

Universidade Federal do Rio de Janeiro

MODELO BIM E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NO PALÁCIO
GUSTAVO CAPANEMA, RIO DE JANEIRO-RJ:

PELA PRESERVAÇÃO DIGITAL DO PATRIMÔNIO MODERNO

Cristiane Lopes Canuto

2017

MODELO BIM E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NO
PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA, RIO DE JANEIRO- RJ:
PELA PRESERVAÇÃO DIGITAL DO PATRIMÔNIO MODERNO

Cristiane Lopes Canuto

Dissertação de Mestrado Profissional em Projeto e Patrimônio apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Projeto e Patrimônio.

Orientadora: Prof. Dra. Mônica Santos Salgado

Rio de Janeiro
Setembro de 2017

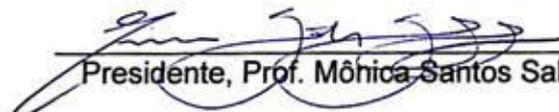
MODELO BIM E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NO
PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA, RIO DE JANEIRO- RJ:
PELA PRESERVAÇÃO DIGITAL DO PATRIMÔNIO MODERNO

Cristiane Lopes Canuto

Mônica Santos Salgado

Dissertação de Mestrado Profissional em Projeto e Patrimônio submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Projeto e Patrimônio.

Aprovada por:



Presidente, Prof. Mônica Santos Salgado



Prof. Ethel Pinheiro Santana



Prof. Marcio Minto Fabrício

Canuto, Cristiane Lopes.

Modelo BIM e proposta de intervenção no Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro- RJ : Pela preservação digital da arquitetura moderna /Cristiane Lopes Canuto. - Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2017. xi, 175f.: il.; 31 cm.

Orientador: Mônica Santos Salgado

Dissertação (mestrado profissional em projeto e patrimônio) – UFRJ/ PROARQ/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2002.

Referências Bibliográficas: f. 170-175.

1. Tecnologias digitais na preservação da arquitetura moderna. 2. Modelo BIM do patrimônio cultural edificado. I. Salgado, Mônica Santos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.

Para todos que defendem
universidades públicas, gratuitas
e de qualidade.

Agradecimentos

À minha mãe Gilmar Canuto, uma pessoa que nunca mediu esforços para me proporcionar oportunidades e um exemplo da importância da continuidade dos estudos para minha vida.

À minha família, em especial, à minha irmã Tatiana Canuto, pelo amor, confiança e estímulo.

Ao meu namorado Fábio Freitas, pela paciência, apoio e incentivo, sendo essencial para essa conquista.

Aos meus amigos e irmãos desde a graduação, Caetano Caestine, Cesar Baptista, Lucas Gaspar, Marcelo Trindade e Guilherme Del'Arco, pelo carinho e suporte por todos esses anos.

Aos meus queridos amigos Nayara Gevú, Larissa Ribeiro, Renata Deiró e João Leal pelas importantes contribuições na realização desse trabalho.

À orientadora Mônica Salgado, pelos valiosos ensinamentos e constante apoio para minha formação acadêmica.

Aos membros da banca Ethel Pinheiro e Márcio Fabrício pela disposição em participar e acrescentar suas experiências a este trabalho.

A todos os que de alguma forma contribuíram para este trabalho, meus sinceros agradecimentos.

CANUTO, Cristiane Lopes. **Modelo BIM e proposta de intervenção no Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro- RJ** : Pela preservação digital da arquitetura moderna. 2017. 175 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Projeto e Patrimônio) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa de mestrado é demonstrar as potencialidades oferecidas pelas ferramentas digitais na preservação digital do patrimônio arquitetônico com ênfase para o patrimônio moderno. Atualmente o patrimônio moderno encontra-se em considerável risco por fatores como: a falta de proteção e tombamento, fragilidade e vulnerabilidade dos materiais, obsolescência funcional e a falta de atribuição de valor. Visando esse legado, realizou-se a modelagem BIM (*Building Information Modelling*) de um exemplar da arquitetura moderna carioca: o Palácio Gustavo Capanema, apresentando a reconstrução digital da edificação em sua fase de construção 1937-1945 e proposta de intervenção para o pavimento Cobertura. O modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema foi desenvolvido a partir de estudos sobre HBIM (*Historic ou Heritage building Information Modelling*), levantamento cadastral de 1996 em CAD 2D, documentação histórica, medição direta, fotogrametria e DSM (*Dense Stereo Matching*). Os resultados são os registros das principais alterações pelas quais passou o projeto desde a concepção em 1937 até a edificação construída 1945, reunindo aspectos históricos, construtivos e cronológicos em um único modelo parametrizado. Destaca-se na dissertação as principais dificuldades encontradas no levantamento de dados e na modelagem, como também as possibilidades oferecidas pela plataforma BIM na gestão de informações e documentação digital que serão essenciais para um programa de manutenção e conservação. Para finalizar apresenta-se uma proposta de intervenção em um recorte da edificação no modelo BIM que consiste em estudos preliminares para requalificação da Cobertura. O modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema pode ser divulgado em vários meios e é uma forma de preservação da memória da edificação, sendo possível através dele gerar modelos para aplicações específicas além da arquitetura, engenharia e construção como: área de restauro, instalações de museus; experiências de realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA).

Palavras-chave: HBIM, Preservação Digital, Patrimônio Virtual, Patrimônio Moderno, Palácio Gustavo Capanema

ABSTRACT

The purpose of this master's research is to demonstrate the potential offered by digital tools in digital preservation of modern heritage. Currently, modern heritage is at considerable risk because of reasons such as, lack of protection and tipping, fragility and vulnerability of materials, functional obsolescence and default of value attribution. Aiming at this legacy, was developed the BIM (Building Information Modelling) of a modern architecture example from Rio de Janeiro: Gustavo Capanema Palace. In this sense, presenting the digital reconstruction in its construction phase 1937-1945 and a proposal of intervention for the Penthouse. The BIM model of the Gustavo Capanema Palace was developed from studies about HBIM (Historic or Heritage building Information Modeling), 1996 survey in 2D CAD, historical documentation, direct measurement, photogrammetry, and DSM (Dense Stereo Matching). The results are the records of the main changes from conception architectural design in 1937 to the as-built in 1945, bringing together historical, constructive and chronological aspects in a single parametrized model. It highlights the main difficulties encountered in data collection and modeling, as well as the possibilities offered by the BIM platform in information management and digital documentation that will be essential for its program of maintenance and conservation. Finally, was developed a proposal for intervention using the BIM model, which consists of preliminary studies to requalify the Penthouse. The BIM model of the Gustavo Capanema Palace can be disseminated in different media and it's a way of preserving the building memory, being possible through it to generate models for specific applications besides architecture, engineering and construction as: restoration area; museum facilities; experiences of virtual reality (VR) and augmented reality (AR).

Keywords: HBIM, Digital preservation, Virtual Heritage, Modern heritage, Gustavo Capanema Palace

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO 1 – Tecnologias Digitais na Preservação do Patrimônio Cultural	27
1.1 Divulgação e salvaguarda do patrimônio cultural no meio digital e virtual	34
1.2 Panorama sobre a plataforma BIM	35
1.3 Dimensões da plataforma BIM	39
1.4 Ferramentas digitais no levantamento do patrimônio cultural edificado	44
1.4.1 Fotogrametria digital	49
1.4.2 <i>Dense stereo matching</i> (DSM)	51
1.4.3 <i>3D Laser scanning</i> (LS)	55
1.5 Modelos HBIM (<i>Historic Building Information Modelling</i>)	57
1.6 Modelos BIM: <i>as-designed, as-built e as-is</i>	63
CAPÍTULO 2 – Objeto de Estudo: do MES ao Palácio Gustavo Capanema	66
2.1 Contextualismo urbano: O MES e a cidade do Rio de Janeiro	71
2.2 O MES como materialização do modernismo	79
2.3 Principais alterações e estado atual da edificação	88
2.4 A Cobertura – Área de intervenção	93
CAPÍTULO 3 – Processo de Modelagem Histórica BIM do Palácio Gustavo Capanema	101
3.1 Pesquisa iconográfica	104
3.2 Informações iniciais	108
3.3 Modelo BIM <i>as-built</i> 1945	111
3.4 Modelo BIM <i>as-designed</i> 1937	131
3.5 Resultados	134
3.6 Divulgação	144
CAPÍTULO 4 – Proposta de Requalificação da Cobertura	149
4.1 Informações iniciais	152
4.2 Diretrizes	154
4.3 Estudo preliminar para requalificação da Cobertura	159
4.4 Percorso de exposições	163
Considerações Finais	166
Referências Bibliográficas	170

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Temas relacionados na dissertação	22
Figura 02 – Etapas de trabalho da dissertação	23
Figura 03 – Linha do tempo retratando as fases e produtos gerados do modelo BIM.....	26
Figura 04 – Dimensões da Plataforma BIM	40
Figura 05 – Classificação das principais técnicas de levantamento do patrimônio cultural edificado	45
Figura 06 – Restauração de busto danificado através da Impressão 3D	47
Figura 07 – Exemplos de Imagens Termográficas em Edificações	47
Figura 08 – Modelo gerado pela técnica da fotogrametria esférica – Hall da Assembleia	48
Figura 09 – Modelos divulgados no site da <i>Autodesk</i>	54
Figura 10 – HBIM	59
Figura 11 – Modelo BIM Sydney Opera House	60
Figura 12 – Modelo do painel FAU – UFRJ, em nuvem de pontos e modelo BIM	62
Figura 13 – Imagem do painel da FAU UFRJ resultado da modelagem a partir da nuvem de pontos	63
Figura 14 – Palácio Gustavo Capanema	68
Figura 15 – Terraço-jardim do 2º Pavimento	68
Figura 16 – Mapa de localização e perímetro de tombamento do edifício Palácio Gustavo Capanema	70
Figura 17 – Mapa Evolução Urbana	72
Figura 18 – Foto á esquerda, no fundo, a Esplanada do Castelo após o desmonte e a Avenida Central em destaque	73
Figura 19 – Mapa Estrutura Morfológica Atual	75
Figura 20 – Mapa Aspectos Funcionais	75
Figura 21 – Palácio Gustavo Capanema	76
Figura 22 – Prédio A.B.I	76
Figura 23 – Foto aérea do quarteirão do Palácio Gustavo Capenema	77

Figura 24 – Maquete apresentada para Gustavo Capanema em 1938 (Fachada sul bloco vertical)	79
Figura 25 – Croquis do MES, comparação entre projetos: elevação acima e implantação a esquerda (projeto Le Corbusier), elevação abaixo e implantação a direita (projeto Equipe Lúcio Costa)	80
Figura 26 – Plantas do Térreo: (a) Croqui Equipe Lúcio Costa 1936, (b) Planta do primeiro <i>as-built</i> 1947.....	82
Figura 27 – Diagrama de usos e acessos ao público no edifício	84
Figura 28 – Corte Esquemático Longitudinal	85
Figura 29 – Planta de acessos no Térreo	85
Figura 30 – Foto Cobertura década de 70	86
Figura 31 – Planta do Pavimento Tipo do bloco vertical com distribuição elétrica e Foto da caixa de distribuição	87
Figura 32 – Túnel Subterrâneo	88
Figura 33 – Detalhes de esquadrias metálicas, persiana de madeira, <i>brise-soleil</i> , tijolo de vidro e luminária	91
Figura 34 – Planta restaurante, Cobertura – 16º Pavimento.....	94
Figura 35 – Foto vista do terraço jardim próximo ao antigo Salão do Ministro	94
Figura 36 – Foto da Cobertura (16º pavimento)	95
Figura 37 – Acesso Restrito	96
Figura 38 – Fachada norte Cobertura	96
Figura 39 – Planta Levantamento Cadastral 1996	98
Figura 40 – Foto da Cobertura em 2001	98
Figura 41 – Foto da Cobertura em 2009	99
Figura 42 – Foto visita julho 2017 – Fachadas reformadas	99
Figura 43 – Foto do Interior não Reformado	100
Figura 44 – Planta do segundo pavimento do Palácio Gustavo Capanema de 1961(<i>as-built</i>)	107
Figura 45 – Detalhe PRPPC- Portas de abrir Hall Privativo	108
Figura 46 – Incompatibilidade no posicionamento dos Pilares – Pavimento térreo, em roxo (Hall Privativo) e 1º Pavimento em laranja (Camarim)	109

Figura 47 – Incompatibilidade das paredes da Fachada – Pavimento Cobertura em roxo (Recepção) e Casa de Máquinas 1 em laranja	110
Figura 48 – Incompatibilidade desenho e Quadro de Esquadrias – Pavimento Cobertura	110
Figura 49 – Esquema modelagem BIM Palácio Gustavo Capanema	111
Figura 50 – Quadro de Definições de Piso e Pé Direito	114
Figura 51 – Corte Transversal	114
Figura 52 – Modelo estrutural da edificação	115
Figura 53 – Detalhe da Mísula	116
Figura 54 – Modelo destacando através de sobreposições do <i>Archicad</i> as circulações verticais do bloco vertical – vista da fachada sul	117
Figura 55 – Fachada norte do modelo, janela 3D do <i>Archicad</i>	118
Figura 56 – Parede de tijolos de vidro do hall principal – vista da Rua da Imprensa e <i>brise soleil</i> com o 2º Pav. Selecionado	119
Figura 57 – Detalhe esquadria – informações vinculadas ao modelo	120
Figura 58 – Modelagem da luminária com as informações técnicas e históricas presentes no modelo	121
Figura 59 – Visita técnica em 2017. À esquerda fachada norte. A direita Hall Principal – Térreo	122
Figura 60 – Planta de localização das esculturas	123
Figura 61 – Da esqu. Para dir. - “Mulher reclinada” 1940, “Mãe” 1943, “Mulher” 1945 e o Busto de Getúlio Vargas	124
Figura 62 – Modelo da “Mãe” e “Mulher Reclinada” utilizando o <i>Remake</i>	125
Figura 63 – Modelo da “Mãe” e “Mulher Reclinada” na biblioteca do <i>Archicad</i>	125
Figura 64 – Modelo BIM ilustrando corte no 2º Pav. e o painel voltado para Avenida Graça Aranha	126
Figura 65 – Foto da obra no 2º pavimento	127
Figura 66 – Modelo renderizado no <i>Archicad</i> com a escultura “Mãe” no topo da escada	128
Figura 67 – Foto da escultura “Mulher reclinada” e sua posição atual na edificação	128
Figura 68 – Foto escultura “Mãe” localizada na praia de Botafogo no Rio de Janeiro	129

