

## *Analysis of the construction process with Cross Laminated Timber*

Camargo, B. F. <sup>1</sup>; Silva, M. O. <sup>2</sup>

*Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

Jucá, T. R. P. <sup>3</sup>

*Professora Ma., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

<sup>1</sup> [brunaferrazcam@gmail.com](mailto:brunaferrazcam@gmail.com); <sup>2</sup> [matheus\\_oliveir@outlook.com](mailto:matheus_oliveir@outlook.com); <sup>3</sup> [centraldedesempenho@gmail.com](mailto:centraldedesempenho@gmail.com)

**RESUMO:** O Cross Laminated Timber, sistema inovador sustentável, em ampla utilização na Europa ainda é pouco conhecido no Brasil. O sistema engloba desde a superestrutura, vedações e acabamentos, desde que previstas em projeto. Este estudo de caso tinha objetivo de apresentar o processo construtivo, detalhes de projeto e realizar um comparativo orçamentário frente ao sistema convencional em concreto armado e alvenaria. A metodologia construtiva é voltada para um sistema de simples montagem no canteiro, assim exige pouca mão-de-obra e rapidez. Os custos de produção para uso do sistema em CLT são maiores que os do sistema convencional, porém há outros aspectos de conforto e sustentáveis, não abordados nessa pesquisa, que devem ser melhor investigados.

Palavras-chaves: Cross Laminated Timber, CLT, madeira laminada cruzada, processo construtivo, custo.

**ABSTRACT:** The Cross Laminated Timber, a sustainable innovative system, widely used in Europe is still little known in Brazil. The system includes from the superstructure, seals and finishes, as long as they are foreseen in the project. This case study aimed to present the construction process, design details and carry out a budget comparison against the conventional system in reinforced concrete and masonry. The constructive methodology is focused on a system of simple assembly on the job site, thus requiring little manpower and speed. The production costs for using the CLT system are higher than those of the conventional system, but there are other aspects of comfort and sustainability, not addressed in this research, that should be further investigated.

Keywords: Cross Laminated Timber, CLT, cross laminated wood, construction process, cost.

Área de Concentração: 01 – Construção Civil

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira esteve sempre ao alcance do homem desde os primórdios da humanidade. Na construção civil, começou a ser usada pelo homem para construir abrigos para sua proteção, sendo assim é um material usado durante séculos devido suas características, como sua resistência, durabilidade e pelo fato de ser renovável.

Com o surgimento de outros materiais na construção civil, como o aço e o concreto armado, a madeira perdeu espaço temporariamente e agora estamos vendo sua retomada no meio construtivo devido suas várias vantagens. Como ser isolante térmico e acústico, além de ter um menor tempo de montagem possui facilidade

na “desconstrução”. É o único material na construção, entre os principais, que é sustentável, ou seja, reciclável, renovável e biodegradável e na sua transformação necessita de menor energia.

A indústria da construção consome grande quantidade de recursos e produz resíduos, sendo assim possui um papel fundamental na economia do país e tem uma inter-relação com a sociedade, acaba assumindo então um grande papel no desenvolvimento sustentável do país. Sendo assim, o setor da construção civil tem grande responsabilidade no impacto ambiental não só no momento que se utiliza o edifício, mas também na sua fase construtiva, sobressaindo a produção de resíduos, o consumo de energia, as emissões de CO<sub>2</sub> e o consumo de recursos naturais.

A construção sustentável com o intuito de melhorar o desempenho ecológico propõe novas orientações. Tradicionalmente os aspectos considerados para a construção são custo, qualidade e prazo de entrega, já na chamada “construção eco-eficiente” serão abrangidos outros aspectos como a qualidade ambiental, ou seja, construir com um mínimo impacto ambiental, diminuindo a emissão de poluentes e de consumo dos recursos, sendo assim esse novo modo de construir procura satisfazer as necessidades humanas, preservando e protegendo os recursos naturais e a qualidade ambiental.

A madeira laminada colada e cruzada, conhecido como CLT em inglês (Cross Laminated Timber) é um sistema construtivo relativamente novo. Foi desenvolvido no início dos anos de 1990 na Áustria e na Alemanha em uma parceria feita pela universidade e a indústria madeireira, que tinham a intenção de agregar valor às placas de madeira serrada. A sua aplicação na engenharia fez com que o produto se tornasse uma opção viável, num mercado que há mais de 100 anos tem sido dominado pelo uso de materiais minerais.

Apesar de ter sido criado na década de 90, sua chegada ao Brasil tem apenas cerca de 8 anos, e sua fabricação há pouco mais de 3 anos, possuindo apenas um fabricante no Brasil sendo o pioneiro na fabricação desse tipo de produto. A fábrica está localizada em Suzano interior do estado de São Paulo.

