

EDIFÍCIO COMERCIAL COM ELEMENTOS ESTRUTURAIS DESENVOLVIDOS COM MADEIRA LAMINADA COLADA

Luciano Gustavo Souto¹
Marcelo Wandscheer²

RESUMO

O uso da madeira maciça como elemento estrutural é uma prática antiga para a humanidade, tendo uma relação íntima com o desenvolvimento de muitas das primeiras sociedades humanas. Porém, a madeira maciça, apesar do excelente comportamento estrutural, sempre apresentou limitações envolvendo a forma e o tamanho da peça desejada, além da dificuldade em dimensionar uma peça estrutural de um material ortotrópico, de forma a satisfazer critérios de segurança. Com o desenvolvimento de novos materiais com características mecânicas mais eficientes, mais fáceis de serem manipulados e sem limitações referentes ao tamanho e forma desejados, a madeira maciça e/ou serrada tornou-se sinônimo de material de baixa qualidade ou de uso temporário. No entanto, em muitos países, a madeira nunca perdeu a sua importância. No Canadá e nos Estados Unidos da América, por exemplo, a madeira é responsável por cerca de 90% das construções residenciais. No Chile, as crescentes preocupações ambientais fizeram com que o governo federal elevasse a madeira à categoria de material de excelência, associando-o ao perfil sustentável, à alta capacidade estrutural, à beleza arquitetônica e ao impulso da economia local. Entretanto suas limitações persistem. Com o objetivo de superá-las foram desenvolvidos novos materiais derivados da madeira serrada, entre estes a Madeira Laminada Colada (Cross Laminated Timber) que consegue, substituir de forma satisfatória o concreto armado em muitas situações. Porém para utilizá-la, é necessário conhecimento sobre as características do material, sobre as particularidades envolvidas no processo de dimensionamento

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: souto.lucianogustavo@gmail.com.

² Professor Orientador. Graduado em Arquitetura e Urbanismo, pela Universidade Federal de Santa Catarina, Pós Graduado em Administração, Gestão Pública e Políticas Sociais, pela Faculdade Dom Bosco e docente dos Cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

das peças, dos elementos de ligação e sobre o detalhamento do projeto. Com o objetivo de transmitir partes destes conhecimentos, foi optado por desenvolver um projeto fictício de construção de um edifício de uso comercial de sete pavimentos projetado e dimensionado exclusivamente com madeira laminada colada.

Palavras-Chave: Madeira Laminada Colada. Dimensionamento. Projeto Estrutural.

ABSTRACT

The use of solid wood as a structural element in an ancient practice for mankind, having an intimate relationship with the development of many early human societies, but the massive wood, despite the excellent structural behavior, always presented limitations involving shape and size of the desired part, besides the difficulty of dimensioning a structural part of an orthotropic material, in order to satisfy safety criteria. With the development of new materials with more efficient mechanical characteristics, easier to handle and without limitations regarding the desired size and shape, solid and / or sawed wood has become synonymous with low quality or temporary use material. However, in many countries, timber has never lost its importance in Canada and the United States of America, for example, wood accounts for about 90% of residential construction. In Chile, growing environmental concerns have federal government to elevate wood to the category of material of excellence, associating it with the sustainable profile, the high structural capacity, the architectural beauty and the boost of the local economy. However, the historical limitations of wood have persisted, with the objective of overcoming them, new materials derived from sawnwood have been developed, including Cross Laminated Timber, which can satisfactorily replace reinforced concrete in many situations. However, in order to use it, it is necessary to know the characteristics of the material, the particularities involved in the dimensioning process of the parts, the connecting elements and the details of the design. With the objective of transmitting parts of this knowledge, it was decided to develop a fictitious project to construct a building of commercial use of seven floors designed and dimensioned exclusively with laminated wood.

Keywords: Cross Laminated Timber. Design. Structural.

