

Disponibilidad de las técnicas constructivas de habitación en madera, en Brasil

Availability of timber housing construction techniques in Brazil

Disponibilidade das técnicas construtivas de moradia em madeira no Brasil

Victor A. De Araujo

Grupo de Investigación LIGNO, Itapeva (Brasil)

Carlos M. Gutiérrez-Aguilar

Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), Medellín (Colombia)

Juliana Cortez-Barbosa

Maristela Gava

Universidad Estadual Paulista (UNESP), Itapeva (Brasil)

José N. Garcia

Universidad de São Paulo (USP), Piracicaba (Brasil)

Victor A. De Araujo

Ingeniero industrial maderero, Universidad Estadual Paulista, Itapeva (Brasil).

Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de São Paulo, Piracicaba (Brasil).

http://www.researchgate.net/profile/Victor_De_Araujo

<http://orcid.org/0000-0002-2747-4738>

engim.victor@yahoo.de

Carlos M. Gutiérrez-Aguilar

Diseñador industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá (Colombia).

Maestro en Dirección de Proyectos, Universidad de Viña del Mar, Viña del Mar (Chile).

Doctorando en Ingeniería Industrial, Universidad Federal de Bahia, Salvador (Brasil).

<http://orcid.org/0000-0002-6975-4789>

carlosgutierrez@itm.edu.co

Juliana Cortez-Barbosa

Arquitecta y urbanista, Pontificia Universidad Católica, Campinas (Brasil).

Maestra en Arquitectura y Urbanismo, Universidad de São Paulo, São Carlos (Brasil).

Doctora en Ciencias Ambientales, Universidad de São Paulo, São Carlos (Brasil).

<http://orcid.org/0000-0003-0006-7945>

juccortez@itapeva.unesp.br

Maristela Gava

Arquitecta y urbanista, Universidad Federal de Espírito Santo, Vitória (Brasil).

Maestra en Arquitectura y Urbanismo, Universidad de São Paulo, São Carlos (Brasil).

Doctora en Ciencias Forestales, Universidad de São Paulo, Piracicaba (Brasil).

<http://orcid.org/0000-0003-0054-5927>

mgava@itapeva.unesp.br

José N. Garcia

Ingeniero forestal, Universidad de São Paulo, Piracicaba (Brasil)

Ingeniero civil, Escuela de Ingeniería de Piracicaba, Piracicaba (Brasil).

Maestro en Ingeniería de Estructuras, Universidad de São Paulo, São Carlos (Brasil).

Doctor en Ingeniería de Estructuras, Universidad de São Paulo, São Paulo (Brasil).

Posdoctorado en Ingenierías, Universidad Henry Poincaré, Nancy (Francia).

<http://orcid.org/0000-0002-8289-9042>

jngarcia@usp.br

De Araujo, V. A., Gutiérrez-Aguilar, C. M., Cortez-Barbosa, J., Gava, M., & Garcia, J. N. (2019). Disponibilidad de las técnicas constructivas de habitación en madera, en Brasil. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 21(1), 68-75. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.1.2014>



<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.1.2014>

Resumen

Se analiza la representatividad de las viviendas hechas en madera, en Brasil, indicando el porcentaje de cada técnica constructiva según la oferta de las empresas evaluadas. Los porcentajes que evidencian la frecuencia de utilización de las técnicas de construcción en madera fueron medidos por medio de dos metodologías aplicadas en las empresas: encuesta por entrevistas personales a sus propietarios y búsqueda de datos en sus sitios web. El método de encuestas por entrevistas evaluó 107 empresas brasileñas, y el de búsqueda en los sitios web alcanzó 207 empresas; se consiguió 50,95 y 98,57%, respectivamente, de la población estimada. A pesar de esta diferencia, ambos métodos demostraron un escenario similar. Las entrevistas presentaron mayores costos de aplicación. Las técnicas contemporáneas están disponibles en más del 90% de los productores brasileños. Las casas de tablas horizontales clavadas y las casas de tablas horizontales entre pilares fueron las que tuvieron mayores ofertas.

Palabras clave: arquitectura brasileña en madera; estructuras de madera; material vegetal; materiales de construcción; sistemas constructivos; vivienda en madera.

Abstract

This paper analyzes the representativeness of timber housing in Brazil, identifying the percentage of construction techniques offered by each evaluated company. Percentages that evidence the frequency of use of wooden building techniques were measured using two methods applied in the companies: survey through face-to-face interviews with owners and data search on their websites. The survey through interviews evaluated 107 Brazilian companies, while the data search included 207 companies, obtaining 50.95% and 98.57% of the estimated population, respectively. In spite of this difference, both methods showed a similar scenario. Interviews evidenced higher application costs. Contemporary techniques are available in more than 90% of Brazilian constructors. Houses with nailed horizontal boards and houses with horizontal wooden boards between columns were offered the most.

Keywords: Timber architecture in Brazil; wood structures; plant materials; construction materials; construction systems; timber housing.

Resumo

Neste artigo, é analisada a representatividade das moradias feitas em madeira no Brasil por meio da indicação da porcentagem de cada técnica construtiva segundo a oferta das empresas avaliadas. As porcentagens que evidenciam a frequência de utilização das técnicas de construção em madeira foram medidas mediante duas metodologias aplicadas nas empresas: entrevistas pessoais a seus proprietários e busca de dados em sites. O método de entrevistas pessoais avaliou 107 empresas brasileiras, e a busca nos sites atingiu 207 empresas; foram alcançados 50,95 e 98,57%, respectivamente, da população estimada. Apesar dessa diferença, ambos os métodos demonstraram um cenário semelhante. As entrevistas apresentaram maiores custos de aplicação. As técnicas contemporâneas estão disponíveis em mais de 90% dos produtores brasileiros. As casas de tábuas horizontais pregadas e as casas de tábuas horizontais entre pilares foram as que mais tiveram ofertas.