Assim, tem-se como objetivo geral a avaliação do uso do CLT como sistema construtivo de unidades habitacionais unifamiliares. De maneira específica se objetiva:

- Analisar como se dá o processo construtivo da edificação em CLT;
- Comparar o custo de construção com sistema construtivo convencional.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Inserção do cenário CLT mundial

Devido a necessidade mundial na diminuição das emissões de dióxido de carbono e a busca por um perfil mais sustentável, novas políticas ambientais vêm sendo adotadas, a inserção das construções em madeira tem-se tornado um grande aliado na resolução dessa problemática, já que, para Lourenço e Branco (2012), a

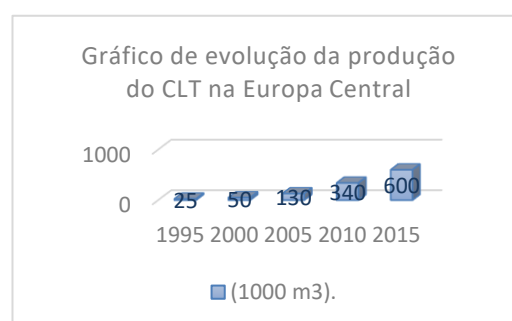
indústria da construção é responsável pela emissão de um terço do total das emissões de dióxido de carbono para atmosfera.

Neste sentido, a construção civil tem caminhado para minimização dos custos de fabricação e redução do impacto ambiental das obras. Na Europa os estudos sobre o tema atualmente tratam da análise do ciclo de vida (ACV) da construção, que leva em consideração todos os custos associados à obra desde o projeto até o descarte após a demolição, visando usar materiais eco-eficientes, com um consumo energético mínimo, com redução da geração de resíduos entre outros fatores (TORGAL; JALALI, 2010).

Além das vantagens ambientais, o uso de sistemas construtivos baseados em madeira tem a vantagem da facilidade da pré-fabricação, evitando os desperdícios de material que ocorrem em obras convencionais e ganhando tempo de execução, o que afeta positivamente o desempenho dos sistemas construtivos como um todo.

Esse sistema construtivo que utiliza como material estrutural o *Cross Laminated Timber* (CLT), ou Madeira Laminada Colada Cruzada (MLCC), vem obtendo sucesso e ganhando mercado desde seu desenvolvimento, no final da década de 80, e atualmente este tipo de construção é o sistema construtivo em maior ascensão em países da Europa. O uso do CLT e o sistema de construção associado a ele estabeleceu-se como uma nova técnica europeia de construção de madeira sólida, e está em plena concorrência com o sistema até então mais utilizado, o *woodframe* e os sistemas tradicionais baseados em tijolos e concreto que é mostrado no gráfico abaixo (Figura 1) (BOGENSPERGER; AUGUSTIN; SCHICKHOFER, 2011).

**Figura 1 – Gráfico de evolução da produção do CLT na Europa Central (1000 m3).**



## 2.2 Inserção do cenário CLT brasileiro

Analisando o cenário nacional, podemos dizer que o CLT é uma tecnologia construtiva pouco explorada e utilizada no país, se comparada com os demais métodos construtivos. A construção civil brasileira, quando comparada aos Estados Unidos e Europa, apresenta um cenário que se caracteriza pela necessidade de inovações, desenvolvimento e utilização de novas tecnologias, para que isso gere um aumento de produtividade, e principalmente uma preocupação maior com a sustentabilidade de suas construções (FILHA et al., 2009).

No Brasil o sistema construtivo mais usado é construção convencional, pautada no uso predominante de alvenaria e do concreto (OLIVEIRA, 2018). Além disso, o setor da construção civil brasileiro é marcado por “altos custos, baixo nível de planejamento, baixa qualificação do trabalhador, altos índices de desperdícios, baixa qualidade e incidência de manifestações patológicas e baixo desempenho ambiental” (ABDI, 2015).

Contudo alguns pesquisadores brasileiros vêm se dedicando ao estudo de novos métodos construtivos, para que resolva esses problemas citados. Falando em CLT podemos encontrar alguns estudos já publicados nesses últimos oito anos. Entre os estudos publicados podemos citar Cunha *et al.* (2012), que estudaram o comportamento das ligações estruturais de CLT, utilizando parafusos autoperfurantes. Passareli (2013) que publicou em sua dissertação diretrizes para produção de painéis de madeira maciços no estado de São Paulo, utilizando o princípio da laminação cruzada.

Pereira (2014), publicou uma dissertação, onde desenvolveu o estudo de ensaios para caracterização estrutural de painéis de CLT, com o intuito de contribuir para normatização do produto no Brasil.

Alencar e Moura (2014), analisaram a qualidade e o desempenho de colagem entre peças de madeira de pinus e eucalipto, de baixo valor agregado, utilizando-se para isso dois tipos de adesivos, para futura aplicação em painéis de CLT.

