



PRODUÇÃO DE UM SISTEMA CONSTRUTIVO CONSTITUÍDO POR PAINÉIS ESTRUTURAIS DE MADEIRA PRÉ-FABRICADOS

¹Yuri Endo Kokubun (endokokubun@gmail.com), ¹Claudia Terezinha de Andrade Oliveira (ctao@usp.br), ¹Lucas Sabino Dias (lucassdias@yahoo.com), ²Pedro Afonso de Oliveira Almeida (palmenida@usp.br)

¹Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
Pós-Graduação em Tecnologia da Arquitetura / Departamento de Tecnologia da Arquitetura

²Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo apresentar o Processo de Produção de um sistema construtivo em painéis estruturais de madeira pré-fabricados, baseado no estudo de caso do protótipo Ekó House, uma casa solar de energia zero. A estrutura é composta por quadros de madeira serrada (cumaru) contraventados por chapas de OSB e ligações metálicas. O Processo de Produção é abordado a partir do desenvolvimento do projeto para produção, elaborado em *software* de manufatura digital, passando pela fabricação em equipamentos convencionais e máquinas de comando numérico computadorizado (CNC), chegando à montagem da estrutura. Dois resultados são destacados: (1) a precisão obtida no produto e (2) substituição de atividades convencionais de construção *in loco* por operações de montagem e desmontagem. Eles puderam ser verificados devido a dois fatores: (1) inclusão dos requisitos dos processos produtivos nas etapas de projeto e (2) criação e fabricação de projetos a partir de processos digitais. Os principais desafios foram: adaptação de ferramentas e desenvolvimento de procedimentos específicos. As dificuldades mais expressivas estão relacionadas ao manuseio e montagem dos painéis em razão da necessidade do uso de equipamentos de porte e equipes treinadas. Os processos, procedimentos e ferramentas desenvolvidos, mediante ajustes, são viáveis para uso em escala industrial.

Palavras Chave: pré-fabricação, painéis estruturais de madeira, fabricação digital, projeto para produção.

PRODUCTION OF A WOODEN CONSTRUCTION SYSTEM CONSTITUTED OF PREFABRICATED PANELS

ABSTRACT: This paper aims to present the Production Process of a constructive system in prefabricated wooden panels, based on the case study of the Ekó House prototype, a zero net energy solar home. The structure consists of bearing panels in timber frames (cumaru) braced by OSB boards and metallic connections. The Production Process is approached from development of the design for production, elaborated with digital manufacturing software, through manufacturing with conventional equipment and CNC Machines (Computer Numerical Control Machines), reaching the assembly of the structure. Two results are highlighted: (1) the accuracy achieved in the product and; (2) replacement of on-site conventional construction methods for assembly and disassembly methods. They could be verified due to two factors: (1) inclusion of production process requirements in building design and (2) using digital process for design and manufacturing. The main challenges were the need for adaptation of regular tools and the development of specific procedures. The most significant difficulties were related to handling and assembly of the panels due the need of heavy machinery and trained personnel. The processes, procedures and tools developed, with some adjustments, are feasible for use in industrial scale.

Keywords: prefabrication, structural wooden panels, digital fabrication, design for production

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é apresentar o processo de produção de um sistema construtivo constituído por painéis estruturais de madeira pré-fabricados com ligações metálicas. Os painéis foram projetados para atender uma série de requisitos específicos de produção, uso e operação de uma residência unifamiliar que funciona exclusivamente com energia solar. Entre os requisitos de produção destacam-se aqueles associados ao transporte (por meios rodoviários e marítimos) e também à facilidade de montagem e desmontagem da casa. Entre os requisitos de uso e operação destacam os que relacionam ao isolamento térmico, facilidade de manutenção e viabilidade de integração dos sistemas e subsistemas de geração de energia térmica e elétrica a partir do aproveitamento direto do sol.

Sistemas construtivos de painéis estruturais de madeira pré-fabricados para edificações residenciais tem sido objeto de desenvolvimento, aprimoramento e avaliação por parte instituições de pesquisa e ensino e de empresas da iniciativa privada recentemente no Brasil (SZÜCS *et al*, 2006; PARTEL, 2007; STAMADE, 2013, SHINTECH, 2013).

A mobilização do setor madeireiro (projetistas, construtores, indústria e associações de classe) também tem propiciado avanços quanto à oferta de serviços e produtos destinados a construção pré-fabricada em madeira, notadamente com relação ao uso do sistema construtivo *light wood framing* (LWF). Segundo Brasil (2011) a principal característica dos sistemas leves tipo *light wood frame* é a estruturação dos quadros estruturais por peças de madeira maciça serrada (de origem legal, de florestas plantadas ou nativas) com fechamentos em chapas delgadas. Embora ainda discreto no país o uso dessa tecnologia tem apresentado resultados positivos, reafirmando os ganhos de produtividade típicos dos sistemas pré-fabricados.

As recentes publicações no âmbito do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de produtos inovadores – SINAT para avaliação técnica (Diretriz Sinat nº 5, BRASIL, 2011) e homologação (DATec nº 20, BRASIL, 2013) de sistemas leves tipo LWF viabilizarão a difusão da tecnologia e a obtenção de crédito para financiamento da construção em escala.

O uso adequado dos sistemas de painéis pré-fabricados de madeira resulta edificações seguras, confortáveis, duráveis e, quando associados a diferentes sistemas de vedação, a tecnologia possibilita distintas volumetrias e padrões estéticos que atendem às expectativas e necessidades dos usuários brasileiros.

No sentido *lato* os sistemas construtivos baseados em painéis pré-fabricados estruturados com peças de madeira maciça e fechados com chapas delgadas podem apresentar distintos níveis de industrialização. Pesquisadores e profissionais atuantes na área (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010; GRUPO [...], 2009) concordam que no Brasil esses sistemas assemelham-se aos utilizados nos Estados Unidos (processo semi-industrializado com produção parcial da estrutura em canteiro de obras) e diferem daqueles produzidos, por exemplo, na Alemanha e no Chile (produção completa dos painéis em ambiente industrial).

O estudo comparativo realizado por Mitchell e Hurst (2009) indicou que a produção de casas pré-fabricadas de madeira na Alemanha - cujos elementos construtivos são produzidos integralmente sob um teto de fábrica - alcança resultados de melhor qualidade se comparada à produção de casas modulares nos Estados Unidos que, embora com projetos racionalizadas, tem a construção dependente de inúmeras atividades desenvolvidas em canteiro de obras. As vantagens da produção integralmente industrial são diretamente ligadas ao trabalho realizado em um ambiente mais confortável abrigado do intemperismo, à possibilidade de contratação de operários mais capacitados além da utilização dos materiais de forma mais eficiente com o uso de ferramentas computacionais e equipamentos específicos (que não são possíveis em um canteiro de obras).

Neste contexto, e de acordo com o objetivo proposto, este artigo aborda o processo produtivo dos painéis estruturais de madeira fabricados com o uso de ferramentas computacionais e para os quais foram projetadas soluções facilitadoras de montagem e desmontagem, soluções para incorporação de isolantes térmicos, esquadrias, revestimentos e instalações prediais.