INTRODUÇÃO

A madeira é o material de construção mais antigo utilizado pelo homem. Quando os primeiros grupos nômades de seres humanos iniciaram a construção de seus abrigos temporários, eles, provavelmente utilizavam galhos de árvores como elemento estrutural. Ao longo do processo de assentamento as construções foram

se tornando mais complexas e com uma vida útil mais longa, porém, continuavam sendo construídas com madeira. Estas estruturas datam do período neolítico ou idade da pedra polida, contemporâneas as técnicas mais primitivas de agricultura.

Seu uso foi diminuindo à medida que foi sendo substituída, pelo concreto e aço, materiais que supriam as necessidades modernas pois permitiam construir estruturas cada vez mais altas e venciam vãos cada vez maiores, superando as desvantagens clássicas da madeira com relação a limitação do tamanho dos elementos construídos por ela e a anisotropia característica do material.

O fato de muitos engenheiros e arquitetos apresentarem restrições ao uso da madeira como elemento estrutural, colabora para a criação de mitos com relação a madeira. Uma das principais razões é com relação ao comportamento do material. O concreto e o aço tendem a apresentar um comportamento homogêneo em toda a peça, o que facilita prever a forma que o material irá reagir ao longo de sua vida útil. A madeira, por ser um produto de origem orgânica, não tem este comportamento homogêneo, dificultando muito o processo de cálculo estrutural e a previsão do comportamento. Exigindo desta forma, profissionais mais especializados no seu uso (SZÜCS et al., 2015).

Na maioria das vezes os projetos feitos de madeira no Brasil são idealizados e executados por carpinteiros, profissionais importantes, mas que não têm o conhecimento técnico necessários para idealizar o projeto. Esta falta de conhecimento faz com que muitas construções apresentem erros de dimensionamentos, empenamentos, torções e instabilidades, culminando, conseqüentemente com estruturas de baixa qualidade e novamente colaborando com o preconceito tão firmemente instalado na cultura brasileira.

Porém o uso da madeira como elemento estrutural em grandes edifícios vem se disseminando no mundo, como exemplos, podemos citar (COSTA, 2013):

- HoHo com 24 pavimentos em Viena na Áustria ainda em planejamento;
- Haut com 21 pavimentos em Amsterdam na Holanda com previsão de entrega em 2020;
- Brock Commons Tallwood House com 18 pavimentos em Vancouver no Canadá, entregue em 2017.

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um projeto estrutural de um edifício comercial, com sete pavimentos tendo seus elementos estruturais desenvolvidos utilizando madeira laminada colada proveniente do *Pinus taeda*, demonstrando desta forma a viabilidade da elaboração de um projeto como os citados acima, com tecnologia desenvolvida no Brasil.

DESENVOLVIMENTO

Para que seja possível dimensionar o desempenho de qualquer elemento estrutural é necessário conhecer as características do material utilizado, suas características mecânicas e físicas.

MADEIRA LAMINADA COLADA

A Madeira Laminada Colada (MLC), é constituída de peças de madeira reconstituída a partir de lâminas de madeira, unidas através de colagem e organizadas de tal modo que as fibras ficam paralelas em si (SZÜCS et al., 2015).

É considerado um excelente material para a construção de estruturas. Se adapta a uma grande variedade de formas e apresenta alta resistência as solicitações mecânicas (FAGUNDES, 1998).

A função da cola é de manter os planos de fibras unidos através de uma ligação mecânica, da forma mais próxima possível da ligação existente nas fibras do material de origem. Quimicamente falando, as oxidrilas livres das cadeias de celulose se unem com as oxidrilas livres da cola através de pontes de hidrogênio (SZÜCS et al., 2015).

A primeira grande estrutura construída usando a madeira laminada foram os arcos de um auditório em Basel construídos no início do século XX. Na época, foi utilizada cola de caseína. Durante a 2ª Guerra Mundial, foram desenvolvidas colas utilizando materiais sintéticos, o que forneceu resistência e durabilidade à madeira laminada colada (FAGUNDES, 1998).