Segundo Oliveira (2018), que fez um estudo aprofundado sobre esse método construtivo, a produção do CLT no Brasil iniciou-se em 2012. Foi levantado

pela autora um levantamento de todas as construções em CLT no Brasil nos anos de 2012 a 2018 onde foi exposto os resultados mediante a um gráfico exposto abaixo (Figura 2).

**Figura 2 – Gráfico de Edificações Construídas em CLT no Brasil**



Fonte: OLIVEIRA, 2018.

## 2.3 Características Gerais do CLT

O *Cross Laminated Timber* (CLT), é um compósito formado por madeira e um adesivo químico, que devido a sua característica de cruzamento das camadas consegue obter uma rigidez semelhante às placas de concreto armado. O sistema construtivo se baseia na utilização dos painéis de CLT como elementos estrutural principal, tanto para paredes quanto para lajes e pisos, e as conexões entre estes elementos são feitas através de parafusos auto atarraxastes desenvolvidos para este tipo de aplicação, facilitando e reduzindo o tempo de montagem. Este sistema tem tido grande aceitação no mercado europeu e norte americano que além de ser capaz de executar residência térreas, é possível a construção de prédios multipavimentos (PEREIRA, 2014).

As excelentes propriedades resistentes estão relacionadas com a sua composição interna maciça, composta pelas referidas lamelas cruzadas coladas, permitindo uma distribuição da carga de forma bidirecional. A elevada capacidade de carga, em conjunto com o reduzido peso próprio, permite elementos de elevada esbelteza, mesmo para vãos de grande dimensão. Em comparação com outros tipos de sistemas estruturais comumente usados na

construção, este sistema oferece novas possibilidades em termos de transferência de carga. Ao contrário dos sistemas porticados em que as cargas são transmitidas predominantemente em fluxos unidirecionais, nas estruturas em painéis de CLT os elementos comportam-se como placas, sendo a transmissão da carga feita bidirecionalmente (COSTA, 2013).

### 3 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos será realizado o acompanhamento de uma edificação com finalidade residencial em que o sistema construtivo foi planejado em CLT. Para tanto, serão analisados os projetos e orçamento e posteriormente, comparado ao sistema convencional.

A avaliação será realizada em três fases distintas:

1. Estudo dos projetos em CLT para identificar as etapas de construção/montagem;
2. Identificação das etapas que compõe o processo construtivo em CLT;
3. Comparativo do orçamento cedido pelo construtor do CLT ao sistema convencional de estrutura em concreto armado e alvenaria de bloco cerâmico;

Na etapa de acompanhamento dos serviços foram apuradas a data de início dos serviços e de conclusão, sendo possível comparar com o tempo de produção com o sistema convencional por meio de comparação com os índices publicados no SINAPE.

O estudo de caso se deu em uma edificação residência térrea de 390 m<sup>2</sup> localizada em São Paulo – SP.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Apresentação do processo construtivo em CLT

É considerado um sistema construtivo pré-fabricado ou industrializado. Neste caso a edificação passa a ser fabricada pela indústria, onde os painéis sólidos de madeiras já são devidamente usinados e enviados para obra.

Também envolve um sistema de planejamento de construção, onde se trabalha com um plano de montagem, que é o projeto onde estão especificados os

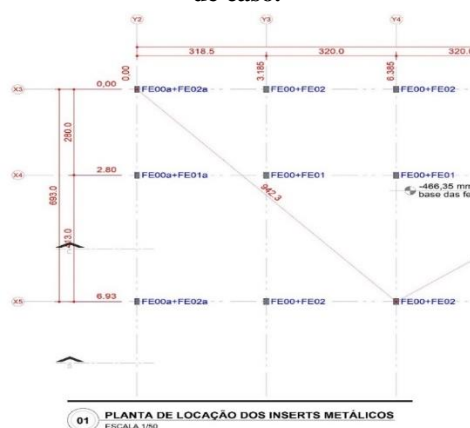
posicionamentos de cada painel ou elemento que constitui a estrutura da edificação. Os detalhes mostram como devem ser executadas as ligações das peças de madeiras, os parafusos utilizados, conectores metálicos e todo detalhamento de montagem da edificação.

Os componentes necessários para o estudo de caso são: Paredes CLT, Vigas de MLC, forro CLT, cunhas, Pilares Metálicos, ferragens, cantoneiras, pregos, parafusos Rothoblass, mantas Transpir e Flexiband, painel wall, fita asfáltica, manta e fita Tyvek, fita adesiva Rothotape, Stain hidrorrepelente;

Os equipamentos e ferramentas usuais são: caminhão munck, máquinas de corte, parafusadeiras, martelo, furadeiras, trena e nível de mão.

