

## **Considerações sobre o desenvolvimento de um sistema construtivo misto concreto e madeira laminada cruzada**

### **Considerations on the development of a mixed construction system concrete and cross-laminated wood**

Ramos, M.G. Fernando<sup>1</sup>, Carrasco, M.V. Edgar<sup>1\*</sup>, Rodrigues, C. Francisco<sup>1</sup>, Mantilla, R.N Judy

---

#### **RESUMO**

A madeira é um material de excelência e, principalmente, um dos mais ecológicos. No cenário da produção de edificações sustentáveis, o sistema construtivo que utiliza painéis de madeira - largamente utilizado na Europa, Estados Unidos e Canadá - denominado de Madeira Laminada Colada (MLC) e Madeira Laminada Cruzada (CLT), ocupa um lugar de destaque, sobretudo pela possibilidade de emprego de madeiras provenientes de florestas plantadas. Por outro lado, o concreto armado, juntamente com o aço e o vidro, se transformaram em materiais suportes para o desenvolvimento da arquitetura. No Brasil essa tecnologia se difundiu de forma absoluta e hegemônica. É o material estrutural mais utilizado nas construções das cidades brasileiras. Este trabalho apresenta algumas considerações sobre um sistema construtivo misto, propondo um conector de aço para utilização nas ligações de painéis CLT - CLT e painéis CLT - lajes de concreto pré-fabricado e, para tanto, fazer, posteriormente, uma avaliação de forma experimental, através de ensaios push-out para verificação do comportamento estrutural desses conectores e do sistema construtivo em situações de serviço. Nessa primeira etapa apresenta-se a idéia geral do sistema construtivo no qual os conectores se inserem, seus elementos constituintes e suas ligações.

**Palavras-chave:** Sistema Construtivo Misto, Madeira Laminada Cruzada, ligações CLT e Concreto

---

#### **ABSTRACT**

Wood is a material of excellence and, above all, one of the most ecological. In the scenario of production of sustainable buildings, the construction system that uses wood panels - widely used in Europe, the United States and Canada - called Glued Laminated Wood (MLC) and Cross Laminated Wood (CLT), occupies a prominent place, especially by the possibility of using wood from planted forests. On the other hand, reinforced concrete, along with steel and glass, became supporting materials for the development of architecture. In Brazil, this technology has spread in an absolute and hegemonic way. It is the most used structural material in the constructions of Brazilian cities. This work presents some considerations about a mixed construction system, proposing a steel connector for use in the connections of CLT - CLT panels and CLT panels - prefabricated concrete slabs and, for that, to make an evaluation in an experimental way, through push-out tests to verify the structural behavior of these connectors and the constructive system in service situations. In this first step, the general idea of the constructive system in which the connectors are inserted, its constituent elements and their connections is presented.

**Keywords:** Mixed Constructive System; Cross Laminated Timber; CLT and Concrete connections

---

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais  
\*E-mail: Mantilla.carrasco@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Em meio ao aquecimento Global, tema dos mais debatidos em todas as esferas de discussão de políticas ambientais em todo o mundo, tem-se que pensar e colocar em prática proposições, no âmbito da construção civil, que garantam o desenvolvimento do planeta de modo responsável e sustentável (ABERGEL et al., 2017). A madeira, por ser um excelente fixador de carbono (MIOTTO, 2009, ABEJÓN e MOYA, 2021, CHURKINA et al. 2020), além de ser renovável e reaproveitável quando usada de forma correta e responsável, contribui de forma extraordinária para atenuar os impactos ambientais causados pelas edificações. Nesse aspecto, a madeira laminada cruzada, por se tratar de um produto fabricado a partir de madeiras de reflorestamento tratadas, não representam uma ameaça às florestas nativas existentes no país, D'Amico et al. (2021). Por outro lado, a cultura do concreto armado, quer seja moldado no local ou pré-fabricado, já se encontra consolidada no nosso país.

Propor, projetar e estudar um conector adequado ao uso em um sistema construtivo que contemple o uso dos painéis CLT com lajes alveolares pré-fabricadas de concreto armado, parece um caminho viável e com enorme potencial de uso no âmbito da construção de edificações no país. Para que um sistema construtivo misto, como este, inovador na medida em que utiliza de lajes pré-fabricadas de concreto conectadas com painéis CLT - diferentemente dos sistemas utilizados na Europa, Estados Unidos, Canadá, que só usam CLT, em que usam também concreto armado acima da laje de CLT - tenha de fato um desempenho satisfatório, torna-se fundamental a projeção de elementos de ligação, ou seja, conectores que possam aliar uma tecnologia já sedimentada no país com outra em desenvolvimento. Apesar de no Brasil a utilização do CLT ainda esteja em estágio embrionário, com a madeira maciça ainda em uso no país, suas vantagens com relação à madeira serrada são relevantes, especialmente quanto à possibilidade de se produzir peças praticamente sem limitações dimensionais, com aumentos de resistência e rigidez (AMORIM et al., 2018). Hoje, a escassez cada vez mais acentuada das madeiras nativas é uma forte justificativa para o uso do CLT. Segundo Espinoza et al. (2016), o CLT possui inúmeras vantagens como sistema construtivo para edificações, inclusive de andares múltiplos, lastreado no seu elevado desempenho estrutural e ambiental. Nesse aspecto, a madeira laminada colada cruzada, por se tratar de um produto fabricado a partir de madeiras de reflorestamento tratadas, não representa uma ameaça às florestas nativas existentes no país e em todo o mundo.