Palavras-chave: arquitetura brasileira em madeira; estruturas de madeira; material vegetal; materiais de construção; sistemas construtivos; moradia em madeira.

Recibido: marzo 15 / 2018

Evaluado: agosto 22 / 2018

Aceptado: septiembre 30 / 2018

Introducción

Este artículo se deriva de la amplia investigación “Viviendas de madera y el potencial de producción en Brasil”, la cual está adscrita a la línea de investigación en “Construcciones en materiales lignocelulósicos” del Grupo de Investigación LIGNO. Este diagnóstico sectorial es liderado por el primer autor con soporte directo de los autores de este artículo y de otros actores profesionales y académicos, bajo la orientación principal del último autor. Toda la investigación fue realizada y financiada con recursos propios del primer autor entre 2013 y 2017, exclusivamente por aportes procedentes de su beca de Doctorado-Directo en Ciencias de los Recursos Forestales, en el área de Tecnología de Productos Forestales, para su respectivo Programa de Posgrado de la Escuela de Agricultura “Luiz de Queiroz” de la Universidad de São Paulo.

El enfoque de la investigación base de este y de otros artículos (De Araujo *et al.*, 2018) se centró en la realización de un diagnóstico para identificar y caracterizar los principales aspectos y el panorama actual del sector productivo de viviendas en madera en Brasil, explorando las potencialidades de la madera y de las casas producidas con este material constructivo sostenible y renovable. Para este artículo se estudió la disponibilidad de cada técnica habitacional en madera presente en las empresas evaluadas, comparando dos métodos de recolección de datos: búsqueda en sitios web y entrevistas personales.

Calil Júnior y Dias (1997) contemplaron que la madera hace parte del progreso de la humanidad desde las edades de Piedra, Hierro y Broce, lo que revela su gran importancia para la existencia de la civilización. Neufert y Neff (2013) resaltan que una vivienda en madera maciza es esencialmente la forma de vivir más natural, original y saludable. De acuerdo con Martínez-Osorio, Barana, Rocha-Carneiro y Paschoarelli (2017), el procesamiento de la madera está presente en las diferentes cadenas productivas. Shimbo e Ino (1997) refuerzan que la madera permite el montaje de componentes prefabricados, así como el uso intensivo de mano de obra y baja inversión en bienes de capital. Teniendo en cuenta el orden cronológico propuesto por Mello (2007), los sistemas de habitación en madera son identificados como tradicionales (clásicos) o contemporáneos (modernos), los cuales fueron claramente discutidos e ilustrados por esquemas y figuras en Benoit y Paradis (2008), Ching (2010), Morgado, Guedes, Ferreira y Cruz (2012), Neufert y Neff (2013) y De Araujo *et al.* (2016b).

Métodos constructivos tradicionales en madera, en Brasil

Los inmigrantes europeos aprovecharon la disponibilidad de recursos materiales locales en Brasil para obtener rapidez y facilidad constructiva, y crearon un lenguaje propio capaz de expresar una

cultura arquitectónica local y una amplia variedad de diseños (Zani, 2013); la producción forestal permitió a la madera posicionarse entre las materias primas más populares, lo que estimuló su uso en la construcción en el siglo XIX. Lessa y Silva (2003) afirman que una producción de casas de madera maciza adaptadas a las condiciones locales puede resolver las necesidades de vivienda, a pesar de las limitaciones del material.

Debido a esta inserción cultural promovida por los primeros inmigrantes, Brasil absorbió buena parte de sus técnicas de construcción en madera. De Araujo *et al.* (2016a) apuntan que, aun con una industrialización lenta en la mitad del siglo XX, varias madereras se enfocaron en la producción de casas prefabricadas.

Un fuerte indicio de esta situación remite al hecho de que, hasta la mitad del siglo XX, la arquitectura en madera fue muy marcada y predominante en los paisajes del estado de Paraná (Zani, 2013). La construcción de casas de madera surge como la alternativa más viable para sustituir la albañilería, debido a los buenos atributos de racionalización de la materia prima, producción libre de uso de agua, limpieza de la obra y producción rápida y eficiente (De Araujo *et al.*, 2016d). En su esencia, una casa de madera tradicional se hace artesanalmente con máquinas y herramientas simples, no obstante, también puede ser obtenida de procesos industriales que permiten el montaje en la obra.

Las técnicas constructivas tradicionales a base de maderas hechas en Brasil son: casas de troncos, casas de estructura mixta en madera y albañilería, y casas de tablas y tapajuntas.

La casa de troncos es denominada en inglés *log-home*, y consiste en un sistema constructivo basado en el apilamiento de piezas de madera (rústica, rolliza o aserrada), que actúa de modo portante, o sea, la estructura y el cerramiento actúan en un mismo elemento estructural. A pesar de la posibilidad de orientación vertical, Kretschmann (2010) indica que el modelo horizontal de las piezas se traduce en mejores condiciones térmicas y estructurales. Neufert y Neff (2013) indican que los troncos o las tablas sobrepuestas son estructuralmente interconectas por uniones de encaje o ranuras, populares en el hemisferio norte.

También designado por el término francés *colombage* o el alemán *fachwerk*, la casa de estructura mixta en madera y albañilería es muy popular en Francia y Alemania. Consiste en la principal técnica constructiva de carácter mixto, por emplear la madera como estructura sólida en conjunto con la albañilería (ladrillos de barro, adobes, piedras, bloques de cemento, etc.) como cerramiento de las paredes. Weimer (2005) enfatiza que un importante aspecto de este proceso constructivo es la ausencia de clavos o tornillos en su estructura. Tosolini (2008) apunta que esta técnica es muy utilizada en construcciones rurales.

Kniffen y Glassie (1966) señalan que este proceso es hecho con bloques verticales, normalmente apoyados entre sí, con los espacios del cuadro de madera rellenos con varios materiales. Benoit y Paradis (2008) subrayan que los pilares estructurales son continuos de piso a techo.