Para o processo de montagem da edificação em CLT é necessário o auxílio de equipamentos hidráulicos como *muncks* ou guindastes, para a movimentação dos painéis colocando cada peça em seu devido lugar. A montagem inicia-se após a conclusão das fundações, onde é feita a fixação dos *inserts* metálicos, que são peças de metais utilizadas para fazer a ligação da fundação e a edificação em madeira, detalhados como indicados nas Figuras 3 e 4 e durante a montagem, na Figura 5.

**Figura 3 - Recorte do Projeto de Fundações do Estudo de caso.**



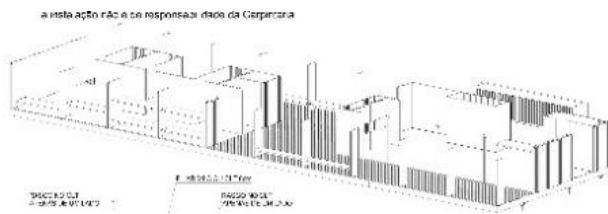
Fonte: Carpinteria Madeira Inteligente (2019).

Para as fundações foi adotada a sapata direta em concreto com 25 MPa, objetivando deixar o pavimento em condições de iniciar os serviços, com as tubulações de água e esgoto alocados. Os *inserts* metálicos são fixados na fundação por meio de *parabolts*, conforme indicado na Figura 4.





**Figura 10 – Recorte dos Pilares e vedações.**



Fonte: Crosslam (2019).

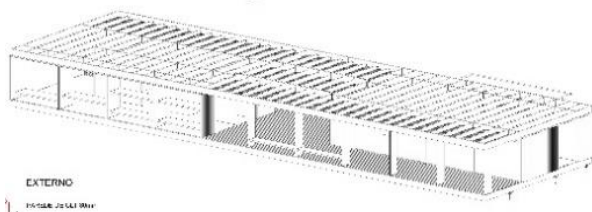
**Figura 11 – Montagem dos Pilares e vedações**



Fonte: Crosslam (2019).

Como etapa seriado vem a montagem das vigas que sustentarão a laje de cobertura, em conformidade com o projeto (Figura 12). Nesta etapa é essencial o uso do *munk* para erguer as peças a fim de posicioná-las nos locais exatos de aplicação (Figura 13).

**Figura 12 – Recorte de projeto - vigas cobertura.**



Fonte: Crosslam (2019).

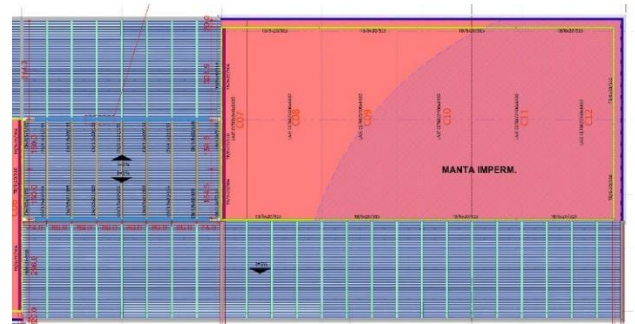
**Figura 13 – Montagem das vigas de cobertura**



Fonte: Crosslam (2019).

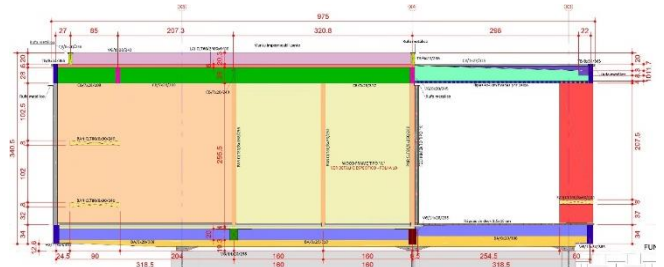
Em seguida é feita a montagem da estrutura caibros que receberam a cobertura da edificação. No estudo de caso, uma parte da cobertura foi projetada em CLT e outra em vidro, indicado como apresentado no recorte de projeto da Figura 14, em planta e na Figura 15, em corte.

**Figura 14 – Recorte de projeto - cobertura**



Fonte: Crosslam (2019).

**Figura 15 – Recorte de projeto – corte esquemático da cobertura**



Na Figura 16 está ilustrada a etapa de montagem da cobertura, com auxílio do *munk* para içar e posicionar os painéis enquanto os operários os ajustam nos locais previstos.

**Figura 16 – Montagem da cobertura**

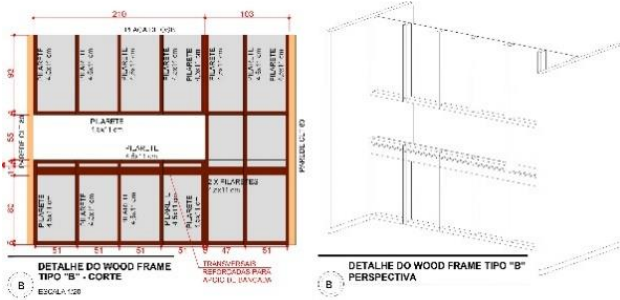


Fonte: Crosslam (2019).