Vários autores como Espinoza et al. (2016), Kuzmanovska et al. (2018), Churkina et al. (2020), argumentam sobre uma série de estudos independentes que compararam o desempenho ambiental dos edifícios de andares múltiplos construídos com CLT e com concreto e concluíram, consistentemente, que os edifícios de CLT tiveram baixa energia incorporada comparada com os edifícios de concreto e, mais ainda, desempenho superior em comparação com os de concreto e de aço no que tange à destruição da camada de ozônio, potencial de aquecimento global, dentre outros aspectos. Ainda os autores, Espinoza et al. (2016), Foster e Reynolds (2018) e Fragiacomio et al. (2011), comentam que uma outra grande vantagem do sistema é a velocidade e a eficiência com que os edifícios podem ser construídos. Na Europa, desde os anos 90, tornou-se um material de construção amplamente utilizado, competindo com o concreto, aço, alvenarias de tijolos, em segmentos de mercado bastante sofisticados como os edifícios multi-familiares (HARTE, 2017; RAMAGE et al., 2017). A velocidade de construção que o sistema CLT admite, contribui para uma economia do tempo de execução da obra e minimização do transtorno causado no local e no entorno da obra. Sua concepção simples e resistente permite sua utilização em edifícios altos, com até 10 pavimentos, e a construção de edifícios mais altos estão em fase de preparação e projeto na Europa (D'AMICO et al., 2021). Os painéis de CLT são fabricados com até 12m de comprimento e são transportados para a obra com todos os vãos já preparados, aberturas de portas, janelas e demais aberturas previstas em projeto, permitindo um ganho considerável de tempo de execução da obra. Outra grande vantagem do sistema, é a possibilidade de utilização de grandes vãos sem apoios intermediários. Segundo Espinoza et al. (2016), ICC IBC (2021), Amorim et al. (2018), um painel de CLT, com sete camadas e uma espessura total de 22cm, pode ser utilizado para vencer vãos de até 8m. Com a possibilidade de uso dos painéis duplos, pode-se conseguir a cobertura de vãos ainda maiores. Outra vantagem de uso do CLT é a capacidade de suporte de cargas do sistema podendo ser utilizado como um painel auto-portante. Na resistência contra fogo, como já dito anteriormente, o sistema também apresenta vantagens, embora seja importante mencionar a necessidade de embutir ou proteger os elementos de ligação, metálicos, o que certamente potencializará a sua resposta em caso de incêndio. Segundo RothoBlass (2015), em caso de incêndio, verifica-se uma redução da secção resistente, mas a parte não atingida pela carbonização continua a ser eficiente. A superfície externa da madeira sofre uma carbonização mais intensa e a parte interna permanece praticamente intacta após a exposição por 30 minutos

ao fogo. Os autores, Espinoza et al. (2016), Salgado e Guner (2021), MahdaviFar et al. (2016) e Poulin et al. (2018), esclarecem que o desempenho sísmico do CLT também tem sido objeto de vários estudos. Citam um experimento em que um edifício de sete pavimentos foi submetido a movimentos sísmicos graves, o equivalente a 7,2 na escala Richter, e o edifício mostrou excelente comportamento, com desvios entre andares de no máximo 3,5 cm.

No Brasil verifica-se uma lacuna no desenvolvimento e na aplicação do CLT. Não existem fábricas com tecnologia e produção suficiente para fazer frente às expectativas de demanda e exigências do mercado.

Assim o objetivo deste trabalho, além da proposição de um conector de aço para ligações de CLT, sugerir um sistema construtivo misto que utilize painéis de madeira CLT e lajes de concreto armado pré-fabricado. Esse novo arranjo ampliará as possibilidades de uso do sistema CLT incluindo ligações com concreto pré-fabricado, ainda pouco estudado e experimentado em todo o mundo. As vedações externas e internas das edificações serão em CLT e as lajes de piso e de forro em concreto pré-fabricado.

## **ELEMENTOS CONSTITUINTES DO SISTEMA CONSTRUTIVO**

Os elementos principais do sistema construtivo são: painéis CLT, lajes de concreto armado pré-fabricadas, elementos de ligação:

### **Painéis de CLT**

São os elementos principais de vedação do sistema. São elaborados a partir de tábuas de pinho existentes no país, selecionadas e classificadas em função da sua dureza e fabricados com a mais avançada tecnologia. São montados com as aberturas de portas, janelas, detalhes especiais de fixação (furos, tampões, etc.), locais para passagem de instalações elétricas e hidráulicas, tudo em consonância com os projetos de arquitetura, complementares e estrutural. Após fabricação são transportados da fábrica para o canteiro e montados a seguir. As dimensões variam em função do fabricante. São montados com um número ímpar de camadas de tábuas (de três a sete camadas). No Brasil, a espessura das tábuas pode variar de 16 mm a 51 mm e a largura de 60 mm a 240 mm. As larguras típicas dos painéis são 600 mm, 1200 mm, 2400 mm e 3000 mm. No comprimento é possível fabricá-los com até 12000 mm. As limitações das dimensões fabricadas são em função do transporte e montagem na obra, Figura 1.

