http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v14i1.152823

ARTIGO

MODELO BIM DO PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA 1937-1945: PELA PRESERVAÇÃO DIGITAL DO PATRIMÔNIO MODERNO

BIM of Gustavo Capanema Palace 1937-1945: for digital preservation of modern heritage

Cristiane Lopes Canuto e Mônica Santos Salgado[1]

RESUMO: As tecnologias digitais estão cada vez mais integradas aos projetos arquitetônicos permitindo a criação de modelos geométricos mais fidedignos, ampliando as possibilidades de atuação profissional na área patrimonial e facilitando o acesso aos bens culturais. Nesse contexto, tornam-se um importante instrumento no estudo da preservação do patrimônio cultural arquitetônico, à medida que permitem diferentes abordagens como na aquisição de dados, com levantamentos digitais, e também na integração desses dados, no qual destaca-se a plataforma BIM (*Building Information Modelling*). Assim, o modelo BIM do patrimônio cultural edificado ou HBIM (*Historic* ou *Heritage BIM*) é uma forma de preservação da memória da edificação, podendo servir como base para projetos de restauração, intervenção e manutenção. Nesse sentido, esse artigo tem como objetivo apresentar as potencialidades oferecidas pelas ferramentas digitais na preservação do patrimônio cultural arquitetônico, com ênfase para o patrimônio moderno. Visando esse legado, realizou-se a modelagem BIM de um exemplar da arquitetura moderna carioca: o Palácio Gustavo Capanema, apresentando a reconstrução digital da edificação em sua fase de construção 1937-1945. O modelo é acessado publicamente por meio de um aplicativo, reunindo aspectos históricos, construtivos e cronológicos em um único modelo parametrizado. Os resultados demonstram as possibilidades oferecidas pela plataforma BIM não apenas para novas construções, mas principalmente para edifícios históricos.

PALAVRAS-CHAVE: Patrimônio Virtual moderno; HBIM; Documentação Digital; Palácio Gustavo Capanema.

[1] Universidade Federal do Rio de Janeiro

ABSTRACT: Digital technologies are more and more integrated into data models that allow the creation of reliable models, increasing the possibilities offered for architects and the access to cultural assets. Those technologies such as digital surveys and BIM platform (Building Information Modeling) has become an important instrument for digital preservation of architectural heritage. Thus, BIM model of built heritage or HBIM (Historic or Heritage BIM) represents an important alternative for preserving memory, serving as the basis for maintenance, intervention and facilities management. In this sense, this paper presents the challenges and oppportunities offered by BIM for preservation of the architectural heritage, with emphasis on modern heritage. Aiming at this, a BIM model of an important reference for Brazilian architecture has been constructed: the Gustavo Capanema Palace, located in Rio de Janeiro. There is presented the digital reconstruction of this building considering the timeline from 1937-1945. The model is public accessed through an app, bringing together historical, constructive and chronological aspects in a single parameterized model. Results demonstrate the possibilities offered by BIM platform not only for new construction but particularly for historic buildings.

KEYWORDS: Modern Virtual Heritage; HBIM; Digital Documentation; Gustavo Capanema Palace.

How to cite this article:

CANUTO, C. L.; SALGADO, M. S. Modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema 1937-1945: pela preservação digital do patrimônio moderno. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v.15, n.1, p.101-116, jan.2020. http://dx.doi.org/10.116/gtp.v14i1.152823

Fonte de financiamento: CAPES e CNPQ
Conflito de interesse: Declara não haver
Submetido em: 15/12/2018
Aceito em: 26/07/2019

CC BY NC ND

INTRODUÇÃO

A interatividade se tornou um dos pontos centrais da cultura contemporânea, tanto no âmbito restrito da arte e da arquitetura quanto no âmbito mais geral das nossas ações cotidianas. A popularização e inserção de tecnologias digitais no cotidiano, vem mudando a forma como se vive. As discussões em torno desse tema foram intensificadas a partir do Fórum Econômico Mundial em Davos, que classificou o tema como sendo a ***"Quarta revolução industrial"***. De acordo com o relatório divulgado a partir daquele evento, os impactos na arquitetura e construção envolvem desde mudanças no emprego e na definição de competências e estratégias de trabalho, até a produção de energia verde e gestão da construção (World Economic Forum, 2016).

No setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) o uso das tecnologias digitais na integração entre as soluções projetuais tem sido explorada, ainda de forma remanescente em comparação ao seu potencial, mas com uma evolução rápida a cada ano que passa, contribuindo para aquisição, experimentação e difusão de dados de forma colaborativa, rápida e com menos risco de erros (GRAY et al., 2013; KIM et al., 2013; SGUIZZARDI, 2011).

Nesse contexto os processos de projetos, construção e gestão, principalmente de obras complexas, tem se favorecido com as tecnologias da informação e comunicação, com destaque para a plataforma[1] *Building Information Modelling* (BIM). A adoção da plataforma BIM pode contribuir significamente para a integração das informações provenientes de diferentes disciplinas do projeto em um único modelo digital (EASTMAN et al., 2011).

Entre as alternativas oferecidas em relação aos edifícios existentes com interesse em preservação, tem destaque as técnicas de levantamento de captura da realidade como *Dense Stereo Matching* (DSM) e *3D laser scanning* em integração com a plataforma BIM. Essas técnicas digitais de levantamento por fotografias ou a laser, geram modelos em "nuvem de pontos" e tem representado o estado da arte das técnicas de cadastramento, contribuindo significamente na geração de modelos geométricos precisos, rápidos e realistas, auxiliando não apenas na preservação, mas também no resgate das informações projetuais do patrimônio edificado.

Esse artigo visa apresentar possibilidades oferecidas pela tecnologias digitais com foco no uso da plataforma BIM para preservação do patrimônio moderno. Além disso, é apresentado o produto da pesquisa de mestrado (CANUTO, 2017), que consiste na modelagem documental histórica BIM de um exemplar da arquitetura moderna carioca: o Palácio Gustavo Capanema (PGC). Considerado ícone da arquitetura moderna da cidade do Rio de Janeiro, o edifício foi construído para ser Ministério da Educação e Saúde (MES), projetado pela equipe de arquitetos de Lúcio Costa com consultoria do arquiteto Le Corbusier. Seu tombamento precoce foi em março de 1948 pelo Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN) atual IPHAN – Instituto do Patrimônio Artístico e Nacional (Figura 1).

A pesquisa se basea em revisão bibliográfica sobre modelos históricos BIM e o estudo de caso. A modelagem BIM do Palácio Gustavo Capanema foi realizada a partir de dados históricos e levantamento cadastral em CAD, para complementar as lacunas dos dados coletados foi realizado levantamento in loco. O modelo pode ser acessado através de um aplicativo. A intenção da divulgação se foca no modelo ser acessível para estudantes de arquitetura e profissionais da área de AECO, contribuindo para futuras pesquisas, conscientização, aprendizagem sobre o edifício e para importância da preservação do patrimônio moderno.

1 O termo "plataforma BIM" está relacionado a um sistema que produz e manipula dados para diversos usos, podendo ter ferramentas para modelagem geométrica, quantitativos, detecção de conflitos, rendering, etc. Já o termo "ferramenta BIM" refere-se a um programa específico com funções determinadas, como geração de modelos, análise de energia e orçamentação (EASTMAN et al., 2011).

Figura 1: Palácio Gustavo Capanema

Fonte: Arquivo pessoal.

