

- P A N O R A M A -
do Sistema Construtivo Tecverde | Curitiba - 2016



As informações contidas neste material são de propriedade da empresa Tecverde Engenharia S/A. É permitido copiar, distribuir e exibir seu conteúdo, desde que seja dado crédito a empresa. Não está autorizado o seu uso comercial.

EQUIPE RESPONSÁVEL

Arq. Pedro V. Moreira
Diretor de Engenharia de Produto

Eng. Carla R. M. Soldera
Gerente de Inovação



1	Histórico do Sistema Construtivo Wood Frame
1.1	Brasil
1.1.1	Madeira no Brasil
2	Tecverde Engenharia S/A
3	Sistema Construtivo Tecverde
3.1	Homologação e legislação
3.2	Engenharia
3.3	Industrialização
3.4	Painel Tecverde
3.4.1	Materiais
3.4.1.1	Estrutura em madeira autoclavada
3.4.1.2	OSB
3.4.1.3	Membrana hidrófuga
3.4.1.4	Acabamento
3.5	Fundação
3.5.1	Demais soluções
3.6	Montagem
3.7	Aberturas
3.8	Altura
3.9	Painéis de entrepiso
3.10	Cobertura
3.11	Instalações hidro-sanitárias
3.12	Instalações elétricas
4	Comentários
5	Referências



1. BREVE HISTÓRICO DO SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME

O sistema construtivo wood frame aplicado no Brasil é derivado de uma evolução dos sistemas leves em madeira. Esta evolução, do uso de peças longas para peças curtas foi impulsionada na Idade Média com o Sistema Enxaimel, onde os vazios entre as peças estruturais de madeira eram preenchidos com materiais como alvenaria leve ou taipa, muito utilizado no Brasil em regiões de colonização alemã, como no estado de Santa Catarina (Figura 1). Os imigrantes europeus levaram a técnica da construção em madeira para a América do Norte, onde durante a Revolução industrial, o sistema evoluiu para os Sistemas Nervurados. No final do século XVIII surge o Sistema Balão nos Estados Unidos, onde a seção transversal das peças de madeira foi reduzida e no fechamento das paredes eram utilizadas tábuas de madeira que contribuíam para a rigidez estrutural do conjunto (Figura 2 e Figura 4). Neste sistema, as peças delgadas eram pouco espaçadas e iam de forma contínua desde a fundação até o telhado, sendo um sistema construtivo marcado pela fabricação industrial. Por volta de 1920, o Sistema Balão evoluiu para o Sistema Plataforma, onde peças curtas eram utilizadas no lugar de peças longas de madeira. Este sistema nervurado, composto de planos horizontais formando o piso de cada pavimento, sobre os quais são sobrepostos os planos verticais formando as paredes, permitiu que a logística e a montagem das edificações fosse facilitada, além de tornar o uso de madeiras mais jovens viável (Figura 3 e Figura 4). Salienta-se também que o Sistema Plataforma sobrepujou o Sistema Balão por apresentar um melhor desempenho frente ao fogo. O Sistema Plataforma é flexível, podendo ser construído no canteiro de obras, ser parcialmente pré-fabricado ou totalmente industrializado. Após a Segunda Guerra Mundial, surgiram as treliças pré-fabricadas para telhados, que utilizavam conectores metálicos estampados. A partir de 1960, os painéis de parede produzidos em fábrica deram início aos Sistemas Panelizados, donde surgiram as casas modulares e posteriormente as casas industrializadas (DIAS, 2005; ESPÍNDOLA, 2010; MDCl, 2015).



Figura 1 – Casa no Sistema Enxaimel localizada no estado de Santa Catarina, Brasil.

Fonte: <http://www.casas enxaimel.com.br/>

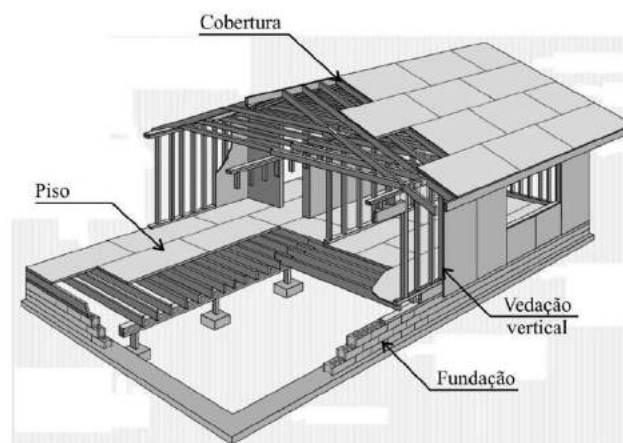


Figura 3 - Sistema Plataforma

Fonte: APA, 1997 apud Espíndola, 2010.



Figura 2 - Sistema Balão

Fonte: Kucker 2002 apud Espíndola, 2010.

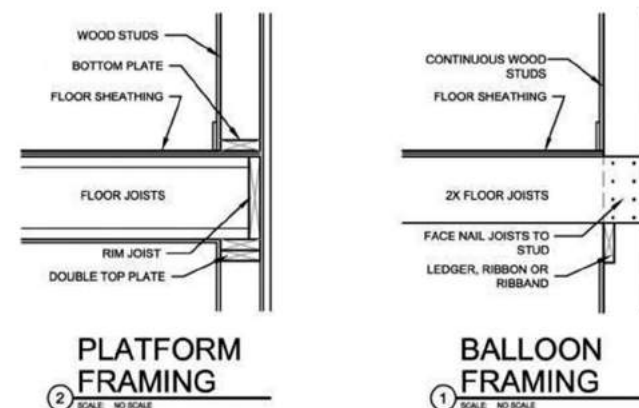


Figura 4 - Diferenças entre o Sistema Plataforma e o Sistema Balão

Fonte: <http://maderayconstruccion.com.ar/sistema-de-construccion-platform-frame-la-evolucion-del-ballon-frame/>

O Sistema Construtivo Wood Frame é muito utilizado em vários países, onde se caracteriza como a solução convencional para moradias. Uma das principais características do processo construtivo é a racionalização das etapas, onde o material é encaminhado à obra na sequência que será executado, desde a infraestrutura até a cobertura. A madeira utilizada deve ser de espécies de florestas plantadas disponíveis no Brasil, que dispõe de vasta tecnologia e experiência por parte da comunidade florestal local. Como o peso das construções é relativamente mais baixo, a resistência das peças estruturais de madeira não precisa ser elevada, o que vai ao encontro dos atributos das coníferas (HILGENBERG NETO, 2003).