**Figura 1** – Montagem de Painéis CLT e edifício em CLT



Fonte: Jular Madeiras (2012)



Fonte: Pavilion (2017)

### **Lajes de concreto armada pré-fabricadas**

Serão fabricadas a partir das mais avançadas técnicas disponíveis no país e com as seguintes dimensões: Largura 800 mm, comprimento 4000 mm e espessura 120 mm. Poderão ser alveolares protendidas, alveolares armadas, ou maciças armadas. As lajes pré-fabricadas por extrusão apresentam alta resistência e grande durabilidade devido ao moderno processo produtivo gerar um alto grau de compactação do concreto, Figura 2. O sistema construtivo permitirá agilidade na execução da estrutura e maior controle dimensional e estrutural.

**Figura 1** – Laje pré-fabricada alveolar, içada na obra



Fonte: Cassol Pré-fabricados (2015)

### **Elementos de ligação**

Em estruturas de madeira ou estruturas mistas de madeira e concreto ou madeira e aço, quando não se tem projeto adequado, as articulações e ligações representam, com frequência, os pontos de menor resistência. Uma concepção inadequada é responsável por

muitas patologias e o seu comportamento mecânico, nomeadamente a sua rigidez, desempenha um papel crucial na distribuição das tensões na estrutura. Os conectores de chapa dobrada são bastante eficazes nas ligações de madeira com madeira, mas nas ligações que envolvem concreto armado, apresentam algumas restrições no que tange à fixação com buchas e furação do concreto armado. Nesse trabalho, buscou-se realizar estudos no sentido de se chegar a um conector de desenho simples e adequado ao uso no sistema construtivo proposto. Com base nesses estudos, a adequabilidade a múltiplas aplicações, a forma, a facilidade de fixação, o material, dentre outros parâmetros considerados, optou-se primeiramente, por um modelo que apresentasse uma das extremidades auto-atarraxante, para fixação no painel inferior, e a outra extremidade roscada com o uso de arruela com seção cilíndrica e porca sextavada, para fixação no painel superior. A fim de propiciar uma junção rígida dos painéis com a laje de concreto, de forma a evitar as perdas da força de tração no momento da fixação, foram projetadas buchas metálicas que serão fixadas na laje no momento da concretagem.

Após análise do protótipo do primeiro conector proposto, com rosca auto-atarraxante em uma extremidade do conector e rosca com arruela e porca na outra, como mostra a Figura 4, verificou-se que, nesse projeto, a seção do conector variava entre o 1º painel e o 2º painel. Essa variação de diâmetro iria conduzir a resultados diferentes com relação à resistência aos esforços de cisalhamento e na determinação futura do módulo de deslizamento, fato este indesejável (CARVALHO e CARRASCO 2010). Optou-se, então, por modificar o projeto original e adotar o mesmo sistema de fixação de um lado e do outro da ligação, ou seja, rosca com porca e arruela e anel de aço nas duas extremidades do conector. Pode-se verificar o resultado na Figura 2. Todos os elementos de ligação serão em aço SAE 1045, a partir de barras sextavadas de 1/2 polegada, com diâmetros de rosca de 10mm, para ligação dos painéis com painéis e painéis com a laje de concreto.

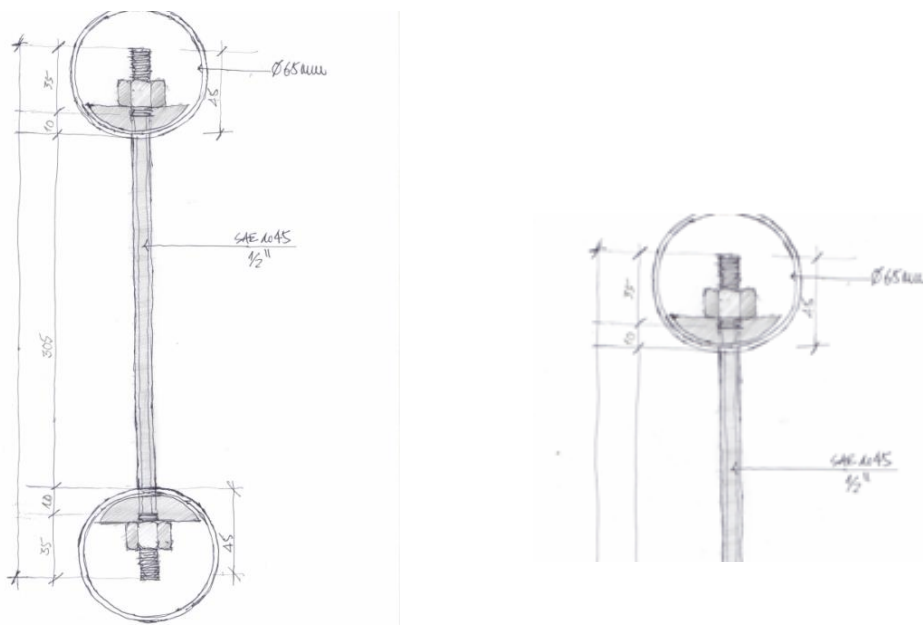
## **CONEXÕES DO SISTEMA CONSTRUTIVO**

### **Conexão com as bases de concreto (fundações)**

Na ancoragem dos painéis de CLT com as bases de concreto da edificação deverão ser adotados os procedimentos adequados de montagem com a utilização de equipamento de elevação e transporte dos painéis. A base de concreto deverá ser preparada para receber a bucha com rosca interna, na posição de ancoragem, antes da concretagem. Serão