Acredita-se que o uso da Plataforma BIM na construção digital das edificações de interesse para a preservação pode trazer benefícios ainda não explorados pelo setor, uma vez que torna possível a reunião das informações do projeto de forma parametrizada. Esse registro tem o pontencial de contribuir para preservação digital do patrimônio cultural edificado.

Tecnologias Digitais para a Arquitetura Moderna

Segundo Soares (2013), BIM é muito mais que um modelo geométrico do edifício, é um conjunto de parâmetros de metadados utilizado para o projeto, planejamento, construção, operação e processo de manutenção ao longo da vida útil da edificação. De acordo com a National Building Information Modeling Standard, o termo BIM pode envolver três aspectos: o modelo (produto), processo colaborativo, gerenciamento do ciclo de vida da edificação (NIBS, 2007). O emprego das tecnologias que operam na plataforma BIM pode auxiliar no processo de gestão de patrimônio arquitetônico, permitindo documentar o estado de conservação, ações de restauro e gestão da manutenção (CUPERSCHMID et al., 2018; DEZEEN et al., 2015).

Diante disso, dentre as opções de levantamento digitais com técnicas de aquisição de dados 3D, o *Dense Stereo Matching* (DSM), *3D Laser scanning* e a fotogrametria digital são as mais utilizadas para levantamentos de edificação com interesse em preservação e por sua vez, se integram com os softwares da plataforma BIM. O resultado é a criação de modelagens cada vez mais inteligentes e interativas, que podem ser manipuladas através de experimentações em Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV), durante o processo de projeto ou para outros fins da área de conhecimento e visualização da edificação. Além disso, esses modelos podem ser impressos em 3D para reconstruções e fabricação de maquetes.

Essas técnicas digitais mencionadas superam as limitações de técnicas de levantamento por medição direta, que resultam, em uma documentação bidimensional (cortes, plantas, fachadas) com perda de informação e precisão. Esses dois últimos são essenciais para reconstituição das características geométricas do edifício que se pretende reconstruir virtualmente. Reconstruir virtualmente o patrimônio arquitetônico e artístico é tema discutido na atualidade, diante da problemática da preservação em relação

ao vandalismo, guerras e intempéries. Além da ameaça da integridade do patrimônio cultural edificado em relação a ações diretas tem-se um fator que está mais relacionado a situação do Brasil, o desgaste natural das obras diante aos altos custos de manutenção, se tornando mais elevados a cada década de história. A construção virtual de edificações existentes pode permitir a salvaguarda desse patrimônio.

No Brasil, o acesso à documentação de edifícios históricos, tombados ou não, é tarefa complexa, uma vez que os documentos que caracterizam essas edificações, de forma geral, quando existentes, encontram-se em meio físico, dispersos entre bibliotecas, acervos, instituições etc. Outro problema encontrado, quando existe a documentação, é a perda de detalhes entre o edifício histórico e sua representação 2D.

Paralelamente a isso, com a popularização da fotografia digital as inovações das máquinas, softwares de processamento 3D e Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS) conhecidos como drones, estão fazendo com que a fotogrametria digital ganhe um espaço representativo para desenvolvimento de modelos fotorealísticos (CANUTO; RIBEIRO; SALGADO, 2016). Ainda nesse contexto, cita-se a técnica DSM (*Dense Stereo Matching*), que utiliza os princípios de estereorrestituição e dos avanços obtidos na Visão Computacional. Essa é uma técnica de varredura por fotografias, ela é denominada por vários termos, destacando o *Structure from Motion* (SfM) e o DSM[2]. A principal diferença do DSM em relação a fotogrametria digital é a simplificação e automatização do processo de restituição. Na técnica DSM, uma série de parâmetros é resolvida automaticamente, na fotogrametria digital exige maior interação do operador (GROTELAARS, 2015).

De acordo com Grotelaars (2015), a técnica DSM consiste em algoritmos que visam à correlação automática de pontos homólogos podendo gerar – de acordo com o software utilizado – uma malha triangular irregular (*Triangular Irregular Network* - TIN) ou uma nuvem de pontos. Para que o resultado seja eficiente é importante: que as formas dos objetos estejam bem definidas nas fotos; que esteja disponível uma grande área de sobreposição das imagens; que exista pequena angulação entre os dados obtidos; que a resolução destas seja proporcional à precisão do modelo; e que seja feita a escolha adequada da ferramenta a ser utilizada.

O *3D laser scanning*, também conhecido como *High Definition Surveying* (HDS), *3D imaging*, varredura a laser, ou escaneamento a laser 3D, é uma tecnologia de digitalização tridimensional usando um feixe laser que é direcionado aos objetos e permite capturar, visualizar e modelar tridimensionalmente cenas complexas com rapidez, milimetricamente, gerando uma nuvem de pontos (CENTENO; WUTKE; KERSTING, 2004). Há grande diversidade de tipos de aparelhos laser scanners disponíveis no mercado, que variam em função da tecnologia utilizada - tempo de voo, diferença de fase ou triangulação - ou do posicionamento do sistema - terrestres ou aerotransportados. A escolha do sistema depende, essencialmente, do tamanho do objeto a ser levantado e da distância entre o objeto e o equipamento. Outros fatores são o custo do equipamento, o tempo de levantamento e a precisão da "nuvem de pontos" a ser gerada, dentre outros (GROETELAARS; AMORIM, 2012).

A adoção da plataforma BIM na área do patrimônio cultural pode contribuir significamente para a integração de informações provenientes de diferentes fontes e disciplinas do projeto em um único modelo digital, bem como ser um catalisador das tecnologias de levantamentos digitais descritas. Para Russell e Elger (2008) BIM constitui a base dos softwares que viabilizam a modelagem digital das edificações, combinando visualização multi-dimensional com bancos de dados paramétricos abrangentes para facilitar a gestão dos recursos entre os parceiros do projeto.

2 De acordo com a literatura o termo Structure from Motion (SfM) é utilizado, em sua maioria, para os primeiros conceitos da técnica e as primeiras etapas do processamento para a geração de modelos geométricos, relacionado mais com a área da Visão Computacional e o termo Dense Stereo Matching (DSM) é um termo utilizado nos últimos anos pelos principais programas comerciais de fotogrametria que podem gerar malha triangular irregular e nuvem de pontos densa.

Nesse contexto, destaca-se na área de patrimônio cultural uma nova aplicação do BIM, o *Historic* ou *Heritage* BIM (HBIM). O termo *Historic Building Information Modelling* foi introduzido por Murphy, McGovern e Pavia (2009) definido como modelo BIM desenvolvido, a partir de dados históricos, sistema de captura a laser em nuvem de pontos e dados de fotogrametria digital. Alguns pesquisadores (ARAYICI et al., 2017; KHODEIR; ALY; TAREK, 2016) denominam *Heritage Building Information Modelling* (HBIM), no entanto o conceito é o mesmo entre os autores.

Com a plataforma BIM, pode-se criar e gerenciar geometrias paramétricas, sendo eficaz ao criar objetos novos a partir das bibliotecas dos softwares BIM. No entanto, de acordo Garagnani et al. (2013) a dificuldade aumenta quando os componentes são gerados para representar geometrias existentes a partir de dados de fotogrametria digital ou digitalização a laser. No caso do patrimônio cultural edificado, os objetos são mais complexos e específicos, os monumentos são feitos principalmente de componentes e materiais cuja geometria e características não são representativas das bibliotecas de softwares típicos da plataforma BIM.