1.1. BRASIL

-

O processo industrializado de fabricação de painéis estruturais para a montagem de edificações tem como principal matéria prima a madeira proveniente de florestas plantadas. No Brasil, no início do século XXI, houve experiências com o wood frame em iniciativas acadêmicas com parceria de algumas empresas ligadas a cadeia da madeira. Porém, considera-se como marco o ano de 2010, quando a Comissão Casa Inteligente foi fundada em Curitiba, Paraná, dentro da FIEP – Federação das Indústrias do Paraná – para abrigar uma comissão formada por empresas, pesquisadores e fornecedores ligados ao sistema wood frame, sendo a Tecverde Engenharia membro fundador desta comissão. A concepção do wood frame a ser aplicado no Brasil passou pela industrialização das atividades construtivas, visando à racionalização, eficiência, produtividade e qualidade (MDCI, 2015).

1.1.1. MADEIRA NO BRASIL

-

A ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – aponta que a porcentagem de florestas plantadas na cobertura florestal brasileira é de 1,4%, equivalente a 7,2 milhões de hectares, e apesar deste ser um número reduzido em comparação com as florestas nativas, o mesmo tem um elevado grau de importância no desenvolvimento sócio econômico brasileiro. A porcentagem de Pinus proveniente de florestas plantadas equivale a 22% do total, sendo que 85% da sua produção está localizada na região Sul. Um dos fatores que contribui para isto é o clima ameno presente na região, com invernos mais frios e umidade presente durante todo o ano (ABIMCI, 2013).



2. TECVERDE ENGENHARIA S/A

-

A história da Tecverde tem início em 2008, quando jovens estudantes de engenharia civil e arquitetura da Universidade Federal do Paraná iniciam o processo de desenvolvimento e adaptação do sistema construtivo wood frame para o Brasil, sendo a Tecverde Engenharia oficialmente fundada em 2009. A demanda do setor da construção civil, que possui proporções impactantes e, ainda assim, com processos artesanais, inspirou a Tecverde a buscar soluções tecnológicas em outros países que se adequassem às necessidades da sociedade brasileira, assim como passíveis de adaptação aos materiais e à mão de obra nacional. Assim ocorreu a definição pelo sistema wood frame, sendo a pesquisa desenvolvida sobre o estado da arte do sistema construtivo e o processo de desenvolvimento para adequação à realidade brasileira, em ensaios e homologação da tecnologia. Para tanto, a Tecverde recorreu a recursos do Edital de Inovação SESI/SENAI e do PRIME/FINEP. Em parceria com o SENAI, o Ministério da Economia do Estado de Baden-Württemberg (Alemanha) junto a empresa alemã Homag-Weinmann, cooperação canadense através do BCIT (British Columbia Institute of Technology) e com todo apoio da FIEP, foi concluído o desenvolvimento da tecnologia do Sistema Construtivo Tecverde. A primeira casa foi construída em 2010 e está localizada no município de Almirante Tamandaré, Paraná (Figura 5).



Figura 5 - Primeira Casa Tecverde, 2010

Em 2010, o Diretor de Engenharia de Produto da Tecverde, uma das empresas membro da Casa Inteligente recebeu treinamento intenso na Alemanha e no Brasil através das duas principais empresas de consultoria alemãs para projeto em wood frame, Baumeister & Sapper e Sema-soft. Uma das primeiras constatações foi a importância da correta representação dos elementos e dos componentes em wood frame nos projetos arquitetônicos e verificou-se que conforme ocorria na Alemanha e em outros países onde o wood frame é um sistema convencional de construção, os projetos arquitetônicos necessitam ser pensados a luz do sistema construtivo a ser aplicado. Esta questão se apresentou como desafio no Brasil, um local onde a cultura arquitetônica e soluções técnicas são voltadas para a aplicação da alvenaria e concreto (MDCI, 2015).

Também em 2010, foi implantada a primeira fábrica Tecverde no município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba, com 400 m². Inicialmente, a equipe de produção contava com seis funcionários, sendo a produtividade de 80 m²/dia (Figura 6).