Como a madeira laminada colada é um produto industrializado, ela é submetida a rígidos padrões de controle de qualidade que garantem homogeneidade ao material, resistência e durabilidade, principalmente porque os nós da madeira são serrados e distribuídos ao longo da peça (PFEIL; PFEIL, 2003).

As lâminas normalmente têm espessura de 19 a 50 mm, e 1,5 a 5 mm de comprimento. São ligadas longitudinalmente com juntas dentadas que permitem a obtenção de peças com um comprimento qualquer, além disso, são feitas com uma configuração que permite transformar as forças de tração em esforços de corte (CORREIA, 2009).

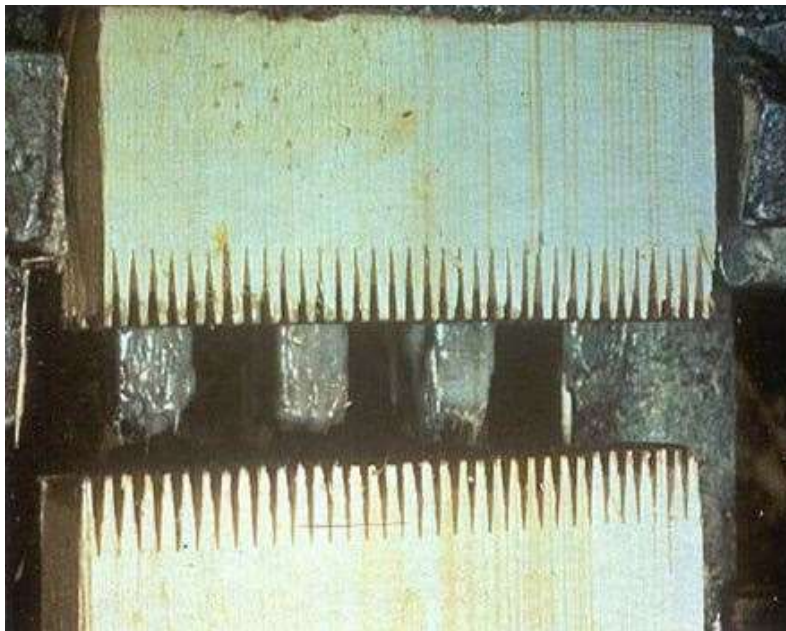


Figura 10 - Junta dentada

Fonte: Correia, 2009

Após a 2ª Guerra Mundial, a técnica disseminou-se por toda a Europa sendo amplamente utilizada em todos os tipos de estruturas, principalmente na necessidade de vencer grandes vãos, como exemplos podemos citar o prédio do Parlamento Europeu em Estrasburgo na França, o Hall de Exposições de Tours e o Palais D'Exposition D' Avignon (SZÜCS, 1992).



Figura 11 - Parlamento Europeu, Estrasburgo - França

Fonte: Europarl (2018)



Figura 12 - Palais D' Exposition D' Avignon, Avignon - França

Fonte: Avignon Expo (2018)

A principal vantagem da madeira laminada colada, está envolvida com a possibilidade de produzir peças de qualquer dimensão e forma geométrica, tendo como única limitação as circunstâncias envolvendo o transporte das peças, desta forma é possível construir grandes vãos, raios de curvatura reduzido, variável ou em mesmo em planos diferentes. A pré-fabricação permite um processo racionalizado da construção com ganho de tempo na montagem e um rígido controle de qualidade

que permite seguir um processo de normalização internacional (SZÜCS et al, 2015).

Pfeil e Pfeil (2003), cita outras vantagens na madeira laminada colada, como o melhor controle de umidade no processo de fabricação, prevenindo assim os defeitos provenientes deste processo, a seleção das lâminas de melhor qualidade permitindo posicioná-las nos pontos de maior tensão.

