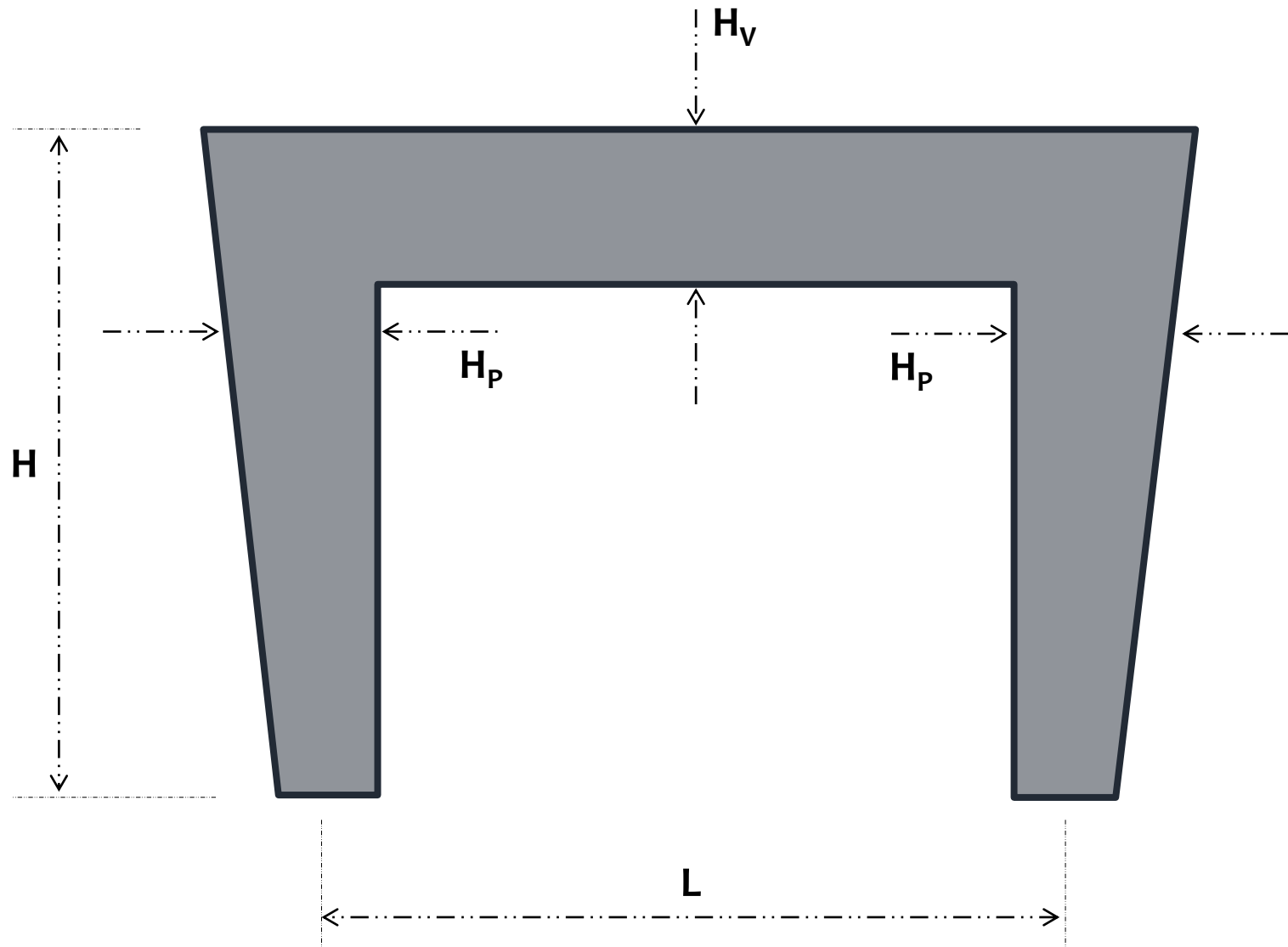
[ARCHDAILY, 2022]



[PINTEREST, 2022]

