



O ENSINO DO SISTEMA CONSTRUTIVO *WOODFRAME* AUXILIADO POR SOFTWARE BIM

WOODFRAME CONSTRUCTIVE SYSTEM TEACHING AUXILIATED BY BIM SOFTWARE

Schulz, Victor ^{(1)*}; Ponzio, Angelica P. ⁽²⁾;

⁽¹⁾ Mestrando, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil

⁽²⁾ Professora Doutora, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil

* Contato: victorschulz.arq@gmail.com

CÓDIGO: 4611212

Resumo

Este trabalho, parte de uma dissertação de mestrado intitulada Contribuições da Tecnologia BIM para o Ensino de Projeto Arquitetônico de autoria de Victor Schulz, pretende discutir o uso desta tecnologia na prática do ensino do sistema construtivo *woodframe* em uma disciplina de projeto arquitetônico. Até o segundo semestre de 2016 os alunos desenvolviam seus projetos a partir de arquivos digitais independentes: modelo 3D em Sketchup e documentação 2D em CAD. No entanto, percebeu-se que tais práticas resultavam em problemas de compatibilização entre modelo e representações, acarretando em uma maior dificuldade na compreensão da técnica construtiva. Diante de uma certa complexidade característica deste sistema construtivo, se faz necessário a previsão de estratégias didáticas que favoreçam a capacidade de visualização e entendimento do objeto projetado por parte dos acadêmicos. Sendo assim, no primeiro semestre de 2017 começou a ser disponibilizado na disciplina o emprego de *software* BIM (ArchiCAD) associado não somente ao desenvolvimento dos projetos, mas também como meio e processo projetual. Desde então, novas dinâmicas de ensino vêm ocorrendo em sala de aula. Pode-se citar como estratégia central, no intuito de introduzir esta técnica construtiva aos estudantes, um exercício dirigido que envolve a construção virtual de uma unidade em *woodframe* por meio de *software* BIM. O objetivo deste artigo é, portanto, discutir as alterações que o emprego do BIM vem promovendo no ensino de um projeto acadêmico realizado em *woodframe*, destacando os resultados gerados a partir de tais experiências nesta disciplina.

Palavras-chave: Woodframe, Ensino, BIM.

Abstract

This paper, part of an undergoing Master's thesis entitled BIM Technology Contributions for Architectural Design Teaching authored by Victor Schulz, intends to discuss the use of this technology in the practice of teaching of woodframe constructive system in a discipline of architectural design. Until the second semester of 2016, students developed their projects using independent digital files: 3D models in Sketchup and 2D documentation in CAD. However, it was noticed that such practices resulted in problems of compatibilization between model and representations, resulting in greater difficulty in understanding the constructive technique. Considering the certain complexity characteristic of this constructive system, it is necessary to foresee didactic strategies that favor the capacity of visualization and understanding of the designed object on the part of the academics. Thus, in the first semester of 2017, ArchiCAD (BIM) was introduced into the discipline, associated not only with the development of academic projects, but also as a resource and design process. Since then, new teaching dynamics have been taking place in the classrooms. We can cite as a central strategy, as a way to introduce the technique to the students, the development of a directed exercise that involves the virtual construction of an unit in woodframe through BIM software. The purpose of this paper is to discuss the changes that BIM has promoted in the teaching of the woodframe construction technique pointing out the results generated from such experiences in this discipline.

Keywords: Woodframe, Teaching, BIM.