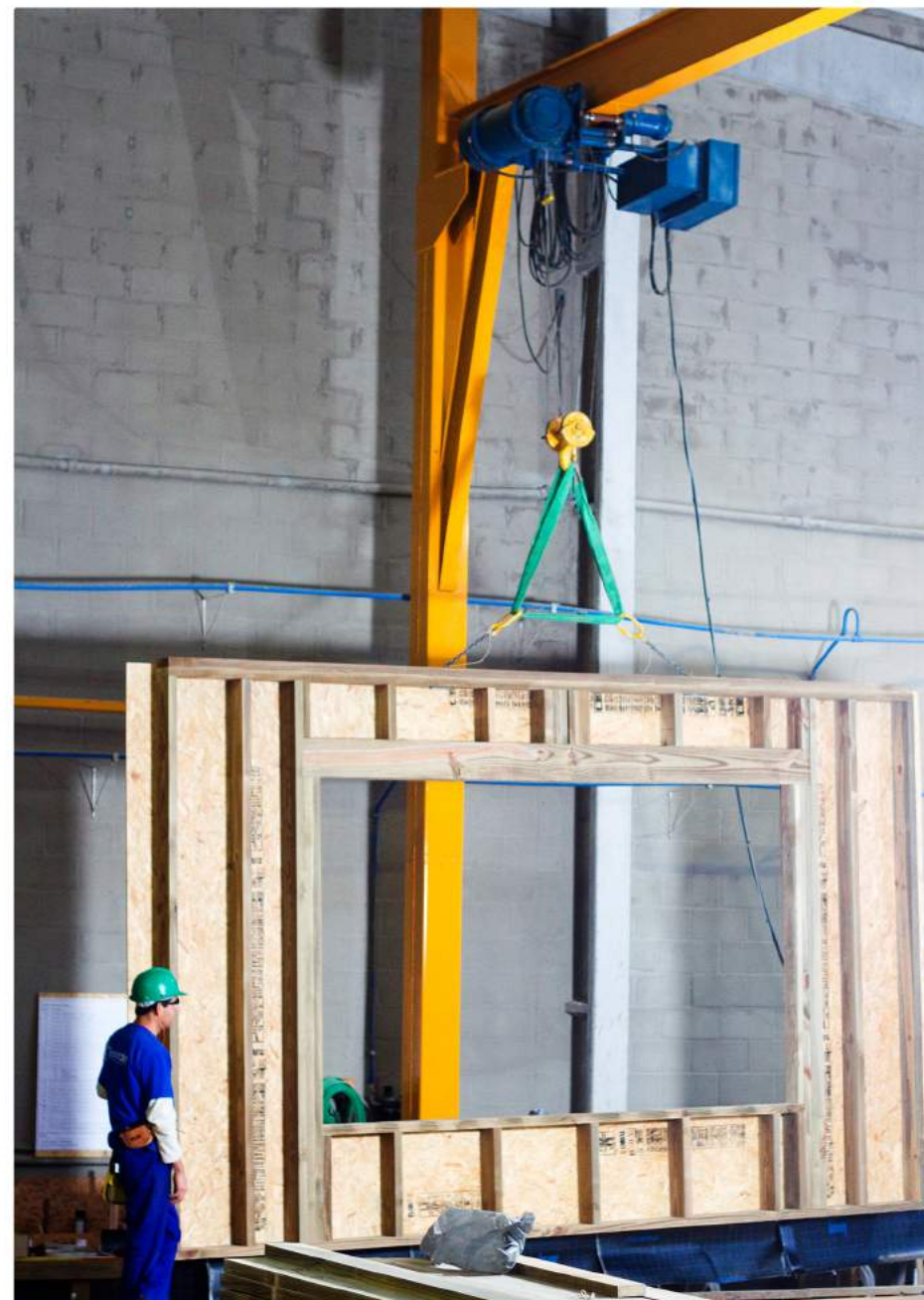


Figura 6 - Primeira Fábrica Tecverde, Pinhais – PR
Fonte: Tecverde Engenharia S/A

Nesta época, o Sistema Construtivo Tecverde foi desenvolvido para se trabalhar com Painéis Abertos, ou seja, os mesmos eram compostos pelos Montantes de Pinus + OSB + Membrana Hidrófuga + Placa Cimentícia. Após serem produzidos em ambiente fabril, os painéis eram levados para o canteiro de obras para o processo de montagem. Durante este processo de colocação dos Painéis Abertos, o objetivo era de encapsular a casa no menor tempo possível, ou seja, montar os Painéis no Radier e colocar a Cobertura. Depois deste processo, eram realizadas as instalações elétricas e hidráulicas em campo e preparavam-se as chapas de OSB (marcações conforme as prumadas, seguidas de recorte) para se realizar o chapeamento. Uma vez esta etapa concluída, eram colocadas as placas de gesso acartonado. A partir de 2013, foi desenvolvido o sistema de Painéis Fechados, ou seja, em ambiente fabril o painel é produzido com todos os elementos das camadas, incluindo a parte elétrica e hidráulica interna, ficando a cargo no canteiro apenas os arremates finais, ou seja, as paredes vão para obra prontas para pintura. Em 2014, a Tecverde migrou a sua unidade industrial paranaense para o município de Araucária, contando agora com uma área de 2600 m² e capacidade de produção de 385 m²/dia, devido a linha automatizada de produção (Figura 7, 8 e 9).



Figura 7 - Colaborador alimentando a linha automatizada com peças de madeira estrutural tratada

Fonte: Tecverde Engenharia S/A



Figura 8 - Produção dos módulos de janelas

Fonte: Tecverde Engenharia S/A



Figura 9 - Painel Estrutural com frames montados, OSB chapeado e janelas cortadas

Fonte: Tecverde Engenharia S/A



3. SISTEMA CONSTRUTIVO TECVERDE

Até o presente momento, já foram construídos pela Tecverde no Brasil mais de 85 mil m² no sistema wood frame, o que representa um avanço para os sistemas industrializados. O sistema já foi aplicado em edificações residenciais térreas ou assobradadas (isoladas e não isoladas e em condomínios horizontais), atendendo dentro desta tipologia Habitações de Interesse Social (Figura 10), se adaptando tanto ao público do MCMV, quanto ao público de casas de médio e alto padrão (Figura 11 e Figura 12). Além de edificações residenciais, o sistema também foi aplicado em edificações institucionais (Figura 13), educacionais e comerciais. Importante também salientar que o sistema pode ser compatibilizado com outros sistemas construtivos, como a Alvenaria Convencional e/ou Steel Frame, caracterizando habitações com tipologias mistas.



Figura 10 - Habitação Residencial MCMV Faixa 1, Curitiba – PR

Fonte: Tecverde Engenharia S/A



Figura 11 - Habitação Residencial de Alto Padrão, Vinhedo – SP

Fonte: Tecverde Engenharia S/A



Figura 12- Casa de campo, Pinhais – PR

Fonte: Tecverde Engenharia S/A



Figura 13 - Núcleo SENAI de Sustentabilidade, Curitiba – PR

Fonte: Arqbox



3.1. HOMOLOGAÇÃO E LEGISLAÇÃO

-

Nacionalmente, por se tratar de um sistema inovador, o sistema wood frame teve que passar por um processo de avaliação de normas técnicas internacionais, estudo de processos e do produto final, entre a Comissão Casa Inteligente e o IPT, que culminou com o desenvolvimento da Diretriz SiNAT nº 005 (2011) sendo esta renovada em 2016 para compreender a NBR 15575 e o elemento entrespico. O SiNAT – Sistema Nacional de Avaliação Técnica – é uma iniciativa da comunidade técnica brasileira para operacionalizar a avaliação de produtos inovadores na construção civil brasileira. Para um produto inovador ser aprovado pelo SiNAT, este precisa apresentar um DATec – Documento de Avaliação Técnica – que deve ser redigido por uma Instituição Técnica Avaliadora (ITA) que indica o atendimento do sistema as normas nacionais e cumprimento dos requisitos de desempenho (MDCI, 2015).

Em 2012, a Tecverde desenvolveu a tecnologia wood frame para Habitações de Interesse Social e homologou junto ao Ministério das Cidades em 2013 o DATec nº 020 - Sistema Construtivo Tecverde, sendo este renovado em 2015 para DATec nº 020A. Para ser homologado, foi necessário comprovar via simulações, ensaios laboratoriais e em campo, o atendimento a NBR 15575 e demais normas brasileiras.

Para mais informações em relação ao SiNAT:

http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php

Quanto à legislação para aprovação, segundo as normas do Corpo de Bombeiros, o Sistema Construtivo Tecverde não é considerado uma casa de madeira, pois apesar do material compor a estrutura principal, esta é revestida de material incombustível em ambas as superfícies.