Com relação a concepção do projeto de uma estrutura construída com madeira laminada colada, existem pontos que devem ser levados em consideração para garantir a durabilidade da estrutura (CRUZ, 2007):

- A escolha da cola adequada a condição de exposição da estrutura contra agentes biológicos;
- É necessário adotar medidas construtivas que minimizem o contato da madeira a água, como materiais com proteção criadores de barreiras hidrófilas, criação de barreiras físicas e condições de arejamento do topo da peça;

MÉTODO DOS ESTADOS LIMITES

Segundo Zagottis (1981 apud SZÜCS et al., 2015, p.49) a segurança de uma estrutura é definida como a capacidade de se manter funcional após as ações que ela será submetida durante sua vida útil.

Este conceito é meramente qualitativo, para um conceito quantificado são necessários processos analíticos, numéricos, experimentais ou gráficos, para determinar os esforços internos, deslocamentos nas estruturas e deformações, permitindo a comparação entre os valores obtidos e critérios de resistência estabelecidos (SZÜCS et al., 2015).

A NBR 7190 (ABNT, 1997), adota como modelo de verificação o Método dos Estados Limites, ou seja, quando uma estrutura deixa de atender qualquer uma das suas finalidades funcionais ela atinge o estado limite ou a ruína. São consideradas duas situações os estados limites últimos e estados limites da utilização.

Gesualdo (2003), determina que o estado limite último é a paralisação parcial ou total da estrutura em função de defeitos originados por:

- Perda de Equilíbrio;
- Ruptura ou deformação plástica;

- Transformação da estrutura em sistema hipostático;
- Instabilidade por deformação;
- Instabilidade dinâmica (ressonância).

Szücs et al. (2015), define estados limites de utilização como aqueles correspondentes a exigências funcionais e de durabilidade da estrutura podendo ser originados pelos seguintes fenômenos:

- Deformações excessivas para uma utilização normal;
- Deslocamentos excessivos, mas sem perda de equilíbrio da estrutura;
- Vibrações em excesso.

Para a NBR 7190 (ABNT, 1997), as condições de segurança dos estados limites últimos devem satisfazer a seguinte situação:

$$S_d \leq R_d \quad (01)$$

$$R_d = k_{mod} \frac{R_k}{\gamma_w} \quad (02)$$

Sendo:

S_d = O valor de cálculo das solicitações atuantes;

R_d = Resistência de cálculo;

R_k = Resistência características;

γ_w = Coeficiente de minoração;

k_{mod} = Coeficiente de moderação.

Como o objetivo do presente trabalho é dimensionar uma estrutura de madeira laminada colada, será utilizada a fórmula da resistência de cálculo retirada do EUROCOD 5 (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – CEN, 2008):

$$R_d = k_{mod} \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (03)$$

Sendo:

γ_M = Resistência de modelo definida

Segundo a norma européia, o γ_M da madeira laminada colada é 1,25 e da madeira maciça seria 1,30, igual ao indicado pela NBR 7190 (ABNT, 1997).

Para Szücs et al. (2015), a principal vantagem em utilizar o método dos estados limites é a de que, todos os fatores que influenciam a segurança da estrutura são analisados separadamente, com coeficientes de ponderação internos para a resistência e externos para as ações, podemos assim representar uma abordagem racional.

DIMENSIONAMENTO MÍNIMO DE ELEMENTOS DE MADEIRA LAMINADA COLADA

A NBR 7190 (ABNT, 1997), estabelece dimensões mínimas para seções transversais dos elementos estruturais, de acordo com suas funções na estrutura, o índice de esbeltez e o tipo de esforço que a peça é submetida.

Correia (2009), não considera uma tarefa trivial, determinar as verdadeiras relações tensão-deformação de um material ortotrópico. O dimensionamento de um elemento exige uma abordagem analítica rigorosa considerando as propriedades ortotrópicas da madeira e os estados de deformação e tensão tridimensional da sessão. De forma geral os cálculos estruturais se baseiam na hipótese de a madeira possuir um comportamento linear e elástico, porém vários autores já comprovaram que a madeira exibe um comportamento não linear.