1. INTRODUCCIÓN

Según Stamato (2013), las técnicas de construcción en seco como el woodframe, que ya es popular en lugares como Europa y América del Norte, actualmente están ganando terreno en la industria de la construcción en todo el mundo, tanto por la sostenibilidad ambiental y económica, como por la velocidad de ejecución de la obra. El autor también señala que, en Brasil, aunque estas iniciativas son puntuales, han tenido éxito, como el trabajo realizado por la empresa Tecverde de Curitiba. Después de haber comenzado sus actividades en hogares de lujo, esta compañía ha cambiado gradualmente su enfoque al diseño y producción de viviendas sociales, incluyendo condominios y más recientemente edificios de estructura de madera. En este sentido, Stamato (2013) señala que, en un país como Brasil, a pesar de la gran demanda de viviendas asequibles, el retraso en el uso de la tecnología de la madera en la construcción es una contramedida. Un paso importante hacia este cambio es la reciente iniciativa para desarrollar un estándar específico para la construcción en madera (ABNT NBR 7190).

Paralelamente a esto, se puede mencionar que actualmente muchas empresas en el área de AECO (arquitectura, ingeniería, construcción y operación) han adoptado la tecnología BIM, causando una creciente demanda por profesionales que dominen este concepto (Barison y Santos, 2011). Carvalho y Savignon (2012) señalan que, en todo el mundo, las escuelas de arquitectura han estado implementando gradualmente esta tecnología, así como buscando actualizar sus planes de estudio, asegurando un proceso de enseñanza más coherente con la era digital. Sin embargo, los autores enfatizan que estas experiencias son relativamente nuevas y se basan en pedagogías no consolidadas.

Alentada por estos factores, la disciplina de Proyecto Arquitectónico II (PA-II C) de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul ha estado implementando la enseñanza de esta técnica de construcción en seco desde el segundo semestre de 2015. En la segunda mitad de 2016, los académicos estaban desarrollando modelos 3D en Sketchup y diseño arquitectónico y detalles 2D en software CAD. Sin embargo, se observó que estas prácticas a menudo resultaban en problemas de compatibilidad entre el modelo y las representaciones bidimensionales, además de obstaculizar la comprensión del sistema. Para combatir estas dificultades, desde el primero semestre de 2017, el sistema BIM se ha ofrecido como una alternativa para el desarrollo de proyectos académicos, aliado a estrategias didácticas que tienen como objetivo facilitar la comprensión de la técnica constructiva y permitir una nueva dinámica de enseñanza y evaluación.

Corroborando estos esfuerzos, en el segundo semestre de 2018, el autor (1) de este trabajo comenzó su maestría en esta institución (UFRGS), cuyo enfoque de su investigación es la implementación de BIM en la enseñanza de proyecto. Desde entonces, ha estado realizando una pasantía docente con la disciplina y evaluando cómo y si la tecnología BIM puede influir en la comprensión de una técnica de construcción en seco, concretamente el marco de madera.

El objetivo de este documento es, por lo tanto, discutir los cambios que el uso de BIM ha estado promoviendo en la enseñanza de un proyecto académico realizado en madera,



4º CONGRESO
LATINOAMERICANO
DE ESTRUCTURAS
DE MADERAS

destacando los resultados generados a partir de tales experiencias en este tema. El objetivo es estudiar estrategias que puedan implementarse en cursos o disciplinas que aborden la estructura de madera, fomentando y mejorando el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta tecnología.

2. METODOLOGÍA

Siendo Proyecto Arquitectónico II (PA-II C) el lugar de apoyo para esta propuesta pedagógica, que está vinculada a la investigación de un maestro, es necesaria una breve caracterización de la disciplina, así como la disertación.