La casa de tabla y tapajuntas está formada por un cerramiento vertical de tablas de madera paralelas ligeramente espaciadas, cuyos espacios son cerrados por reglas denominadas tapajuntas. Imaguire Junior e Imaguire (2011) avalúan que esta estructura es caracterizada por la textura externa vertical, fabricada con la madera de *Pinus spp.* De Araujo *et al.* (2016b) indican que estas casas son de origen eslavo y son populares en las regiones sur y sureste de Brasil. Szücs y Batista (2007) señalan que estas construcciones poseían una complejidad tipológica ecléctica y no presentaban barreras sociales, es decir, eran accesibles a ricos y pobres.

Métodos constructivos contemporáneos en madera, en Brasil

Con el avance tecnológico se desarrollaron varias herramientas eléctricas para facilitar el trabajo con la madera (De Araujo *et al.*, 2015, 2016c, d). Según Novas-Cabrera (2010), la industrialización de la construcción presentó un profundo avance como resultado de la Primera Guerra Mundial, por cuenta de la escasez de mano de obra y materiales, lo que aumentó los costos, por lo que se desarrolló la prefabricación para reducir el costo elevado del trabajo.

El estilo moderno en madera incluye los modelos constructivos más recientes de la era industrial, en virtud del uso de componentes producidos desde la prefabricación de la madera maciza hasta la producción de vigas y paneles de madera de alta resistencia estructural. A pesar de esa innovación, los ejemplos modernos pueden incluir producciones más artesanales.

Las técnicas constructivas contemporáneas en madera hechas en Brasil son: casas de tablas horizontales entre pilares, casas de doble pared con tablas clavadas, entramado pesado, casas de palillero con albañilería, *woodframes*, modular (CLT y zona de obras) y casa móvil.

Las casas de tablas horizontales entre pilares se refieren al sistema constructivo con paredes portantes de planchas encajadas entre sí con rebajas y trabadas en cada extremidad por montantes de madera con rasgos de canal (De Araujo *et al.*, 2016b). César (2002) define que estas son utilizadas como casas de veraneo (playa y campo) y chalets. Producidas en kits prefabricados, Casema (1998) apunta que poseen elementos encajables en madera verde, cuyas paredes sufren acomodaciones durante el montaje y la ocupación inicial.

Las casas de doble pared con tablas clavadas son popularmente empleadas en chalets y casas

de paseo. A pesar de su rusticidad, estos ejemplos poseen cierto grado de prefabricación. Esta técnica posee paredes formadas por una estructura liviana de madera aserrada revestida por dos caras de tablas clavadas, interna y externamente. Esta técnica es definida conforme a la orientación externa de las tablas, es decir, vertical o horizontal. De Araujo *et al.* (2016b) señalan que las tablas externas son orientadas horizontalmente, en cuanto que el cerramiento interno posee disposición vertical, lo que genera un acabado diferente.

El entramado pesado es una técnica compuesta por una robusta y rígida estructura (pórtico) en madera cerrada con una solución no estructural de vidrio o de madera. Ching (2010) apunta que este sistema de construcción utiliza una trama de elementos verticales (pilares) y horizontales (vigas) para transferir las cargas de cobertura y piso. Wacker (2010) indica que un pilar-viga tradicional está hecho por grandes bloques de madera conectados entre sí por uniones fabricadas manualmente como "ranura y espiga", que exigen un trabajo de carpintería sofisticado. De acuerdo con Presnitz (2009), el pilar-viga es un sistema simple y elegante, pues se compone de grandes postes y vigas de madera que se encajan en conjunto. Charles y Charles (1984) señalan que la estructura autoportante se refiere a la tecnología constructiva cuyas paredes exteriores son capaces de soportar el peso de la cobertura, además de contener elementos secundarios, esto es, puertas, ventanas, paneles y revestimientos.

Paralelamente, el mercado brasileiro presentó una variación nacionalizada del pilar-viga denominada "palillero". Esta versión se basa en la rusticidad estética, quiere decir, sin ningún ornamento o ranuras decorativas. Por otro lado, el palillero utiliza uniones entre elementos estructurales por conexiones metálicas, tanto clavos como tornillos. Tal variación prioriza el empleo de maderas de bosques cultivados, en general especies no nativas, como el eucalipto o el pino. A pesar de la posibilidad, el uso de maderas nativas para esta técnica no es algo común.

El *woodframe*, también denominado entramado ligero de madera, consiste en un sistema constructivo provisto de un cuadro estructural de madera con piezas de secciones cortas, cuyo cerramiento interno y externo es realizado por paneles de madera estructurales unidos por clavos galvanizados. Un *woodframe* puede ser clasificado como globo, plataforma, mixto o también por su versión moderna e industrializada, denominada modular. Ching (2010) subraya que el *woodframe* globo utiliza montantes que se elevan a la altura total de la estructura, de la viga del umbral hasta la viga de la cobertura, con barrotes clavados en los montantes junto a los travesaños fijados para su sustentación. Wagner (2009) resalta que el *woodframe* plataforma es eficiente para casas multipavimento, pues se basa en plataformas montadas de manera independiente para cada piso, al contrario del variante globo,

cuya estructura es hecha una única vez, debido a los componentes estructurales más robustos. Según Ching (2010), la plataforma de cada piso se apoya en las traviesas superiores del piso inferior. O'Brien (2010) adiciona que un *woodframe* mixto integra detalles de los estilos globo y plataforma, por ejemplo, el montaje integral del marco utilizando las piezas cortas. El *woodframe* mixto puede presentar áreas mojadas en albañilería de ladrillos. Un *woodframe* modular consiste en la variación moderna del modelo plataforma con elevados niveles de prefabricación. Sus paneles de pared son industrialmente producidos bi o tridimensionalmente, de modo semiacabado o acabado, dejando solamente la instalación en la zona de obras. Thallon (2008) apunta que los módulos son compactos.