Uma possível solução em relação a criação de bibliotecas envolve a abordagem HBIM. Logothetis, Delinasiou e Stlylianidis (2015) ao apresentarem uma revisão sobre relevantes estudos sobre HBIM, selecionaram cinco estudos de casos, em sua maioria na Itália, e concluíram que, para cada exemplo, os autores adotam ferramentas diferentes para o desenvolvimento do HBIM, de acordo com o objetivo do modelo, como por exemplo: para projeto de intervenção e conservação (ORENI et al., 2014), *Facilities Management* (DORE; MURPHY, 2012), documentação e visualização em timeline (BRUMANA et al., 2013; FAI et al., 2011) eficiência energética (BRUMANA et al., 2013) e documentação (GARAGNANI et al., 2013).

Alguns autores discutem conceitos sobre representação de edifícios existentes de acordo com sua fase histórica e/ou construtiva, destacando-se os termos modelo BIM: *as-designed*, *as-built* e *as-is*. O termo *as-designed* se refere o que é produzido na fase do projeto e será construído (DEZEEN et al., 2015; EASTMAN et al., 2011; HUBER; AKINCI, 2011). Autores como Arayici (2008) e Eastman et al. (2011) tratam o termo *as-built* BIM como modelos BIM feitos a partir da nuvem de pontos e que representam a situação atual da edificação. Atualmente, com o aumento do uso de tecnologias digitais de levantamento, começou-se a usar o termo *as-is* no lugar de *as-built*, referindo-se a edificações existentes levantadas pela varredura a laser e representadas através de modelos BIM (CUPERSCHMID et al., 2018; DEZEEN et al., 2015; GROETELAARS; AMORIM, 2012).

Panorama Nacional: modelo BIM do patrimônio moderno

No Brasil pesquisas com foco em desenvolvimento de modelo BIM de edificações do período moderno vem ganhando espaço no meio acadêmico. Cunha, Ribeiro e Salgado, (2015), apresentam resultados da reconstrução digital a partir de documentação existente, aplicando a tecnologia BIM na modelagem do Centro de Proteção Ambiental da Usina Hidrelétrica de Balbina, importante projeto do arquiteto Severiano Mario Porto. O modelo pode ser acessado por um website[3] criado pelos autores como forma de divulgação do trabalho.

No trabalho de Cogima et al. (2018), foi desenvolvido o modelo HBIM para um edifício representativo da moderna arquitetura brasileira, a Igreja de São Francisco de Assis no conjunto arquitetônico da Pampulha em Belo Horizonte, Minas Gerais. O modelo HBIM foi gerado a partir de escaneamento a laser e VANT e o resultado constitui uma forma de documentação digital para o patrimônio arquitetônico, no qual torna-se possível reunir todos os dados coletados em uma base estruturada, orientada aos componentes da edificação.

Cuperschmid et al. (2018) apresentam um estudo de caso demostrando o uso BIM como suporte de documentação da Casa de Vidro, antiga residência

3 Acesso pelo link: http://marcoabcunha.wixsite.com/balbinadigital

da arquiteta Lina Bo Bardi e Pietro M. Bardi, construída nos anos 1950, em São Paulo. O desenvolvimento do modelo foi a partir de documentação existente, realizando o levantamento com varredura a laser para auxiliar nas lacunas do modelo. O objetivo da pesquisa foi para fins de gestão de patrimônio histórico, conservação da memória do edifício, registros estruturais, construtivos e de patologias, suporte às futuras intervenções e gestão da utilização deste patrimônio.

Franco Júnior, Costa e Fabrício (2018) demonstram o processo de integração de um levantamento aerofotogramétrico (nuvem de pontos e ortomosaicos) com o modelo BIM da edificação histórica - o edifício E1 localizado no campus da Universidade de São Paulo (USP), em São Carlos. Construído nos anos de 1950, representa um exemplar da arquitetura moderna brasileira. O trabalho foi realizado para fins de preencher lacunas de informações projetuais, ou decorrentes de alterações durante seu uso e operação; bem como registrar e documentar o projeto para pesquisas futuras.

Os exemplos apresentados tentam ilustrar algumas possibilidades no uso da Plataforma BIM para a preservação digital do patrimônio, que pode permitir usos futuros, com destaque para a gestão do empreendimento na fase de uso-operação e manutenção. Caso existisse um modelo dessa natureza para o Museu Histórico Nacional do Rio de Janeiro, por exemplo, o processo de reconstrução após o incêndio, ocorrido em setembro de 2018, seria facilitado pelo registro original da edificação. Dessa forma, são inúmeras as oportunidades oferecidas pelo HBIM.

MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Tendo em vista a abordagem metodológica na criação de modelos BIM para patrimônio cultural edificado, realizou-se a pesquisa de mestrado em três etapas fundamentais para o processo: (1) levantamento de dados (espaciais e documentais); (2) processamento de dados (3) modelagem BIM (4) divulgação (Figura 2).

Figura 2: Etapas de trabalho da pesquisa
Fonte: Elaorado pelas autoras.

A modelagem documental histórica foi executada utilizando como estudo de caso o Palácio Gustavo Capanema, sendo uma estratégia para ser replicada na preservação de outros bens. A pesquisa baseou-se a partir de dois procedimentos metodológicos: a revisão bibliográfica e o estudo de caso.

Assim, o foco da modelagem não foi apenas o objeto de estudo, mas também as possibilidades que a plataforma BIM pode oferecer para a preservação dos exemplares modernos através desse exemplo. Contudo, para eficiência dos resultados, o conhecimento aprofundado sobre a obra e suas especificidades, foram importantes para o processo de modelagem. Observa-se que o edifício, possui uma grande quantidade de documentação, projetos, registros de alterações, fotos, bibliografia, levantamentos, o que se por um lado facilitou a realização da pesquisa, por outro reforçou a relevância da construção de modelos digitais históricos, uma vez que tais documentos encontram-se distribuídos em diferentes locais.

Estudo de Caso: o Palácio Gustavo Capanema

Pensando na preservação do legado do Movimento Moderno brasileiro foi feita a escolha do objeto de estudo para a modelagem BIM. O Palácio Gustavo Capanema apresenta inovações do período moderno, na arquitetura, engenharia, paisagismo e obras de artes. O edifício foi projetado para ser a sede do Ministério da Educação e Saúde (MES), contudo, passou por diversas mudanças em sua organização administrativa e hoje é denominado de Palácio Gustavo Capanema.

O projeto iniciou-se através da promoção de um concurso público em 1935 e só viria a ser definido em 1937 pela equipe de Lúcio Costa composta por Oscar Niemeyer, Affonso Eduardo Reidy, Ernani Mendes Vasconcelos, Carlos Leão e Jorge Machado Moreira com a consultoria do arquiteto Le Corbusier. Além disso, o edifício apresenta murais de azulejos, pinturas e esculturas de diferentes artistas, dentre eles Candido Portinari, José Pancetti e Alberto da Veiga, Bruno Giorgi, Celso Antônio e Adriana Janacopulos. Assim, exploraram o uso das artes, para a integração do projeto com as diversas manifestações artísticas, ao mesmo tempo com a plena materialização dos cinco pontos da nova arquitetura – janela em fita, terraço- jardim, planta livre, fachada livre, e pilotis.

O projeto definitivo, no qual se iniciou a construção em 1937, pode ser considerado como a primeira etapa do projeto do MES, ou seja, a primeira etapa do work in progress, termo usado devido às sucessivas modificações, intervenções e adições realizadas durante os oitos anos de construção do edifício. A separação entre o desenho do projeto e a construção do edifício ainda era muito grande, a representação gráfica adotada e o fato dos desenhos serem realizados à mão limitavam muito na hora do entendimento para a execução da obra. No caso do MES houve uma grande quantidade de decisões e detalhes de projetos durante sua construção.