Figura 69 – Documentação fachadas norte e leste (<i>as-designed</i> 1937 e <i>as-built</i> 1945).....	130
Figura 70 – Modelo em croqui representando a fase <i>as-designed</i> 1937	131
Figura 71 – Modelo representando a fase <i>as-designed</i> 1937	132
Figura 72 – Modelo representando as modificações realizadas no projeto entre as fases <i>as-designed</i> 1937 e <i>as-built</i> 1945	133
Figura 73 – Documentação da Planta de Situação no <i>Archicad</i>	135
Figura 74 – Malha de pilares no modelo	136
Figura 75 – Mudança da seção dos pilotis no modelo	136
Figura 76 – <i>Timeline</i> da esquerda para direita, 1937 a 1945, marcando as principais modificações durante a construção	137
Figura 77 – Planta 1937 -1945, marcando as principais modificações durante a construção	137
Figura 78 – Térreo	138
Figura 79 – 1º pavimento e 1º sobreloja	139
Figura 80 – 1º pavimento e 2º sobreloja	139
Figura 81 – 2º pavimento	140
Figura 82 – Pavimento tipo (3º ao 15º).....	140
Figura 83 – Cobertura (16º Pavimento) e casas de máquinas	141
Figura 84 - Planta 1º Pavimento / 1º e 2º Sobrelojas	142
Figura 85 – Aplicativo BIMx utilizado para divulgação	145
Figura 86 – Documentação fachadas (<i>as- designed</i> 1937 e <i>as- built</i> 1945) integradas ao hipermodelo – BIMx	146
Figura 87 – Visualização da planta interagindo com o hipermodelo – BIMx (1º Pav.).....	147
Figura 88 – Visualização de Corte – BIMx (Corte transversal - Bloco vertical)	147
Figura 89 – Opção de “caminhar” no modelo com <i>joystick</i> – BIMx	148
Figura 90 – Modelo Cobertura fachada sul	150
Figura 91 – Modelo Cobertura fachada norte	151
Figura 92 – Foto da Cobertura, 2017	152

Figura 93 – Foto da Cobertura, Fachada principal – sul	153
Figura 94 – Área lateral próxima ao antigo restaurante destinado ao ministro	153
Figura 95 – Interior, vista janela em fita intervenção do forro- Fachada norte	154
Figura 96 – Interior, mureta com instalação com elétrica – sala desativada	154
Figura 97 – Setorização do espaço interno	156
Figura 98 – Exemplo de horta Urbana modular	158
Figura 99 – Colmeia Urbana sobre a Ópera	159
Figura 100 – Proposta Café-Bistrô	160
Figura 101 – Planta proposta de intervenção e setorização	161
Figura 102 – Planta da proposta de intervenção – construir e demolir.....	162
Figura 103 – Perspectiva da proposta de requalificação	163
Figura 104 – Croquis da proposta de requalificação	163
Figura 105 – Perspectiva humanizada da proposta de requalificação	164
Figura 106 – Uso do terraço- jardim para contemplação	165

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Quadro de <i>Softwares</i> e Fase do Ciclo da Edificação	39
Quadro 02 – Características e aplicações das técnicas de levantamento do patrimônio edificado	45
Quadro 03 – Classificação da fotogrametria digital	50
Quadro 04 – Classificação do 3D <i>laser scanning</i>	56
Quadro 05 – Principais intervenções no Palácio Gustavo Capanema	89
Quadro 06 – Documentação encontrada em caixas	106
Quadro 07 – Documentação encontrada em gavetas da mapoteca	106
Quadro 08 – Processo (Livro de Tombo)	106

LISTA DE ABREVIATURAS

2D	BIDIMENSIONAL
3D	TRIDIMENSIONAL
AEC	ARQUITETURA ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO
AECO	ARQUITETURA ENGENHARIA , CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO
AIA	AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS
BIM	BUILDING INFORMATION MODELLING
CAD	COMPUTER AIDED DESIGN
CIPA	COMITÉ INTERNATIONAL DE PHOTOGRAMMÉTRIE ARCHITECTURALE
DOCOMOMO	INTERNATIONAL COMMITTEE FOR DOCUMENTATION AND CONSERVATION OF BUILDINGS, SITES AND NEIGHBOURHOODS OF THE MODERN MOVEMENT.
DSM	DENSE STEREO MATCHING
HBIM	HISTORIC/ HERITAGE BUILDING INFORMATION MODELLING
ICOMOS	INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES
IFC	INDUSTRY FOUNDATION CLASSES
IPHAN	INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO ARTÍSTICO NACIONAL
LIDAR	LIGHT DETECTION AND RANGING
LOD	LEVEL OF DETAIL/ LEVAL OF DEVELOPMENT
LS	LASER SCANNING
PGC	PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA
PRPPC	PROJETO DE RECUPERAÇÃO E PRESERVAÇÃO DO PALÁCIO DA CULTURA
SAPGC	SOCIEDADE DOS AMIGOS DO PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA
UNESCO	UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION
VANT	VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO

INTRODUÇÃO

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 vivemos. Dentre elas, a internet móvel, “nuvem”, robótica, manufatura aditiva, cultura maker, inteligência artificial, avanço na quantidade e qualidade de softwares e aplicativos vem, nos últimos anos, transformando as formas de trabalho, o modo como as pessoas se relacionam, a dimensão de tempo e as barreiras da distância.

Tecnologias digitais como tecnologia neuromórfica, que busca simular a complexa rede de interconexões do cérebro, estão evoluindo e tendem revolucionar o futuro próximo, permitindo possibilidades nunca imaginadas em diferentes setores, transformando várias áreas de conhecimento, podendo proporcionar a realização de trabalhos com mais eficiência e dinamismo. Entretanto, o avanço das tecnologias pode trazer um outro lado, relacionado com a essência das atividades humanas, conforme Kenski (2007, p.19), “As tecnologias invadem as nossas vidas, ampliam a nossa memória, garantem novas possibilidades de bem estar e fragilizam as capacidades naturais do ser humano”. Com menos contato físico, as pessoas podem ter dificuldade em desenvolver habilidades sociais e reações emocionais sendo cada vez mais difícil se conectar ao mundo real.

No setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) 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 (KIM et al., 2013; SGUIZZARDI, 2011). Diante disso, a parametrização de modelos ¹, automatização das construções e fabricação digital tem ganhado espaço e vem oferecendo possibilidades interativas com elementos que reconhecem um ambiente

¹ Os modelos paramétricos podem ser definidos, ajustados ou calibrados através de valores (parâmetros) determinados pelo usuário. Os parâmetros são estabelecidos hierarquicamente e podem controlar a forma e outras propriedades dos modelos. O conceito de modelagem paramétrica pressupõe a existência de meta-modelos e de instanciação (AMORIM, 2014).

a sua volta e reage a ele, isso se dá através de sistemas ciberfísicos, que são possíveis graças à internet das coisas e à computação na nuvem.

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 plataforma² BIM - *Building Information Modeling*. A adoção da plataforma BIM pode contribuir significativamente para a integração das informações provenientes de diferentes disciplinas do projeto em um único modelo digital. Com isso é possível antecipar de forma mais efetiva as decisões projetuais, controlar os custos, o prazo da obra, uso-operação e manutenção, em uma nova metodologia de trabalho.

Paralelamente a isso, nos últimos dez anos ficou mais viável gerar modelos geométricos de elevada qualidade, isso se remete ao avanço de *hardwares*, *softwares* e tecnologias de levantamentos de captura da realidade que geram modelos fotorrealísticos. A área de patrimônio cultural pode se beneficiar com a utilização dessas tecnologias, pois o resultado é a geração de modelos de superfície 3D, com uma visualização mais efetiva sobre o aspecto físico de como se encontra a edificação, permitindo a reconstrução digital, identificação do estado de conservação e elaboração do mapa de danos mais fiel a realidade, facilitando assim, a tomada de decisões quanto aos métodos a serem usados para a intervenção e restauração (CANUTO; SALGADO, 2016).

Dentre as opções de levantamento digitais com técnicas de aquisição de dados 3D, *Laser scanning* – o escaneamento a laser – 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 com impressão 3D para reconstruções e fabricação de maquetes táteis.

² 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).

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, os quais 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. Ter um modelo virtual semelhante a obra original pode permitir a reconstrução física e vem auxiliar de forma significativa na salvaguarda desse patrimônio. Destruição desses bens com guerras, como na cidade de Alepo e Palmira na Síria, constantemente atacadas por terroristas do Estado Islâmico, tem acarretado perdas inestimáveis para o patrimônio cultural da humanidade. Pesquisadores do projeto *Syrian Heritage Archive Project*³ estão trabalhando, desde 2013, para construir um registro digital, baseado na *web*, dos lugares arqueológicos e monumentos históricos da Síria.

O patrimônio cultural edificado também fica fragilizado em relação as catástrofes naturais, como exemplo, os terremotos de 2016 na Itália que afetaram significativamente suas construções, destruindo parcialmente e totalmente alguns vilarejos incluindo importantes edifícios culturais . 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.

Nesse sentido, o objetivo da presente dissertação é demonstrar as possibilidades oferecidas pelas ferramentas digitais na preservação do patrimônio arquitetônico, a ênfase é dada para a arquitetura moderna através de um estudo de caso que envolve a modelagem BIM e proposta de intervenção de uma edificação desse legado- o Palácio Gustavo Capanema, antigo Ministério da Educação e Saúde (MES), 1945. Considerado ícone da arquitetura moderna da cidade do Rio de Janeiro, foi projetado pela equipe de arquitetos de Lúcio Costa, construído entre

³ Iniciativa do Ministério Federal das Relações Externas da Alemanha para o registro digital do patrimônio cultural Sírio.

1937 a 1945 e tombado em março de 1948 pelo SPHAN - Serviço do Patrimônio Artístico e Nacional.

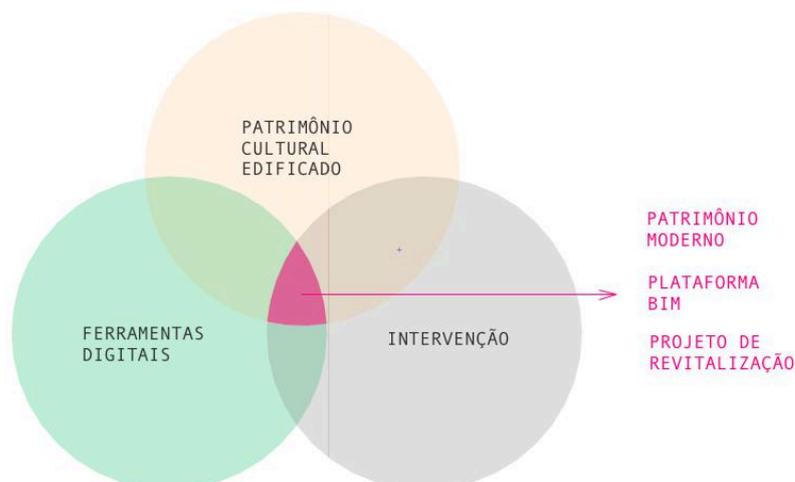
O Palácio Gustavo Capanema tem uma relevante importância, não apenas na arquitetura moderna brasileira, mas também na história, memória, contextualização política e urbana, sendo o primeiro edifício moderno público do mundo (SEGRE, 2013). O projeto que se iniciou com um concurso público em 1935 só viria a ser definido em 1937 após a consultoria do arquiteto Le Corbusier e assim houve a plena materialização dos cinco pontos da nova arquitetura para o edifício que seria o Ministério da Educação e Saúde (MES).

A modelagem BIM do Palácio Gustavo Capanema foi realizada a partir de dados históricos, levantamento cadastral em CAD 2D de 1996, levantamentos digitais (fotográfico, DSM – *Dense Stereo Matching*) e medição direta. Acredita-se que modelos BIM das edificações de interesse para a preservação podem trazer benefícios ainda não explorados pelo setor, uma vez que tornaria possível a construção de um modelo onde as informações do projeto estariam associadas às fichas técnicas dos materiais, aos relatórios das obras e alterações realizadas na edificação ao longo dos anos, permitindo o acompanhamento do ciclo de vida da edificação.

Contudo, na área de patrimônio cultural, verifica-se que os estudos da utilização da plataforma BIM e das tecnologias de captura da realidade em integração com o BIM, ainda tem sido abordado de forma inicial, geralmente são tratados de forma separada, no caso das tecnologias de captura da realidade, são tratadas na área de documentação do patrimônio cultural e a plataforma BIM, tem mais ênfase na área de construção civil e desenvolvimento de projetos arquitetônicos novos.