Una casa modular en CLT se refiere a la vivienda producida modularmente mediante el empleo de paneles de madera contralaminada (cross laminated timber - CLT), los cuales componen integralmente cada sección bidimensional de cada pared, las cuales poseen carácter estructural. Crespell y Gaston (2011) indicaron que una construcción en CLT compite favorablemente con edificios de acero y concreto, complementando el uso de los entramados ligeros y pesados en madera. Mills (2010) cita que el CLT puede ser levantado rápidamente, reduciendo el tiempo de montaje y la mano de obra en el sitio de la construcción. Suárez-Riestra, Estévez-Cimadevila y Otero-Chans (2017) señalan que los sistemas modulares en CLT todavía permiten conexiones entre los paneles con vigas estructurales, como la madera laminada.

Las casas modulares para zonas de obras se fabrican con una técnica más simplificada en madera, cuya composición de pared envuelve un marco estructural compacto y liviano revestido por paneles de madera estructurales (compensado o tablero de virutas orientadas). La estandarización en módulos permite la producción seriada a gran escala y bajo costo.

Las casas móviles o unidades modulares móviles son casas transportables fabricadas en módulos (De Araujo *et al.*, 2016b), las cuales se derivan de los remolques, específicamente de aquellos de grandes dimensiones con la finalidad de vivienda permanente para cualquier terreno o ambiente (Gutiérrez, 2008). Esta es una concepción de viviendas producidas bajo un rígido y robusto chasis de madera, cuya finalidad es servir de base y sustento, el cual presenta paredes aseguradas alrededor. Cada pared es unida entre sí y al chasis por tornillos reforzados para impedir el desencaje aun en situaciones de movimiento.

Ante las indicaciones propuestas en la literatura, este estudio tuvo como objetivo analizar la representatividad y la disponibilidad local de las técnicas habitacionales de madera en su respectivo sector productivo en Brasil, señalando el

porcentaje de cada sistema constructivo, según el monto de empresas evaluadas con la intención de verificar las técnicas con mayor oferta en el país.

Metodología

Este estudio abarca un diagnóstico sectorial basado en dos tecnologías, para evaluar la oferta de las técnicas constructivas de viviendas en madera según la cantidad de sus empresas productoras en Brasil: encuestas por entrevistas presenciales realizadas aleatoriamente con sus propietarios, y búsqueda en sus sitios web. Se obtuvieron dos escenarios de muestreo poblacional de los productores de casas de madera, los cuales fueron analizados durante el año de 2015. Por medio de estas búsquedas en sitios web fue posible recoger datos referentes a las técnicas disponibles, que sirvieron como comparativo para los resultados de las entrevistas.

En las dos metodologías –búsqueda en sitios web y entrevistas personales–, se analizó la siguiente cuestión: ¿cuáles técnicas de vivienda en madera son ofrecidas comercialmente en cada empresa evaluada? Por la búsqueda en sitios web de las empresas estudiadas, los resultados fueron compilados conforme a la disponibilidad de esta información en tales plataformas. A su vez, las entrevistas personales siguieron el estándar de De Araujo *et al.* (2018), por la aplicación de un formulario semiestructurado con esta pregunta destinada a los empresarios.

Con base en la clasificación de casas de madera de De Araujo *et al.* (2016b), quince opciones de técnicas fueron indicadas a los empresarios: palillero con albañilería, entramado pesado por pilar-viga, casa móvil, casa de tabla y tapajuntas, casa modular para zona de obras, casa modular en CLT, *woodframe* modular, casa de estructura mixta en madera y albañilería, casa de tablas verticales clavadas, casa de tablas horizontales clavadas, casa de tablas horizontales entre pilares, *woodframe* mixto, *woodframe* plataforma, *woodframe* globo y casa de troncos.

La mayor parte de estas técnicas de carácter habitacional está disponible en todo el mundo, por ejemplo, las variedades del *woodframe*, las casas de tronco, viviendas modulares en CLT, entramados pesados por pilar-viga, y las casas de tablas horizontales entre pilares. Sin embargo, el palillero con albañilería es una técnica básicamente producida en el Brasil, sin registros de su presencia en otros países. En cuanto a los estratos sociales, la mayor parte de estos ejemplos puede servir desde opciones populares hasta altos estándares, a pesar del enfoque más popular de las viviendas de tabla y tapajuntas, y de las casas modulares para zona de obras, las cuales son ejemplos inferiores en calidad, precio y acabado.

Las respuestas tienen un enfoque cualitativo de selección múltiple con múltiples alternativas.

La amplitud de la pregunta permite la inserción de nuevas técnicas, si fuera necesario. Después de obtenidos los datos, los márgenes de error para los dos métodos fueron dimensionados en *software online* de muestra estadística Raosoft Sample Size Calculator (2004), el cual prescribe un grado de confianza de 95% y una distribución de respuesta de 50%, los cuales fueron respetados en la realización del cálculo.

Resultados y discusión

Estructura actual del sector productivo de habitación en madera, en Brasil

La población total de 210 productores de viviendas en madera situadas en Brasil fue calculada por las búsquedas en los sitios web, debido a la falta de datos sectoriales y de organizaciones o asociaciones para este sector. En relación con la localización y el alcance de la población evaluada para cada método, y las cantidades caracterizadas, la tabla 1 apunta la prospección de 210 empresas estimadas para todo el sector y las muestras de 207 empresas evaluadas por las búsquedas en los sitios web y 107 empresas evaluadas por las entrevistas.

Las búsquedas en los sitios web recogieron datos de 98,57% de toda la población estimada de productores de casas de madera, mientras que las entrevistas personales alcanzaron 50,95%

del mismo total. La dificultad de desplazamiento, debido a la amplia extensión del territorio brasileño, significó altos gastos financieros y de tiempo para el método de entrevistas personales, lo que limitó sensiblemente el muestreo, a pesar de su mayor posibilidad de recolección de datos y detalles junto a las empresas evaluadas personalmente.