PA-II C es parte del cuarto período del curso de Arquitectura y Urbanismo en la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, y se imparte tres veces por semana, con un total de 150 horas semestrales. Tiene un número máximo de 15 estudiantes para un maestro y un monitor de pregrado, lo que también permite la presencia de un maestro interno de maestría, actualmente representado por el autor (1) de este trabajo. El tema del proyecto desarrollado específicamente en este curso es el diseño de un hotel design, donde cada estudiante desarrolla una unidad de alojamiento con un área de aproximadamente 60 m² utilizando la técnica de construcción con estructura de madera. El uso de técnicas de construcción en seco, especialmente estructuras de madera, se ha empleado en PA-II C desde la segunda mitad de 2015 en vista de sus aspectos de sostenibilidad económica y ambiental, y agilidad en el proceso de construcción. Cuando se trata del proceso del proyecto abordado para el desarrollo del proyecto académico a lo largo del semestre, se desarrolla en cuatro temas correspondientes a diferentes escalas de trabajo, a saber; 1. Conceptual, 2. Ambiental, 3. Programático y 4. Material (Ponzio y Machado, 2015). Centrándose en las herramientas utilizadas por los estudiantes para llevar a cabo el proyecto, específicamente en el paso 4. Material, que incluye el desarrollo del modelo 3D y los documentos que integran el diseño arquitectónico, hasta el primer semestre de 2016, los académicos utilizaron Sketchup para modelar el volumetría y AutoCAD para los planos y detalles. Sin embargo, se observó que tales prácticas generaban problemas de compatibilidad entre el modelo y las representaciones bidimensionales, así como una mayor dificultad en el proceso de visualización y comprensión del sistema constructivo. Con el objetivo de resolver los problemas presentados de representación, compatibilidad y comprensión de la técnica constructiva, desde el primer semestre de 2017, el sistema BIM, a través del software ArchiCAD, se ha probado como una estrategia pedagógica alternativa para la comprensión estructural y su representación, no solo asociada con el desarrollo de proyectos académicos, pero también como un medio y proceso de diseño. En dos momentos aislados dentro de este período, se aplicaron ejercicios paso a paso para construir una unidad de estructura de madera usando ArchiCAD (BIM). Este modelo sirvió como referencia para el desarrollo del proyecto. Además de esta versión, un modelo de referencia en AutoCAD y otro en Sketchup ahora están disponibles, lo que permite a los estudiantes desarrollar sus proyectos en el software de su elección. El material didáctico proporcionado incluye un polígrafo informativo (PL1) sobre la técnica de construcción, con el objetivo de apoyar todo el paso de dimensionamiento de las partes que componen la estructura, y otra información técnica relevante del sistema.



En cuanto a la investigación de maestría asociada con esta disciplina, se caracteriza como cualitativa en relación a los resultados (Prodanov y Freitas, 2013), y exploratoria como tema (Michel, 2009). Los procedimientos metodológicos propuestos comparten la estrategia didáctica de PA-II C, que incluye el ejercicio dirigido, un polígrafo sobre la técnica (PL1) y observaciones en los paneles de evaluación final. Además, la investigación del Máster incluye en su metodología la revisión del modelo de referencia, así como la elaboración de un polígrafo de ensamblaje de modelo de estructura de madera utilizando el software BIM (PL2), así como cuestionarios estructurados para evaluar las estrategias propuestas. En el primer semestre de 2019, el ejercicio se aplicó por primera vez, comenzando la recopilación de datos y el análisis de los resultados de la investigación.

A continuación se incluye una descripción de los procedimientos metodológicos, a saber, el ejercicio dirigido, los polígrafos 1 y 2 (PL1 y PL2), las observaciones realizadas durante los cuadros de indicadores y los cuestionarios estructurados. A continuación se explicarán los resultados obtenidos en la investigación hasta el momento.

2.1 Ejercicio dirigido

Algunos autores, como Delatorre (2014), enfatizan que en la enseñanza de proyectos, BIM debe implementarse gradualmente, a partir de proyectos más pequeños, aumentando el nivel de complejidad y detalle mientras el académico adquiere mayor conocimiento y madurez. Por lo tanto, para facilitar la implementación del sistema BIM como estrategia para enseñar la técnica constructiva de estructura de madera, se desarrolló un modelo de referencia de baja complejidad formal. El objetivo era abdicar aspectos plásticos formales complejos para priorizar la comprensión y ejecución de la estructura.