Assim, identifica-se através da pesquisa bibliográfica, documental e de campo, a fase *as-designed* 1937 e *as-built* 1945 a primeira representando a fase projetual e a segunda a edificação após sua inauguração. De acordo com a literatura consultada, análise dos registros encontrados no Arquivo Central – ACI/R, as principais modificações e acréscimos entre essas duas fases foram: a forma dos jardins dos terraço-jardins e do térreo, o número de pavimentos do bloco vertical; acréscimo de um módulo da lâmina horizontal com acesso de serviço para o terraço-jardim, integração no projeto com murais, pinturas e esculturas de diferentes artistas e estacionamento no térreo.

Processo de Modelagem Histórica BIM

O processo de modelagem da edificação consiste em duas fases históricas 1937 e 1945 obtendo-se assim duas renovações. Essas duas fases estão no mesmo modelo e a partir dele se obtém todo o desenho técnico do Palácio Gustavo Capanema. A modelagem utilizou o software BIM Archicad e teve como base a documentação existente, sendo a referência principal o levantamento cadastral 2D de 1996 em CAD.

A fase *as-designed* 1937, foi realizada de acordo com projeto legal desenhado a mão. Essa fase teve como um dos objetivos a compreensão do processo de projeto da época, ressaltando seu conceito, refletindo o nível de detalhamento feito pela equipe de arquitetos, que apesar da base de referência ser o projeto legal, as informações estão de acordo com o que hoje seria um projeto preliminar.

A fase *as-built* 1945, tem o objetivo de apresentar o edifício como inaugurado, sendo a base para atualização do modelo para informações futuras, passadas e também conhecimento histórico sobre o MES, mostrando evidências históricas com elementos construtivos e artísticos da edificação, enfatizando seu valor quanto ao interesse em preservação. Essa fase utilizou além da documentação histórica, levantamentos de alguns elementos por medição direta, fotogrametria digital e DSM. A fase 1945 é um repositório de informações que tenta reconstruir o edifício dessa época, destacando os principais elementos de acordo com a sua atribuição de valor. A Figura 3 apresenta a *timeline* das modificações realizadas no projeto durante sua construção, para isso foi utilizado filtros de renovação do software.

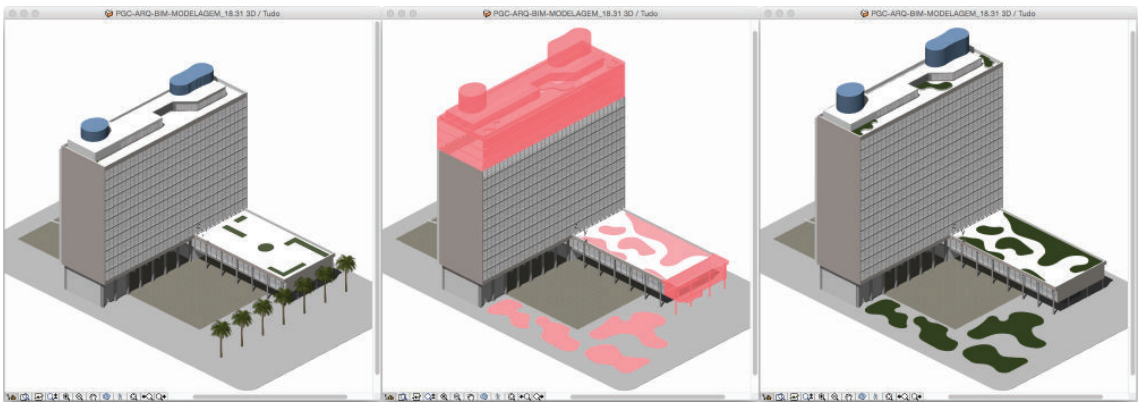

Figura 3: No Archicad, Timeline da esquerda para direita, 1937 a 1945, destacando as principais modificações durante a construção

Fonte: Canuto e Salgado (2016).

No processo de modelagem primeiramente buscou-se como poderiam ser representadas, utilizadas e divulgadas as fases históricas (construtivas) no modelo. A divulgação da pesquisa se restringiu ao software Archicad e *plug-ins* como MEP, ModelPort e BIMx. Essa escolha foi pela familiaridade com as ferramentas e objetivos propostos com a modelagem.

A modelagem seguiu a sequência: definição de pisos, implantação, lançamento dos pilares e lajes, circulações verticais, fachadas incluindo a cobertura. Após essa etapa -biblioteca de objetos, esculturas e parte do seu interior. A Figura 4 destaca a estrutura e lajes, após seu lançamento iniciou-se a modelagem das circulações verticais - escadas e elevadores (Figura 5).

Tendo em vista a importância arquitetônica, histórica e artística das fachadas e seus elementos, concentrou-se em identificar no modelo seus acabamentos e esquadrias, refletindo parametricamente a junção dos detalhes fornecidos pela documentação e visitas (Figura 6 e 7). O objetivo foi a criação de uma biblioteca de objetos paramétricos do edifício ao longo do processo de modelagem, essas bibliotecas se baseiam nos estudos sobre o HBIM (ARAYICI; MAHDJOUBI; COUNSELL, 2017; KHODEIR; ALY; TAREK, 2016; MURPHY, 2013).

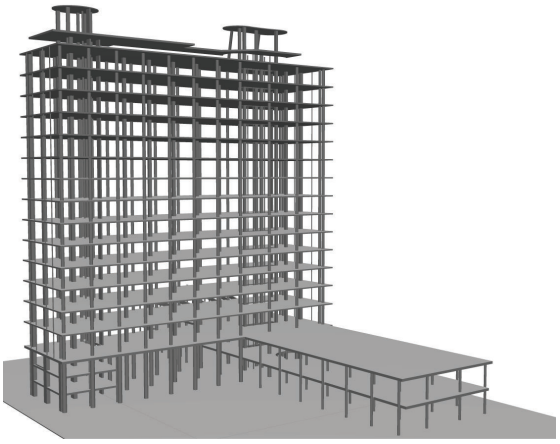

Figura 4: Modelo estrutural PGC
Fonte: Canuto e Salgado (2016).

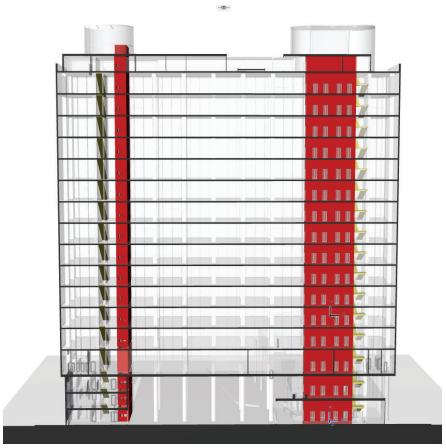

Figura 5: Modelo estrutural PGC
Fonte: Canuto e Salgado (2016).

A biblioteca e identificação dos objetos no modelo aconteceram durante todo o processo de acordo com a etapa a ser modelada. O destaque para os objetos paramétricos no modelo BIM, se deu para os elementos de importância em preservação já determinados por estudos anteriores, no caso temos *brise-soleil*, esquadrias e acabamentos da fachada, parede de tijolo de vidro (Figura 8) e também obras de arte - esculturas, painéis de azulejos e pinturas.

Figura 6: Fachada norte modelo PGC
Fonte: Canuto e Salgado (2016).