La búsqueda en los sitios web permitió identificar que la mayoría empresarial de este sector se encuentra en los estados de las regiones sur y sureste. Por este método también fue verificado que 91,42% de la población total de 210 empresas rastreadas se refería a los productores situados en los tres estados de la región Sur: Santa Catarina, Rio Grande do Sul y Paraná, y dos de la región sureste: São Paulo y Minas Gerais (tabla 1). Así, la concentración de las empresas en esta amplia región contribuyó a optimizar la toma de los datos en las entrevistas *in situ* en un área de prospección menor y más viable.

La Tabla 2 indica la población observada y las muestras para los dos métodos de recolección de datos considerados, presentados en la tabla 1, entrevistas personales y búsquedas en sitios web, así como sus márgenes de error.

En ambas metodologías los márgenes de error fueron relativamente bajos, situándose, de acuerdo con las prescripciones de Pinheiro, Castro, Silva y Nunes (2011), muy por debajo del nivel aceptable de 10%, cerca del nivel ideal de 5% en las entrevistas personales, y muy por debajo de ese punto en las búsquedas en sitios web.

Estado brasileño	Cantidad de productores		
	Estimación total	Muestreo búsqueda	Muestreo entrevistas
Amazonas	1	1	–
Ceará	1	1	–
Distrito Federal	2	2	1
Espírito Santo	4	4	–
Minas Gerais	13	12	6
Paraná	29	29	17
Rio de Janeiro	8	7	–
Rio Grande do Sul	49	48	19
Rondônia	2	2	–
Santa Catarina	64	64	32
São Paulo	37	37	32
Otros estados	–	–	–
Total	210	207	107

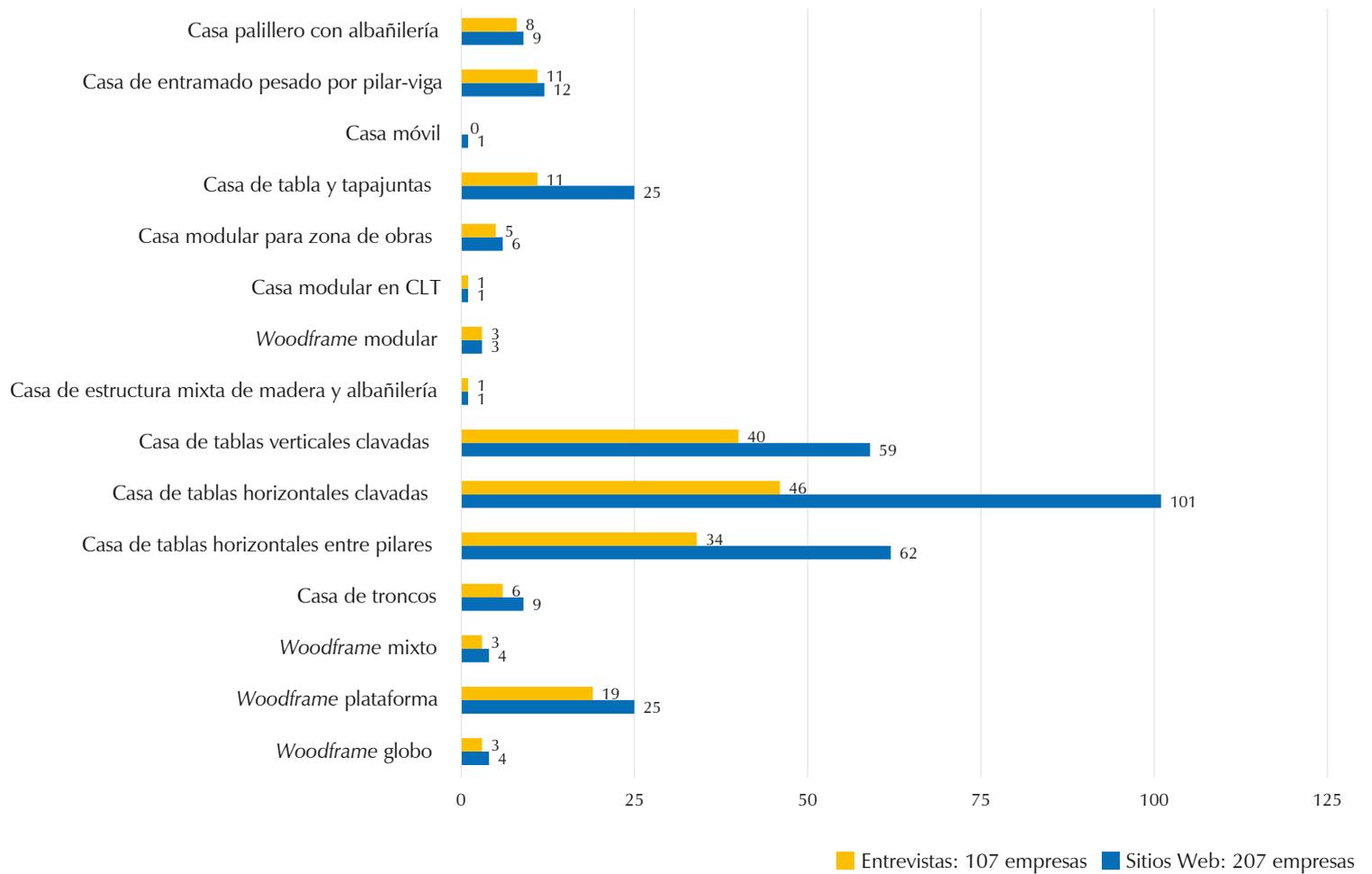
► Tabla 1. Cantidad de los productores de viviendas de madera en Brasil

Fuente: elaboración propia, 2018.

Resultados	Valores (unidades)	Margen de error (%)
Tamaño estimado de la población	210	–
Cantidad muestral de las entrevistas personales	107	6,65
Cantidad muestral de las búsquedas en sitios web	207	0,82

► Tabla 2. Población, muestras y márgenes de error de la investigación

Fuente: elaboración propia, 2017.