Em ambientes sujeitos à umidade, como banheiros e cozinha, é projetado o fechamento com *woodframe* (Figura 17), já que pode haver necessidade de manutenção. Na Figura 18 é ilustrada a etapa construtiva de vedações verticais com os shafts hidráulicos.

**Figura 17 – Recorte de projeto - detalhamento dos fechamentos em *woodframe*.**



Fonte: Crosslam (2019).

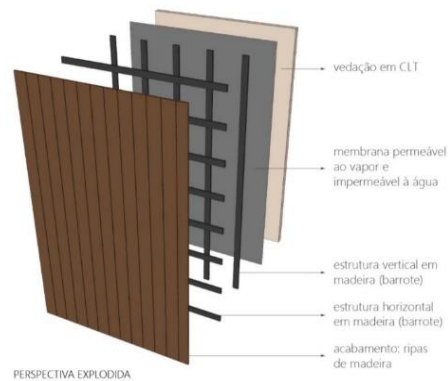
**Figura 18 – Construção do sistema hidrossanitário em *woodframe*.**



Fonte: Crosslam (2019).

Por fim, é realizado o revestimento, conforme indicado em projeto. No estudo de caso foi projetado um revestimento externo não aderido com acabamento em ripas de madeira conforme ilustrado na Figura 19, em que há especificação de material impermeabilizante, de forma que a umidade externa não alcance os elementos estruturais e de vedação em CLT. Após concluído o revestimento, o aspecto final é o apresentado na Figura 20.

**Figura 19- Recorte de projeto - perspectiva do acabamento externo.**



Fonte: Crosslam (2019).

**Figura 20 – Acabamento externo**



#### 4.2 Comparativo dos Orçamentos dos diferentes sistemas

Foi cedido pelo Engenheiro responsável da obra feita no sistema construtivo de *Cross Laminated Timber* uma planilha orçamentaria, Planilha 1, onde é descrito os materiais utilizados, equipamentos e custos operacionais da sua etapa de construção, sendo elas apenas a superestrutura da edificação.

A Planilha 2, foi desenvolvida a partir da reprodução do projeto do estudo de caso sendo executada no sistema construtivo convencional, levantando-se pelo mesmo o quantitativo de material, mão de obra, equipamentos e custos operacionais.

Planilha 2 – Sistema Construtivo Convencional

Planilha 1 – Sistema Construtivo em CLT.

a) MATERIAIS				
ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNIT. / SUBTOTAL
1	MLC VIGAS	m3	19,38	R\$ 8.500,00 R\$ 164.730,00
2	CLT PAREDES	m3	17,15	R\$ 7.500,00 R\$ 128.625,00
3	FORRO CLT	m3	13,49	R\$ 7.500,00 R\$ 101.175,00
4	CUNHAS	m3	2,89	R\$ 4.500,00 R\$ 13.005,00
5	PILARES METÁLICOS	kg	180,00	R\$ 25,00 R\$ 4.500,00
6	FERRAGENS/CANTONEIRAS	kg	750,00	R\$ 35,00 R\$ 26.250,00
7	PREGOS	un.	15000,00	R\$ 0,25 R\$ 3.750,00
8	PARAFUSOS ROTHOBLAAS	un.	6000,00	R\$ 5,00 R\$ 30.000,00
9	MANTAS TRANSPIR	m2	250,00	R\$ 15,00 R\$ 3.750,00
10	FLEXIBAND	ml	100,00	R\$ 5,00 R\$ 500,00
11	DECK	m2	150,00	R\$ 300,00 R\$ 45.000,00
12	RIPADO FACHADA	m3	6,00	R\$ 4.500,00 R\$ 27.000,00
13	PAINEL WALL PISO	m2	82,00	R\$ 100,00 R\$ 8.200,00
14	FITA ASFÁLTICA	ml	500,00	R\$ 5,00 R\$ 2.500,00
15	MANTA E FITA TYVEK	ml	100,00	R\$ 10,00 R\$ 1.000,00
16	OSB HP/WOODFRAME	un.	50,00	R\$ 30,00 R\$ 1.500,00
17	LÂ DE ROCHA	m2	60,00	R\$ 60,00 R\$ 3.600,00
18	BARROTES DECK	m3	7,68	R\$ 4.500,00 R\$ 34.560,00
19	FITA ADESIVA ROTHOTAPE	ml	100,00	R\$ 15,00 R\$ 1.500,00
20	STAIN HIDROREPELENTE	un.	5,00	R\$ 750,00 R\$ 3.750,00
21	PLACA CIM. ACQUA PANEL	m2	120,00	R\$ 50,00 R\$ 6.000,00
				(i) R\$ 610.895,00