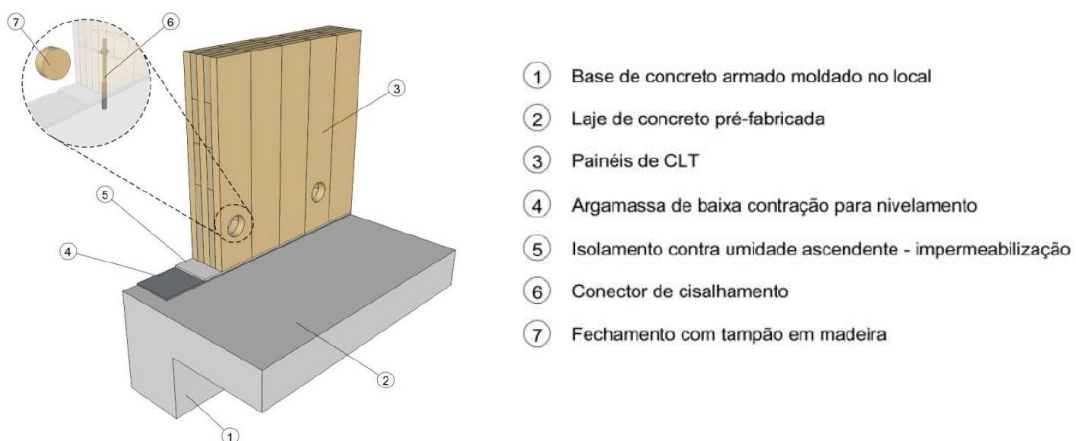
utilizados conectores e bucha com rosca interna. Os painéis deverão ser perfurados para a colocação dos conectores e para acesso a porca de fixação como mostrado na Figura 3. O furo para passagem do conector no painel superior deverá ser oblongo para permitir ajustes na montagem do painel. Após montagem, esse furo deverá ser preenchido com resina epóxi. Os procedimentos de montagem são os seguintes: 1º- Fixação do conector na base de concreto; 2º- Colocação e ajuste do painel superior na posição final; 3º- Enchimento do furo oblongo do painel com resina epóxi; 4º- Colocação da arruela e porca de fixação; 5º- Aperto da porca; 6º- Fixação do tampão de madeira.

**Figura 2** – Projeto final do conector



Fonte: Os autores (2022)

**Figura 3** – Modelo da ligação dos painéis com a base de concreto

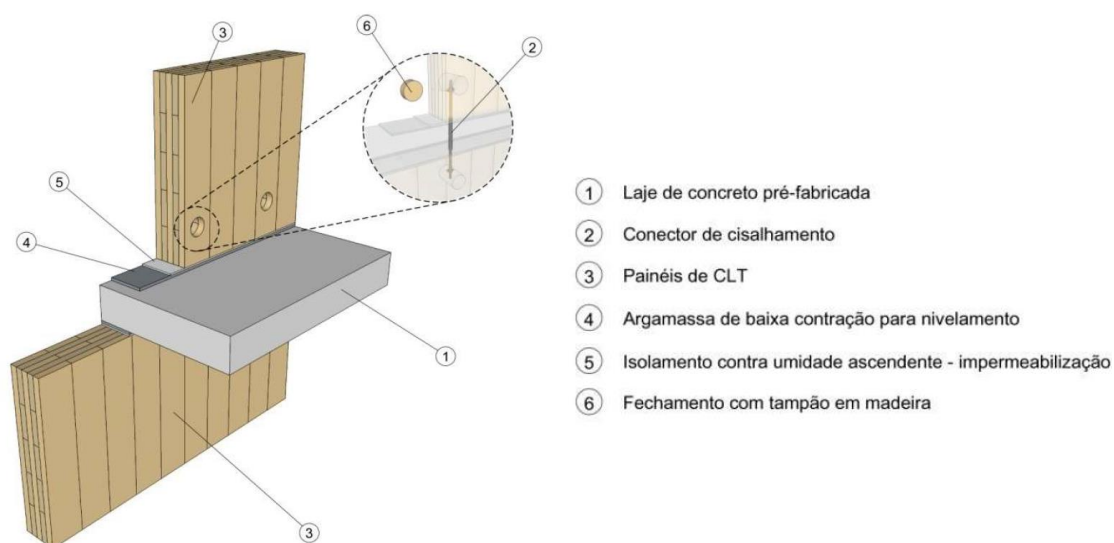


Fonte: Os autores (2022)

## Conexão dos painéis com lajes de concreto armado pré-fabricado

Essas ligações serão efetivadas por meio de conectores com bucha sem rosca interna. Os painéis serão preparados para fixação na fábrica e as buchas posicionadas na laje de acordo com o projeto antes da concretagem. Os painéis serão perfurados para a colocação dos conectores e para instalação e giro da porca de fixação como mostrado nas Figura 4. Os furos para passagem do conector no painel superior e inferior deverão ser oblongos para permitir ajustes na montagem dos painéis. Após montagem, esse furo deverá ser preenchido com resina epóxi. Os procedimentos de montagem são os seguintes: 1º- Fixação do conector no painel inferior, 2º- Colocação da laje na posição de ancoragem, 3º- Enchimento da bucha com resina epóxi, 4º- Colocação e ajuste do painel superior na posição final, 5º- Enchimento do furo oblongo com resina epóxi, 6º- Colocação da arruela e porca de fixação, 7º- Aperto das porcas nas extremidades inferior e superior do conector, 8º- Fixação do tampão de madeira.