Se o Sistema Construtivo Tecverde for considerado como casas pré-fabricadas em um sistema misto de construção, o afastamento lateral mínimo exigido para casas com esta tecnologia, no município de Curitiba é de 1,5m. O recuo frontal segue a mesma legislação de obras convencionais. Consulte os órgãos responsáveis para saber as normas vigentes em seu município.



3.2. ENGENHARIA

Na Tecverde a Engenharia é dividida em dois setores, Engenharia de Produto e Engenharia de Operações. Juntos, estes são responsáveis pelo processo de desenvolvimento do produto, produção e montagem.

A Engenharia de Produto é responsável pelo desenvolvimento e/ou terceirização e compatibilização de projetos, realizando a integração das soluções técnicas, atendimento das expectativas do mercado e exigência dos órgãos públicos. Atualmente, a formação predominante no setor é de arquitetos, pois estes possuem uma visão holística e o fato do sistema wood frame necessitar de projetos com alto nível de detalhamento e que devem ser pensados de maneira conectada torna o profissional com esta formação um facilitador dentro da equipe multidisciplinar. A equipe também conta com engenheiros que atuam no cálculo estrutural e com o apoio de consultores especialistas em estruturas de madeira.

Os projetos arquitetônicos e complementares são desenvolvidos através de modelagem 3D e/ou BIM, utilizando os softwares AutoCAD e Revit (Figura 14). Depois de compatibilizados, estes projetos são enviados para o responsável pela modelagem do projeto de produção, que desenvolve o projeto no software SEMA (Figura 15).

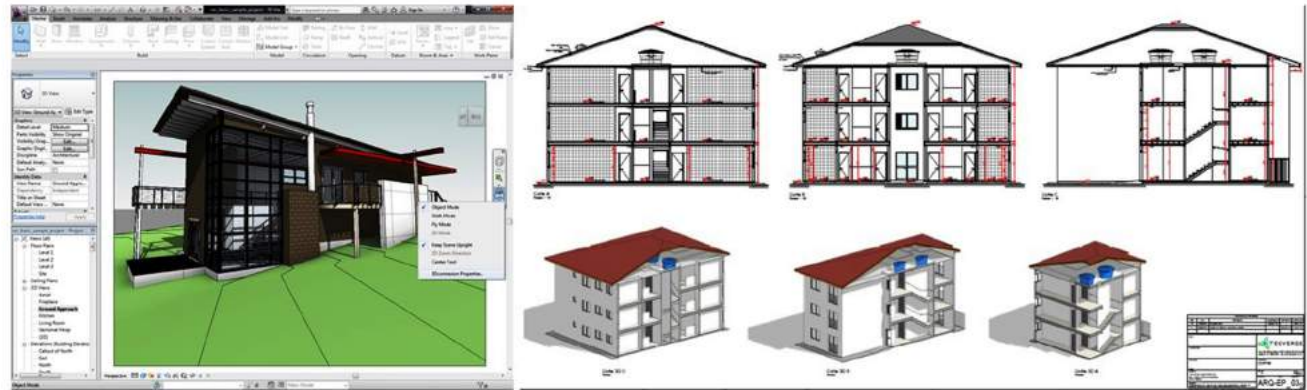


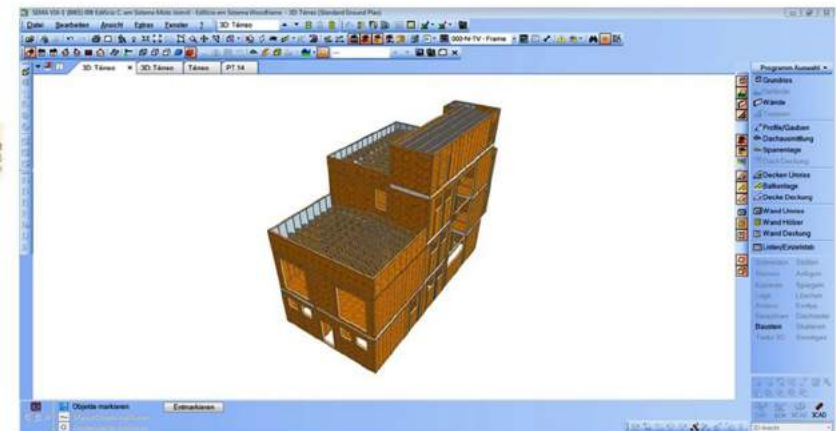
Figura 14 – Modelagem dos projetos no software Revit

Fonte: Tecverde Engenharia S/A



Figura 15 – Modelagem dos projetos no software SEMA

Fonte: Tecverde Engenharia S/A





O setor de Engenharia de Operações é responsável por desenvolver os processos de produção e montagem, utilizando metodologias e técnicas de Lean Manufacturing e padronização de processos (Figura 16). O setor conta com uma equipe formada por engenheiros de diversas formações, como Engenharia Mecânica, Industrial Madeireira e Civil, além de técnicos de outras áreas. É escopo deste setor a Logística, Engenharia de Processos, SSMAQ (Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade), Supply Chain, Garantia no Pós-obra e Pós-ocupação e os Analistas Residentes que ficam alocados no canteiro de obras para acompanhamento e auditoria da equipe de montagem e serviços convencionais. Com 70% das etapas alocadas em ambiente fabril, a Engenharia de Operações atua intensamente nesta área, garantindo o controle de qualidade (Figura 17) e eficiência dos processos.