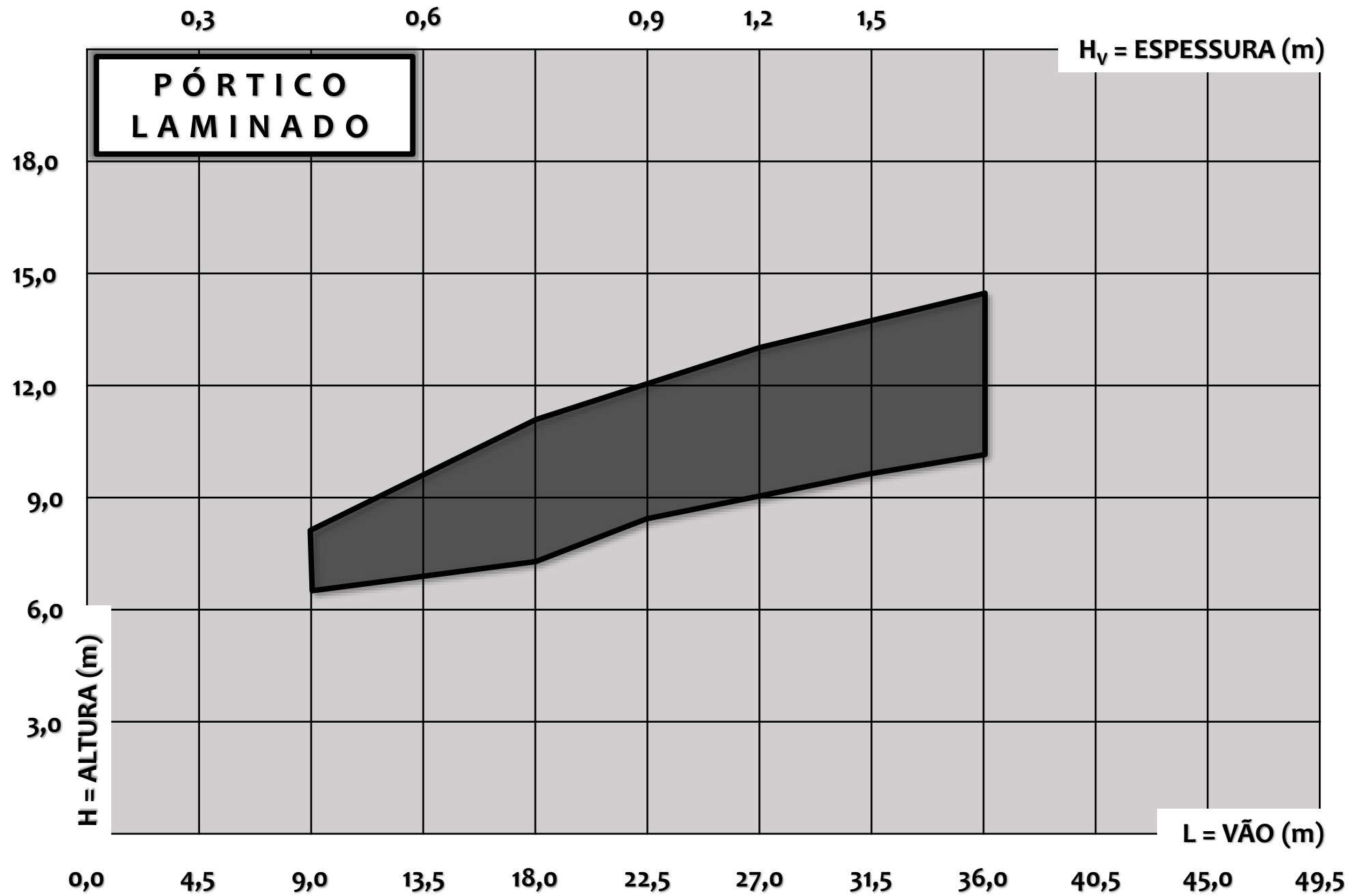


[ARCHDAILY, 2022]



$$H_V = 4\% \cdot L$$

$$H_P \leq H_V$$



COMO CITAR ESTE MATERIAL

MARTINS, ALEXANDRE AUGUSTO. **ESTRUTURAS DE MADEIRA: UMA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA [2/3]**. MATERIAL DIDÁTICO. SÃO PAULO: FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE; MARÇO DE 2022. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.GPARQCON.COM.BR/](http://www.gparqcon.com.br/). ACESSO EM: _____

REFERÊNCIAS TEXTUAIS

ARCHDAILY. **A MADEIRA LAMINADA CRUZADA (CLT) É O CONCRETO DO FUTURO?** DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.ARCHDAILY.COM.BR/BR/922665/A-MADEIRA-LAMINADA-CRUZADA-CLT-E-O-CONCRETO-DO-FUTURO](https://www.archdaily.com.br/br/922665/a-madeira-laminada-cruzada-clt-e-o-concreto-do-futuro). ACESSO EM: 21.SET.2022.