Sin embargo, antes de entrar en la explicación del ejercicio dirigido, debe ubicarse dentro del contexto del semestre, ya que el momento de la aplicación está vinculado a otras estrategias de diseño. Lo mismo ocurre generalmente después del lanzamiento de la fiesta arquitectónica resultante de las etapas 1. Conceptual, 2. Ambiental y 3. Programática (cuando el tema del diseño del hotel design se presenta a los académicos, después de la visita al sitio y su análisis ambiental y programático de los mismos).

El ejercicio basado en la premisa planteada por Ponzio y Machado (2015), que enseña a diseñar es ejercer el proceso que lidera la producción documental arquitectónica, es decir, implica la proposición de un método de trabajo teórico-práctico basado en la idea de aprender haciendo. Como introducción al ejercicio, se lleva a cabo una clase teórica sobre conceptos fundamentales del sistema de construcción con estructura de madera basada en el polígrafo 1 (PL1) y referencias de Ching (2010) y Thallon (2009).

Inicialmente, se planeó aplicar el ejercicio dirigido en un solo paso donde se realizaría toda la secuencia de ensamblaje del modelo completo, después de lo cual los académicos lo reproducirían en los proyectos individuales. Sin embargo, resultó ser más productivo dividirlo en tres etapas, intercalando la ejecución del ejercicio dirigido con la construcción del proyecto de cada estudiante. La secuencia se produjo de la siguiente manera: **Paso 1. Estructura:** comprende cementos (bloques de cementos y pilotes); Estructura de planta



baja (vigas, barras y OSB); Paredes de la planta baja (guías y montantes), estructura de la planta superior (vigas, barras y OSB); Paredes del piso superior (guías y montantes) y estructura del techo (martes, vigas, vigas cuando sea necesario); **Paso 2. Cierres;** y finalmente, **Paso 3. Aperturas.**

Por lo tanto, se aplica el paso 1 del ejercicio y se realiza un descanso para que los académicos apliquen el conocimiento adquirido sobre la estructura en sus propios proyectos. Lo mismo se repite después de los pasos 2. Cierra y 3. Aperturas. También es importante destacar que después de la aplicación del paso 1, y su transposición a los proyectos individuales, la didáctica cuenta con la visita de un ingeniero especialista en madera, para garantizar el correcto dimensionamiento y lanzamiento de la estructura de los proyectos académicos.

Dicha estrategia demostró ser de gran importancia para acercar el estudiante al sitio de construcción, ya que el modelo virtual necesita ser construido literalmente, siguiendo la misma lógica del trabajo in loco, corroborando aún más la comprensión de la secuencia de ensamblaje. Durante el ejercicio dirigido, los estudiantes contaron con la ayuda del polígrafo 2 (PL2) y, al armar su proyecto individual, utilizaron la ayuda del polígrafo 1 (PL1).



Figura 1: Modelo de referencia utilizado en la aplicación del ejercicio dirigido en diferentes pasos de ensamblaje.

Es de destacar que el objetivo propuesto por el ejercicio dirigido no es simplemente enseñar comandos operativos en el software BIM, sino probar y evaluar, además de las capacidades paramétricas, de visualización y documentación del software, la inducción de la noción constructiva fundamental para la comprensión y la materialización de una técnica constructiva, a saber, estructura de madera, a través de la construcción virtual de una unidad.



Figura 2: Modelo de referencia utilizado en la aplicación del ejercicio dirigido.



2.2 Polígrafos informativos 1 y 2 (PL1 y PL2)

El polígrafo informativo 1 (PL1) fue desarrollado por el autor (2) de este trabajo, también profesor de la disciplina PA-II C, con la ayuda de un monitor de proyecto, y estuvo disponible para los académicos en el primer semestre de 2017, con el objetivo de proporcionar un repertorio teórico de una manera más didáctica y accesible, facilitando la comprensión de la técnica constructiva. El polígrafo está estructurado de acuerdo con la secuencia de ensamblaje del sistema, proporcionando tablas de pre-dimensionamiento estructural y cálculos de acuerdo con las referencias bibliográficas de Ching (2010) y Thallon (2009).