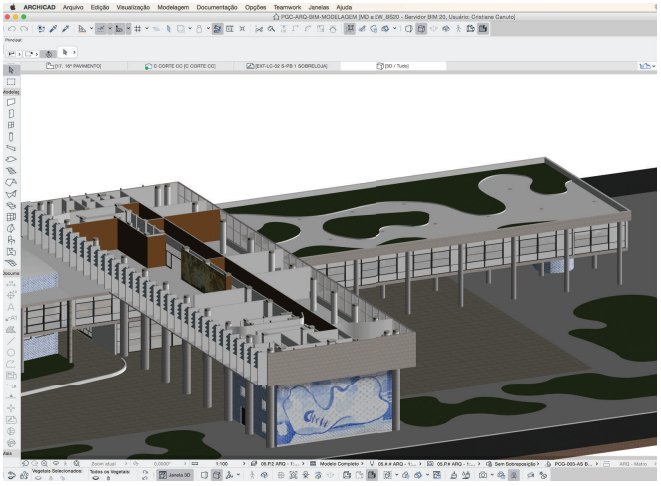

Figura 7: Modelo BIM ilustrando corte no 2˚Pav. na janela do Archicad
Fonte: Canuto e Salgado (2016).

Todas as esculturas e bustos foram identificadas por fotos e mapeadas no modelo com seu posicionamento original. Essa estapa baseou-se nos estudos de Segre (2013) e Lissovsky Sá (1996). No segundo pavimento - onde era o gabinete do ministro- apresenta 17 obras entre esculturas e bustos.

Para a representação das esculturas no modelo BIM, foram realizadas visitas para levantamento das fotos a serem usadas na geração dos modelos geométricos por DSM. As esculturas utilizadas resultantes da técnica DSM foram apenas a “Mulher reclinada” e a “Mãe”. A geração das esculturas 3D fotorrealísticas foi feita no programa Remake da Autodesk, a versão utilizada foi a Free, essa versão tem poucas opções de editar o modelo. Do Remake foram importados as esculturas em extensão *.obj (Object File)* Wavefront 3D para o Archicad pelo *plug-in* ModelPort. No Archicad elas fazem parte da biblioteca e foram adicionadas informações técnicas e históricas referente a escultura (Figura 9).

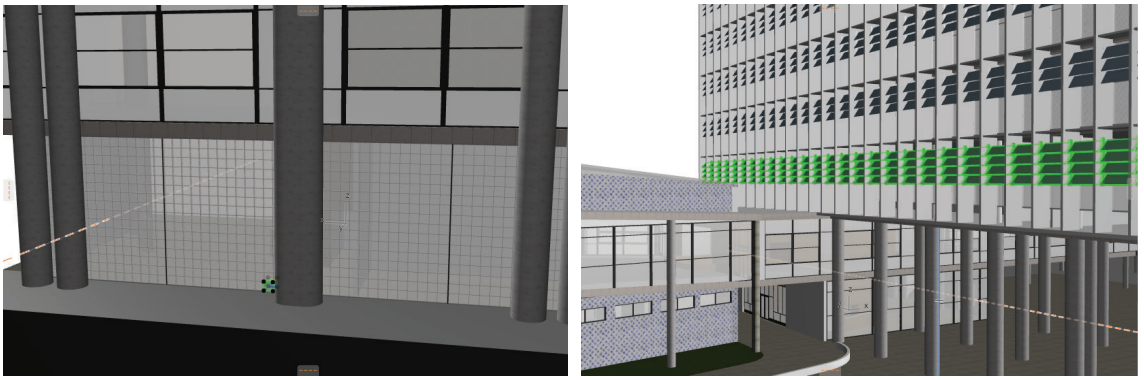

Figura 8: À esquerda, parede de tijolos de vidro do hall principal – vista da Rua da Imprensa. À direita, brise –soleil do 2˚ Pav. selecionado

Fonte: Canuto e Salgado (2016).

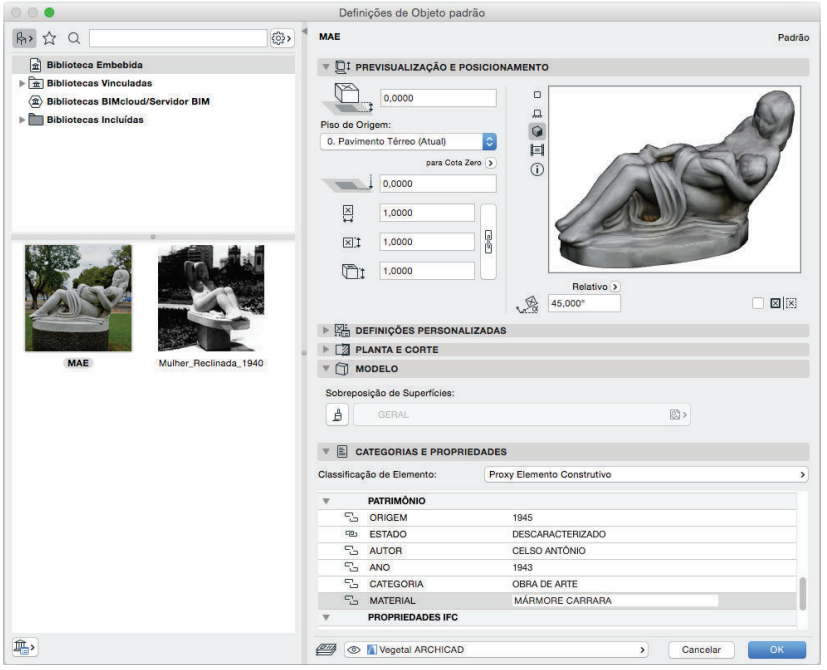

Figura 9: Modelo da “Mãe” e “Mulher Reclinada” na biblioteca do Archicad

Fonte: Canuto (2017).

RESULTADOS

Muitos aprendizados em relação às possibilidades da plataforma BIM foram adquiridos durante o desenvolvimento desse trabalho, pois além de entrar na área de edifícios existentes, o estudo de caso também é um bem com interesse em preservação.

Devido à falta de dados, compatibilização e coerência de informações nos desenhos, novos trabalhos surgiram durante a pesquisa para garantir a integridade do modelo BIM. Assim o desenvolvimento da fase *as-built* 1945 foi muito mais extensa que o planejado. Durante as visitas ao PGC, vários compartimentos não foram acessados, e o edifício estava em obras interna e externa, com isso várias lacunas no desenvolvimento do modelo não foram resolvidas. O ideal para uma documentação precisa e eficiente, seria a realização de levantamentos com a técnica DSM ou escaneamento a laser, pois além de resolver algumas lacunas dos desenhos, permitiria gerar a representação desses elementos em HBIM, para documentação, manutenção, monitoramento e intervenção. Outro levantamento importante e não contemplado, devido as obras na edificação, foi o levantamento de todas as obras de arte pela técnica DSM.

Sobre à estrutura, o modelo se conteve no lançamento estrutural (pilares), sem muitos detalhes construtivos, ficando uma importante lacuna sobre a estrutura do bloco trapezoidal e também sobre a cobertura. De acordo com as informações em planta e corte necessita de mais dados para concretiza-las.

Com o modelo concretizado pode-se realizar análises projetuais destacando elementos de acordo com atributos. O destaque da estrutura mostra o encontro entre a malha de pilares do volume vertical com a malha de pilares do volume horizontal, que é evidenciado na obra com colunas duplas, percebe-se também esse encontro do volume vertical com o volume do acesso funcionários/serviço. Os pilotis localizados internamente no bloco vertical mudam sua seção de redonda para quadrada auxiliando na função de fechamento da circulação junto às divisórias dos pavimentos tipo e 2° pavimento (Figura 10).