A motivação do projeto de pesquisa parte por entender a importância do uso da integração de tecnologias e dados através da plataforma BIM, contribuindo para preservação do patrimônio cultural edificado. Portanto os temas que norteiam o projeto de pesquisa são: **ferramentas digitais, patrimônio cultural edificado e intervenção.**

Figura 01 – Temas relacionados na dissertação



Fonte: elaboração da autora, 2017

A escolha da preservação do patrimônio moderno está atribuída ao interesse na preservação da arquitetura, das artes, do urbanismo e do paisagismo modernos, que por sua vez encontra-se em considerável risco. O Brasil possui um significativo acervo de exemplares modernos tombados em comparação com outros países, a legislação brasileira a nível federal não estabelece um limite cronológico para inscrição de monumentos no processo de tombamento (CARVALHO, 2005). No entanto a prioridade dos órgãos de proteção ao patrimônio fica mais voltados para estilos anteriores ao modernismo, a resistência em reconhecer as obras modernas como patrimônio passível de proteção ocorre devido à relativa proximidade temporal do modernismo com o presente, somando-se às dificuldades econômicas para a cultura nos setores de tombamento e preservação do patrimônio cultural.

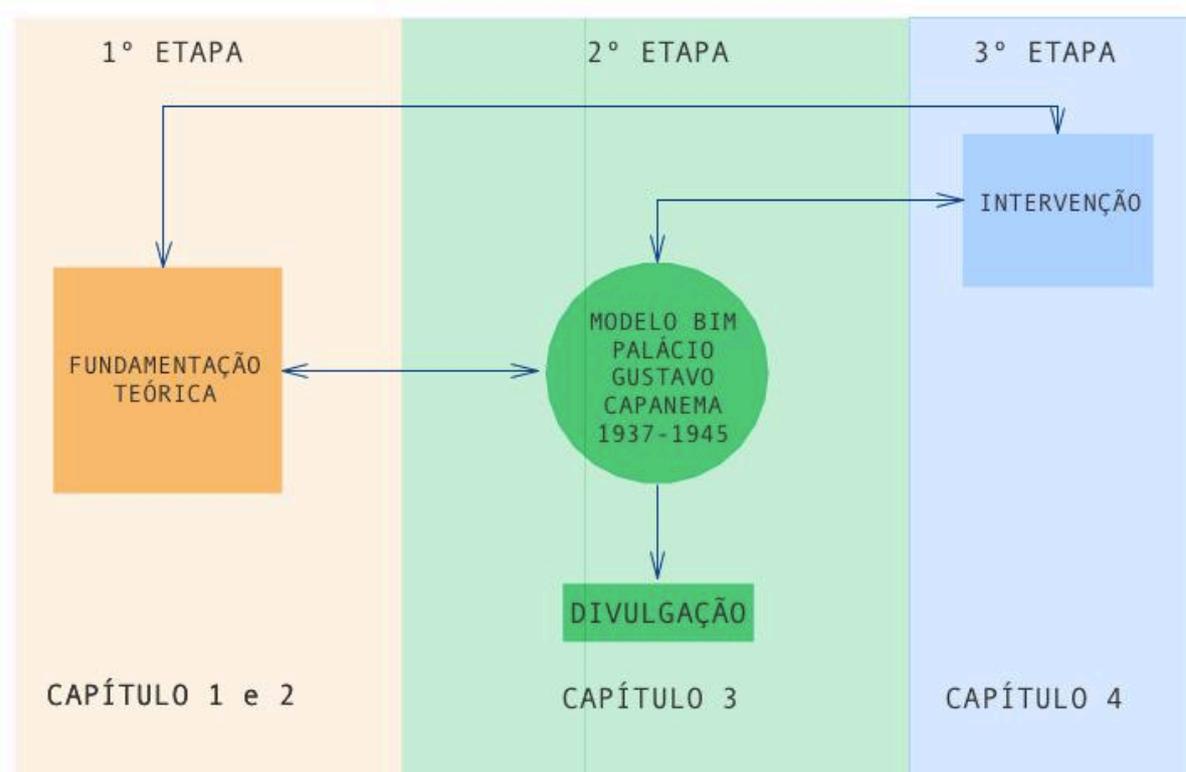
Apesar das construções modernas serem mais recentes dentro do âmbito patrimônio cultural edificado, os materiais e sistemas estruturais que definem o movimento moderno eram inovadores para a época e pouco se conhecia quanto ao seu comportamento ao longo do tempo, mostrando-se a vulnerabilidade e fragilidade de seus materiais e sistemas construtivos (CARVALHO, 2005, LISSOVSKY; SÁ, 1996; SEGRE, 2013).

Ainda hoje os profissionais do patrimônio nem sempre tem dados científicos suficientes sobre a natureza e o comportamento desses materiais e sistemas para desenvolver os protocolos necessários para o tratamento e conservação. Iniciativas

como *Keeping it Modern*⁴ da fundação *The Getty Foundation* iniciou em 2014 o financiamento de projetos internacionais que visam a criação de planos de gestão da conservação que orientam as políticas de manutenção e preservação a longo prazo, a investigação minuciosa das condições de construção e o teste e análise de materiais do período moderno.

A dissertação em questão foi desenvolvida conforme figura 02 seguindo uma metodologia de pesquisa dividida em três etapas:

Figura 02 – Etapas de trabalho da dissertação



Fonte: elaboração da autora, 2017

1ª Etapa – Capítulo 1 e 2

Fundamentação teórica

A **Fundamentação teórica** consiste na revisão bibliográfica sobre o conjunto de assuntos contidos nos temas da dissertação. Intenciona-se mostrar o estado da arte das ferramentas digitais na área do patrimônio cultural que contribuem, para a documentação, intervenção e para o ciclo de vida da edificação em interesse em

⁴ http://www.getty.edu/foundation/initiatives/current/keeping_it_modern/

preservação. É retratado questões sobre acesso e preservação do patrimônio digital e virtual, identificados através de documentos e cartas patrimoniais. A ênfase está voltada para tecnologias utilizadas no levantamento em patrimônio cultural edificado, abordando a importância de aquisição de dados 3D com foco na fotogrametria digital, DSM e 3D *laser scanning* em integração com a plataforma BIM, gerando modelos HBIM (*Historic Building Information Modelling*).

A questão da preservação do patrimônio do período moderno e o objeto de estudo – o Palácio Gustavo Capanema – também foram explorados na fundamentação teórica. O estudo parte da escala do entorno para o edifício, através de pesquisas bibliográfica, iconográfica e de campo, compreendendo a sua história e evolução urbana, fazendo um panorama sobre questões históricas urbanísticas e morfológicas do entorno do edifício Palácio Gustavo Capanema, onde se localizava o Morro do Castelo. Retrata o objeto de pesquisa descrevendo sua construção, seu valor patrimonial na materialização do modernismo brasileiro, principais alterações, se dedicando ao andar de intervenção, a Cobertura - o 16º pavimento

2ª Etapa – Capítulo 3

Modelagem BIM - fases históricas 1937 e 1945 e Divulgação

A Pesquisa iconográfica e de campo sobre o objeto de estudo, visa obter documentação, conferir incompatibilidade de desenhos (medições direta *in loco* e levantamento fotográfico), extrair mais as informações relativas às características físicas do edifício e sua relação com o entorno. Após essa etapa foi organizado os resultados da documentação pesquisada, fazendo a seleção do material para a modelagem.

O modelo se desenvolve por fases históricas definidas após os resultados da pesquisa documental, explorando a plataforma BIM na integração de dados históricos. As fases históricas são: **1937** *as-designed* (como projetado), **1945** *as-built* (como construído). A **Modelagem BIM**, consiste primeiramente em planejar o processo de modelagem até o resultado que se pretende chegar em cada fase do modelo, nessa etapa determina-se quais tecnologias e *softwares* serão utilizadas, e as metodologias de trabalho. Descreve-se seus desafios, organização, possibilidades de análises históricas, resultados e divulgação.

A intenção da **Divulgação** se foca no modelo ser acessível para estudantes de arquitetura e profissionais da área de AEC, contribuindo para futuras pesquisas, conscientização, aprendizagem sobre o Palácio Gustavo Capanema e a importância da preservação do patrimônio moderno. Assim no item divulgação é ilustrado os resultados do modelo (1937-1945) e para isso foi escolhido o aplicativo BIMx⁵.

3ª Etapa – Capítulo 4

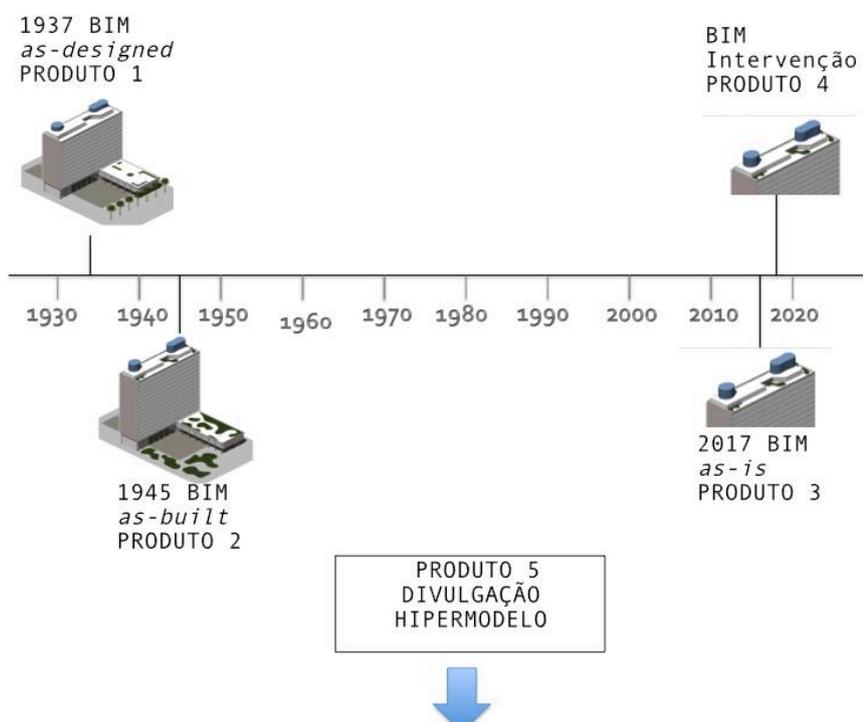
Projeto de requalificação da Cobertura

Após a modelagem BIM, foi proposto o **Projeto de intervenção** para a Cobertura, o 16º pavimento, onde originalmente foi projetado para ser um restaurante com uso exclusivo para o ministro e funcionários. O projeto consiste no desenvolvimento da proposta de requalificação da Cobertura, apresentando estudos que contribuem para a preservação da Cobertura através da sua integração com os novos usos, de acordo com as necessidades do edifício e seu entorno.

De acordo com a figura 3 os resultados das etapas de desenvolvimento da pesquisa geraram cinco produtos. O modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema demonstra as principais alterações pelas quais passou o projeto desde a concepção em 1937 até a edificação construída em 1945, resultando em dois produtos (produtos 1 e 2). Depois da modelagem foi desenvolvida uma proposta de requalificação para o pavimento da Cobertura da edificação, para isso o modelo BIM na área de intervenção foi atualizada, demonstrando essa área como está atualmente (2017), resultando em mais dois produtos (produtos 3 e 4). Os produtos 1 e 2 serão divulgados através de um hipermodelo no aplicativo BIMx, gerando assim, no último e quinto produto. O modelo BIM adquirido é a reconstrução histórica do Palácio Gustavo Capanema com integração de dados e pesquisas em um modelo BIM acessível, possibilitando a educação, divulgação e a preservação do patrimônio moderno.

⁵ O BIMx é um aplicativo da *Graphisoft* para visualização de projetos utilizado em dispositivos móveis.

Figura 03 – Linha do tempo retratando as fases e produtos gerados do modelo BIM



Fonte: elaboração da autora, 2017

CAPÍTULO 1

*"Trabalhar com Patrimônio
é olhar para o futuro,
respeitando o passado."*

Jaime Santos

CAPÍTULO 1 – Tecnologias digitais e a preservação do patrimônio cultural

O uso de tecnologias digitais na arquitetura é um processo de aprendizado em constante evolução, adaptação e transformação, revelando-se diferentes formas em diferentes localidades e com diferentes graus de influência no cotidiano dos arquitetos. O caminho que a tecnologias digitais percorrem na arquitetura teve certo atraso em relação às inovações tecnológicas.

Nos anos 50 o CAD/CAM - *computer aided design and manufacturing*, começou a ser utilizado nas indústrias (BÉZIER, 1993). Nessa mesma época os projetos de arquitetura eram representados por desenhos técnicos feitos a mão, devido a limitação dessa técnica, os desenhos também eram limitados em representação de detalhes. Diante disso e a falta de capacitação profissional na obra para o entendimento de desenhos técnicos fazia com que muitas decisões projetuais fossem tomadas durante a construção dos edifícios. Esse processo muito utilizado na construção das obras do movimento moderno brasileiro foi conhecido como *work in progress*, remetendo as modificações, detalhes e materiais que foram resolvidos e testados na fase de construção (SEGRE, 2013; LISSOVSKY; SÁ, 1996).

Nesse contexto, o campo de preservação do patrimônio cultural estava se associando a novos desenvolvimentos nas áreas da teoria da arte e da arquitetura, dando abertura para uma abordagem crítica da restauração, acarretando em 1964 na Carta de Veneza⁶ A ênfase da preservação do patrimônio cultural na década de 50 era a preservação dos bens materiais: edifícios históricos e obras de arte, se estendendo para contexto mais amplo após a Carta de Veneza em 1964 incluindo preservação de conjuntos urbanos e rurais. Atualmente o entendimento de preservação do patrimônio cultural se amplia para paisagens culturais, assim como tradições populares e no conhecimento técnico tradicional das diversas sociedades. No Brasil a Constituição Federal de 1988, em seu Artigo 216, ampliou o conceito de patrimônio estabelecido pelo Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, substituindo a nomenclatura Patrimônio Histórico e Artístico, por Patrimônio Cultural Brasileiro. “Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à

⁶ A Carta de Veneza se sucedeu do Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos na cidade de Veneza em 1964.

identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira” (BRASIL 1988).