**Figura 4** – Modelo da ligação dos painéis com a laje de concreto



Fonte: Os autores (2022)

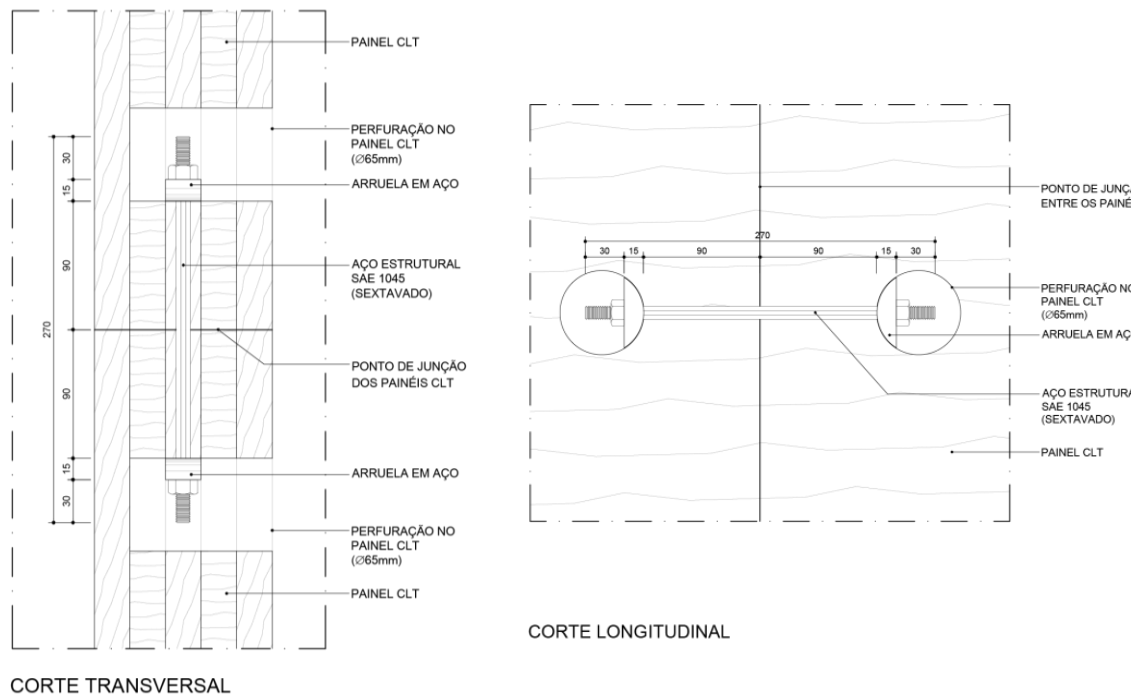
## Conexão de painéis CLT/CLT

Essas ligações serão efetivadas por meio de conectores sem a utilização de buchas. Os painéis deverão ser preparados para fixação na fábrica, devendo ser perfurados para a colocação dos conectores e para instalação e giro da porca de fixação como mostra a Figura 5. O furo para passagem do conector nos painéis deverá ser oblongo para permitir ajustes na montagem. Após montagem, esse furo deverá ser preenchido com resina epóxi.



Nas ligações de painéis CLT com painéis CLT, poderão ocorrer três tipos de conexão, a saber: conexão de topo, conexão em T e conexão de canto. A seguir, são apresentados os subsistemas de paredes e pisos que podem ser obtidos com as conexões aqui desenvolvidas.

**Figura 5** – Corte transversal e longitudinal da ligação de painel CLT com painel CLT



Fonte: Os autores (2022)

### Conexão de Topo

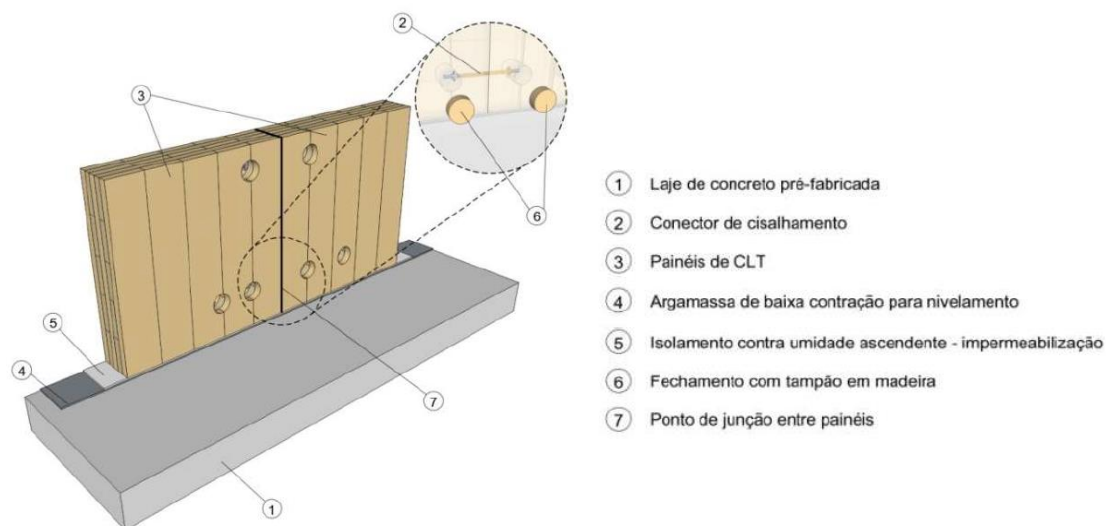
São utilizados os conectores, menores, sem bucha, Figura 6. A fixação obedecerá aos seguintes procedimentos: montagem do primeiro painel na posição; 2º- fixação do conector no primeiro painel; 3º- enchimento do furo oblongo com resina epóxi; 4º- montagem do segundo painel na posição; 5º- colocação das arruelas e porcas de fixação; 6º- aperto das porcas nas duas extremidades do conector; 7º- fixação dos tampões de madeira.