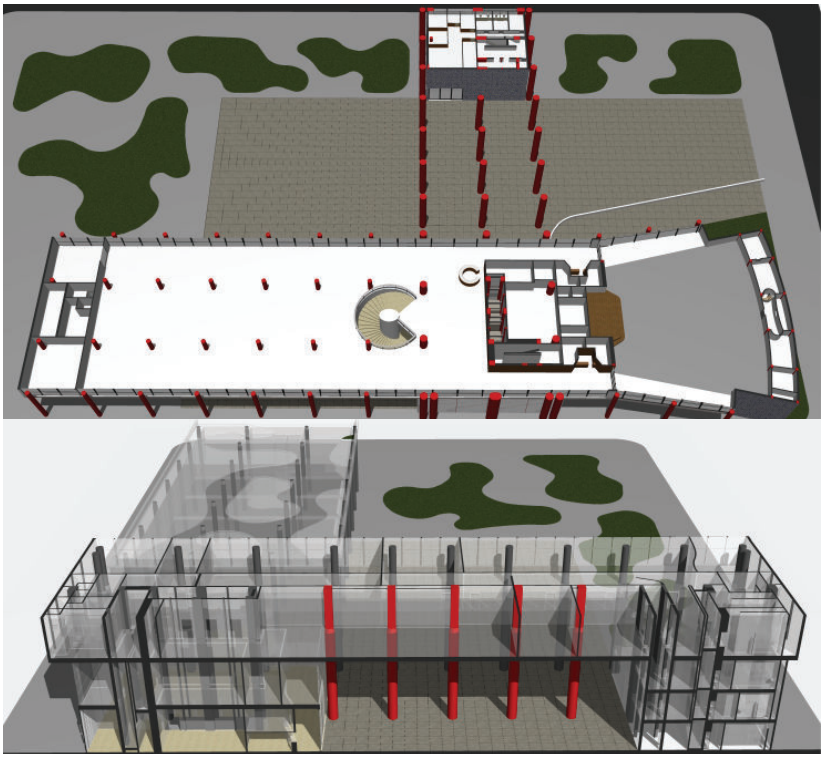

Figura 10: Análises no modelo utilizando ferramenta de sobreposição do Archicad. À esquerda, destaque em vermelho para malha de pilares. À direita destaca-se no modelo a mudança da seção dos pilotis

Fonte: Canuto (2017).

As fachadas 1937 e 1945 foram documentadas através de fases históricas, utilizando a ferramenta de renovação do Archicad. Portanto é possível comparar no mesmo modelo diferenças mais visíveis em sua volumetria e planta durante a sua construção (Figura 11).

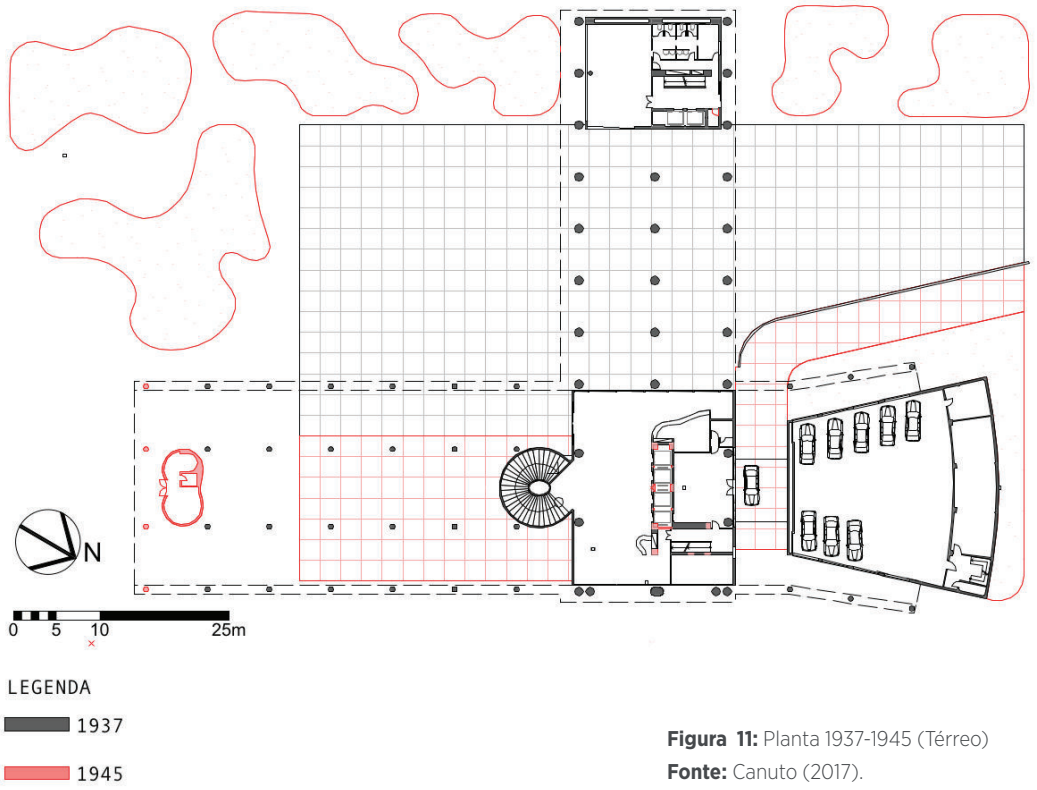

Figura 11: Planta 1937-1945 (Térreo)
Fonte: Canuto (2017).

Divulgação

A modelagem BIM gera um produto com possibilidades de ser interativo, trazendo uma grande carga de conceitos, evidências históricas e esclarecimento do processo de construção da primeira obra do período moderno como edifício público.

Diante disso é de suma importância o acesso e divulgação desse modelo. Para isso foi escolhido o aplicativo BIMx. O BIMx[4] consegue gerar uma apresentação de forma interativa e de fácil manipulação, sendo utilizado principalmente por profissionais da área e estudantes de arquitetura, podendo atingir outros públicos pela facilidade de interação.

Na documentação *as-built*, foi gerado tabelas com quantitativos e identificação dos elementos do modelo como: Quadro de Esquadrias (janelas e portas), Quadro de Acabamentos e Quadro de Esculturas (Figura 12). Muitos quadros possuem lacunas quanto a informação e elementos das bibliotecas com nível de detalhe e desenvolvimento baixo. Na fase *as-designed* 1937 não foram geradas tabelas, apenas desenhos técnicos que remetem a documentação consultada.

4 O BIMx é um aplicativo da Graphisoft para visualização de projetos, utilizado em dispositivos móveis. Possui tecnologia Hyper-model, que possibilita uma navegação integrada entre o modelo geométrico e sua documentação, além disso apresenta opções de realidade virtual, conjunto de informações personalizadas por elemento e integração do BIMCloud para mensagens de equipes. Existem duas versões, a gratuita (BIMx) e a paga (BIMx PRO), mais voltada para profissionais da AECO com a diferença de possuir ferramentas para se obter medidas, criar vistas e vídeos, integração com bancos de dados externos ativos na web e comunicação entre aplicativos. Para desktop tem-se o BIMx Desktop Viewer, que apresenta apenas o recurso de visualização do modelo 3D.