Disponibilidad de las técnicas constructivas habitacionales en madera, en Brasil

En ambas metodologías, los datos de la Figura 1 indicaron que un mismo productor de viviendas en madera puede producir una o más técnicas diferentes, independientemente de su concepto arquitectónico o su origen cronológico. Esta opción de disponibilidad de una o más técnicas, por parte de los productores, fue solamente una decisión empresarial o un deseo por una mayor línea de productos.

Los 107 productores de la muestra analizada en la metodología de entrevistas personales también fueron evaluados por el método de búsqueda en sitios web, a fin de verificar que todas las respuestas obtenidas fueran idénticas en lo relacionado con las preguntas sobre las técnicas constructivas en madera disponibles por las mismas. Esta condición de similitud de respuestas aseguró la credibilidad de las respuestas de los entrevistados.

La casa de tablas horizontales clavadas fue la técnica constructiva con mayor oferta de disponibilidad tipológica en las dos poblaciones observadas, la cual alcanzó un 48,79% (101 empresas productoras) en la búsqueda en sitios web, y 42,99% (46 empresas) en las entrevistas personales. En la metodología de búsqueda en los sitios web, el margen de error puede aumentar o reducir este valor en 0,41%, en tanto que en las entrevistas personales el valor obtenido puede oscilar en $\pm 3,325\%$ (Figura 1).

La segunda técnica con mayor oferta en los sitios web de las empresas brasileras fue la de las casas de tablas horizontales entre pilares, alcanzando 29,95% de toda la población analizada. En este método, la tercera técnica con mayor popularidad fue la de casas de tablas verticales clavadas, con un porcentaje de 28,50% ($\pm 0,41\%$). Sin embargo, este orden fue invertido para las entrevistas personales, ya que 37,38% de los productores ofrecen casas de tablas verticales clavadas y 31,78% ofrecen casas de tablas horizontales entre pilares. El margen de error de $\pm 3,325\%$ para las entrevistas personales puede invertir tal posición, debido a la proximidad porcentual (Figura 1).

Los altos niveles de popularidad en las empresas evaluadas de estos tres ejemplos habitacionales fueron debidos a una mayor simplicidad conceptual de estas técnicas, tanto en términos productivos como en el uso de aserrados fácilmente disponibles en los proveedores de madera locales.

En las entrevistas personales, ninguna empresa productora de la técnica constructiva de casa móvil fue evaluada (Figura 1), en contraste con la verificación de una empresa productora de esa técnica para las búsquedas en sitios web.

También fue posible constatar que muchas de las empresas evaluadas todavía producen edificaciones en madera basadas o inspiradas en estilos europeos, como por ejemplo, la casa de tabla y tapajuntas, cuya popularidad era bastante alta en los siglos XIX y XX, según Imaguire Junior e Imaguire (2011).

Figura 1. Cantidad de productores de casas de madera de acuerdo con la técnica
Fuente: elaboración propia, 2017.

Un comparativo de los resultados obtenidos entre los métodos utilizados permitió verificar que 98,57% de las empresas fueron diagnosticadas en la búsqueda por internet en los sitios web corporativos, mientras que 50,95% fueron evaluadas en las entrevistas *in situ*, revelando un alcance muy satisfactorio en ambos casos (tabla 1).

Comparando con el estudio de Punhagui (2014), a pesar de que el foco era distinto, esta autora subrayó que “cuatro sistemas constructivos prefabricados en madera se hacen presentes en Brasil [...] casas de macho hembra, tapajuntas, troncos y entramado ligero”. Las cuatro variedades de *wood-frame* denotadas en este estudio fueron consideradas como una técnica única por Punhagui (2014): el entramado ligero en madera; eso podría generar distorsiones en el entendimiento de este sector productivo, dado que se presentan diferencias conceptuales y productivas; dichas diferencias fueron dilucidadas en la revisión bibliográfica de este trabajo. Otros cinco sistemas constructivos prefabricados en madera o derivados (entramado pesado, casa de tablas clavadas horizontales, verticales, casa modular para zonas de obras y casa modular en CLT), disponibles en el país (Figura 1) no fueron citados en aquel estudio.

Además, a pesar del concepto mixto con otros materiales, el palillo con albañilería y la casa de estructura mixta en madera y albañilería también permiten la prefabricación plena o parcial de sus componentes estructurales en madera; estos tampoco fueron considerados por Punhagui. Lo expuesto refuerza la necesidad de la difusión y la utilización de la clasificación de estos sistemas constructivos de madera propuesto por De Araujo *et al.* (2016b), así como la realización de más investigaciones como la elaborada en este estudio, buscando detallar todo el sector productivo de casas de madera, no solo bajo la óptica de la prefabricación industrial, sino también de las empresas artesanales y semiindustriales.

Por medio de las clasificaciones de las técnicas constructivas habitacionales de Mello (2007) y de De Araujo *et al.* (2016b), fue posible ordenar las técnicas disponibles en las empresas de la muestra (Figura 1) en tradicionales y en contemporáneas, conforme a la literatura aquí expuesta, así como cuantificar la presencia porcentual de esas dos posibilidades cronológicas en los productores brasileños de casas de madera (Figura 2).

Los dos métodos evaluados (entrevistas personales y búsquedas en sitios web) identificaron, de manera similar, que las técnicas contemporáneas, es decir, las tecnologías modernas, están disponibles en la mayoría de las empresas existentes en Brasil (Figura 2). A partir de una pequeña diferencia entre los valores obtenidos, estos dos métodos detectaron que casi todos los productores ofrecen técnicas contemporáneas, aunque una parte menor, pero considerable, de esas empresas todavía produce técnicas tradicionales basadas en conceptos más antiguos. Este resultado tiene fuerte relación con la búsqueda por productos más modernos por parte del público, y con la producción de técnicas constructivas basadas en materias primas de mayor disponibilidad en todo el Brasil.