CALIL JR., C. **ESTRUTURAS DE MADEIRA NO BRASIL: ESTUDOS DE CASO**. IN: ENEM – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE MADEIRAS, 2010. UNIVERSIDADE DE COIMBRA, PORTUGAL. DISPONÍVEL EM: [HTTP://ENEM.DEC.UC.PT/APRESENTACOES/SESSAO1.2.PDF](http://enem.dec.uc.pt/apresentacoes/sessao1.2.pdf). ACESSO EM 20.SET.2022.

CALIL JR., C.; LAHR, F. A. R.; MARTINS, G. C. A.; DIAS, A. **ESTRUTURAS DE MADEIRA – PROJETOS, DIMENSIONAMENTO E EXEMPLOS DE CÁLCULO**. RIO DE JANEIRO, LTC GEN, 2021.

CARPINTERIA. **SITE OFICIAL**. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://CARPINTERIA.COM.BR/](https://carpinteria.com.br/). ACESSO EM: 21.SET.2022.

DIAS, A. **A HISTÓRIA DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA NO BRASIL**. AGO.2020. IN: CARPINTERIA – MADEIRA INTELIGENTE – SITE OFICIAL. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://CARPINTERIA.COM.BR/2020/08/02/A-HISTORIA-DAS-ESTRUTURAS-DE-MADEIRA-NO-BRASIL/](https://carpinteria.com.br/2020/08/02/a-historia-das-estruturas-de-madeira-no-brasil/). ACESSO EM: 20.SET.2022.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **ESTRUTURAS DE MADEIRA**. SÃO PAULO, EDITORA LTC, 2003.

REBELLO, Y. C. **BASES PARA PROJETO ESTRUTURAL NA ARQUITETURA**. SÃO PAULO: EDITORA ZIGURATE, 2011.

VALLE, A. **RIGIDEZ DE LIGAÇÃO COM PARAFUSOS EM ESTRUTURAS DE MADEIRA LAMINADA COLADA**. SÃO PAULO, 1999. 194 F. TESE (DOUTORAMENTO EM ENGENHARIA CIVIL). ESCOLA POLITÉCNICA, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 1999. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://SILO.TIPS/DOWNLOAD/ANGELA-DO-VALLE-RIGIDEZ-DE-LIGAOES-COM-PARAFUSOS-EM-ESTRUTURAS-DE-MADEIRA-LAMINA](https://siilo.tips/download/angela-do-valle-rigidez-de-ligacoes-com-parafusos-em-estruturas-de-madeira-lamina). ACESSO EM: 19.SET.2022.

VAMOS FALAR DE MADEIRA? **CANAL OFICIAL NO YOUTUBE**. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/C/VAMOSFALARDEMADEIRATIMBAESTRUTURAS](https://www.youtube.com/c/vamosfalardeMadeiraTimbaEstruturas). ACESSO EM: 19.SET.2022.

ZANGIÁCOMO, A. L. **EMPREGO DE ESPÉCIES TROPICAIS ALTERNATIVAS NA PRODUÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE MADEIRA LAMINADA COLADA**. SÃO CARLOS, 2003. 103 F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS). ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2003. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.TESUS.USP.BR/TESES/DISPONIVEIS/18/18134/TDE-26052006-150001/PUBLICO/2003ME_ANDRELZANGIACOMO.PDF](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/TDE-26052006-150001/PUBLICO/2003ME_ANDRELZANGIACOMO.PDF). ACESSO EM: 20.SET.2022.



Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo



1952 – 2022



ESTRUTURAS DE MADEIRA: UMA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA [2/3]

PROF. DR. ALEXANDRE AUGUSTO MARTINS

[2022]