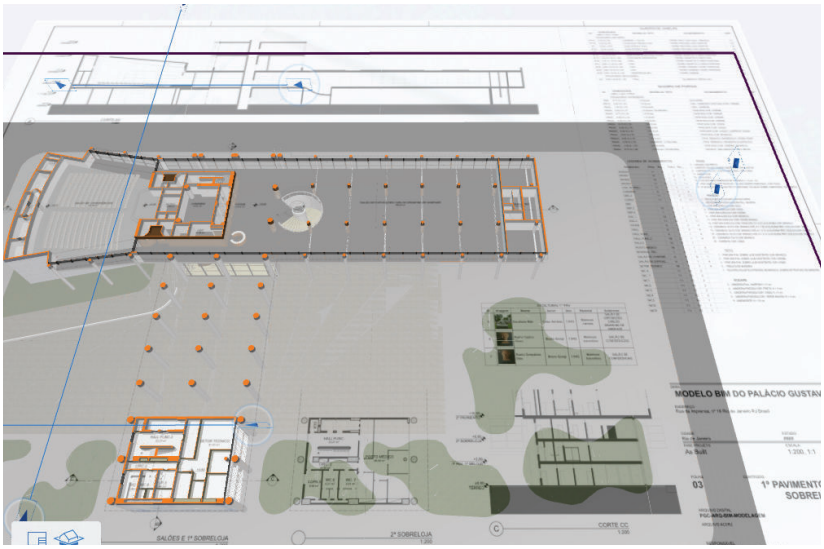

Figura 12: Visualização da planta interagindo com o modelo geométrico

Fonte: Canuto (2017).

A visita ao modelo completo pode ser realizada fazendo download gratuitamente do aplicativo BIMx disponível para *tablet* ou *smartphone*[5]. No caso do Palácio Gustavo Capanema, um edifício de aproximadamente 27.000 m2, o BIMx tornou eficiente a apresentação do projeto, pois gerou um modelo com fácil navegação, sendo possível ter acesso a toda lista de documentos, em sua maioria, referenciada ao modelo (Figura 13). Além disso, pode-se interagir com os elementos, utilizando a opção de visitação com *joystick* ou com o óculos de realidade virtual.

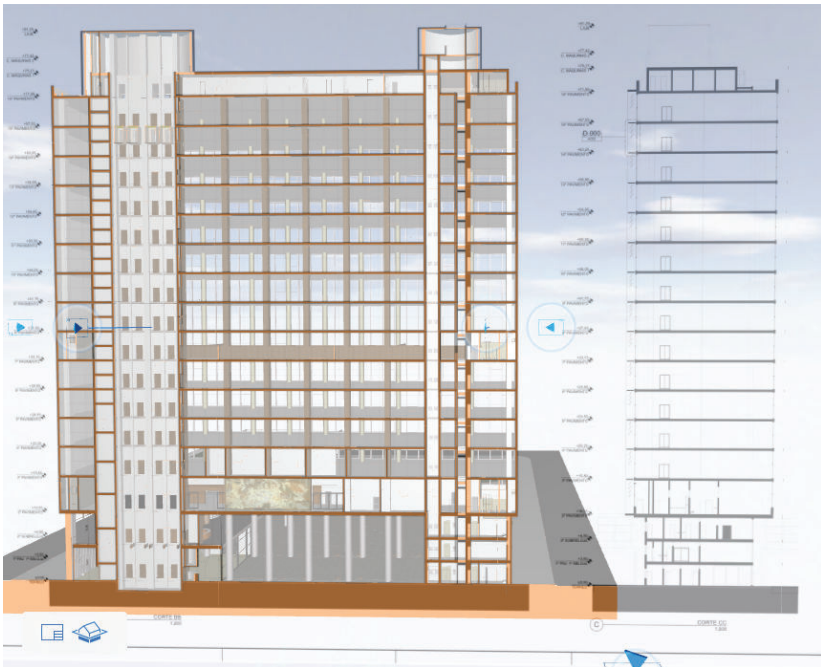

Figura 13: Visualização de Corte BIMx (Corte transversal - Bloco vertical)

Fonte: Canuto (2017).

5 Acesso pelo link: https://bimx.graphisoft.com/model/8c654eaf-1c34-4561-b9cf-5babad7b74b9

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho apresentou e discutiu técnicas para utilização integrada das tecnologias digitais com ênfase na plataforma BIM para preservação do patrimônio do período moderno. De acordo com a literatura, adoção das tecnologias digitais na preservação do patrimônio edificado oferece possibilidades pouco exploradas nesse setor. Observou-se através dos estudos sobre o tema, que a modelagem BIM de edificações existentes com interesse em preservação, tem seu processo facilitado a partir da adoção de ferramentas de levantamento, tais como a fotogrametria digital, DSM e a varredura a laser, que possibilitam a captura de dados 3D com precisão e fidedignidade da geometria. Nesse sentido, tem-se uma nova vertente na plataforma BIM, os modelos HBIM, considerados modelos BIM do patrimônio cultural edificado.

O estudo de caso desenvolvido na pesquisa, a modelagem BIM do Palácio Gustavo Capanema (PGC), mostrou-se ser uma forma de preservação da memória da edificação. A utilização do Archicad e seus *plug-ins* foi satisfatória com os objetivos do modelo, pois permitiu a sua divulgação, com o resgate e reunião de dados históricos que encontram-se distribuídos entre diferentes documentos, facilitando o estudo e análise das soluções projetuais adotadas entre 1937 e 1945. Ao desenvolver o modelo BIM de uma edificação existente, torna-se possível reviver o processo de concepção da obra, uma vez que todas as informações relacionadas ao projeto – incluindo arranjo físico, especificações e tecnologias – são acessadas visando à sua construção. Portanto, a modelagem BIM de edificações históricas revela-se também, uma interessante alternativa para o ensino de história da arquitetura.

Esse trabalho permitiu identificar algumas dificuldades, particularmente por se tratar de uma edificação histórica. A principal é a falta e a incompatibilidade de informações na documentação, agravado pelo acesso restrito à edificação. Com isso, o processo se tornou muito moroso e podendo comprometer a utilização posterior de alguns elementos pela perda de sua autenticidade em consequência da falta de informação. Outra questão, é o fato do software utilizado para modelagem ser mais apropriado para edifícios novos, foi observado a necessidade de maior funcionalidade do software quanto à integração de dados voltados para área de patrimônio cultural.

Em contrapartida, os estudos e desenvolvimento de modelos HBIM, tem mostrado possibilidades de criação de bibliotecas paramétricas de elementos construtivos complexos. Quando se trata da arquitetura moderna brasileira, evidencia-se que esta tem se beneficiado da utilização do BIM para fins de documentação. O estudo de caso desenvolvido revela resultados positivos em relação à modelagem de uma edificação do período moderno, devido à proximidade temporal da obra com os recursos presentes nas ferramentas BIM, como o Archicad, que possui muitos materiais e elementos presentes em sua biblioteca padrão, utilizados em construções modernistas.

Finalmente, a disponibilização do Palácio Gustavo Capanema numa plataforma BIM com suas características e informações do seu estado original, possibilita estudos futuros sobre a edificação e sua atualização (fase *as-is*), podendo auxiliar na gestão da manutenção da edificação. O modelo BIM desenvolvido é a reconstrução histórica documental do Palácio Gustavo Capanema com a junção de dados e pesquisas em um modelo BIM acessível, possibilitando a educação, divulgação e a preservação do patrimônio moderno.

REFERÊNCIAS

ARAYICI, Yusuf. Towards building information modelling for existing structures. **Structural Survey**, Salford, v. 26, n. 3, p. 210-222, 11 jul. 2008. Disponível em: https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/02630800810887108. Acesso em: 25 nov. 2015

ARAYICI, Y.; MAHDJOUBI, L.; COUNSELL, J. **Heritage Building Information Modelling.** Abingdon UK. 2017. Routledge. ISBN 9781138645684.