TECVERDE		PROJETO	CLIENTE	DATA	VERSÃO
INSTRUÇÃO DE TRABALHO					
ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	REMARKS
01	1	UNIDADE	Instalação de piso	1	
02	1	UNIDADE	Instalação de parede	1	
03	1	UNIDADE	Instalação de teto	1	
04	1	UNIDADE	Instalação de porta	1	
05	1	UNIDADE	Instalação de janela	1	
06	1	UNIDADE	Instalação de elétrica	1	
07	1	UNIDADE	Instalação de hidráulica	1	
08	1	UNIDADE	Instalação de gás	1	
09	1	UNIDADE	Instalação de pintura	1	
10	1	UNIDADE	Instalação de acabamento	1	

TECVERDE		PROJETO	CLIENTE	DATA	VERSÃO
INSTRUÇÃO DE TRABALHO					
EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO					
EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO					
TIPO	UNIDADE	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	REMARKS	
01	1	TELA DE PAPEL	1		
02	1	TELA DE PAPEL	1		
03	1	TELA DE PAPEL	1		
EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO					
TIPO	UNIDADE	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	REMARKS	
01	1	TELA DE PAPEL	1		
EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO					
TIPO	UNIDADE	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	REMARKS	
01	1	TELA DE PAPEL	1		

Figura 16 - Exemplo de Instrução de Trabalho elaborada pela Engenharia de Operações
Fonte: Tecverde Engenharia S/A



Figura 17 - Controle de qualidade dos insumos para produção
Fonte: Tecverde Engenharia S/A



3.3. INDUSTRIALIZAÇÃO

A Tecverde optou por trabalhar com a industrialização do processo construtivo, com o objetivo de ter um processo mais eficiente, com maior velocidade, menor geração de resíduos e maior controle de qualidade. Um dos efeitos laterais gerados pela tecnologia utilizada no produto tem como externalidade positiva a diminuição na emissão de gases de efeito estufa, em especial o carbono, durante o processo de beneficiamento dos insumos e da produção e montagem das habitações, em relação ao sistema convencional.

Ao utilizar madeira de florestas plantadas, provenientes de um reflorestamento de manejo mais sustentável, a Tecverde busca fomentar um sistema baseado em recursos renováveis. O wood frame é considerado um sistema de construção à seco, com baixo consumo de recursos hídricos e ótimo desempenho térmico e acústico da habitação, além de apresentar baixo consumo de energia no processo produtivo e construtivo.

Ressalta-se que o produto promove um canteiro e obra de baixo impacto ambiental e o reuso de materiais. Devido ao processo industrializado mais eficiente, racionaliza-se a utilização de recursos e por isso possuímos um baixo índice de desperdício de materiais. As Figuras 18 e 19 ilustram o processo industrializado de produção dos painéis na fábrica.



Figura 18 – Estação frame
Fonte: Tecverde Engenharia S/A



Figura 19 – Chapeamento do OSB e cortes do vão para janelas
Fonte: Tecverde Engenharia S/A



3.4. PAINEL TECVERDE

-

3.4.1. MATERIAIS

-

3.4.1.1. ESTRUTURA EM MADEIRA AUTOCLAVADA

-

O Painele Estrutural Tecverde pode ser do tipo Parede ou Entrepiso. A composição dos materiais da Parede (Figura 20) é detalhada no item Materiais abaixo.

No Brasil, madeiras do tipo Pinus passaram a ser plantadas em larga escala a partir de 1950, sendo utilizadas para as indústrias de madeira serrada e laminada, chapas, resina, celulose e papel. Este processo substituiu a exploração do Pinheiro Brasileiro e passou a ser uma estratégia de preservação dos ecossistemas florestais nativos (EMBRAPA apud MOURA et al., 2012).

A estrutura de uma parede é formada pela soleira inferior, montantes e dupla soleira superior (travessas). O Sistema Construtivo Tecverde utiliza peças estruturais de madeira autoclavada, proveniente de florestas plantadas de Pinus sp., principalmente Taeda e Elliotis. A classe estrutural deve ser C25, conforme NBR 7190. O tratamento químico com função de preservação é a base de CCA, conforme NBR 7190 e NBR 16143, com densidade média de 550 kg/m³.

As principais medidas utilizadas são: 38x90 mm, 38x140 mm, 45x90 mm, 45x140 mm e 45x190 mm. O controle de qualidade engloba ensaios periódicos de compressão, ensaios de retenção do tratamento químico, controle do número, posição e tipo de nós e controle de qualidade para análise do número de anéis, empenamento e absorção de água.

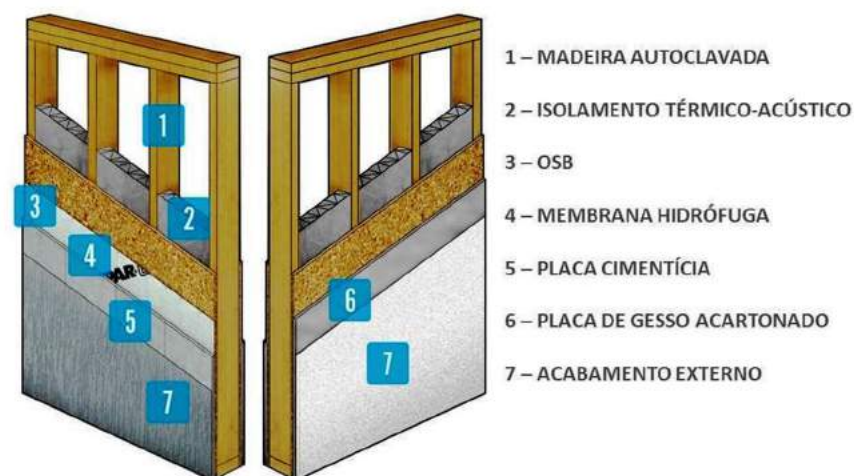
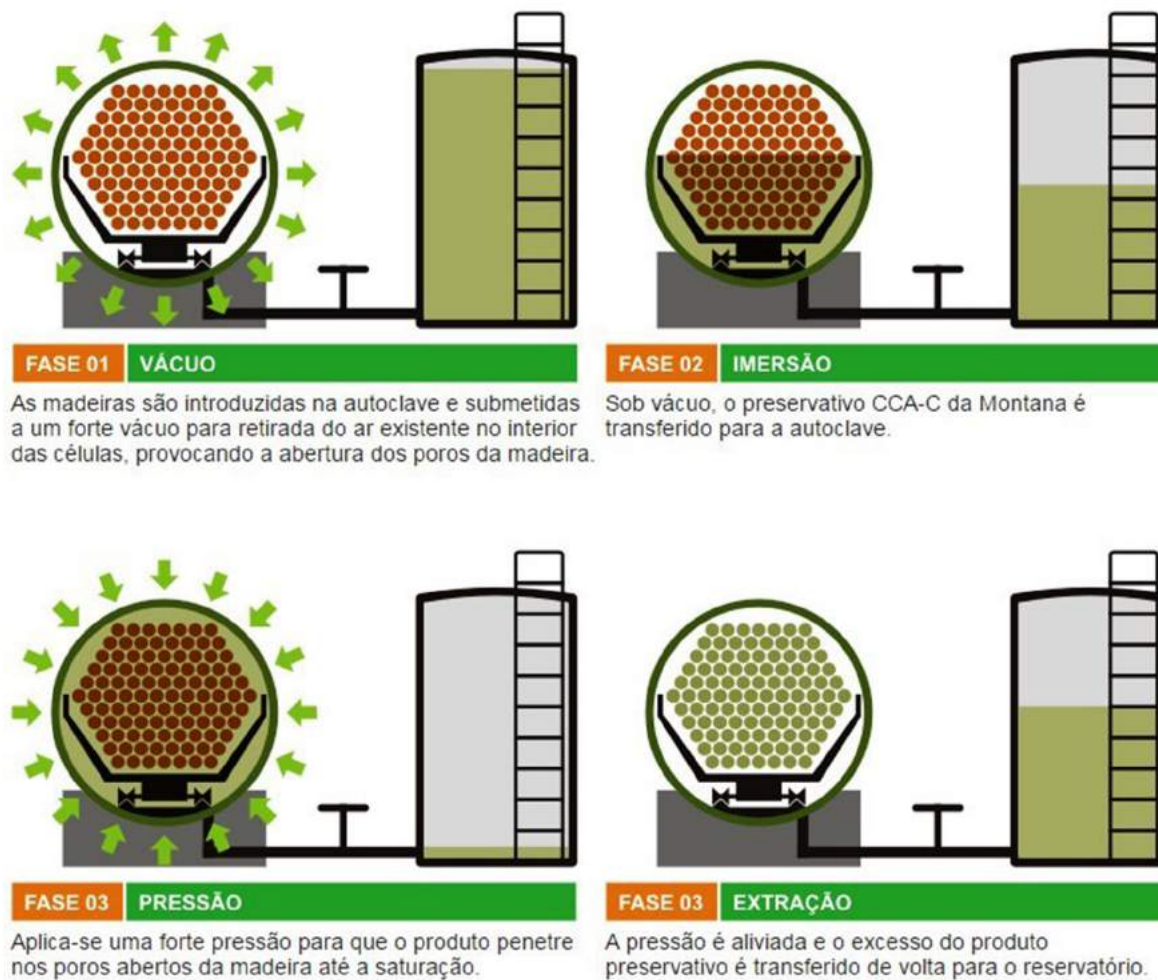