b) PRODUTIVIDADE				
ITEM	DESCRIÇÃO	EQUIPES	PEÇAS POR DIA	QUANTIDADE / DIAS
1	PRODUTIVIDADE	1	8	353 / 44,13

c) MONTAGEM				
ITEM	DESCRIÇÃO	DIAS	CUSTO EQUIPE/DIA	SUBTOTAL
1	MONTAGEM + ACABAM.	45,00	R\$ 4.000,00	R\$ 180.000,00
2	MUNCK/GUINDASTE	15,00	R\$ 2.000,00	R\$ 30.000,00
3	ANDAIMES	45,00	R\$ 50,00	R\$ 2.250,00
				(ii) R\$ 212.250,00

d) CUSTOS DIRETOS (PREÇO DE CUSTO)			
ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR	
1	MATERIAIS (VENDA DIRETA - IMPOSTOS INCLUSOS)	R\$ 610.895,00	
2	MÃO DE OBRA	R\$ 212.250,00	
		(i + ii) R\$ 823.145,00	

e) CUSTOS INDIRETOS			
ITEM	DESCRIÇÃO	PORCENTAGEM	VALOR
1	PROJETO EXECUTIVO	5%	R\$ 41.157,25
2	OPERACIONAL DO ESCRITÓRIO	6%	R\$ 49.388,70
3	RISCO DA OBRA + SEGURO	2%	R\$ 16.462,90
4	GERENCIAMENTO DA OBRA	10%	R\$ 82.314,50
			(iii) R\$ 189.323,35

g) CUSTOS DIRETOS + INDIRETOS			
ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR	
1	MATERIAIS (VENDA DIRETA - IMPOSTOS INCLUSOS)	R\$ 610.895,00	
2	PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS (ii + iii)	R\$ 401.573,35	
		(vi) R\$ 1.012.468,35	

h) IMPOSTOS			
ITEM	DESCRIÇÃO	PORCENTAGEM	VALOR
1	SERVIÇOS	18%	R\$ 88.150,25

i) ORÇAMENTO FINAL			
ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR	
1	MATERIAIS (VENDA DIRETA - IMPOSTOS INCLUSOS)	R\$ 610.895,00	
2	PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS (ii + iii)	R\$ 489.723,60	
		(vi) R\$ 1.100.618,60	

j) B.D.I. (Benefícios e Despesas Indiretas)			
Cálculo do B.D.I. (venda/custo -1)			
			33,71%

j) LUCRO			
Cálculo da % de Lucro			
			R\$ 139.934,65 12,71%

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS				
DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR UNID	VALOR TOTAL
Concreto	m³	67	R\$ 380,00	R\$ 25.460,00
Aço	kg	3600	R\$ 14,30	R\$ 51.480,00
Forma	und	150	R\$ 131,00	R\$ 19.650,00
Tijolo	und	8000	R\$ 1,70	R\$ 13.600,00
Cimento	sacos	600	R\$ 25,00	R\$ 15.000,00
Areia	m³	48	R\$ 110,00	R\$ 5.280,00
Brita	m³	36	R\$ 120,00	R\$ 4.320,00
Impermeabilização em parede áreas molhadas	m²	103	R\$ 38,43	R\$ 3.964,47
Impermeabilização em piso de áreas molhadas	m²	18	R\$ 57,85	R\$ 1.041,30
Impermeabilização cobertura	m²	156,24	R\$ 60,00	R\$ 9.374,40
Pintura parede interna	m²	464,8	R\$ 11,80	R\$ 5.484,64
Pintura Teto	m²	156,24	R\$ 14,62	R\$ 2.284,23
Pintura externa	m²	210	R\$ 16,43	R\$ 3.462,30
Forro de gesso cartonado	m²	156,24	R\$ 75,00	R\$ 11.718,00
Eletroduto	rolo	12	R\$ 90,00	R\$ 1.080,00
Caixa Octogonal	und	42	R\$ 2,80	R\$ 117,60
Material Elétrico	und	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Material Hidráulica	und	1	R\$ 15.700,00	R\$ 15.700,00
Pregos	kg	20	R\$ 15,72	R\$ 314,40
Arame	kg	100	R\$ 19,00	R\$ 1.900,00
Disco para moquita	und	8	R\$ 62,00	R\$ 496,00
Disco para serra circular	und	8	R\$ 55,00	R\$ 440,00
Disco pra fixadora	und	8	R\$ 5,50	R\$ 44,00
Lona	m	70	R\$ 20,00	R\$ 1.400,00
Betoneira	mensal	4	R\$ 250,00	R\$ 1.000,00
Colher de Pedreiro	und	3	R\$ 25,00	R\$ 75,00
Pó	und	3	R\$ 38,00	R\$ 114,00
Martelo	und	4	R\$ 20,00	R\$ 80,00
Régua	und	2	R\$ 40,00	R\$ 80,00
Trena	und	8	R\$ 34,00	R\$ 272,00
Masseira	und	2	R\$ 50,00	R\$ 100,00
Nível	m	20	R\$ 2,40	R\$ 48,00
Prumo	und	3	R\$ 29,00	R\$ 87,00
Esquadro	und	3	R\$ 50,00	R\$ 150,00
Bomba Estacionária	und	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Serra Circular	und	1	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
Serra de Ferragem	und	1	R\$ 230,00	R\$ 230,00
Máquina	und	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Andaimaz	mensal	4	R\$ 120,00	R\$ 480,00
Escoraz	und	200	R\$ 8,00	R\$ 1.600,00
Torçãoz	und	4	R\$ 27,00	R\$ 108,00
Alavanca	und	2	R\$ 45,00	R\$ 90,00
Caçamba	mensal	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Vibrador	mensal	2	R\$ 150,00	R\$ 300,00
Cerrote	und	1	R\$ 10,20	R\$ 10,20
Cegrete	und	1	R\$ 24,30	R\$ 24,30
Carrinho de mão	und	3	R\$ 250,00	R\$ 750,00
Enxada	und	2	R\$ 39,00	R\$ 78,00
Broxa	und	2	R\$ 11,90	R\$ 23,80
Desempenadeira	und	2	R\$ 15,80	R\$ 31,60
Vibrador	mensal	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Estrutura cobertura mista (madeira/hidro)	und	116	R\$ 600,00	R\$ 69.600,00
			<b>Total</b>	<b>R\$ 281.230,24</b>