O EUROCOD 5 (2008), no entanto limita a análise não linear apenas aos elementos sujeitos a compressão, os demais elementos devem ser submetidos a análises lineares.

METODOLOGIA E MATERIAL

Foram identificadas as técnicas utilizadas nos sistemas construtivos em madeira no Brasil e no mundo, dando enfoque à utilização do uso da madeira laminada colada como matéria-prima no desenvolvimento de elementos estruturais para serem utilizados em substituição ao concreto armado.

Para a fundamentação teórica foram selecionadas as normas técnicas brasileira, europeia e americana, além de livros, dissertações, cartilhas didáticas, publicações especializadas e teses obtidas nos bancos de dados da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe - UNIARP, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, CAPES

e Scielo. Através do método descritivo são apresentadas as maneiras de desenvolver o dimensionamento das peças utilizadas para resistir as cargas impostas pela estrutura e a forma de dimensionamento dos elementos de ligação entre as peças.

ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Todo o processo estrutural e o dimensionamento dos elementos, foi baseado na norma *EUROCODE 5*, publicado pelo *European Committee for Standardization* (CEN), que abrange o projeto, as regras para a construção, o tipo de material utilizado e os perfis adequados a cada tipo de estrutura de madeira. As peças foram dimensionadas como sendo produzidas com "*Pinus taeda*", pois é a espécie mais comum produzida pela silvicultura local.

Vigas

As vigas serão em perfil "I", pois apresentam melhor resistência ao cisalhamento longitudinal. Seguindo o conceito do projeto, os elementos foram dimensionados respeitando as características naturais da espécie de madeira que foi objeto do estudo.

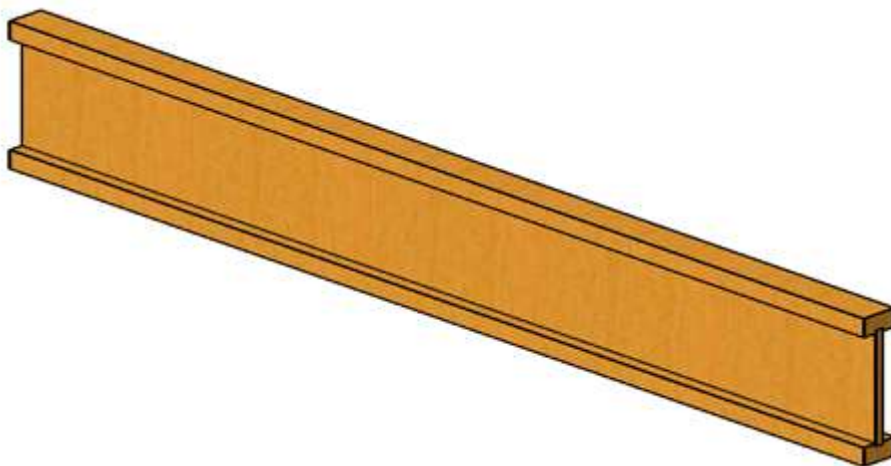


Figura 13 - Detalhe da viga usada no projeto

Fonte: O próprio autor (2019)

Pilares

O dimensionamento dos pilares está intimamente relacionado com o raio de giração e a área de contato com o elemento seguinte. Desta forma, é mais indicado o uso de elementos em perfil retangular. Igual as vigas, o dimensionamento destes elementos seguirá o conceito do projeto em utilizar a madeira laminada colada.

Como elemento de ligação entre os pilares serão utilizadas peças cilíndricas de aço que se encaixarão umas às outras e desta forma evitando a torção e o deslocamento dos elementos. Entre os pilares e os painéis serão utilizados parafusos de aço travados com o uso de roscas e arruelas.