### Conexão em T

Da mesma forma e procedimentos que os utilizados na conexão de topo. A diferença se dará na furação dos painéis na fábrica que deverão obedecer ao posicionamento dos furos previstos no projeto de montagem e execução. O painel

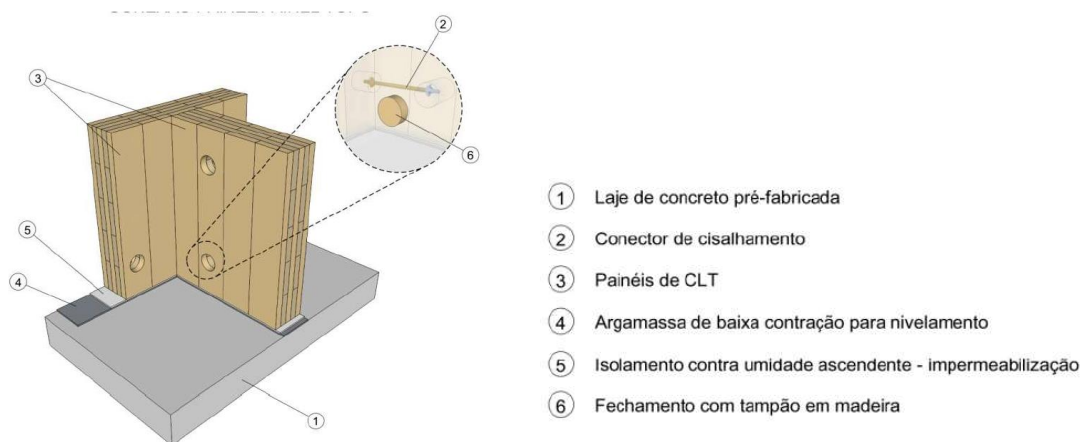
passante receberá a furação na face externa. Serão utilizados os conectores do tipo 2, sem bucha, Figura 7. Os procedimentos são os mesmos da conexão de topo.

**Figura 6** – Modelo da conexão entre painéis de topo



Fonte: Os autores (2022)

**Figura 7** – Conexão dos painéis em T



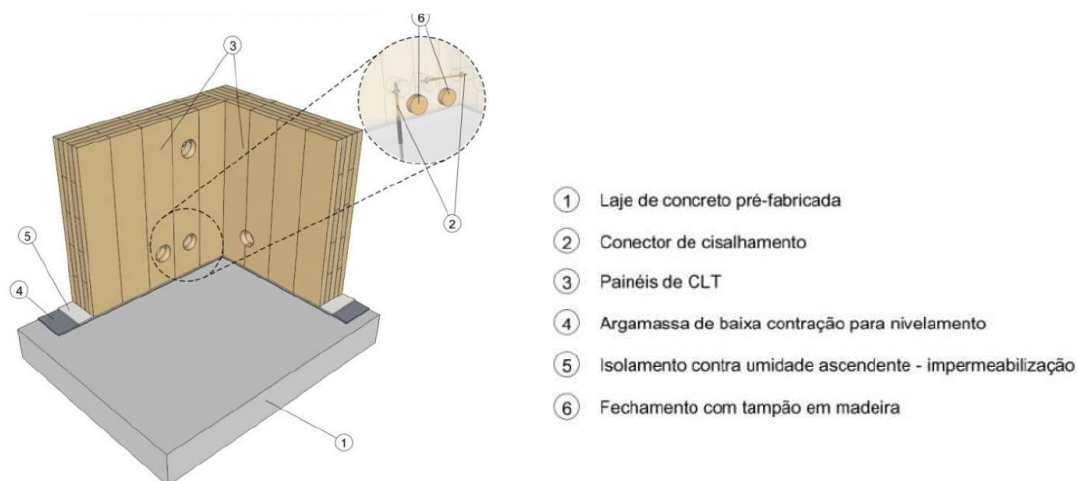
Fonte: Os autores (2022)

### Conexão de Canto

Da mesma forma e procedimentos que os utilizados na conexão de topo. A diferença, assim como na conexão em T, se dará na furação dos painéis na fábrica que deverão obedecer ao posicionamento dos furos previstos no projeto de montagem e execução. O painel passante receberá a furação na face externa. Serão utilizados os conectores do tipo 2, sem bucha, Figura 8. A fixação obedecerá aos mesmos procedimentos: 1º- Montagem do primeiro painel na posição; 2º- Fixação do conector no

primeiro painel; 3º- Enchimento do furo oblongo com resina epóxi; 4º- Montagem do segundo painel na posição; 5º- Colocação das arruelas e porcas de fixação; 6º- Aperto das porcas nas duas extremidades do conector; 7º- Fixação dos tampões de madeira.