De acordo com Cury (2000) a Carta de Veneza de 1964 é reconhecida como referência normativa internacional para a preservação e apresenta os princípios correntes de preservação do patrimônio cultural. Foi inovadora, pois abrangia além dos limites do continente europeu, com enunciados que pudessem ser adequados às diversas situações culturais e adaptadas pelos diversos países em função das suas tradições.

Nas décadas de 60 e 70, enquanto a conservação e preservação do patrimônio cultural passam a ser visto em um contexto mais amplo e evolui para uma disciplina reconhecida por autoridades governamentais e instituições internacionais, projetos pioneiros como a Sydney Opera House, do arquiteto dinamarquês Jorn Utzon, utilizavam computadores para o desenvolvimento do projeto. Tal caso exemplifica um esforço precoce do uso daqueles computadores de grande porte para solucionar desafios de grande complexidade. No entanto, em sua maioria o uso dos computadores ainda se restringiam a grandes empresas, governos e institutos de pesquisa, o sistema CAD/CAM era extremamente caro, hierarquizado e centralizador (SGUIZARD, 2011).

As transformações sociais, o desenvolvimento científico, técnico e industrial e o surgimento de novas relações econômicas favorecem a comunicação, a mobilidade, construindo um panorama mais integrado entre o passado e presente na arquitetura. Na década de 80 ressalta-se uma consciência ecológica em favor da preservação dos recursos existentes nos temas relacionados à conservação e restauração arquitetônica, em sua maioria consequência da rápida destruição do tecido histórico e do meio ambiente, e do aumento na colaboração internacional, na pesquisa e no treinamento de especialistas. A UNESCO – *The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* - tem um papel essencial nesse contexto promovendo o desenvolvimento humano sustentável. “ É de 1976 a recomendação da UNESCO relativa a salvaguarda e ao papel contemporâneo das áreas históricas, na qual a importância do “fator humano” era destacada. “ (CARVALHO, 2005. p.101)

Assim no fim da década de 80 e década de 90, muitos países e instituições internacionais discutiam temas que relacionam o patrimônio cultural e o desenvolvimento sustentável acarretando em documentos como a Declaração de

Nara (1994) no Japão e a Carta de Burra (1999) na Austrália. Estas iniciativas têm como preocupação comum o reconhecimento da diversidade de valores culturais e as diferentes condições socioeconômicas que condicionam as políticas de preservação. O conceito implícito a preocupações de sustentabilidade do desenvolvimento resulta na forma de atender as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras.

Nessa mesma época com a compactação e a simplificação nos processos de programação e redução de custos, os *softwares*, em geral se tornaram mais acessíveis ao público, os computadores passam a ser utilizados com maior frequência no meio profissional. Apesar do maior domínio instrumental e das interfaces de interação operacional, a utilização do computador em projetos de arquitetura, em sua maioria, passou a representar uma “prancheta digital”, no sentido do marco ter sido a transformação dos desenhos 2D a mão para 2D digital. O meio digital ainda era tema de muita especulação, discussão e, acima de tudo, questionamentos em relação a possíveis resultados efetivos que poderiam ser obtidos com o uso das tecnologias (GRAY et al., 2013; SGUIZZARD, 2011)

Paralelamente a esse fato, no começo da década de 90 alguns escritórios de arquitetos de vanguarda do período pós-moderno, como Peter Eisenmann, Rem Koolhaas, Frank Gehry, Zaha Hadid, adotam o computador para viabilizar a representação gráfica e mais que isso para explorar o meio digital em busca de uma nova arquitetura originária da era digital, tão dinâmica e fluída quanto seus estilos de vida e pensamento (FOSTER, 2015). Contudo, os arquitetos que mais se aprofundaram nessas questões, desenvolvendo uma linguagem visual experimental, foram os jovens como Greg Lynn, Aysmptote Architecture (Hani Rashid e Lise Anne Couture), Erick van Egeraat, Kas Oosterhuis, Lars Spuybroek e Marcos Novak. Esses arquitetos foram influenciados pela onda da ficção científica da década de 80 e 90, que resultou no desenvolvimento do cyberspaço na arquitetura e na linguagem visual. Atualmente se destacam por representações gráficas que suprem a lacuna do descompasso entre a representação 2D, 3D e espaço físico.

Atualmente apesar do avanço tecnológico, o meio profissional da Arquitetura, Engenharia, Construção (AEC), ainda não incorporou, em sua plenitude, o uso das tecnologias digitais as suas práticas de produção (GRAY et al., 2013). O fato de uma tecnologia existir e ser utilizada em outros setores, não significa que ela seja

imediatamente aplicada em todos os setores, uma vez que fatores econômicos, políticos e culturais influenciam este processo. Trazendo essa questão para o foco da dissertação observa-se esse fato em relação ao uso da plataforma BIM no Brasil para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, tendo como base a cidade Rio de Janeiro. Pesquisa realizada anteriormente (SALGADO et al., 2015) revelou o uso tímido da plataforma BIM, mesmo em obras com formas arrojadas, tal como o Museu do Amanhã – inaugurado em 2015 na Cidade do Rio de Janeiro.

A ideia de representar digitalmente em repositório único de dados, toda a informação utilizada no ciclo de vida de um produto, já existia desde a década 1960, no início das pesquisas sobre o uso do computador no processo de projeto de edificações. Em 1984, já havia *software* correspondente ao que chamamos hoje de BIM, para o sistema operacional da *Apple Lisa* esse *software* mais tarde se tornou o *Archicad* da *Graphisoft*. Todavia, a tecnologia começou a ser mais utilizada em áreas da AECO, a partir de 2000, representado para esses setores o que há de mais avançado em termos de TI – Tecnologias da Informação (BERGIN, 2012). A passagem do processo tradicional de desenvolvimento de projeto para plataforma BIM se refletiu e reflete até hoje, um processo mais lento, envolvendo não apenas a acessibilidade a tecnologia, mas também requer mudanças de paradigma, sendo muito mais complexo que a transformação dos desenhos a mão para o meio digital ou para a modelagem 3D (EASTMAN, 2011, CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2013). Será preciso que todos os projetistas trabalhem sob um mesmo modelo, através de *softwares* que "conversam" entre si, com codificações numéricas comuns e homogeneização que, às vezes, assusta quem não está disposto a adaptar sua prática de trabalho.

Nesse sentido, nos últimos anos, novas formas de aquisição 3D, documentação digital, representação e difusão de dados têm alterado o modo como os profissionais da área AECO, lidam com seus projetos, utilizando técnicas e ferramentas tecnológicas que geram modelos cada vez mais próximos a realidade. A evolução de técnicas como fotogrametria digital, 3D *laser scanning*, DSM (*Dense Stereo Matching*), *softwares* de geração da geometria, plataforma BIM, experimentações em Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV), se mostram como uma importante alternativa na gestão do processo de projeto e otimização do mesmo, principalmente para a área de preservação do patrimônio histórico.

A fotogrametria tem uma relação com a área de patrimônio bem antiga, sendo utilizada como registros históricos, feitos desde a invenção da fotografia no século XIX, a técnica que permite extrair das fotografias formas, dimensões e posições dos objetos. Atualmente com a popularização da fotografia digital as inovações das máquinas, *softwares* de processamento 3D e UVAs (*unarmed aerial vehicle*) veículos aéreos não tripulados conhecidos como *drones*, a fotogrametria digital ganhou um espaço representativo para desenvolvimento de modelos fotorealísticos (DEZEEN et al., 2015, MURPHY, 2013). Esses modelos são utilizados como documentação, reconstituição e levantamento cadastral. Existem alguns *softwares* que utilizam os princípios da fotogrametria digital para a geração de modelos como o *PhotoModeler* da canadense *Eos Systems Incorporation*, o *ContextCapture*, desenvolvido pela *Acute3D* ligado a *Bentley Systems Company* e o *Remake* da *Autodesk*.

O *3D laser scanning*, também conhecido como *High Definition Surveying* (HDS), *3D imaging*, varredura a laser, ou escaneamento a laser 3D é uma tecnologia recente 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 que influenciam são o custo do equipamento, o tempo de levantamento e a precisão da "nuvem de pontos" a ser gerada, dentre outros.

Os questionamentos atuais não estão mais voltados em como gerar modelos a partir dessas tecnologias e sim o que fazer com essa quantidade de informações e qual a melhor forma de trabalhá-las para a preservação do patrimônio cultural. A adoção da plataforma BIM na área do patrimônio pode contribuir significativamente 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 digitais descritas acima com destaque para o *3D laser scanning*, fotogrametria digital e DSM.

“Os defensores argumentam que o advento da tecnologia BIM marca uma transformação radical para a gestão de informação de arquitetura desde a concepção

até à construção de obsolescência” (EASTMAN et al., 2008). 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 concepção de colaboração e gestão dos recursos entre os parceiros do projeto.

Entrando na área do estudo e divulgação do patrimônio cultural destacam-se também a virtualização do patrimônio as tecnologias que permitem experimentações em Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) – muitas ferramentas vêm se desenvolvendo nas últimas décadas e permitem a visualização e a simulação de ambientes imersivos RV e semi-imersivos RA de interação, seja de bens existentes ou não.

Segundo Rimkus (2013) a Realidade Aumentada se fundamenta na transposição de objetos virtuais no espaço físico do usuário, permitindo ainda uma interação com esse objeto em tempo real, tornando mais sutil a interação de conteúdos digitais com o meio, ela possibilita visualizar o edifício, compreender os usos e funções ao longo do tempo e também a interação com o meio urbano em que o bem está inserido

A Realidade Virtual, por sua vez, difere da realidade aumentada por não se tratar de inserir elementos virtuais no ambiente real, mas de transportar o usuário para o mundo virtual através de imersões que simulem sua presença em ambientes criados virtualmente. A princípio, experimentos em RV eram feitos em estruturas chamadas cavernas digitais - que demandam considerável espaço físico e equipamentos com alta capacidade de processamento a preços pouco acessíveis.

Entre as possibilidades de interação das tecnologias digitais RA e RV com o patrimônio cultural, é possível observar vantagens no planejamento de ações de proteção do patrimônio arquitetônico, na criação de registros documentais, na preservação do edifício ou ainda da memória do bem. É comum encontrar inúmeras páginas na internet como eravirtual.org, que permite visitas virtuais, viabilizando, por exemplo, o acesso à galerias de exposição com fotos esféricas e vídeos em 360°. A divulgação do patrimônio cultural como patrimônio Virtual através da rede, permite atingir um público infinito, viabilizando a visita à distância, ou mesmo a experiência de conhecer virtualmente bens que não mais existem no mundo físico pela destruição provocada por guerras ou intempéries, entre outros (CANUTO; RIBEIRO; SALGADO, 2016).

1.1 Divulgação e salvaguarda do patrimônio cultural no meio digital e virtual

Uma questão que está presente em vários trabalhos que envolvem o meio digital e virtual e o patrimônio cultural é em relação a salvaguarda e acesso desses produtos (modelos, arquivos, fotos, vídeos, etc.). Nesse sentido, com o intuito de assegurar a preservação e o acesso universal ao patrimônio documental mundial a UNESCO em 2003 lançou o documento sobre a “Preservação do Patrimônio Digital”. A UNESCO é um dos agentes mais importantes e decisivos para o processo de *patrimonialização* digital. Nos últimos quinze anos cresceu a preocupação com a questão de efemeridade dos documentos produzidos diretamente no meio virtual e a falta de política pública que assegure a sua preservação. Após a carta da UNESCO um grande número de iniciativas internacionais começaram a retratar questões em relação a salvaguarda e democratização do patrimônio digital com destaque para a Carta de Londres (2009) e posteriormente com a intenção de melhorar as condições de aplicabilidade da Carta de Londres, foi lançado os Princípios de Sevilla (2011). Ambas definem princípios para o uso de métodos de visualização computadorizada⁷ no âmbito da integridade intelectual, fidelidade das informações, documentação digital, sustentabilidade e acesso.

A carta de Londres (2009) **Para Visualização Computadorizada do Patrimônio Cultural**, versão editada 2.1, aborda princípios válidos na investigação e divulgação do patrimônio cultural⁸. Em continuidade a Carta de Londres, visando a implementação das suas diretrizes no campo da arqueologia virtual⁹, tem-se o Princípios de Sevilha, documento divulgado em 2012 no Fórum Internacional de Arqueologia Virtual. Assim como o mundo virtual vem fazendo parte do nosso cotidiano, o patrimônio virtual vem ganhando espaço dentro da área de patrimônio cultural. Os Princípios de Sevilha foram essenciais para o entendimento e divulgação da virtualização do patrimônio cultural arqueológico, difundindo também conceitos de termos como: Restauração Virtual, Reconstrução Virtual, Recriação Virtual e

⁷ “Processo de representação de informação visual com auxílio de tecnologias computadorizadas”.

⁸ “A carta de Londres adota uma definição ampla do termo Patrimônio Cultural, abrangendo todos os domínios de atividade humana que se preocupam com a comunicação da cultura imaterial e intelectual.”

⁹ É a disciplina científica que tem por objeto a pesquisa o desenvolvimento de formas de aplicação da visualização por computador e gerenciamento integral del patrimonio arqueológico.

Anastilose Virtual (recomposição das partes partes existente, porém desmembradas em modelo virtual). Esse documento reconhece que a importância do registro do patrimônio vai além da documentação, análise e divulgação, mas também para gestão, pois as técnicas de levantamento de aquisição de dados (3D), podem ser usadas para aumentar a qualidade da documentação científica e conseqüentemente aumenta a chance de monitorar e obter réplicas históricas e valiosas.