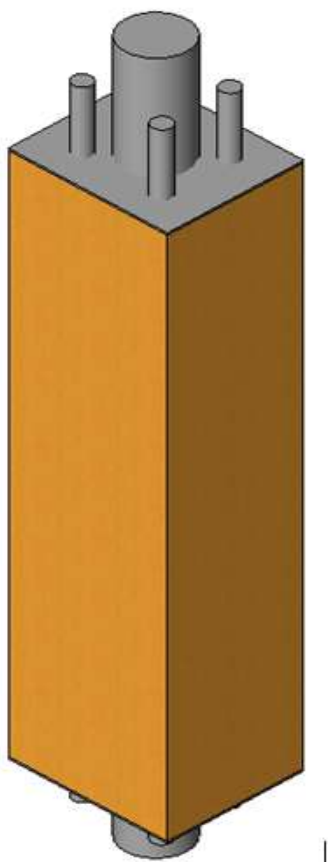


Figura 14 - Detalhe dos pilares criados para o projeto

Fonte: O próprio autor (2019)

Plataforma de Pisos

O piso idealizado através do sistema “*Platform frame*”, utilizaria vigas com perfil “I” de madeira laminada colada, barrotes em madeira maciça de *Pinus taeda* e placas de OSB, completando desta forma a estrutura rígida seguindo a norma de construção internacional de referência.

Porém, essa estrutura tem peso elevado e optou-se por utilizar painéis de madeira laminada colada, que apresentam a mesma estabilidade da plataforma de pisos em wood frame porém, com peso próprio menor, permitindo desta forma o uso de pilares e vigas menores.

APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

O projeto arquitetônico foi concebido para servir de referência ao projeto estrutural, que é o principal objetivo deste trabalho, desta forma buscou-se criar um modelo genérico de edifício, que possibilite a fácil visualização e compreensão do projeto. Assim, optou-se por não utilizar estruturas mais complexas como vigas em balanço, grandes vãos ou formas em curva.

Estas estruturas mais complexas não apresentam qualquer impedimento ao uso da madeira estrutural, ao contrário, devido ao baixo peso específico da madeira elementos como vigas em balanço seriam beneficiados. Além disso, o processo de fabricação das vigas de madeira laminada colada permite a utilização de curvas acentuadas.

O projeto foi todo concebido com o objetivo de valorizar o material empregado e a vantagem da estrutura pré-fabricada, sendo assim, com exceção do primeiro pavimento onde a laje de concreto é apoiada nas vigas de baldrame, todos os demais pavimentos são feitos com vigas, pilares e chapas de madeira laminada colada com dimensões padronizadas.

Os sistemas complementares como hidráulico, elétrico, preventivo de incêndio, fundações e etc., seguem os processos tradicionais utilizados em construções de outros tipos e como são familiares, optou-se em não realizar a concepção dos mesmos.