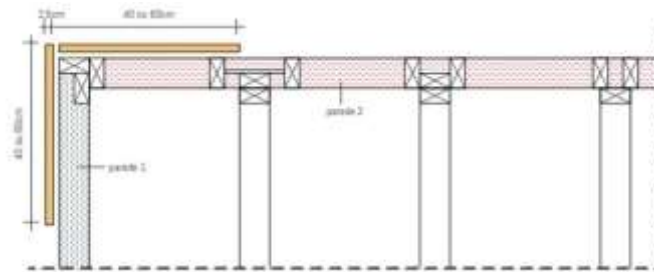


Figura 3: Ejemplo de imagen ilustrativa presente en el polígrafo 1 (PL1).

Hasta la fecha, el polígrafo 1 (PL1) ha sido revisado y enfocado en el desarrollo de proyectos de disciplina, ya sea en BIM / Archicad, AutoCAD y / o Sketchup. Basado en la secuencia didáctica del polígrafo 1 (PL1), desde el primer semestre de 2019, el polígrafo 2 (PL2) estuvo disponible. Esto, a su vez, está destinado a servir como una guía paso a paso en el ejercicio dirigido que facilita la comprensión de la técnica.

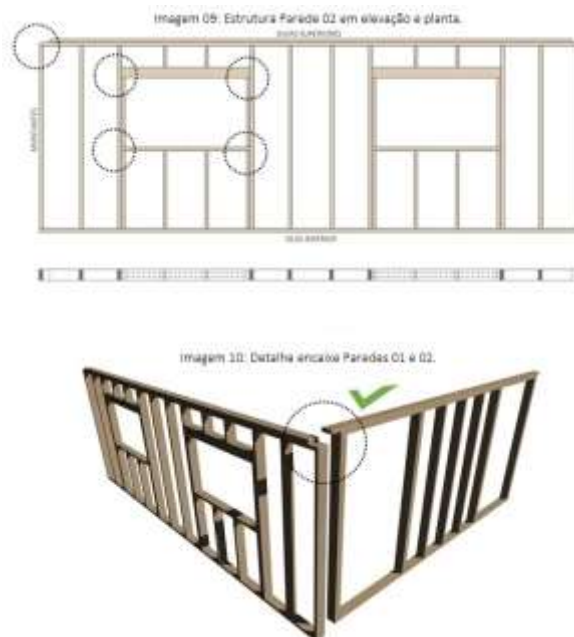


Figura 4: Ejemplo de imagen ilustrativa presente en el polígrafo 2 (PL2).



2.3 Cuestionario de evaluación y observaciones durante el panel final

Hasta la fecha, se ha aplicado un cuestionario de evaluación a los estudiantes que asistieron a PA-II C durante el primer semestre de 2019. Este cuestionario tuvo como objetivo identificar la contribución del ejercicio dirigido al uso de BIM como estrategia para aprender la técnica constructiva, y como participante en el proceso de diseño. Corroborando esto, también se hicieron observaciones durante el panel de evaluación final del semestre, con el fin de recopilar datos cualitativos sobre las estrategias. Aunque estas acciones son parte de los procedimientos metodológicos de la investigación del autor (1) del maestro de este trabajo, sus resultados también son de interés para PA-II C, ya que ayudan a mejorar la didáctica aplicada en la enseñanza de estructuras de madera.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se utilizaron dos procedimientos para la recopilación de datos y el análisis posterior de los resultados de las estrategias didácticas propuestas, que fueron el cuestionario de evaluación y las observaciones durante el panel final.

Dentro del cuestionario hay tres preguntas de interés para este trabajo:

1. El modelado tridimensional del edificio en BIM permitió una mayor asociación con el edificio real y la comprensión de sus componentes?
2. Ahora, conociendo el menú del curso y la tipología de diseño que trabajó en él (diseño del hotel design, considerando la técnica constructiva), usted cree que el uso del software BIM facilitó la comprensión y visualización del sistema de construcción con estructura de madera?
3. En su opinión, el ejercicio impulsado por software BIM ha facilitado su aprendizaje del sistema estructural de estructura de madera?