De acordo com a literatura apesar de toda essa abordagem a prática de implementação ainda é desconecta e recente, principalmente no que diz respeito, ao acesso e preservação, tanto da documentação histórica digital, quanto do patrimônio cultural virtual. No Brasil ainda estamos engatinhando a respeito da prática de digitalização de acervos, iniciativas no âmbito nacional sobre patrimônio digital como a Carta para Preservação do Patrimônio arquivístico Digital – Preservar para garantir o acesso, foi lançada em 2004 pela Conarq – Conselho Nacional de arquivos. Atualmente o IPHAN desenvolve a Rede de Arquivos Iphan, que consiste em ser um repositório de documentos digitalizados que reúne o material do IPHAN acumulados e distribuídos em várias unidades. Grupos de pesquisas acadêmicos, universidades, bibliotecas, arquivos e museus buscam ampliar estudos e a prática na área de patrimônio cultural digital e virtual.

Encontram-se disponíveis milhares de ferramentas digitais que auxiliam na divulgação e acesso a esse patrimônio, aplicativos, blogs, sites, etc. Nesse sentido a dissertação se foca em utilizar ferramentas digitais existentes para a divulgação do modelo BIM do objeto de estudo, sem se aprofundar nas questões políticas, éticas, sociais e culturais sobre a divulgação e acesso ao patrimônio cultural.

1.2 Panorama sobre a plataforma BIM

Durante a década de 70, o Professor Charles M. Eastman e sua equipe do Instituto de Tecnologia da Georgia nos Estados Unidos, desenvolvem teorias sobre modelagem com dados da construção, que mostram princípios da plataforma BIM. O termo BIM só é utilizado nos anos 2000, mas seus conceitos, fundamentos e aplicações já se evidenciavam. Em 1975 no artigo "*The use of computers instead of drawings in building design*", Charles Eastman apresenta um modelo BDS *Building Description System* - Sistema de Descrição da Construção, com conceitos de projeto paramétrico, análises quantitativas, documentação 2D a partir do modelo e sugere a

vantagem desse modelo para as grandes construtoras no planejamento e encomenda de materiais (EASTMAN, 1975).

Nos anos 80 o desenvolvimento de softwares acontece com grande velocidade, e a tecnologia BIM também se desenvolve. Em 1984 a primeira versão do *software* BIM *Archicad* é desenvolvida pelo húngaro Gabor Bojor, chamado de *CH RADAR* para sistema *Apple Lisa*. Em 1984 Georg Nemetschec depois de várias tentativas para desenvolvimento de softwares para representação gráfica, cria o *Allpha*, considerado o segundo *software* BIM para PC. Em 1985 é lançado no mercado o *Vector Works* com o nome comercial de *MiniCAD*, desenvolvido por Richard Diehl, para sistema operacional *Apple* (BOZDOC, 2003). Os pesquisadores G.A. Van Nederveen e F.P. Tolman em 1992, apresentam em um artigo as múltiplas visões do modelo da construção e conceitos relacionados com a modelagem de informações da construção, baseado nos diferentes pontos de vista das diferentes equipes do projeto. Insere-se um novo paradigma, com fundamentos de um sistema computacional coeso que gerencia e controla as interações políticas, processos e tecnologias que fazem parte do projeto (NEDERVEEN; TOLMAN, 1992).

De acordo com a literatura em 2000, Leonid Raiz e Irwin Jungreis, engenheiros de *softwares* criaram a primeira versão do *Revit*. O arquiteto David Conant foi contratado para ajudar na concepção da interface e o interessante para a época, é que o *software* era vendido de uma maneira nova, sem distribuidores físicos, apenas com uma assinatura mensal via internet. Entretanto, em 2003 a *Autodesk* compra o *Revit*, e o termo BIM - *Building Information Modeling* - foi utilizado pela primeira vez por Phill Bernstein, arquiteto da *Autodesk*. BIM em português, Modelagem da Informação da Construção¹⁰, possui uma ampla definição e enorme quantidade de *softwares* que trabalham com essa plataforma. Considerado um dos desenvolvimentos mais promissores na AECO, a plataforma BIM é vista na literatura como uma mudança de paradigma que irá substituir representação bidimensional como a língua franca para a concepção, montagem e gerenciamento de ciclo de vida dos edifícios novos (RUSSEL; ELGER, 2008). Alguns autores argumentam que a plataforma BIM representa "... uma iniciativa política para abordar a baixa

¹⁰ Tradução feita pela Associação Brasileira de Norma Técnica. ABNT NBR ISO 12006 - 2:2010 - Construção de Edificação - Organização de Informação da Construção Parte 2: Estrutura.

produtividade no setor da construção.” (MIHINDU, ARAYICI, 2008) (CANUTO e SALGADO, 2016).

Segundo Soares (2013), o modelo BIM é muito mais que um modelo 3D do edifício, é um modelo de informações de metadados utilizado para o projeto, planejamento, construção, operação e processo de manutenção ao longo da vida útil da edificação. O modelo BIM pode representar todo ciclo de vida da edificação, do conceito até o projeto executivo, planejamento de obra, construção incluindo a operação e a manutenção, intervenções, podendo chegar a sua demolição. De acordo com a *National Building Information Modeling Standard - NBIMS92*, o termo BIM pode envolver três aspectos: o modelo (produto), processo colaborativo, gerenciamento do ciclo de vida da edificação (NIBS, 2007).

Para isso a plataforma BIM apresenta características fundamentais que a fazem ser mais que uma ferramenta tecnológica de representação gráfica, sendo um processo suportado pela tecnologia da informação. Existem duas principais “tecnologias” presentes no BIM que o diferenciam dos sistemas de CAD tradicionais elas são a modelagem paramétrica e interoperabilidade (EASTMAN et al., 2008). A **modelagem paramétrica** dos objetos tridimensionais. De acordo com Eastman (2011) e Pereira (2013) a parametrização dos objetos permite que:

- A geometria seja integrada;
- O modelo tenha regras e atributos semânticos (como tipo de material, propriedades térmicas, acústicas, estruturais);
- Tenha modificação automática da geometria dos objetos associados. Isto simplifica os procedimentos relativos às modificações e revisões nos projetos, facilitando a geração de alternativas de soluções projetuais para uma dada edificação (PEREIRA, 2013);
- Os objetos sejam gerenciados em diferentes níveis de agregação e hierarquia;
- O modelo tenha habilidade de importar ou exportar conjuntos de atributos, como por exemplo materiais, dados, desempenho energético, que podem ser usados em outras aplicações.

A **interoperabilidade** tem o objetivo de possibilitar a cooperação entre os diferentes especialistas de projeto e contribuir para racionalizar os métodos de

trabalho. A problemática é a dificuldade de partilha de informações devido às mesmas serem de *softwares* distintos limitando do uso do BIM¹¹. Para Soares (2013) a plataforma BIM produz uma grande quantidade de informações, que se somando a crescente utilização da plataforma, vem trazendo problemas de troca de dados entre ferramentas. Diante disso, a interoperabilidade é um entrave para a harmonia do uso da plataforma que através da *BuildingSMART*¹², uma instituição não lucrativa, definiu um formato para interoperabilidade do BIM através do IFC.

O IFC consiste em um conjunto abstrato de metadados ou de regras que definem os elementos, seus tipos, atributos e relacionamentos que podem ser estabelecidos na construção de um modelo, permite a interoperabilidade entre todas as informações relacionadas à construção, estendendo-se por todo o ciclo de vida da edificação, facilitando a cooperação entre os diferentes especialistas de projeto e contribuindo para racionalizar os métodos de trabalho (CANUTO; SALGADO, 2016).

Na gestão da informação entre as várias equipes do processo de construção tradicional, em sua maioria, são vários os canais de comunicação entre eles, o que proporciona desorganização, dificuldade de partilha de informação, maior perda de informação e consequentemente erros do projeto e execução da obra. De acordo com a plataforma BIM, tem-se o *Integrated Project Delivery* (IPD) onde a informação é gerida a partir de um modelo central, sendo assim um processo extremamente colaborativo onde tende à melhoria da produtividade. Entretanto, para que seja implementado é necessário definir uma boa estratégia/ prática de implementação, em que todos os integrantes estejam receptivos ao novo paradigma de processo de projeto, para que se consiga obter resultados eficazes.

A plataforma BIM possibilita uma ampla utilização de *softwares*, sendo cada um mais adequada para determinada fase do projeto são cerca de 150 homologados pela *BuildingSMART*. Cada produto apresenta características e capacidades distintas, tanto em relação aos sistemas orientados ao projeto quanto às ferramentas de produção de modelo BIM. Dessa forma, a escolha de um *software* afeta as práticas

¹¹De acordo com o relatório do *MacGraw Hill da SmartMarket* 2007, evidência a baixa interoperabilidade entre *softwares* distintas proporciona altos custos para a indústria. Em média, cerca de 3,1% dos custos do Projeto são relativos à falta de interoperabilidade entre as aplicações (Hill, 2007 apud BARBOSA 2014).

¹² Fundada em 2006 a *Building SMART Alliance*, persegue o objetivo de definir um formato padrão para a interoperabilidade de informações. Diante das pesquisas realizadas pelo grupo, este contribuiu na evolução do IFC.

de produção, interoperabilidade e as capacidades funcionais de uma organização de projeto. Pereira (2013) sumariza os principais *softwares* utilizados em cada fase do ciclo da edificação (Quadro 01).

Quadro 01 – Quadro de *softwares* e fase do ciclo da edificação

FASE DO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO		FERRAMENTAS
ESTUDO DE VIABILIDADE		TRELLIGENCE AFFINITY FACILITY COMPOSER
PROCESSO PROJETUAL	ARQUITETURA	REVIT ARCHITECTURE ARCHICAD VECTORWORKS BENTLEY ARCHITECTURE ALLPLAN
	CONFORTO AMBIENTAL	AUTODESK ECOTECH ANALYSIS GREEN BUILDING STUDIO GRAPHISOFT ECODESIGNER AUTODESK PROJECT VASARI ENERGYPLUS DESIGNBUILDER
	ESTRUTURA	TEKLA STRUCTURE REVIT STRUCTURE CAD/TQS BENTLEY STRUCTURE
	ELÉTRICA, HIDRÁULICA/ HVAC	REVIT MEP BENTLEY - BUILDING ELECTRICAL SYSTEMS MEP MODELER (ARCHICAD) BENTLEY MECHANICAL SYSTEMS DDS-HVAC
	GERENCIAMENTO DE PROJETOS	NAVISWORKS SYNCHRO SOLIBRI
PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO/ CONSTRUÇÃO		NAVISWORKS SYNCHRO SOLIBRI VICO SOFTWARE VOLARE/TCPO PRIMAVERA MSPROJECT TRON-ORC ORCA PLUS
USO: OPERAÇÃO/ MANUTENÇÃO		ARCHIBUS CAFM EXPLORER BENTLEY FACILITIES
REQUALIFICAÇÃO/ DEMOLIÇÃO		AS MESMAS FERRAMENTAS DO PROCESSO PROJETUAL

Fonte: (PEREIRA 2013)

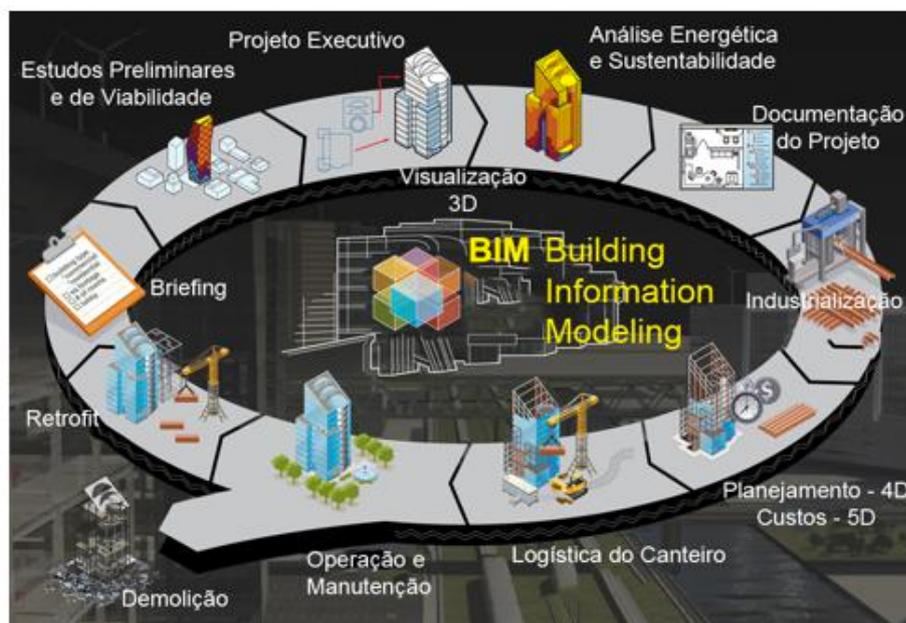
1.3 Dimensões da plataforma BIM

O nível de detalhe apropriado para o modelo depende do objetivo que se quer alcançar com ele. Se o objetivo do modelo é ser utilizado durante toda a execução do projeto, este deve ser detalhado de forma a abranger cada passo importante do processo de construção, englobando todas as dimensões da plataforma BIM. Entretanto se o modelo é desenvolvido apenas para a entrega de proposta, este será

mais simples e com uma duração de curto espaço de tempo, se restringindo a dimensão BIM 3D (EASTMAN et. al, 2011).

Como apresentado anteriormente, a plataforma BIM possibilita o acompanhamento do ciclo de vida da edificação e cada fase desse ciclo é definido por uma dimensão, que vai do 3D ao 7D (Figura 04).

Figura 04 – Dimensões da plataforma BIM



Fonte: <https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>

A dimensão **BIM 3D** corresponde desde a modelagem conceitual até toda a documentação do projeto e está relacionado com a modelagem paramétrica (baseada em parâmetros geométricos e comportamentos), contendo as informações espaciais e informações dos elementos do projeto (pilares, vigas, lajes, paredes, portas, janelas, tubulações etc.). Dele será possível extrair informações sobre a compatibilização espacial do projeto, as especificações de materiais e acabamentos, quantitativo de materiais, geração de pranchas 2D automáticas e passeios virtuais (CAMPESTRINI et. al, 2015). É um modelo 3D relacionado com informações a serem utilizados na construção do empreendimento, permitindo que estas mesmas informações sejam utilizadas posteriormente para a fase de planejamento, fabricação de componentes, custos e manutenção.