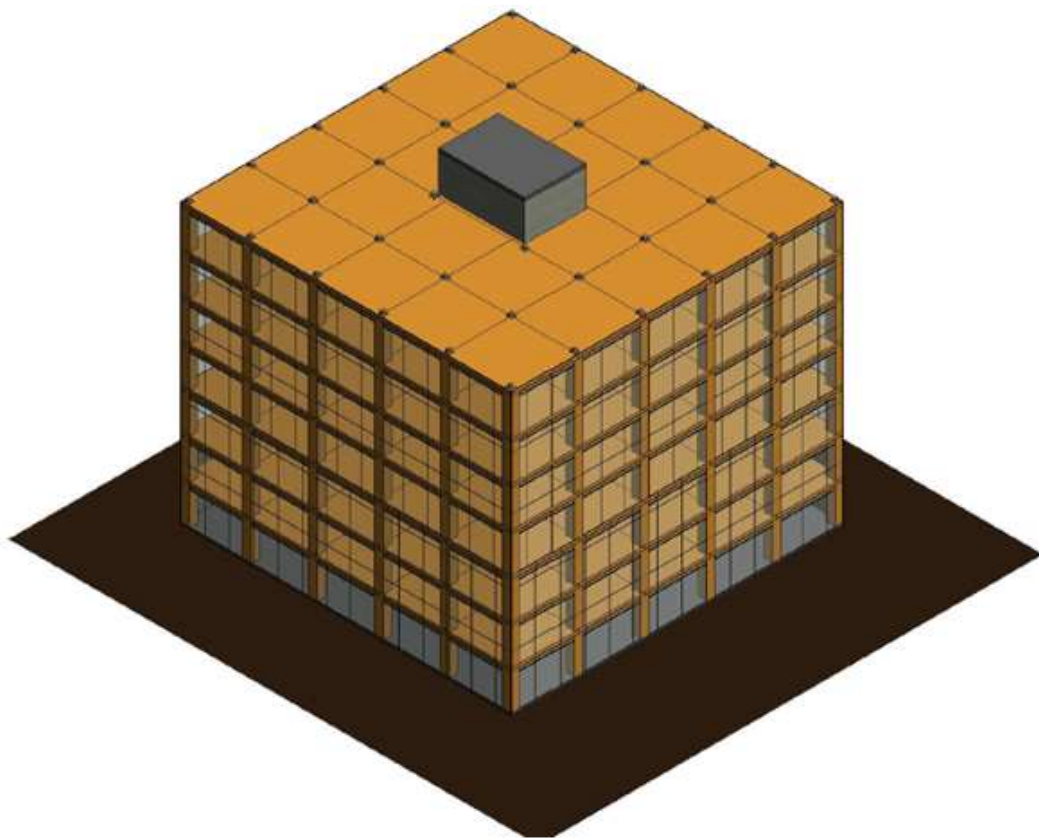


Figura 15 Perspectiva Isométrica

Fonte: O próprio autor (2019)

ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Respeitando os padrões e as correlações de estados limites da norma regulamentadora de referência, é possível dimensionar os elementos de forma segura. Assim foram criadas uma série de planilhas que compõem o memorial de cálculo do projeto, possibilitando desta forma o dimensionamento dos elementos de acordo com as normas regulamentadoras de referência.

Como as vigas e pilares são iguais em toda a estrutura, optou-se em dimensionar os elementos que atendam a situação mais crítica e padronizá-los em toda a estrutura.

Para conferência das propriedades físicas da madeira convencionou-se utilizar a publicação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) N° 1791.

PLATAFORMA ENTREPISOS

Seguindo os preceitos expostos no referencial teórico, as plataformas entrepisos serão construídas utilizando painéis MLC.

Para executar o cálculo estrutural, foi definido como padrão a espessura da chapa de MLC com 0,25 m, seu peso específico foi informado pelo fabricante como sendo 550 kgf/m^3 , a carga acidental de 400 kgf/m^2 para salas comerciais, foi definida seguindo as especificações da NBR 6120 e o peso proveniente do revestimento foi padronizado como sendo 100 kgf/m^2 .

VIGAS ESTRUTURAIS

Usualmente as vigas são elementos estruturais lineares, logo as cargas são distribuídas linearmente. As cargas lineares que podem atuar em uma viga são seu peso próprio, as cargas das lajes e as cargas das paredes. Ainda podem atuar cargas concentradas devido ao apoio de outras vigas.

O peso específico das vigas de madeira laminada colada, são obtidos nos catálogos dos fornecedores, no caso do projeto, o fornecedor escolhido apresenta como peso específico 580 kg/m^3 .

Sobre as cargas provenientes das paredes, no caso do presente projeto, optou-se por dimensionar todas as vigas como se estivessem recebendo carga de uma parede de wood frame. O objetivo desta opção é o de garantir que o layout da estrutura possa ser modificado sem causar danos estruturais ou sobrecarregar determinado elemento.

Outra particularidade com relação ao projeto, as vigas não terão função estrutural. Como os painéis das lajes estão diretamente apoiados nos pilares a transmissão das cargas será realizada diretamente, as vigas terão apenas função de travamento horizontal nas paredes externas da estrutura.

PILARES ESTRUTURAIS

Um pilar é um elemento estrutural vertical usado normalmente para receber os esforços diagonais de uma [edificação](#) e transferi-los para outros elementos, como as [fundações](#).