Teniendo en cuenta que en el semestre en el que se aplicaron estas estrategias (2019/1), 14 de 15 estudiantes que tomaron el curso participaron en los cuestionarios, el 100% de ellos respondieron afirmativamente a las tres preguntas anteriores, lo que demuestra que hasta ahora, el ejercicio dirigido, así como el uso del software BIM para el desarrollo de proyectos académicos contribuyó a la comprensión y visualización de la técnica de construcción con estructura de madera, permitiendo una mejor asociación con la construcción real y la comprensión de sus componentes.



Figura 5: Ejemplo de un gráfico generado a partir de las respuestas del cuestionario aplicado.



A su vez, las observaciones realizadas en el panel de evaluación final permitieron una recopilación de datos cualitativos sobre la influencia del ejercicio dirigido en el desarrollo de proyectos académicos.

Se observó en 2019/1 que, aunque el proyecto propuesto tiene una baja complejidad programática y un área pequeña, algunos académicos no se limitaron a investigar soluciones para resolver problemas relacionados con la ejecución de fiestas arquitectónicas que tenían algunas limitaciones cuando se trata de estructuras de madera, incluyendo paredes inclinadas, columpios, cubierta vegetal, etc. Tales restricciones no limitaron a los estudiantes a explorar los detalles del proyecto, como se puede ver en las siguientes imágenes.



Figura 6: Secuencia de montaje del proyecto académico Pedro Cohen Pereira



Figura 7: Proyecto académico Perspectivas Pedro Cohen Pereira



Figura 8: Junta técnica del proyecto académico Pedro Cohen Pereira



Al tratar con el nivel de detalle alcanzado en los proyectos en el primer semestre de la experiencia de 2019, se notó que al usar BIM, que interactúa entre el modelo 3D y las representaciones, algunos académicos ya no representan detalles técnicos solo en forma bidimensional, y comencé a modelarlos, agregando calidad al proyecto. Por lo tanto, la información que anteriormente era inmaterial (líneas), ganó corporeidad (objeto), haciendo que el estudiante tenga un mayor dominio de lo que está construyendo.

Además, se dio cuenta de que usar BIM como un proceso de diseño y medio permite la entrega de productos finales diferenciados, como la realidad virtual (RV), que permite la inmersión en el proyecto, lo que permite una nueva forma de visualización.

Finalmente, se ha utilizado la aplicación BimX, que interactúa con el modelo 3D, todas las representaciones bidimensionales, incluidos los paneles técnicos, que hacen con que el proyecto sea digital. Dicha interfaz facilita la comprensión de ciertos detalles constructivos, ya que uno puede visualizarlos navegando entre diferentes formas de representación.