Como modelo colaborativo, com dados integrados, em que os vários profissionais, tais como arquitetos, engenheiros, construtores, etc, podem extrair

informações e trabalhar colaborativamente no mesmo modelo. O modelo permite o trabalho multidisciplinar, com uma visão tridimensional, e tende a reduzir erros, pois as modificações podem ser acompanhadas e são automaticamente revisadas nele como um todo, essa automatização é graças a regras paramétricas, que modificam automaticamente objetos em geometrias que estão associados. Dentre todas essas vantagens, na compatibilização tem-se o que se chama de *clash detection* - detecção de conflitos, isto é, a identificação de inconsistências entre os diversos projetos, como uma porta fora de lugar, um tubo que está posicionado no mesmo lugar de um pilar, etc.

Os modelos **BIM 4D** trazem uma nova abordagem ao planejamento de controle da obra relacionada ao tempo, sendo considerada uma abordagem superior aos métodos tradicionais. Um dos vetores de desenvolvimento nas ferramentas BIM é a introdução da dimensão tempo nos seus modelos (MONTEIRO; & MARTINS, 2011). Para suprir as lacunas dos métodos tradicionais, a tecnologia evolui para um processo de planejamento 4D, onde as atividades do programa de trabalhos são associadas à geometria 3D da empreitada, tornando assim, possível a visualização do processo de construção em qualquer ponto no tempo. Estas ferramentas permitem aos profissionais comunicarem visualmente o plano de atividades no contexto de tempo e espaço (EASTMAN et al, 2011).

O modelo BIM 4D se relaciona com a complexidade das mudanças que ocorrem durante o curso de um projeto de construção, com métodos para gerenciar as equipes e visualizar status da construção, compatibilizações, auxiliando na comunicação das disciplinas, como informar a equipe de construção ou advertência sobre os riscos. O BIM 4D tem sido utilizado para analisar e visualizar projetos como forma de apoio à decisão, na análise de viabilidade do projeto e nas operações de construção, para desenvolver estimativas e gerir recursos, e para comunicar e colaborar com clientes e outros stakeholders (MONTEIRO; & MARTINS, 2011).

Na fase BIM 4D permite aos empreiteiros simular e avaliar o projeto de construção partilhando com os restantes profissionais envolvidos na equipe de trabalho. A simulação 4D serve principalmente como ferramenta de comunicação e para melhorar a cooperação entre os várias equipes, podendo a qualquer altura rever as simulações para garantir a viabilidade e eficiência do planejamento.

A dimensão **BIM 5D** se relaciona com orçamento e análise de custo das atividades relacionadas com o projeto.

No decorrer do projeto, as estimativas de custos são desenvolvidas em diversas fases e com objetivos e graus de precisão distintos. No início realizam-se estimativas de alto nível com o intuito de justificar o projeto. À medida que decorre o ciclo de vida da edificação as estimativas de custo serão refinadas de forma a refletir detalhes adicionais, entretanto encontrados. (PMI, 2008 apud. BARBOSA, 2014 p.24)

A plataforma BIM facilita muito o desenvolvimento de estimativas de custos provisórias. Durante o início do projeto, as únicas quantidades disponíveis para a estimativa são aquelas associadas às áreas, volumes, perímetro, etc. Portanto, é importante iniciar o modelo inicial do projeto em software BIM para permitir a extração de quantidades e elaborar uma estimativa de custos mais aproximada (EASTMAN, et al., 2011).

Segundo (TARAR, 2012), a dimensão BIM 5D consiste em integrar o custo do projeto no modelo 3D da empreitada, tornando possível prever e controlar os custos em todas as fases de construção. Com a evolução do modelo, a estimativa de custos é melhorada consoante o aumento do nível de desenvolvimento do modelo. Esta metodologia proporciona aos profissionais da AEC o estudo das diferentes alternativas de custos para qualquer fase do Projeto. A análise de custos extraída do modelo 5D também pode ser utilizado para medir o desempenho financeiro do estado atual de construção (BARBOSA, 2014).

Para implementação BIM 5D, extração de quantidades e apoiar o processo de estimativa de custos, existem três métodos que (Eastman et al., 2011) referem como válidos, sendo eles:

- Exportar a lista de quantidades do modelo para um software externo;
- Ligar a ferramenta BIM diretamente ao software de estimativa de custos;
- Utilizar uma ferramenta de Quantity Takeoff.

Conforme Hirsch (2012), Welle, Haymaker ,Rogers (2011), a dimensão **BIM 6D** se relaciona com antecipação de estimativas de energia no processo de projeto. Além disso a plataforma BIM utiliza métodos que permitem medição e verificação para melhor desempenho da construção e ajuda a realizar análises de consumo de energia. A utilização da tecnologia 6D na plataforma BIM pode resultar em estimativas de

energia mais completas e precisas no início do processo de projeto. Também, permite a medição e verificação durante a construção e melhores processos de escolha de instalações de alto desempenho. É nesta etapa que podemos associar o BIM com o *Green Building*, chamado por alguns autores de *Green BIM*. O benefício imediato é integração BIM com simulação 6D, levando a uma redução global no consumo de energia testada durante o projeto.

A dimensão **BIM 7D**, a última fase e segundo a literatura tem sido a menos utilizada, se relaciona com os gestores na operação e manutenção *facilities management* (FM), durante todo o seu ciclo de vida da edificação. Essa etapa é muito citada pelos defensores do BIM, entretanto poucos são os ambientes de trabalho que já utilizaram ou testaram de forma efetiva a plataforma BIM para operação e manutenção. Muitas vezes isso se deve à falta de correspondência entre o modelo BIM gerado e a situação atual da edificação.

De acordo com Volk, Stengel e Schultmann (2013), a plataforma BIM esta sendo adotada predominantemente nas fases de projeto e construção de novas edificações, com pouca representação em edificações existentes, principalmente de interesse em preservação. Contudo, esses autores demonstram através de uma análise de publicações de artigos científicos entre 2005 e 2013 um aumento no interesse pela utilização de modelos BIM para representar edificações existentes. Esse interesse é impulsionado com as tendências da digitalização e automação, o crescimento de construções existentes e requisitos de sustentabilidade, somando-se a inserção e popularização de tecnologias como internet móvel, computação em nuvem, web semântica, dentre outros (VOLK; STENGEL; SHULTMANN, 2013).

Em relação a edificação existente, a dimensão BIM 7D, apresenta grandes potencialidades, durante a fase de operação e manutenção, incluindo reformas, restaurações, requalificações e/ ou demolições. Destacam-se algumas aplicações do BIM para edificações existentes enfatizando edificações de interesse em preservação (ARAYICI, 2008, EASTMAN et al., 2011, DORE; MURPHY, 2013):

- Integração e geração automática dos desenhos das edificações históricas, permitindo uma série de ações, como organização de bibliotecas de objetos e materiais e também acesso a diferentes etapas construtivas da edificação;
- Possibilidade de associar ao modelo dados tangíveis e intangíveis da

edificação, ou seja, tanto informações físicas da edificação, como informações históricas, vídeos, música, fotos, desenhos, etc.;

- “Possibilidade de integração do modelo com sensores e sistemas de monitoramento em tempo real”;
- Permite simulação de reformas e intervenções a partir do momento que já se tem o modelo BIM da edificação na situação atual.

1.4 Ferramentas digitais no levantamento do patrimônio edificado

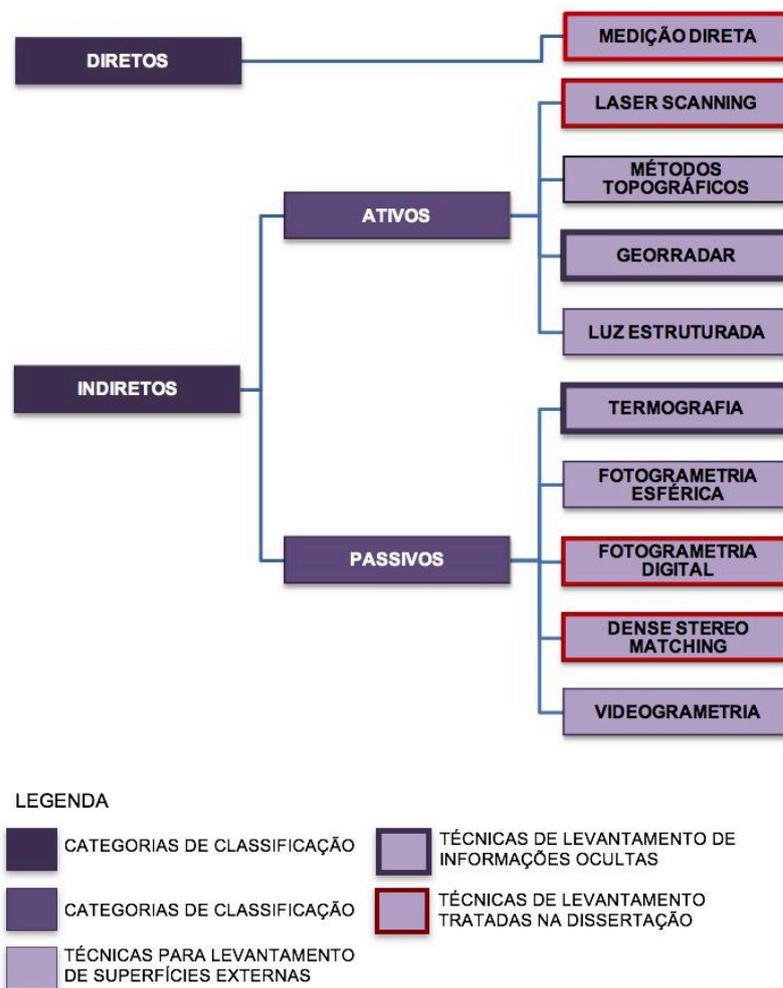
O levantamento cadastral é um bem de suma importância para projetos de reforma, restaurações e documentação de cidades, edificações e monumentos históricos, bem como análises históricas arquitetônicas e urbanísticas. Encontra-se atualmente uma grande quantidade de tecnologias digitais para o registro das formas do objeto visando sua representação gráfica.

Assim, é demonstrado de acordo com a figura 05 as principais técnicas de levantamentos patrimônio cultural edificado, utilizadas até 2017. No quadro 2 as técnicas são descritas com suas principais características e aplicações. Destaque para as técnicas tratadas na dissertação sendo elas: **Medição Direta, Fotogrametria, DSM e LS.**

As categorias de classificação são definidas como:

- Método direto – levantamento com contato físico (operador ou equipamento);
- Método indireto – levantamento em posições mais afastadas em relação ao objeto. O método indireto se divide em levantamento ativo e passivo, o ativo consiste em levantamento por sensores que emitem energia para medição do objeto e o passivo é um levantamento sem emissão de energia (dependência do sol).

Figura 05 – Classificação das principais técnicas de levantamento do patrimônio cultural edificado



Fonte: Adaptado de (GROTELAARS, 2015)

Quadro 02 – Características e aplicações das técnicas de levantamento do patrimônio cultural edificado

TÉCNICA	CARACTERÍSTICAS DA TÉCNICA	APLICAÇÕES
MEDIÇÃO DIRETA	Equipamento de baixo custo, contato com a edificação e levantamento manual. Opção através da trena a laser de geração simultânea dos desenhos no computador.	Interior da edificação, registro de materiais transparentes, , edificações de pequeno a médio tamanho apresentando formas simples.
3D LASER SCANNING (LS)	Varredura a laser de superfícies dos objetos gerando o modelo em “nuvem de pontos”. Rapidez na aquisição de grande quantidade de dados	Diferentes tamanhos de objetos levantados, precisão e alto nível de detalhes, interior da edificação, formas irregulares, levantamento rápido de extensas áreas.

MÉTODOS TOPOGRÁFICOS	Medição de ângulos e distâncias com a utilização de instrumentos como o teodolito.	Levantamento de terreno e levantamento de controle com precisão .
GEORRADAR <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)	Levantamento de informações ocultas, não destrutivas, sem contato físico do operador ou equipamento.	Técnica que permite capturar informações das estruturas internas dos objetos como paredes, pisos. Obtenção de informações em edifícios existentes dando subsídios para documentação e para futuras intervenções.
LUZ ESTRUTURADA	Resulta da distorção que o objeto sofre quando submetido a projeção de um determinado padrão de luz. Essa distorção é capturada por uma câmera fotográfica digital e sua análise é realizada por um <i>software</i> específico, no qual gera o modelo de nuvem de pontos à medida que o objeto é escaneado	A vantagem nessa tecnologia está na varredura de pequenos objetos sendo geralmente mais rápida que o laser scanning. (Figura x) Registro de objetos transparentes e reflexivos
TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA	Levantamento de informações ocultas, não destrutivas, sem contato físico do operador ou equipamento. Visa o registro e a captura da emissão da radiação infravermelha dos objetos.	Sua utilização se destaca no auxílio ao diagnóstico de patologias causado por infiltração, umidade, deterioração de materiais e na identificação de grandes elementos estruturais, dutos e tubulações (Figura x)
FOTOGRAMETRIA ESFÉRICA (<i>Multi-Image Spherical Photogrammetry</i> - MISP)	Levantamento com a utilização de panoramas fotográficos esféricos, baixo custo.	O método se destaca por ser rápido, abrangente e eficiente para documentação do patrimônio arquitetônico, sendo metricamente preciso (Figura x)
FOTOGRAMETRIA DIGITAL	Levantamento através de fotografias, com baixo custo (câmera digital e <i>software</i>)	Levantamento de objetos transparentes e reflexivos, objeto com grande quantidade de detalhes - fachadas e esquadrias.
DENSE STEREO MATCHING (DSM)	Levantamento através de fotografias, com baixo custo (câmera digital e <i>software</i>), modelos geométricos texturizados de elevada qualidade.	Objetos e edificações com formas complexas e muitos detalhes. Modelos 3D detalhados com formas irregulares.
VIDEOGRAMETRIA	Utilização de vídeos para reconstrução geométrica e automatizada de objetos através de diferentes tipos de equipamentos de câmeras de vídeos desde webcams a câmeras imersivas	Aquisição de uma grande quantidade de informações, de modo rápido e gerando diferentes tipos de modelagem geométrica com o uso desde ferramentas interativas e offline, a automatizadas, em tempo real e online, variando quanto o custo e qualidade (Figura x)

Diante das técnicas citadas destacou-se alguns exemplos que desmonstram a aplicação na área de patrimônio edificado. Na na figura 06 a restauração realizada pelo grupo Petrobim ¹³, de um busto masculino de pedra calcária de alabastro do século II D.C., proveniente do Vale dos Túmulos, às portas de Palmira, que foi severamente danificado por militantes do grupo jihadista Estado Islâmico, na qual foi feita uma varredura 3D com sistema óptico de **luz estruturada**, de modo a ter a imagem tridimensional que permitiu reconstruir a parte faltante através da impressão 3D.