O peso específico dos pilares de madeira laminada colada, são obtidos nos catálogos dos fornecedores, no caso do projeto, o fornecedor escolhido apresenta como peso específico 580 kg/m³.

Através dos cálculos estruturais foi dimensionado que, para atender a demanda do projeto os pilares devem apresentar um perfil retangular com medidas mínimas de 700 X 600 mm. Estas dimensões não são encontradas corriqueiramente no mercado, desta forma seria necessário a fabricação destes elementos. O memorial de cálculo referente ao dimensionamento dos pilares está presente nos anexos.

CONCLUSÃO

Os processos de industrialização da madeira, permitiram o desenvolvimento de materiais mais resistentes e com comportamento homogêneo, permitindo desta forma, a existência de inúmeros exemplos de estruturas com elevadas dimensões disseminadas pelo mundo.

A pesquisa envolvendo normas técnicas nacionais e internacionais, permitiu desenvolver um processo sequenciado que facilitou o dimensionamento dos elementos, este processo não se limita a madeira laminada colada, pode ser utilizado com outros tipos de materiais desenvolvidos a partir da madeira, com pequenas correções em algumas constantes envolvendo o tipo da madeira originada.

A pesquisa também permitiu a utilização de elementos pré-moldados como os painéis de MLC em substituição à elementos maiores e mais pesados. Desta forma podemos otimizar o comportamento estrutural, a durabilidade e os custos associados ao ciclo de vida da estrutura composta de MLC, garantindo uma estrutura confiável e segura para o consumidor final.

O resultado final do dimensionamento dos elementos apresentou uma questão inesperada, corriqueiramente, para o dimensionamento da madeira e do aço estrutural, utiliza-se elementos pré-moldados com dimensões padronizadas, mas os cálculos nos levaram a necessidade de criar elementos com dimensões diferentes das encontradas no mercado. Mas, uma das vantagens da madeira laminada colada é justamente permitir a elaboração de elementos com dimensões

variadas.

Ao fim, foi possível criar o projeto estrutural com os elementos nas seções obtidas e desta forma concluir com a representação gráfica do objeto de estudo.

O principal objetivo deste trabalho não é apenas o dimensionamento estrutural do objeto de estudo, mas sim, mostrar que é possível desenvolver vários tipos de estruturas, com várias finalidades distintas, utilizando outros materiais além do já consagrado e clássico, concreto armado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira - Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 1997.

AVIGNON PARK EXPO. Disponível em: <<http://www.avignon-expo.com/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

CORREIA, Emanuel André Soares. **Análise e Dimensionamento de Estruturas de Madeira**. Porto: FEUP, 2009. Relatório.

COSTA, Ana Alexandra Pontes da Costa. **Construção de Edifícios com Cross Laminated Timber (CLT)**. 2013. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Especialização em Construções Civas) – Curso de Mestrado em Construção civil. FEUP, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto.

CRUZ, Helena. Estruturas de madeira lamelada colada em Portugal. Instrumentos para a garantia da qualidade. **Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas**, Lisboa, série II, n.º 1, p. 45-56, jun. 2007.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EUROCOOD 5**: Design of Timber Structures. Brussels, 2008.

FAGUNDES, Glene Suely Ribes. **COMPOSIÇÃO RACIONAL DE VIGAS DE MADEIRA LAMINADA COLADA DE PINUS**. 1998. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil. UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GESUALDO, Francisco A. Romero. **ESTRUTURAS DE MADEIRA**, Apostila do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia UFU, Uberlândia, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **CATALOGO DE MADEIRAS BRASILEIRAS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**. São Paulo, 2013.

PARLAMENTO EUROPEU. Disponível em:

<<http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/pt>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **ESTRUTURAS DE MADEIRA**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

SZÜCS, Carlos Alberto. et al. **ESTRUTURAS DE MADEIRA**. Apostila do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, Florianópolis, 2015.