Figura 20 - Painele Estrutural Tecverde do tipo Parede
Fonte: Tecverde Engenharia S/A

A preservação da madeira via tratamento industrial em autoclave, é uma técnica necessária para proteger a mesma contra os agentes deterioradores de origem biológica. O processo para tratar a madeira por vácuo em pressão em autoclave está representado na Figura 21.



FASE 01 VÁCUO

As madeiras são introduzidas na autoclave e submetidas a um forte vácuo para retirada do ar existente no interior das células, provocando a abertura dos poros da madeira.

FASE 02 IMERSÃO

Sob vácuo, o preservativo CCA-C da Montana é transferido para a autoclave.

FASE 03 PRESSÃO

Aplica-se uma forte pressão para que o produto penetre nos poros abertos da madeira até a saturação.

FASE 03 EXTRAÇÃO

A pressão é aliviada e o excesso do produto preservativo é transferido de volta para o reservatório.

Figura 21 – Processo de tratamento de madeira na autoclave

Fonte: <http://www.terrasol.com.br/usinadetramento.htm>



3.4.1.2. OSB

-

O contraventamento é feito por chapas de OSB – Oriented Strand Board – painel estrutural de 9.5 mm de espessura e densidade de 650 kg/m³.

Os painéis do tipo OSB foram desenvolvidos para suprir a resistência mecânica exigida para fins estruturais, característica esta que não é encontrada nem nas chapas de madeira aglomerada e nem nas chapas de MDF. A resistência destes à flexão estática não é tão alta quanto a da madeira sólida, porém se iguala à dos compensados estruturais (ZENID, 2009).

Segundo a LP Brasil (2016), o OSB é produzido a partir de toras de madeira de florestas plantadas, conforme as seguintes etapas:

- As toras são descascadas e cortadas em tiras ao longo de sua fibra;
- Estas tiras são secas, classificadas por granulometria e misturadas com uma composição de resinas de colagem à prova d'água, emulsão parafínica e anti-cupim (Ciflutrina);
- Esta composição segue para as formadoras onde serão produzidas as camadas orientadas, formando o colchão;
- O colchão entra na prensa contínua de alta temperatura e pressão, onde será formado o master panel;
- Na saída os painéis são cortados em seu tamanho comercial.



3.4.1.3. MEMBRANA HIDRÓFUGA

-

A membrana hidrófuga visa evitar que a água da chuva e a umidade penetrem na parede, protegendo a estrutura e aumentando sua durabilidade. É um material desenvolvido para ser utilizado em paredes externas de construções do sistema wood frame, sendo fixada sobre a chapa de OSB com grampos galvanizados do tipo 80F com 6mm de comprimento e espaçados a cada 400mm. As Figuras 22 e 23 demonstram a colocação em fábrica e exemplificam um painel já montado com o material aparente.



Figura 22 - Membrana sendo colocada sobre o painel já chapeado com OSB
Fonte: Tecverde Engenharia S/A



Figura 23 - Painéis montados no canteiro de obras com membrana hidrófuga exposta e parte com chapeamento em cimentícia
Fonte: Tecverde Engenharia S/A



3.4.1.4. ACABAMENTO

-

Como acabamento, geralmente são utilizadas as placas cimentícias no lado externo e chapas de gesso acartonado no lado interno. Sobre essas chapas podem ser aplicados uma grande diversidade de materiais: pintura, grafiato, cerâmicas, porcelanatos, pastilhas, pedras, etc.



3.4.1.5. FUNDAÇÃO

A fundação do Sistema Construtivo Tecverde é executada em sistema radier de concreto (Figura 24), sendo simplificada devido ao baixo peso dos componentes, ou seja, como as construções com o Sistema Construtivo Tecverde são consideravelmente mais leves do que uma estrutura convencional, o que alivia a carga a ser suportada pela fundação. No caso de terrenos planos ou pouco acidentados, e dependendo das características do solo, o radier é a solução de fundação mais viável e rápida para ser executada e possui dupla função, a de fundação e de piso para o pavimento térreo da obra.