Figura 06 – Restauração de busto danificado através da impressão 3D



Fonte: <http://petrobim.com/blog/>

De acordo com Cortizo (2007) a **termografia infravermelha** auxilia na conservação do patrimônio arquitetônico, pois identifica patologias, elementos estruturais ocultos e análises das condições de conservação das edificações (Figura 07). Além disso essa técnica pode ser utilizada para verificar as edificações antes e após intervenção.

Figura 07 – Exemplos de imagens termográficas em edificações



Fonte: (GROTELAARS, 2015. P 87)

¹³ <http://petrobim.com/2017/02/23/protesis-en-3d-para-restaurar-el-patrimonio-destruido-en-siria/>

Kwiatek e Tokarczyk (2015) demonstram na figura 08 a técnica da **fotogrametria esférica** gerando o modelo em menos de meia hora do Hall da Assembleia (AGC Assembly Hall), através de panoramas de vídeos imersivos utilizando o programa *Agisoft Photoscan*. Os resultados são imagens panorâmicas e modelos geométricos 3D que podem ser interativos, com alta resolução, com visão 360° e visualização imersiva “contribuindo como uma forma dinâmica e acessível para divulgar e representar com alto grau de realismo o patrimônio arquitetônico e os sítios históricos”.

Figura 08 – Modelo gerado pela técnica da fotogrametria esférica - Hall da Assembleia



Fonte: (KWIATEK; TOKARCZYK, 2015)

As técnicas de levantamento destacadas na dissertação foram as mesmas utilizadas de forma prática durante o desenvolvimento da pesquisa: medição direta, Fotogrametria digital, DSM e 3D *Laser Scanning*.

Os sistemas de varredura (a laser ou por fotografias) para captura de "nuvens de pontos" representam o estado da arte das técnicas de cadastramento, e sua utilização é de fundamental importância para o levantamento rápido, preciso e detalhado, não somente do patrimônio arquitetônico, como também de edificações e ambientes urbanos comuns. (GROETELAARS, 2015 p.35)

A escolha dessas técnicas foi devido a fatores como: importância dentro da área de patrimônio cultural, relevância na quantidade de estudos diante do tema e o potencial na integração com a plataforma BIM. Dessa forma, a dissertação se foca nessas técnicas no sentido de evidenciar suas características, aplicabilidade, tipo de

produto gerado e principalmente as possibilidades com a plataforma BIM na preservação do patrimônio do movimento moderno.

A medição direta foi utilizada nas visitas ao objeto de estudo sendo essencial para completar informações para a modelagem BIM, por essa razão ela está em destaque. A medição direta é de suma importância na área de levantamento do patrimônio edificado independente do tipo de tecnologia digital utilizada durante e após o levantamento. Considerada a técnica mais antiga de levantamento cadastral, o operador tem contato direto com o elemento a ser levantado e é essencial para suprir lacunas e conferir medidas diante o resultado de levantamentos digitais indiretos. Sendo assim uma técnica primordial para levantamentos digitais como: fotogrametria digital, *3D Laser scanning* e DSM, retratadas a seguir.

1.4.1 Fotogrametria digital

A fotogrametria é uma técnica mais antiga, que estuda e define com precisão a forma, dimensões e posição no espaço de um objeto, utilizando medidas realizadas sobre uma ou mais fotografias (BONNEVAL, 1972). A Fotogrametria é uma técnica que permite extrair das fotografias, as formas, as dimensões e as posições dos objetos. As técnicas de fotogrametria sofreram grandes transformações desde os primeiros anos de seu desenvolvimento, em meados do século XIX.

A fotogrametria digital permitiu a simplificação do processo de restituição, antes realizado por pessoal altamente especializados e por equipamentos de custos elevados, em suas formas analógicas e analíticas (GROETELAARS, 2004). A fotogrametria digital permite a obtenção, de modo preciso, de grande quantidade de produtos, como medidas, desenhos, modelos geométricos (texturizados ou não), fotos retificadas, ortofotos, a depender da técnica utilizada. Outro aspecto positivo é o pouco tempo necessário para o trabalho de campo, já que a restituição das fotos é feita em escritório, posteriormente ao levantamento fotográfico.

Apesar de a técnica ser antiga, a técnica de fotogrametria digital para geração de modelos de superfície 3D é recente e tem ganhado força com o aprimoramento de *hardwares* e *softwares* para o processamento 3D, destacando também a ascensão dos *drones*. Os *drones* permitem maior eficiência no uso da fotogrametria, pois conseguem registrar as imagens em áreas e setores de difícil acesso, realizando o levantamento fotográfico com maior rapidez e segurança, facilitando assim, a geração

de modelos digitais 3D mais complexos (CANUTO; RIBEIRO; SALGADO, 2016).

A fotogrametria digital permite a utilização da técnica com recursos de fácil acesso e baixo custo, sendo uma boa escolha para representação, murais e partes da edificação como detalhes arquitetônicos e conjuntos de fachadas – de diferentes tamanhos e níveis de complexidade, e obter uma série de produtos – ortofotos, desenhos e modelos geométricos fotorrealísticos. A fotogrametria digital pode ser classificada em três características: tipos de restituição (quantidade de fotografias utilizadas e sua configuração), posicionamento da câmera e nível de automação de acordo com o quadro a seguir:

Quadro 03 – Classificação da fotogrametria digital

TIPOS DE RESTITUIÇÃO	POSICIONAMENTO DA CÂMERA	NÍVEL DE AUTOMAÇÃO
Monorestituição – método mais simples e rápido, porém com mais limitação e menos precisão de resultado. Utiliza-se uma fotografia para obtenção de ortofotos e desenhos	Terrestre – quando o equipamento está posicionado próximo a superfície, sendo mais aplicada na arquitetura, engenharia, arqueologia, levantamentos industriais;.	Interativo – processos interativos com uso de programas, permitindo gerar uma grande variedade de produtos através de programas como <i>PhotoModeler</i> . Entretanto por não haver automação o processo é moroso e exige certa habilidade do profissional para gerar produto de qualidade.
Estereorestituição – método mais automatizado e adequado para formas mais complexas, a técnica consiste na geração de modelo geométrico de superfície texturizado ou não. Utiliza-se de pares de fotografias paralelas entre si, fotografadas com grandes áreas de sobreposição e em diferentes posições	Aérea – quando o equipamento é transportado por helicópteros, aeronaves ou drones, com aplicação em áreas maiores como, levantamento cadastral urbano e rural, monitoramento, prevenção de desastres naturais.	Semiautomático – processo com programas que realizam automatização de alguns comandos, como reconhecimento de feições ¹⁴ e correlação de pontos homólogos;
Restituição de múltiplas fotografias convergentes – método para superfícies bem definidas permitindo a identificação interativa dos pontos homólogos. No processo o objeto deve ser fotografado em diversas posições, com no mínimo três fotografias por feição do objeto.	Orbital – quando os sensores estão posicionados nos satélites. Assim como a fotogrametria aérea, a orbital é utilizada para levantar grandes áreas.	Automático – processo com programas que permitem automatizar todas as etapas de processamento – restituição, correlação de pontos homólogos e a geração de modelos. Atualmente esse processo tem sido muito usado para modelos de formas complexas e irregulares devido ao desenvolvimento de ferramentas de automação que garantem rapidez e precisão na geração de modelos.

Fonte: elaboração da autora, 2017

¹⁴ O termo feição (feature) é entendido como um conjunto de pixels ou padrão em que se permite extrair informações.

Na área de fotogrametria, pode-se destacar a fotogrametria digital, a fotogrametria esférica, a videogrametria e o DSM. Apesar de todas serem métodos baseados nos princípios da fotogrametria, essas técnicas apresentam características específicas, como é o caso do DSM.

1.4.2 *Dense Stereo Matching* (DSM)

Nesse contexto da fotogrametria, utilizando os princípios de estereorrestituição e dos avanços obtidos na Visão Computacional¹⁵, surgiu mais recentemente a técnica DSM. Essa é uma técnica de varredura por fotografias, ela é denominada por vários termos, destacando o SfM- *Structure from Motion* e o DSM¹⁶. Apesar de apresentar princípios de fotogrametria, devido as suas particularidades ela está sendo tratada separadamente da fotogrametria digital. 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).

O DSM tem se destacado para a geração de modelos geométricos de objetos pequenos e formas complexas como esculturas e fachadas com ornamentos geométricos 3D. A técnica consiste em algoritmos que visam a correlação automática de pontos homólogos podendo gerar – de acordo com o *software* utilizado – uma malha TIN *Triangular Irregular Network* (malha triangular irregular) ou uma nuvem de pontos. Para o resultado eficiente é importante que as feições dos objetos estejam bem definidas nas fotos e que a resolução destas seja proporcional à precisão do modelo. A qualidade também depende da ferramenta utilizada, pois se encontra desde programas comerciais a programas gratuitos com processamento remoto via *web* ou programas livres gratuitos *open-source*. Os programas comerciais possuem as vantagens do custo e conhecimento em ferramentas computacionais, entretanto possuem definição da malha e muitas possibilidades de edição. Já os programas

15 De acordo com Groetelaars (2015) “é a parte da Ciência da Computação reponsavel pelo estudo e desenvolvimento da visão em uma maquina, ou seja, da emulação da forma como um computador enxerga” o meio a sua volta, extraindo informações significativas a oartir de imagens capturadas por câmeras de vídeo, sensores, scanners, entre outros dispositivos “ (GROETELAARS, 2015, p.72).

16 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 TIN - malha triangular irregular - e nuvem de pontos densa.

gratuitos via *web* são mais restritos quanto a edição e as informações são de domínio dos servidores das ferramentas, contudo é uma rápida e barata alternativa para alguns trabalhos. Por fim as ferramentas *open-source* ficam entre as duas descritas por ser gratuitas e apresentar em um alto domínio em programação e ferramentas computacionais, sendo muito utilizadas em pesquisas.

Como dito anteriormente o DSM é o resultado de estudos na área de fotogrametria e principalmente evolução da área da Visão Computacional. Assim para entender as particularidades dessa técnica é importante conhecer o processo de evolução dessas áreas que influenciaram no surgimento da técnica DSM. Um breve histórico sobre fotogrametria foi descrito no item anterior, contudo é importante destacar segundo Remondino et al. (2014), a invenção da fotografia no séc XIX foi alinhada com a invenção da restituição fotogramétrica, inventada pelo engenheiro francês Aimée Laussedat em 1849. A restituição fotogramétrica evolui de processos gráficos a processos digitais em 1990. A partir de 2000 houve um grande avanço na área de fotogrametria digital, com popularização e ampliação do seu uso em diferentes áreas. Esses avanços relacionados principalmente com os avanços dos últimos trinta anos da visão computacional são a essência da técnica DSM

No início do séc XX já havia estudos sobre o DSM. O professor da *Technical Univesity of Vienna*, Erwin Kruppa publicou o primeiro trabalho sendo o teorema "*Structure-from-Motion*". "Ele provou que era possível a determinação dos posicionamentos da câmera e a localização tridimensional de pontos através de cinco pontos homólogos em duas fotos" (GROETELAARS, 2015, pg. 118). Na década de 70, com o trabalho de Marr, Poggio e Moravec, surgiram os primeiros algoritmos para "estéreo correspondência". Nessa mesma década Shimon Ullman concretiza estudos de recuperação simultânea da geometria e diferentes posicionamentos da câmera, redescobrando assim o teorema de Kruppa "*Structure-from-Motion*" (BUCHANAN, 2010; SZELISKI, 2010).

De acordo com Lopéz (2011) o detector¹⁷ de Moravec de 1977, foi responsável pela introdução de "pontos de interesse"¹⁸, que permitem a correlação de fotografias consecutivas. Harris em 1992 evolui o detector de Moravec apresentando seu

¹⁷ Algoritmos utilizado na área de Visão Computacional para automaticamente indicar específicos pontos nas imagens

¹⁸ Expressão utilizada para se referir a conjuntos epspecificos de pixels extraídos de fotografias

algoritmo para correlação de imagens, o detector de Harris gerava modelos geométricos através de fotografias de diferentes ângulos. Em 1999, David Lowe apresentou seu novo algoritmo, *Scale Invariant Feature Transform* SIFT. Esse detector que por sua vez é o mais utilizado atualmente para o DSM, as principais vantagens do SIFT em relação ao Moravec são: a identificação de mais “pontos de interesse” e o fato desse detector ser menos sensível as alterações de imagens (LOPEZ, 2011). Nessa mesma época, são introduzidos os primeiros sistemas automatizados de “nuvem de pontos” esparsa e sem necessidade de calibração da câmera.