CANUTO, Cristiane Lopes; MOURA, Larissa Ribeiro de; SALGADO, Mônica Santos. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. **Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 7, n. 4, p. 252-264, 31 dez. 2016. Disponível em: http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456. Acesso em: 14 maio 2017.

CANUTO, C. L. **Modelo BIM e proposta de intervenção do Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro, RJ:** Pela preservação digital da arquitetura moderna. 2017. 169 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Projeto e Patrimônio), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

CENTENO, J. A. S; WUTKE, J. D.; KERSTING, A. P. B. Comparação de geração de modelos tridimensionais usando laser scanner terrestre e restituição fotogramétrica monocular. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO - SIMGEO, 1., 2004, Recife. **Anais [...].** Recife: 2004.

COGIMA, Camila Kimi et al. Digital scanning and BIM modeling for modern architecture preservation: the Oscar Niemeyer's Church of Saint Francis of Assis. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 22., 2018, São Carlos. **Proceedings [...].** São Paulo: Bluncher, 2018. p. 457-462. Disponível em: http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/29743. Acesso em: 1 dez. 2018

CUPERSCHMID, A. R. M.; CERAVOLO, A. L.; GRACHET, M. G.; FRANCO JUNIOR, J. C.; FABRICIO, M. M. Casa de Vidro: BIM e Gestão do Patrimônio Histórico Arquitetônico. **CADERNOS DO PROARQ (UFRJ)**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 30, p. 177-198, julho 2018. ISSN 1679- 7604

DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; MÜLLER, A.V. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. **Revista Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113-124 , jul./dez. 2015. Disponível em: http://www.periodicos.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/102710. Acesso em: 7 dez. 2015.

EASTMAN, Chuck et al. BIM Handbook: **A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

GARAGNANI, S.; MANFERDINI, A. M. Parametric accuracy: Building Information Modeling process applied to the cultural heritage preservation. In: ISPRS INTERNATIONAL WORKSHOP 3D-ARCH 2013 - 3D VIRTUAL RECONSTRUCTION AND VISUALIZATION OF COMPLEX ARCHITECTURES, 4., 2013, Trento. **Proceedings [...].** Trento: ISPRS, 2013.

GRAY, M. et al. Building Information Modeling: An International survey. In: WORLD BUILDING CONGRESS, 2013, Brisbane. **Proceedings [...].** Brisbane: Qeensland University of Technology, 2013. Disponível em: https://eprints.qut.edu.au/56516/1/WBC13-BIM-InternationalSurvey-MG.pdf. Acesso em: 03 fev. 2016.

GROETELAARS, N. J. **Criação de modelos BIM a partir de "nuvens de pontos"**: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

GROETELAARS, Natalie Johanna; AMORIM, Arivaldo Leão de. Um panorama sobre o uso de nuvens de pontos para criação de modelos BIM. In: ARQ.DOC 2012 - SEMINÁRIO NACIONAL: DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS, 2., 2012, Belém. **Anais eletrônicos [...].** Belém: LACORE/UFPA, 2012.

HUBER, Daniel; AKINCI, Burcu. As-Is Modeling – Capturing Existing Spatial Conditions Using Laser Scanners. In: AKIN, Ömer. **Embedded Commissioning of Building Systems.** Norwood: Artech House, 2011.

FRANCO JÚNIOR, Júlio César; COSTA, Heliara Aparecida; FABRÍCIO, Márcio

Minto. BIM and Aerial Photogrammetry: building documentation of E1 - USP São Carlos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 22., 2018, São Carlos. **Proceedings [...].** São Paulo: Bluncher, 2018. p. 574-580. Disponível em: http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/29798. Acesso em: 1 dez. 2018

KHODEIR, Laila M.; ALY, Dalia; TAREK, Shaimaa. Integrating HBIM (Heritage Building Information Modeling) Tools in the Application of Sustainable Retrofitting of Heritage Buildings in Egypt. **Procedia Environmental Sciences**, v. 34, p. 258-270, 2016. Elsevier BV. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616300469?via%3Dihub. Acesso em: 8 jan. 2017.

KIM, M.J. et al. Virtual Reality for the built environment: a critical review of recent advances. **Journal of Information Technology in Construction.** v. 16, p. 279-305, ago. 2013. Disponível em: http://www.itcon.org/2013/14. Acesso em: 2 abr. 2017.

LOGOTHETIS, S.; DELINASIOU, A.; STYLIANIDIS, E. Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review. In: INTERNATIONAL CIPA SYMPOSIUM, 25., 2015, Taipei. **Anais [...]**. Taipei: ISPRS, 2015, p. 177-183. Disponível em: https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-5-W3/177/2015/. Acesso em: 24 nov. 2016.

LISSOVSKY, M.; SÁ, P. S. M. **Colunas da educação: a construção do Ministério da Educação e Saúde (1935-1945).** Rio de Janeiro: MINC/IPHAN, 1996.

MURPHY, Maurice; MCGOVERN, Eugene; PAVIA, Sara. Historic building information modelling (HBIM). **Structural Survey**, v. 27, n. 4, p. 311-327, 27, ago. 2009. Emerald. Disponível em: https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/02630800910985108. Acesso em: 23 mar. 2015.

NIBS. NATIONAL INSTITUTE OD BUILDING SCIENCES. National Building Information Modeling Standard. Version 1- Paet 1: Overview, Principles and Methodologies. Washingtin, 2007. 161 p. Disponível em: http://www.1stpricing.com/pdf/NBIMSv1_ConsolidatedBody_Mar07.pdf. Acesso em: 3 jan. 2016.

RUSSELL, P.; ELGER, D. The Meaning of BIM. In: ECAADE CONFERENCE, 26., 2008, Antwerpen. **Proceedings [...].** Antwerpen: The Higher Institute of Architectural Sciences, Henry van de Velde, 2008. p. 531-536. Disponível em: https://cumincad.architexturez.net/doc/oai-cumincad-works-id-ecaade2008-190. Acesso em: 20 abril 2016.

SALGADO, M. S.; CUNHA, M. A. B.; DUARTE, T. M. P. Desenvolvimento de projetos sustentáveis usando a plataforma BIM: estudo de caso na Cidade do Rio de Janeiro In: EURO ELECS LATIN AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON SUSTAINABLE BUILDINGS, 2015, Guimarães. **Proceedings [...].** Portugal: ANTAC, jul. 2015. v. 2, p. 1501-1511. Disponível em: http://civil.uminho.pt/Euro-ELECS-2015/files/Euro-ELECS_2015-Proceedings_Vol2.pdf. Acesso em: 15 out. 2016.

SEGRE, Roberto. **Ministério da Educação e Saúde ícone urbano da modernidade brasileira.** São Paulo: Romano Guerra editora, 2013.

SGUIZZARDI, Silvio. **Modelando o Futuro:** A Evolução do Uso de Tecnologias Digitais no Desenvolvimento de Projetos de Arquitetura. 2011. 174f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SOARES, J. **A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático.** 2013. 180f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2013.

WORLD ECONOMIC FORUM, **The future of jobs:** employment, skills and workforce strategy for the Fourth Industrial Revolution. Report. Geneva: WEF, 2016. Disponível em: https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs. Acesso em: 5 dez. 2016.

Cristiane Lopes Canuto
cricanuto@gmail.com

Mônica Santos Salgado
monicassalgado@ufrj.br