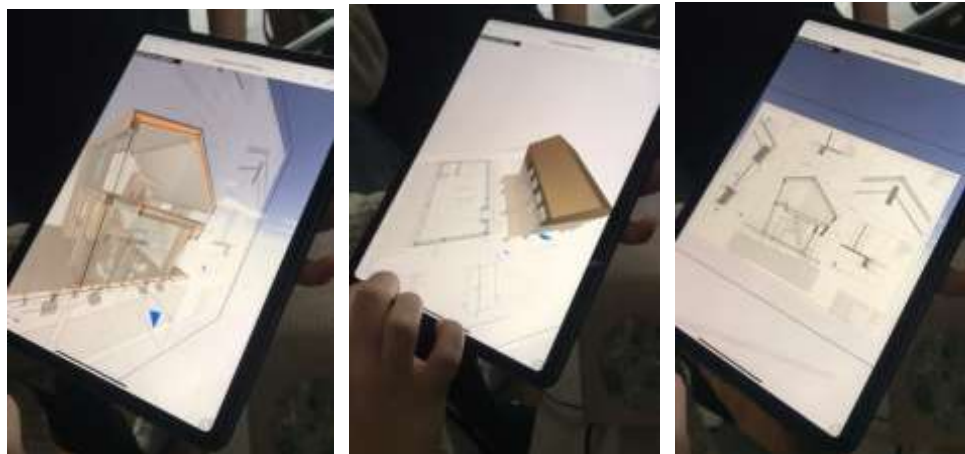


Figura 9: Proyecto académico de Luiza Dala Rosa en la versión BimX

4. CONCLUSIONES

El autor (1) de este trabajo realizó previamente una pasantía docente en la disciplina PA-II C en el segundo semestre de 2018, que se renueva durante 2019. Además de facilitar la planificación, el desarrollo y la aplicación de actividades de investigación, esta experiencia le permite al autor abordar los problemas que involucran el proceso de enseñanza y aprendizaje de este sistema de construcción en seco, solo identificado en la rutina del estudio.

Se puede ver desde el principio que al enfocarse en los beneficios relacionados con la comprensión de la técnica, la inserción de la tecnología BIM en el estudio / laboratorio ha influido en una nueva dinámica de asesoramiento basada en modelos virtuales y ya no en representaciones bidimensionales. Dicha práctica permite la identificación de errores



con mayor precisión a través de potenciales BIM como la detección de conflictos, porque las orientaciones y correcciones ya no se basan solo en representaciones, sino en modelos.

Al final del semestre, el uso del software BIM también permite la entrega de productos finales alternativos como un medio de evaluación, como el modelo virtual ArchiCAD, el modelo BimX y el uso de técnicas de realidad virtual y realidad aumentada. Además de permitir y facilitar la impresión de prototipos físicos, no solo tableros técnicos, una práctica común entre las facultades de arquitectura.

El principal hallazgo hasta ahora, de interés para este trabajo, es que el ejercicio dirigido propuesto como estrategia pedagógica, así como el uso del software BIM (ArchiCAD) para el desarrollo del proyecto, contribuye a la comprensión de la técnica constructiva de estructura de madera y permite una mejor asociación con el edificio real y la comprensión de sus componentes.

Finalmente, considerando que el desarrollo de esta investigación continúa, lo que se puede verificar es que, además de las grandes contribuciones de las investigaciones teóricas que se están desarrollando en el área, las experiencias prácticas y la presencia y observaciones in loco son fundamentales para la construcción de guías que fomentan y contribuyen al proceso de enseñanza-aprendizaje de tecnologías y procesos constructivos en arquitectura.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Ensino de BIM: tendências atuais no cenário Internacional. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 67-80, dez. 2011.

Disponível em: < http://www.uel.br/pessoal/barison/Artigos_Tese/TIC2011b.pdf >. Acesso em: Jan de 2019

CARVALHO, R. S. de; SAVIGNON, A. P. de. O professor de projeto de arquitetura na era digital: desafios e perspectivas. *Gestão & Tecnologia de Projetos: Revista científica do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP*, São Carlos, v. 6, n. 2, fev. 2012.

Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/51007/55074> >. Acesso em: Jan de 2019

CHING, F. D. K. *Técnicas de Construção Ilustradas*. 4. ed. Porto Alegre – RS: Bookman, 2010. 480p.

DELATORRE, Vivian. *Potencialidades e Limites do BIM no ensino de arquitetura: uma proposta de implementação*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

PONZIO, A. P.; MACHADO, A. S. O uso de métodos criativos visando a inovação no ensino de projeto arquitetônico. *InSitu-Revista Científica do Programa de Mestrado Profissional em Projeto, Produção e Gestão do Espaço Urbano*, v. 1, n. 2, p. 109-130, 2015.

THALLON, R. *Graphic Guide to Frame Construction*. 3. ed. Newtown: Taunton Press, 2009. 256p.

STAMATO, G. C. *Moderno é Construir com Madeira*. *Gazeta do Povo*. (Curitiba) Curitiba – PR. 30 Mar. 2013.