**Figura 8** – Conexão dos painéis de canto



Fonte: Os autores (2022)

## CONEXÃO COM A LAJE DE COBERTURA

As conexões com a laje de cobertura poderão ocorrer de duas formas, dependendo da solução do projeto de arquitetura: com platibanda e sem platibanda.

### Com platibanda

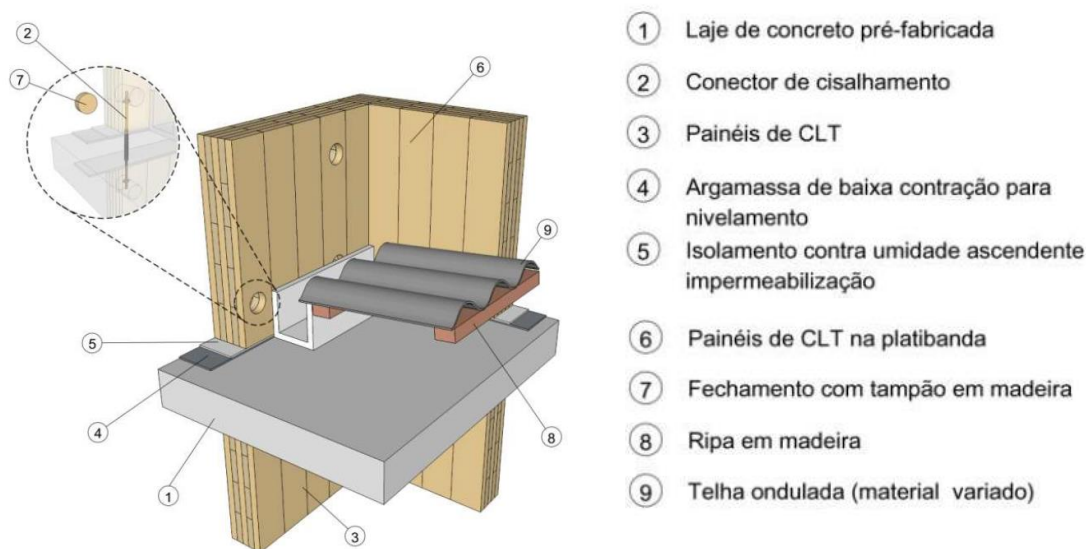
Essas ligações, da mesma maneira que a ligação de painéis com as lajes de piso, serão efetivadas através de conectores com bucha sem rosca interna. Os painéis serão preparados para fixação na fábrica e as buchas posicionadas na laje de acordo com o projeto, antes da concretagem. Os painéis serão perfurados para a colocação dos conectores e para a instalação e giro da porca de fixação como mostrado na 9. Os furos para passagem do conector nos painéis superior e inferior deverão ser oblongos para permitir ajustes na montagem dos painéis. Após montagem, esses furos deverão ser preenchidos com resina epóxi.

### Sem platibanda

Serão adotados os mesmos procedimentos que os da conexão com as bases de concreto. É indicado a utilização de conectores com bucha de rosca interna. Os painéis

deverão ser perfurados para a colocação dos conectores e para acesso à porca de fixação como mostrado na Figura 9. O furo para passagem do conector no painel superior deverá ser oblongo para permitir ajustes na montagem do painel. Após montagem, esse furo deverá ser preenchido com resina epóxi.

**Figura 9** – Conexão com a laje de cobertura com platibanda



Fonte: Os autores (2022)

## INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Seguirão os mesmos padrões já existentes na construção com CLT. Podem ser ocultas, semi-aparentes e aparentes:

### Instalações Elétricas Ocultas

É possível realizar dutos para a passagem das instalações elétricas embutidas no miolo dos painéis. Esse trabalho é realizado no CLT ainda em fábrica, durante a etapa de usinagem em máquinas com comando numérico (CNC), e após a cura do painel, Figura 10.

### Instalações Elétricas Semi-aparentes

Também é possível deixar os conduítes elétricos semi-aparentes. Para isso, na etapa de usinagem (CNC), são realizados dutos na superfície dos painéis em CLT para a passagem dos conduítes. Essa solução também pode ser aplicada quando a parede irá receber algum tipo de revestimento. Podemos verificar o caso na Figura 10.

**Figura 10** – Instalações elétricas embutidas e semi-arentes



Fonte: Os autores (2022)

## **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ACABAMENTOS INTERNOS E EXTERNOS**

Assim como nas soluções apresentadas para as instalações elétricas as instalações hidráulicas poderão ser executadas. Pode-se também adotar a solução em shaft, muito comum nos edifícios atualmente.

Após a montagem, painéis de CLT dispensam revestimento quando localizados em ambientes internos, tanto para pisos como para paredes. No caso de paredes ou tetos, também podem receber pintura diretamente sobre a madeira ou mesmo a fixação de placas de gesso acartonado. Já em ambientes molhados é possível a utilização revestimentos convencionais, como cerâmicas ou porcelanatos. Para os revestimentos externos, pode-se utilizar inúmeros tipos de acabamentos, tais como: aplicação de stain, fachadas ventiladas em madeira, aço, alumínio, Viroc, cortiça, etc., ou ainda se utilizar de Stucco para acabamento final.