MÃO DE OBRA				
EQUIPE	UNID.	QUANT.	DIAS	VALOR DIARIA / VALOR TOTAL
Meste de Obra	Diárias	1	120	R\$ 350,00 R\$ 42.000,00
Pedreiro	Diárias	3	120	R\$ 250,00 R\$ 90.000,00
Servente	Diárias	2	120	R\$ 150,00 R\$ 36.000,00
Carpinteiro	Diárias	2	90	R\$ 250,00 R\$ 45.000,00
Pinhor	Diárias	2	20	R\$ 250,00 R\$ 10.000,00
				<b>Total R\$ 213.000,00</b>

CUSTOS DIRETOS		
Material e Equipamentos	R\$	281.230,24
Mão de Obra	R\$	213.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$</b>	<b>494.230,24</b>

CUSTOS INDIRETOS		
PROJETO EXECUTIVO	R\$	24.000,00
GERENCIAMENTO DE OBRA	R\$	50.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$</b>	<b>74.000,00</b>

CUSTO TOTAL OBRA		
CUSTOS DIRETOS	R\$	494.230,24
CUSTOS INDIRETOS	R\$	74.000,00
HONORARIOS DA CONSTRUTORA	15%	R\$ 85.234,54
IMPOSTOS	4,5%	R\$ 3.835,55
<b>Total</b>	<b>R\$</b>	<b>572.065,79</b>

Total gasto no sistema construtivo de *Cross Laminated Timber* foi de R\$ 1.100.618,60, e o total gasto no sistema construtivo convencional foi de R\$ 572.065,79.

Em questão de materiais utilizados, o CLT possui um custo maior, quando comparado ao sistema



convencional. Isso ocorre devido ao restrito fornecimento deste tipo de material, por ainda não ser um sistema muito utilizado no país.

Enquanto no quesito de mão de obra, o sistema convencional apresenta um custo maior, em razão da necessidade de possuir uma equipe com maior quantidade de pessoas e pelo seu tempo de execução.

## 5 CONCLUSÕES

Conclui-se que o Cross Laminated Timber possui um processo construtivo de fácil execução, por se tratar de um processo construtivo industrializado, onde as peças e os painéis usados na construção já chegam prontos na obra, sendo basicamente um processo de montagem.

Notou-se que ao contrário do que é comumente propagado em sistemas construtivos industrializados não é necessária uma mão de obra totalmente especializada neste tipo de construção. Necessita-se apenas de um chefe de equipe, que saiba ler e interpretar os projetos de montagem, para coordenar os ajudantes para locação e fixação das peças nos locais corretos.

Deve-se ressaltar na hora de projetar em CLT a importância de se pensar no processo construtivo como um todo, levando em consideração a importância de se proteger a estrutura da edificação da ação da umidade, que é um dos principais deterioradores do material. Essa proteção se dá através de produtos que são aplicados nos próprios painéis para a proteção, também por meio de impermeabilizações e pela execução de recobrimento do painel de CLT com outro tipo de material.

Outro ponto que dificulta a construção neste tipo de sistema é a falta de fornecedores desse material no país, pois possui apenas um fabricante no estado de São Paulo, o que restringe a construção em outros estados brasileiros. Fazendo assim que o custo para se construir em CLT nos dias atuais ainda seja maior que o sistema convencional. Porém com a disseminação desta tecnologia no país podemos ter uma baixa neste custo.