Figura 24 - Representação do radier de concreto



Figura 25 - Concretagem do radier
Fonte: Tecverde Engenharia S/A

Usualmente, o radier é assentado sobre uma base de saibro compactado e se caracteriza por uma laje maciça com 12 cm de altura com tela de armadura superior e inferior (Figura 25). Também durante a etapa de fundação são previstas as esperas para as instalações elétricas e hidro sanitárias.



3.5. DEMAIS SOLUÇÕES

-

Para terrenos mais acidentados ou com composição de solo com resistência muito baixa a fundação deve ser definida em função de uma análise de solo e uma planta topográfica fornecida pelo contratante. Conforme as situações encontradas poderão ser utilizadas soluções como estacas, blocos, vigas baldrame, sapatas corridas, etc., desde que a superfície da fundação seja homogênea, lisa e nivelada, de forma a possibilitar a instalação dos painéis de parede da edificação.



3.6. MONTAGEM

Os Painéis Fechados já são enviados com hidráulica e elétrica completa, ou seja, prontos para o acabamento final. Esta inovação gera muitos benefícios além de um menor tempo de obra, podendo ser ressaltado:

- Controle sobre as atividades dentro da fábrica,
- Redução do uso de mão de obra intensiva no canteiro (o que reduz os custos, uma vez que a maioria das HIS é produzida em locais isolados, de difícil acesso),
- Redução na quantidade de insumos enviados para a obra (o que reduz a quantidade de materiais controlados em obra e torna o processo logístico menos complexo),
- Aumento na qualidade do produto final e redução dos riscos em relação ao prazo de obra, pois o processo todo é menos sujeito a intempéries.

A Figura 26 ilustra um painel fechado durante a montagem da edificação.



Figura 26 – Painéis sendo içados no canteiro de obra durante a montagem da edificação
Fonte: Tecverde Engenharia S/A



3.7. ABERTURAS

-

As aberturas para portas e janelas exigem vergas de madeira que vençam os vãos onde há ausência de montantes. Portanto, quanto maior o vão a ser ocupado pela esquadria, maior o acúmulo de montantes laterais à abertura e mais alta a verga. Em geral aberturas de até 3m de vão são solucionadas com facilidade.

3.8. ALTURA

-

Em função da mesa de montagem de painéis da fábrica e da altura máxima de cargas durante o transporte, cada painel de parede pode ter altura máxima de 3,2m. No caso de paredes com pé direito duplo, ou com alturas maiores que 3m, deve haver uma composição de dois painéis. A altura otimizada do painel é de 2,55m, o que gera um pé direito próximo de 2,50m (descontando contrapiso e rebaixo de forro).



3.9. PAINÉIS DE ENTREPISO

-

Assim como as paredes, o entrepiso que divide os pavimentos também é uma composição de painéis que são produzidos na fábrica, transportados ao canteiro de obra e instalados em sua posição conforme projeto de montagem.

Os painéis de entrepiso são compostos basicamente por barrotes de madeira serrada e chapas de OSB. Após concluída a montagem de todos os painéis, são aplicadas as camadas de proteção mecânica e acabamento, como o contrapiso e o piso acabado, entre outras.

No Sistema Construtivo Tecverde os painéis de entrepiso são formados por barrotes de pinus autoclavado, travados com peças de madeira e chapas OSB de 18,3mm de espessura. Quando concluída a montagem da casa, é executado um contrapiso de argamassa para nivelamento e também proporcionar um aspecto de laje. Sobre este contrapiso é assentado o piso final de preferência, seja ele cerâmico, laminado de madeira, etc. Pode ser instalado sob essa camada de argamassa um sistema de aquecimento por piso radiante ou mantas de absorção sonora.

A espessura, ou altura, dos painéis de entrepiso varia em função do vão a ser vencido e da carga que deve ser suportada. Em função das bitolas de madeira encontradas no mercado e das demais camadas que fazem parte da composição do entrepiso, sua espessura total pode variar de 21, 26 e 32cm.

3.10. COBERTURA

A estrutura da cobertura da construção pode ser realizada com painéis, treliças industrializadas de madeira ou da forma convencional, permitindo assim a utilização de qualquer tipo de telha ou telhado (contido, cobertura verde, tipo platibanda ou aparente). A Figura 27 ilustra uma montagem de cobertura industrializada sendo içada sobre a edificação.



Figura 27 – Montagem da Cobertura

Fonte: Tecverde Engenharia S/A

3.11. INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS

As instalações hidrossanitárias são executadas entre os montantes das paredes, entre o forro e os barrotes do entepiso ou na cobertura. O sistema pode ser com tubos de PVC. A Figura 28 ilustra o detalhe do Kit hidráulico que será imbutido no painel durante o processo produtivo e a Figura 29 ilustra a colocação desse Kit na fábrica. Por possuírem maior diâmetro, não é possível embutir tubulações de esgotos nas paredes, sendo necessário o uso de shafts, conforme Figura 30.