Para ambas metodologías, cerca del 8% de las empresas ofrecen simultáneamente las técnicas constructivas tradicionales y las contemporáneas.

Conclusiones

Las características sectoriales obtenidas han expuesto una muestra muy diversificada y consistente para las dos metodologías, a pesar de sus distintas características para la recolección de datos. Pese al mayor público evaluado por el método de búsqueda en sitios web, los dos métodos utilizados en la recolección de datos presentaron resultados similares. Por medio de esta comparación de los dos métodos se pudo identificar que ambas soluciones son viables y posibles para la recolección de datos a fin de caracterizar cualquier sector productivo. Para este estudio, la búsqueda en sitios web presenta mayor restricción en la cantidad disponible de información, pero fue más viable por cuenta de los mayores costos de desplazamiento que implica la metodología de entrevistas personales, la cual permite una mayor recolección de datos junto al entrevistado.

El orden de disponibilidad fue similar en los dos métodos para casi todas las técnicas constructivas. Las cuatro técnicas en madera con mayores índices de disponibilidad para comercialización en las empresas fueron, en su orden, las casas de tablas horizontales clavadas, las casas de tablas horizontales entre pilares, las de tablas verticales clavadas, y los *woodframes* tipo plataforma.

Esta caracterización permitió, además, considerar que el sector brasileño de casas de madera

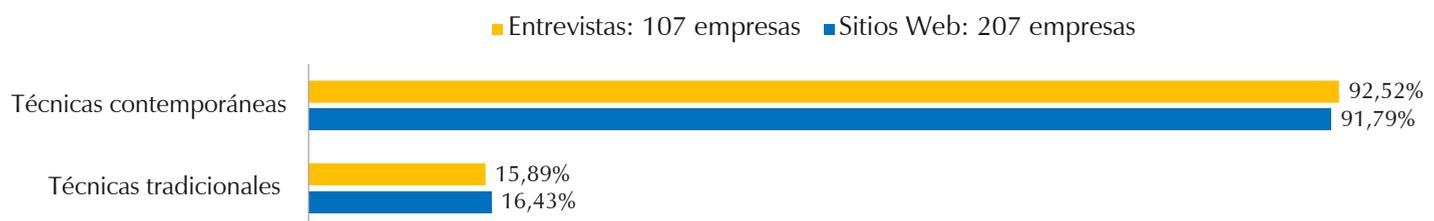


Figura 2. Porcentaje de productores de casas de madera conforme a la cronología

Fuente: elaboración propia, 2017.

se está enfocando en la oferta de tipologías arquitectónicas contemporáneas, lo que refuerza una disponibilidad de soluciones constructivas más eficientes y actualizadas, las cuales emplean materias primas de mayor valor agregado, tales como la madera maciza aserrada estandarizada y los derivados compuestos de madera.

Finalmente, se verificó que el sector estudiado cuenta con pocas empresas consolidadas en funcionamiento, en virtud de no mostrar una representación más notable y presente en todos los estados brasileños, tal como ocurre con las casas de albañilería que actualmente muestran mayor visibilidad de mercado en Brasil.