No entanto, se considerar-se o prazo de execução, a eficiência térmica, acústica, a diminuição na produção de resíduos ou seja todos os pontos no qual torna o sistema construtivo em CLT uma construção mais

limpa e sustentável podemos dizer que é uma opção viável. Considerando a necessidade atualmente de se construir com um pensamento sustentável, utilizando materiais de fontes renováveis e se preocupando com o impacto ambiental gerado pela construção.

## 6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos mantido no caminho certo durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Somos gratos também aos nossos pais por todo esforço investido na nossa educação.

A nossa Orientadora, Tatiana Jucá, expressamos aqui nossa gratidão pela dedicação, auxílio, paciência, e acima de tudo incentivo a busca pelos conhecimentos necessários para ampliar a compreensão do tema estudado.

Por último gostaríamos de agradecer o Eng. Alan Dias e a Crosslam, pelos dados fornecidos ao nosso trabalho, pela paciência em nos atender e esclarecer todas as dúvidas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Manual da Construção Industrializada: Conceitos e Etapas Volume 1: Estrutura e Vedação. 2015.

ALENCAR, J. B. M.; MOURA, J. D. M. Qualidade da adesão da madeira de pinus e eucalipto para a produção de painéis estruturais Cross Laminated Timber (CLT). XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Maceió, 2014.

AMORIM, S. T. A.; MANTILLA, J. N. R.; CARRASCO, E. V. M. Revista Matéria, Suplemento, 2017.

BOGENSPERGER, T.; AUGUSTIN, M.; SCHICKHOFER, G. Properties of CLT-Panels Exposed to Compression Perpendicular to their plane. International Council for Research and Innovation in Building and Construction, Working Commission W18 - Timber Structures. Alghero, Italia: [s.n.]. 2011. p. 15.

CONSTRUTIVA. ISISE, Dept. Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, 2012. p.201-213.

COSTA, A. A. P. Construção De Edifícios com Cross Laminated Timber (CLT). 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2013.

CROSS LAMINATED TIMBER. Informações Técnicas. Montagens e Conexões. 2016. p.18. Disponível em: <http://www.crosslam.com.br/home/?q=downloads>. Acesso: 10/10/2020.

CUNHA, J., et al. Ligações Estruturais de Madeira Laminada Colada Cruzada (CLT) Utilizando Parafusos Autoperfurantes. ASAE - Associação Sul-Americana de Engenharia Estrutural. Jornada sul-americanas de engenharia estrutural. Infraestrutura e desenvolvimento: Rio de Janeiro, 2012.

FILHA, C. M. et al. Perspectivas do Investimento 2010-2013: Construção Civil: BNDES, Rio de Janeiro, 2009.

FPINNOVATION. CLT Handbook. Pointe-Claire, QC, Canadá: [s.n.], 2011.

HANDBOOK FPINNOVATIONS. CLT: Cross-laminated timber. Ed. Karacabeyli, Brad Douglas. U.S. 2013. Disponível em: [CLT handbook.pdf](#). Acesso: 10/10/2020.

KLH MASSIVHOL GMBH. Download Booklets. 2012. Disponível em: <https://www.klh.at/en/booklets/>. Acesso: 10/10/2020.

KOLAREVIC, B. Architecture in digital age: Design and manufacturing. New York: Spon Press, 2003.

LEPAGE, E. S., et al. Manual de Preservação de Madeiras. Volume I. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 1986.

LOURENÇO, P. B.; BRANCO, J. M. Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI. História da Construção – Arquiteturas e Técnicas Construtiva. ISISE, Dept. Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, 2012. p.201-213.

LOURENÇO, P. B.; BRANCO, J. M. Dos abrigos da pré-história aos edifícios de madeira do século XXI. HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO – ARQUITETURAS E TÉCNICAS

OLIVEIRA, G. L. Cross laminated (CLT) no Brasil: processo construtivo e desempenho. Recomendações para o processo de projeto arquitetônico. São Paulo, 2018.

PASSARELLI, R. N. Cross laminated timber: Diretrizes para projeto de painel maciço em madeira no Estado de São Paulo. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo.

Instituto de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. São carlos. 2013.

PEREIRA, M. C. M Metodologia para estudo da caracterização estrutural de painéis de Madeira Laminada Colada Cruzada. 2014. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. 2014.

The TallWood House at Brock Commons / Acton Ostry Architects & Hermann Kaufmann Architekten. Image © Pollux Chung /courtesy of Seagate Structures. Disponível em: [7 Tendências em madeira para acompanhar em 2020 | ArchDaily Brasil](#). Acesso. 15/10/2020.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. A sustentabilidade dos materiais de construção. 2ª ed. ed. Vila Verde, Portugal: Vilaverdense, v. 1, 2010