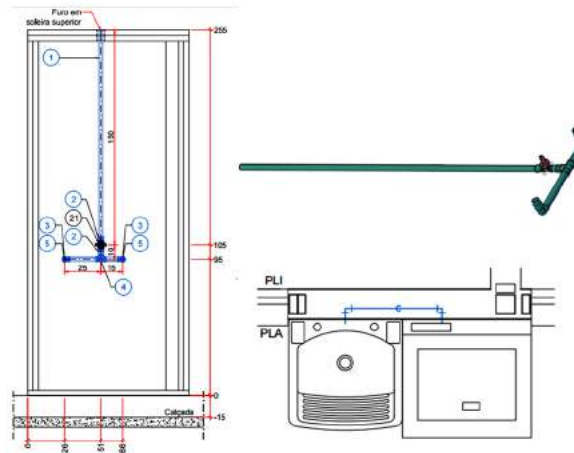


Figura 28 – Detalhe do kit hidráulico



Figura 29 – Kit hidráulico já fixado no painel durante processo fabril

Fonte: Tecverde Engenharia S/A

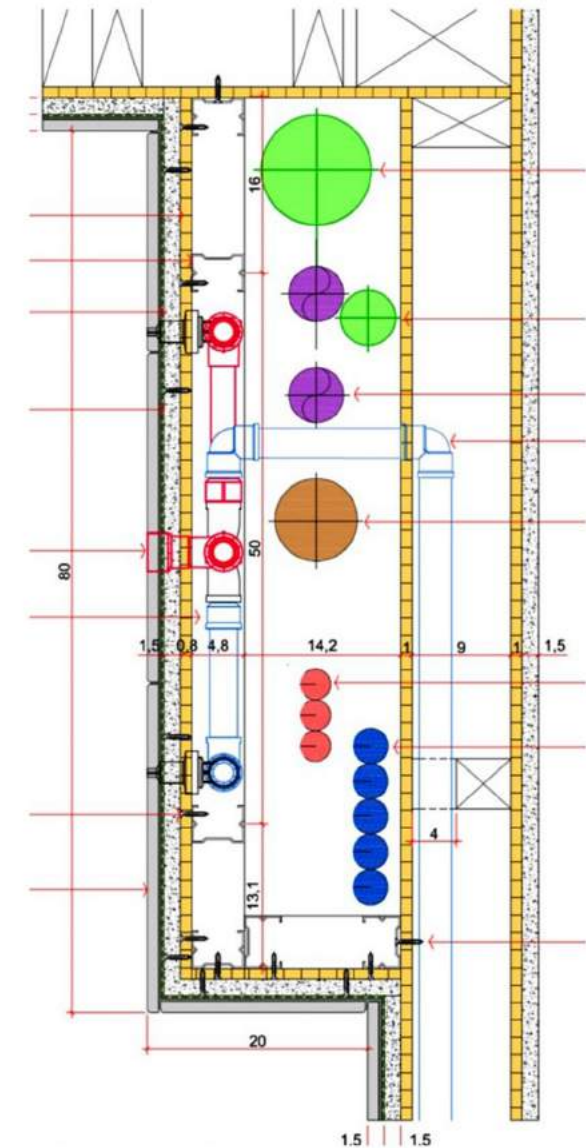


Figura 30 – Shaft destinado a passagem de tubulações de águas pluviais e esgoto

Fonte: Tecverde Engenharia S/A

Assim como em obras convencionais, o uso eficiente de paredes hidráulicas pode gerar economia de material. É importante que os engenheiros da Tecverde sejam informados sobre a posição sugerida dos reservatórios e seus volumes, para que as cargas corretas sejam consideradas. Após a conclusão do projeto hidrossanitário, este deve passar por um processo de compatibilização com o projeto estrutural. A Figura 31 ilustra a parte interna de uma edificação em wood frame, ressaltando a cozinha com os pontos hidráulicos, o uso de cerâmica na parede nas áreas úmidas.



Figura 29 – Área interna da cozinha e sala de uma habitação para o MCMV.
Fonte: Tecverde Engenharia S/A

3.12. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Após a conclusão do projeto elétrico, este é encaminhado para complementar os projetos de produção, de modo a ser indicado onde devem ser realizadas as furações nas soleiras. Assim como numa obra convencional, a fiação corre por dentro de conduítes. Durante a produção dos painéis na fábrica, os conduítes são fixados no interior das paredes (Figura 32) e após esse procedimento as paredes são fechadas completamente com o OSB e em seguida será colocada a placa de revestimento interno (Figura 33).

No canteiro de obras, após a montagem dos painéis, os conduítes são fixados sobre o forro para a passagem dos fios de luz, telefone, TV a cabo, internet, etc. A Figura 34 retrata a organização dos conduítes após a montagem dos painéis, antes da colocação do forro e/ou entrepiso.



Figura 32 – Conduíte e caixa elétrica sendo instalada dentro do painel na fábrica
Fonte: Tecverde Engenharia S/A

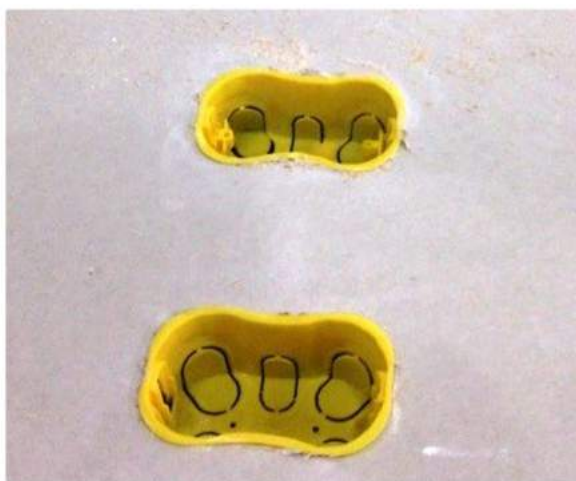


Figura 33 – Caixa elétrica já instalada com revestimento interno (gesso acartonado)
Fonte: Tecverde Engenharia S/A



Figura 34 – Organização dos conduítes após a montagem dos painéis
Fonte: Tecverde Engenharia S/A



4. COMENTÁRIOS

-

Este 'Panorama do Sistema Construtivo Tecverde', tem por objetivo introduzir o leitor no assunto do wood frame no Brasil, com ênfase no sistema aplicado em edificações residenciais térreas e sobrados. Para mais informações técnicas, consultar o DATec nº 020A e a Diretriz SiNAT nº 005.



5. REFERÊNCIAS

- ABIMCI. (2013). **Estudo setorial 2013**. STCP. Curitiba.
- DIAS, G. L. (2005). **Estudo experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (sistema plataforma) submetidas à força horizontal no seu plano**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis.
- DATEC nº 020A. (2015). **Sistema de vedação vertical leve em madeira**. Instituto Falcão Bauer de Qualidade. São Paulo.
- Diretriz SiNAT nº 005. (2011). **Diretriz para Avaliação Técnica de sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo "Light Wood Framing")**. Ministério das Cidades. Brasília.
- Diretriz SiNAT nº 005 – Revisão 1. (2016). **Diretriz para Avaliação Técnica de sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo "Light Wood Framing")**. Ministério das Cidades. Brasília.
- ESPÍNDOLA, L. R. (2010). **Habitação de Interesse Social em Madeira Conforme os princípios de Coordenação Modular e Conectividade**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis.
- HILGENBERG NETO, M. F. (2004). **Estudo de viabilidade técnico/econômica da casa de madeira popular no Estado do Paraná**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Curitiba.
- LP Brasil. (2016). <http://www.lpbrasil.com.br/>
- MDCI. (2015). **Manual da Construção Industrializada – Conceito e Etapas, Volume 1: Estruturas e Vedação**. ABDI. Brasília.
- MOURA, J. D. M. [et al.]. (2012). **Qualidade e processo produtivo da madeira para utilização em mobiliário**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina.
- ZENID, G. Z. (2009). **Madeira: uso sustentável na Construção Civil**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo.