Referencias

- Benoit, Y. y Paradis, T. (2008). *Construction de maisons à ossature bois*. Saint-Germain: Eyrolles.
- Calil Júnior, C. y Dias, A. A. (1997). Utilização da madeira em construções rurais. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 1 (1), 71-77. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v1n1p71-77>
- Casema (1998). *Manual de Montagem*. Bom Jesus dos Perdões: Casema.
- César, S. F. (2002). Chapas de madeira para vedação vertical de edificações produzidas industrialmente: projeto conceitual (tesis doctoral inédita). Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. Recuperado de: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83182>
- Charles, F. W. B. y Charles M. (1984). *Conservation of timber buildings*. London: Hutchinson & Co.
- Ching, F. (2010). *Técnicas de construção ilustradas*. Porto Alegre: Brookman.
- Crespell, P. y Gaston, C. (2011). *The value proposition for cross-laminated timber*. Québec: FPInnovations.
- De Araujo, V. A., Cortez-Barbosa, J., Garcia, J. N., Gava, M., Laroca, C. y César, S. F. (2016a). Woodframe: light framing houses for developing countries. *Revista de la construcción*, 15(2), 78-87. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2016000200008>
- De Araujo, V. A., Cortez-Barbosa, J., Gava, M., Garcia, J. N., Souza, A. J. D., Savi, A. F., Morales, E. A. M., Molina, J. C., Vasconcelos, J. S., Christoforo, A. L. y Lahr, F. A. R. (2016b). Classification of wooden housing building systems. *BioResources*, 11(3), 7889-7901. doi: <http://dx.doi.org/10.15376/biores.11.3.DeAraujo>
- De Araujo, V. A., Vasconcelos, J. S., Cortez-Barbosa, J., Gava, M., Alves, P. R. G., Vasconcelos, J. C. S., Gonçalves, M. T. T. y Garcia, J. N. (2015). Maquinário na indústria de casas de madeira do Estado do Paraná. V Congresso Florestal Paranaense (Curitiba, 06-09 de Octubre de 2015). Curitiba: APRE, 1-7.
- De Araujo, V. A., Gava, M., Vasconcelos, J. S., Morales, E. A. M., Alves, P. R. G., Cortez-Barbosa, J., Gonçalves, M. T. T. y Garcia, J. N. (2016c). Machinery of wooden housing industry in the Brazilian State of São Paulo. XIV World Conference on Timber Engineering (Viena, 22-25 de agosto de 2016). Viena: WCTE, 1-8.
- De Araujo, V. A., Vasconcelos, J. S., Cortez-Barbosa, J., Morales, E. A. M., Gava, M., Savi, A. F. y Garcia, J. N. (2016d). Wooden residential buildings – a sustainable approach. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov Series II: Forestry - Wood Industry - Agricultural Food Engineering*, 9(2), 53-62. Recuperado de: http://webbut.unitbv.ro/bulletin/Series%20II/BULLETIN%20I/08_%20De%20Araujo.pdf
- De Araujo, V. A., Vasconcelos, J. S., Morales, E. A. M., Savi, A. F., Hindman, D. P., O'Brien, M. J., Negrão, J. H. J. O., Christoforo, A. L., Lahr, F. A. R., Cortez-Barbosa, J., Gava, M. y Garcia, J. N. (2018). Difficulties of wooden housing production sector in Brazil. *Wood Material Science & Engineering*, 1-10. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/17480272.2018.1484513>
- Gutiérrez, R. M. (2008). Casas móveis: experiência na Região Oeste do Paraná (tesis de maestría). Universidade de São Paulo, Brasil. Recuperado de: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-16042010-095254/en.php
- Imaguire Junior, K. y Imaguire, M. R. G. (2011). *A casa de araucária* (vol. 1). Curitiba: Instituto Arquibrasil.
- Kniffen, F. y Glassie, H. (1966). Building in wood in the Eastern United States. *Geographical Review*, 56(1), 40-66. doi: <http://dx.doi.org/10.2307/212734>
- Kretschmann, D. E. (2010). Commercial lumber, round timbers, and ties. En: Forest Products Laboratory. *Wood handbook – wood as an engineering material* (centennial edition, pp. 1-25). Madison, WI: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Recuperado de: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgr/fpl_gtr190.pdf
- Lessa, E. M. M. y Silva, R. D. (2003). Desenvolvimento de sistema construtivo para habitação rural em madeira de reflorestamento. *Akrópolis*, 11(3), 180-183. doi: <https://doi.org/10.25110/akropolis.v11i3.371>
- Martínez-Osorio, P., Barana, M., Rocha-Carneiro, R. y Paschoarelli, L. (2017). Innovación, design y sostenibilidad social: nuevas tendencias para el desarrollo local en la ciudad contemporánea. *Revista de Arquitectura*, 19(2), 68-77. doi: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2017.19.2.1406>
- Mello, R. L. (2007). *Projetar em madeira: uma nova abordagem* (tesis de maestría). Universidade de Brasília, Brasil. Recuperado de: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/3133>
- Mills, F. (2010). *Cross laminated timber frames*. Letchworth: Willmott Dixon.
- Morgado, L., Guedes, M. C., Ferreira, J. G. y Cruz, H. (2012). Classificação de sistemas de construção em madeira para habitação. IV Congresso Nacional da Construção (Coimbra, 19-20 de diciembre de 2012). Coimbra: Universidade de Coimbra, 1-12. Recuperado de: https://www.academia.edu/7287840/CLASSIFICA%C3%87%C3%83O_DE_SISTEMAS_DE_CONSTRU%C3%87%C3%83O_EM_M%C3%A9DICA PARA HABITA%C3%87%C3%83O
- Neufert, P. y Neff, L. (2013). *Casa • apartamento • jardim: projetar com conhecimento • construir corretamente*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Novas-Cabrera, J. A. (2010). Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid, España. Recuperado de: http://oa.upm.es/4514/1/TESIS_MASTER_JOEL_NOVAS_CABRERA.pdf
- O'Brien, M. J. (2010). Hybrids on the way to the western platform frame: two structures in Western Virginia. *Preservation Education & Research*, 3, 37-52. Recuperado de: http://mjobrien.com/Papers/OBrien_article_hybrids_on_the_way_to_the_western_platform_frame.pdf
- Pinheiro, R. M., Castro, G. C., Silva, H. H. y Nunes, J. M. G. (2011). *Pesquisa de Mercado*. Rio de Janeiro: FGV.
- Presnitz, R. (2009). The art of timber framing. *Natural Life Magazine*, 23-25. Recuperado de: <https://www.life.ca/naturallife/0908/The-Art-of-Timber-Framing-NaturalLifeMagazine.pdf>
- Punhagui, K. R. G. (2014). Potencial de reducción de las emisiones de CO₂ y de la energía incorporada en la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madera (tesis doctoral). Universitat Politècnica de Catalunya / Universidade de São Paulo, España / Brasil. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/95469>
- Raosoft(2004). *Raosoft Sample Size Calculator*. Recuperado de: http://www.raosoft.com/sample_size.html
- Shimbo, I. y Ino, A. (1997). A madeira de reflorestamento como alternativa sustentável para produção de habitação social. I Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (Canela, 18-21 de noviembre de 1997). Porto Alegre: ANTAC, 157-162.
- Suárez-Riestra, F., Estévez-Cimadevila, J. y Otero-Chans, D. (2017). Metodología de análisis de forjados autotensados de madera. *Informes de la Construcción*, 69(547), 1-9. doi: <https://dx.doi.org/10.3989/ic.16.076>
- Szücs, C. A. y Batista, F. D. (2007). A arquitetura de madeira na Região de Curitiba: estudo comparativo entre a casa tradicional e contemporânea. II Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (Campo Grande, 12-14 de noviembre de 2007). Porto Alegre: ANTAC, 798-807.
- Thallon, R. (2008). *Graphic guide to frame construction*. Newtown: Taunton Press.
- Tosolini, P. (2008). Other itineraries: Modern architects on countryside roads. *The Journal of Architecture*, 13(4), 427-451. doi: <https://dx.doi.org/10.1080/13602360802328107>
- Wacker, J. P. (2010). Use of wood in buildings and bridges. En: Forest Products Laboratory, *Wood handbook – wood as an engineering material* (centennial edition, pp. 1-13). Madison, WI: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Recuperado de: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgr/fpl_gtr190.pdf
- Wagner, J. D. (2009). *Ultimate guide to house framing: Plan, design, build*. Upper Saddle River: Creative Homeowner.
- Weimer, G. (2005). *Arquitetura popular da imigração alemã*. Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Zani, A. C. (2013). *Arquitetura em madeira*. Londrina: Eduel.