## **CONCLUSÃO**

O sistema construtivo proposto é eficiente na medida em que se resolve problemas de montagem e principalmente estabilidade da estrutura quando solicitado a esforços horizontais e eficaz devido a simplicidade de execução e montagem. O conector idealizado desempenha um papel de extrema importância no contexto deste sistema construtivo. Como complemento deste trabalho, sugere-se a realização de um estudo teórico-experimental que terá como objetivo avaliar o comportamento da ligação entre os painéis de CLT e a laje de concreto por meio do conector de cisalhamento proposto, constituído por barra de aço sextavada, anel de aço, porcas e arruelas, conforme apresentado neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABEJÓN, R.; MOYA, L. Cross-laminated timber: Perspectives from a bibliometric analysis (2006–2018). **Wood Material Science & Engineering**, (Epub ahead of print), 22 jul. 2021.
- ABERGEL, T.; DEAN, B.; AND DULAC, J. Towards a Zero-Emission, Efficient, and Resilient Buildings and Construction Sector: Global Status Report 2017, **UN Environment and International Energy Agency**, Paris, 2017. Disponível em:<http://hdl.handle.net/20.500.11822/27140>. Acesso em 6 jun. 2022.
- AMORIM, S. T. A.; MANTILLA, J. N. R.; CARRASCO, E. V. M. A madeira laminada cruzada: Aspectos tecnológicos, construtivos e de dimensionamento. **Matéria (UFRJ)**, v. 22(suppl), p. 1-7, 25 ago. 2018.
- CARVALHO, E. P.; CARRASCO, E. V. M. Influence of test specimen on experimental characterization of timber–concrete composite joints. **Construction and Building Materials**, v. 20, p. 1313-1322, 21 jan. 2010.
- CASSOL Pré-fabricados. **Catálogo**, 2015. Disponível em:<https://www.cassol.ind.br/obras/>. Acesso em 06 jun. 2022.
- CHURKINA, G.; ORGANSCHI, A.; REYER, C. P. O.; RUFF, A.; VINKE, K.; LIU, Z.; RECK, B. K.; GRAEDEL, T. E.; SCHELLNHUBER, H. J. Buildings as a global carbon sink. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 4, p. 269-276, 27 jan. 2020.
- D'AMICO, B.; POMPONI, F.; HART, J. Global potential for material substitution in building construction: The case of cross laminated timber. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, p. 123487, 14 jan. 2021.
- ESPINOZA, O.; TRUJILLO, V. R.; MALLO, M. F. L.; BUEHLMANN, U. Cross-laminated timber: Status and research needs in Europe. **BioResources**, v. 11, n. 1, p. 281-295, 16 nov. 2016.
- FOSTER, R.M.; REYNOLDS, T.P. Lightweighting with timber: an opportunity for more sustainable urban densification. **Journal of Architectural Engineering**, v. 24, n. 1, p. 02518001, 01 mar. 2018.
- HARTE, A. M. Mass timber - the emergence of a modern construction material. **Journal of Structural Integrity and Maintenance**, v. 2, n. 3, p. 121-132, 31 ago. 2017.
- ICC IBC. International Code Council, 2nd ed. Washington, USA.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC, 2021. Incheon, Republic of Korea. **Global Warming of 1.5oC**. Disponível em:<https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em 4 jan. 2022.
- JULAR Madeiras. **Catálogo**, 2012. Disponível em:<https://www.jular.pt/files/pdfs/158/Treehouse-modular-houses-v3.pdf>. Acesso em 06 jun.2022.

KUZMANOVSKA, I.; GASPARRI, E.; TAPIAS MONNÉ, D.; AITCHISON, M. Tall Timber Buildings - Emerging trends and typologies. In: WORLD CONFERENCE ON TIMBER ENGINEERING, 9-11 out., 2018, Seoul. **Anais[...]** Seul, Republic of Korea, 2018. p. 35-46.

MAHDAVIFAR, V.; BARBOSA, A. R.; SINHA, A. Nonlinear layered modelling approach for cross laminated timber panels subjected to out-of-plane loading. In: 41st IAHS, WORLD CONGRESS, 13-16 sep., 2016, Algarve. **Anais[...]** Algarve, Portugal, 2016. p. 1-10.

MIOTTO, J. L.; DIAS, A. A. Produção e avaliação de vigas de madeira laminada colada confeccionadas com lâminas de eucalipto. **Revista Tecnológica**, v. ed. especial, p. 37-47, 8 jan. 2010.

PAVILION. O maior edifício de CLT no mundo é um modelo para habitações coletivas em Londres, 2017. Disponível em: <https://www.e-pavilion.com/cursoonline/arquitetura/blog/o-maior-edificio-de-clt-no-mundo-um-modelo-para-habitaes-coletivas>. Acesso em 06 jun 2022.

POULIN, M.; VIAU, C.; LACROIX, D. N.; DOUDAK, G. Experimental and analytical investigation of cross-laminated timber panels subjected to out-of-plane blast loads. **Journal of Structural Engineering**, v. 144, n. 2, p. 04017197, 2 jan. 2018.

RAMAGE, M. H. et al. The wood from the trees: The use of timber in construction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, n. 1, p. 333-359, 7 fev. 2017.

ROTHOBLAAS. Chapas e Ligadores para Madeira. **Catálogo**, 2015. Disponível em: <https://www.rothoblaas.pt/catalogos-rothoblaas#fixacao>. Acesso em 06 jun. 2022.

SALGADO, R. A.; GUNER, S. Characterization of the out-of-plane behavior of CLT panel connections. **Engineering Structures**, v. 229, p. 111596, 15 fev. 2021.

*Recebido em: 03/06/2022*

*Aprovado em: 05/07/2022*

*Publicado em: 12/07/2022*