O avanço na década de 90 em relação à automatização e geração de modelos geométricos fotorealísticos culminaram no começo de 2000 na publicação de trabalhos com foco na utilização do SfM, utilizando pequenas quantidades de fotos desorganizadas e utilizando a mesma câmera. Em 2006, a técnica SfM encontrou um grande avanço com a publicação do *Photo Tourism*¹⁹, um sistema que a partir de diversas fotos encontradas na internet que gerava modelos de “nuvem de pontos” esparsa, mostrando uma nova forma de interagir (navegar) com as fotos. Em 2008, baseado no sistema *Photo Tourism* a *Microsoft* disponibiliza na internet o programa *Photosynth*, a partir dele os usuários poderiam carregar suas fotos no programa e gerar a “nuvem de pontos” (REMONDINO et, al. 2014). No mesmo ano a empresa *Eos Systems Inc.* lançou a primeira versão do *Photomodeler Scanner 6*, um programa interativo para identificação de pontos homólogos e calibração da câmera. Sua versão 2010 acrescentou em situações específicas a opção de uso da correlação automática de pontos homólogos.

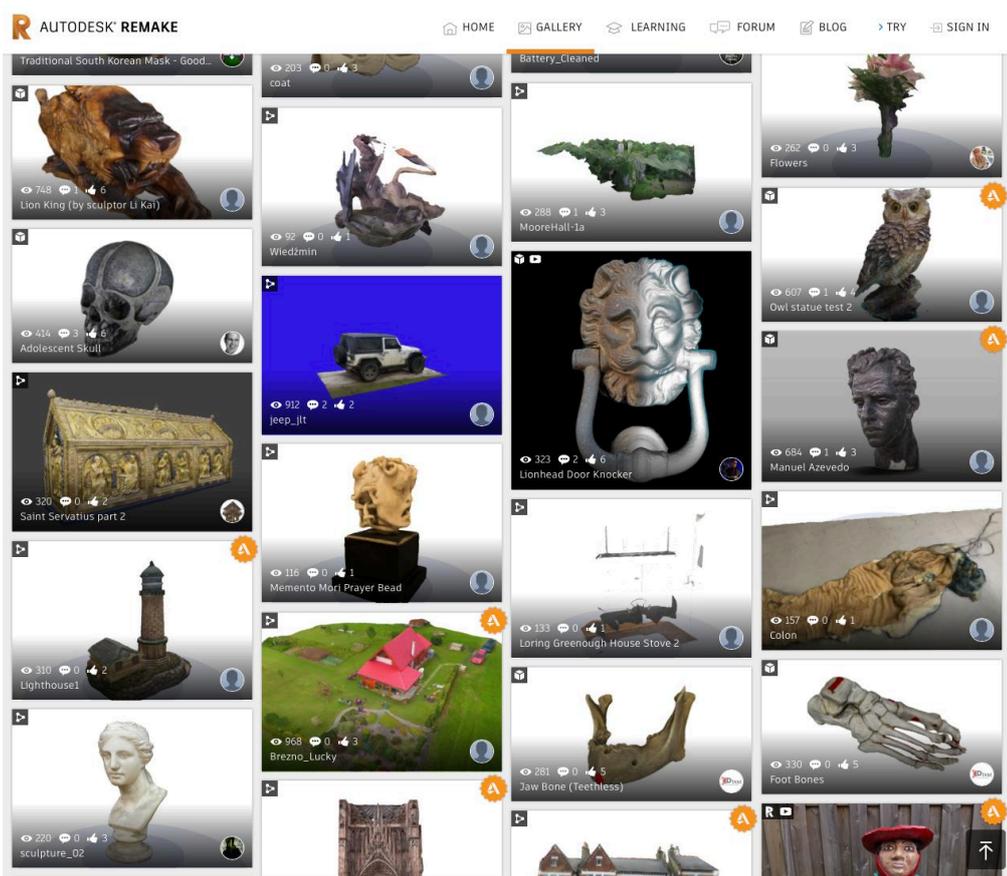
A partir de 2010 a técnica DSM foi se aprimorando e popularizando com o destaque para o programa da empresa *Autodesk* o *Photofly*, através de fotos carregadas pelos usuários gerava modelos geométricos em malha TIN, o processamento remoto era via *web* pelos servidores da empresa. Dois anos depois em substituição ao *Photofly* foi lançado pela *Autodesk* o *123D Catch* com versão para tablets e celulares (SANTAGATI; INZERILLO; DI PAOLA, 2013). Em 2017 substituindo o *123D Catch* a *Autodesk* lança o *Remake*.

Dentro das ferramentas DSM temos os programas remotos gratuitos via *web*,

¹⁹ Trabalho desenvolvido na University of Washington pela estudante de graduação Noah Snively

como o *Remake*. Essa ferramenta se destaca pela facilidade de uso, sem custo e com rapidez na geração de modelos em malha TIN ou “nuvem de pontos”. O *software* desenvolve modelos fotorealísticos principalmente de esculturas que podem auxiliar no conhecimento patrimonial e documentação. O *Remake* apresenta resultados eficientes, em termos de visualização, na sua versão gratuita, entretanto essa versão apresenta poucas opções de edição. Na versão educacional e na versão comercial (paga) ele possui mais opções de edição. A atenção aos modelos gerados por ferramentas gratuitas via *web* está a respeito da propriedade das fotos e modelos que no caso são de domínio das empresas. Ao mesmo tempo modelos desenvolvidos com ferramentas como o *Remake* são divulgados no site da *Autodesk* em *Gallery*²⁰, ganhando uma visão ampla e divulgando o patrimônio cultural (Figura 09).

Figura 09 – Modelos divulgados no site da *Autodesk*



Fonte: <https://gallery.autodesk.com/remake/projects#query=ma&filters=%5B%5D&sort=relevance>

²⁰ <https://gallery.autodesk.com/remake#filters=%5B%5D&sort=popularityDescending>

1.4.3 3D Laser scanning (LS)

A técnica de 3D *Laser Scanning*, em português escaneamento a laser 3D, permite realizar digitalmente a varredura das superfícies externas dos objetos de diferentes dimensões e níveis de complexidade, utilizando um feixe de laser, o resultado é uma “nuvem de pontos” que pode ser obtido em campo. De acordo com Kolecka (2011) no começo da década de 90 pesquisadores já utilizavam o *Laser Scanning* para levantamentos, com destaque para levantamentos aéreos topográficos. Apenas no final da década de 90 o primeiro *Terrestrial laser scanner*, TLS - equipamento de escaneamento terrestre, foi construído e utilizado em levantamentos industriais (KOLECKA, 2011). Todavia, o uso dessa tecnologia era mais restrito, tendo em vista que até o ano de 2007, não havia *software* que realizasse todo o processo de leitura da informação levantada pelo escaneamento a laser (JORDÁ, 2009).

A nuvem de pontos pode ser gerada a partir de varredura por fotografias (DSM) ou através de varredura a laser (*3D laser scanning*). Assim como o DSM, o *3D laser scanning* tem ganhado cada vez mais espaço na área de patrimônio edificado possibilitando uma nova documentação do patrimônio, atribuída de informações em grande quantidade e qualidade, além disso o modelo resultante dessa técnica permite o monitoramento e a fabricação de réplicas. Contudo, o *3D laser scanning* se destaca em relação a técnica DSM em levantamento de objetos grandes (interior e exterior), na rapidez e precisão para gerar a “nuvem de pontos”.

Há grande diversidade e tipos de aparelhos *laser scanners* disponíveis no mercado, que variam em função da tecnologia utilizada. A escolha do sistema depende, essencialmente, do tamanho do objeto a ser levantado e da distância entre o objeto e o equipamento. Portanto classifica-se o *3D laser scanning* de acordo com o posicionamento da varredura, o alcance e tecnologia (Quadro 4). Outros fatores que influenciam são o custo do equipamento, o tempo de levantamento e a precisão da “nuvem de pontos” a ser gerada, dentre outros. O *3D laser scanning* permite realizar também o levantamento fotográfico, através de câmeras integradas ao equipamento, para facilitar o entendimento das informações registradas e permitir a geração de texturas realísticas.

Quadro 04 – Classificação do 3D *laser scanning*

CLASSIFICAÇÃO 3D LASER SCANNING - POSICIONAMENTO DE VARREDURA
Terrestrial Laser Scanning (TLS) ou Laser Scanning Terrestre – o aparelho se posiciona na superfície, podendo ser estático (fixo) ou dinâmico (movimento). Utilizado para levantamentos de pequenos objetos a grandes edificações.
Aerial Laser Scanning (ALS) ou Laser Scanning Aerotransportado - o aparelho se localiza na aeronave, ideal para levantamento de áreas urbanas, vilarejos e bairros.
CLASSIFICAÇÃO 3D LASER SCANNING - ALCANCE
Muito longo – mais de 3.500 m
Longo – até 3.500 m
Médio – até 500 m
Curto – até 120 m
Muito curto – até 25m
CLASSIFICAÇÃO 3D LASER SCANNING - TECNOLOGIA
LIDAR (Light Detection and Ranging) ou Tempo de voo ou Pulsed ou Time of Flight – TOF – Ideal para grandes áreas, com alcance médio (precisão média de 3 a 6 mm) a muito longo (precisão média de 15 a 20 mm), tecnologia utilizada com posicionamento de varredura terrestre e aerotransportado (TLS) ou (ALS).
Diferença de fase ou Phase Shift – com alcance curto e precisão média de 5mm, é mais rápido que o LIDAR, e o posicionamento de varredura é terrestre (TLS).
Triangulação – <i>scanners</i> para levantamento de pequenos objetos, alta precisão – média de 0,05 a 0,5 mm e com afastamento até 1m entre equipamento e objeto. Podem ser classificados em base giratória (rotation stage) em que o objeto é colocado dentro do equipamento scanner, sistema de braço digitalizador (mechanical arm) em que o objeto fica fixo e o <i>scanner</i> se localiza em um braço articulado que se movimenta ao redor do objeto e sistema de espelhos ou prismas (<i>prisms</i> ou <i>mirrors</i>) em que o objeto fica fixo e o <i>scanner</i> , porém em vários posicionamentos ou estações faz a varredura do objeto.

Fonte: elaboração da autora, 2017

Nos últimos dez anos, houve desenvolvimento significativo da tecnologia de varredura a laser, tanto no que se refere a *hardware* quanto a *softwares*, culminando na redução dos custos de levantamento e no aumento das áreas de aplicação: levantamento industrial, arquitetônico, documentação do patrimônio, arqueologia, planejamento urbano, geologia, ferramenta de apoio à prevenção de desastres naturais, etc. Atualmente a nuvem de pontos levantada a partir do 3D *laser scanning* é gerada por *softwares* como o *Recap* da *Autodesk*. A questão hoje não é mais como gerar a nuvem de pontos, mas sim, como utilizar a grande quantidade de informações capturadas de maneira adequada (CANUTO; RIBEIRO; SALGADO, 2016).

A varredura a laser apresenta uma série de vantagens em relação às técnicas tradicionais de levantamento cadastral, dentre elas pode-se citar, precisão, que pode variar do centímetro ao submilímetro, tempo reduzido para o levantamento, grande

quantidade de informação e armazenamento da “nuvem de pontos que pode ser utilizada posteriormente para novas pesquisas e/ou novos modelos e/ou para se verificar e detalhar modelos já criados.

Uma das desvantagens dessa técnica é o alto custo da tecnologia, outra seria a interferência na superfície levantada por objetos como caçamba, árvores e carros. Ressaltam-se também problemas quando o objeto apresenta superfícies cobertas por vidro como janelas, neste caso, o feixe pode atravessar o objeto e ser refletido por objetos localizados no interior da edificação. Contudo o levantamento com varredura a laser pode ser feito a noite, facilitando no levantamento de lugares que tem muito tráfego o que não seria possível com outros levantamentos como a fotogrametria.

1.5 Modelos HBIM (*Historic Building Information Modelling*)

Como demonstrado nessa dissertação novas alternativas têm sido apresentadas aos profissionais da área de patrimônio, visando facilitar a etapa de concepção de projetos e documentação, possibilitando o desenvolvimento de soluções de forma integrada. Entre as alternativas oferecidas em relação aos edifícios existentes com interesse em preservação, tem destaque a fotogrametria digital, o escaneamento 3D. Nesse contexto, técnicas de levantamento de captura da realidade como a fotogrametria digital e o 3D *laser scanning* tem contribuído significativamente na geração desses modelos, auxiliando não apenas na preservação, mas também no resgate das informações projetuais do patrimônio edificado. Dezen-Kempton et al. (2015), definem o 3D *laser scanning* e a fotogrametria digital, como tecnologias que permitem através de sensores baseados em ondas de luz para medição direta e indireta, a captura do estado real de uma edificação de forma precisa e eficiente. Groetelaars e Amorim, (2012) acrescentam que esse tipo de levantamento não seria possível com métodos de pesquisas anteriores, pois essas tecnologias mostram as irregularidades, deformações e desgastes, decorrentes do ciclo de vida da edificação.

Uma tendência nos modelos de captura da realidade na área de patrimônio histórico é a integração dessas duas tecnologias. Essa integração tenta suprir as lacunas encontradas em cada tecnologia, para isso os autores utilizam diversas ferramentas que aliados às técnicas manuais de pós-modelagem utilizando *softwares*, chegam ao resultado final de modelos fidedignos em precisão e aparência. Observa-se que, quanto maior essa integração e a interoperabilidade do modelo, maior o seu potencial para documentação, intervenção, manutenção e operação do edifício

existente. Portanto a abordagem de métodos híbridos mostra-se uma importante ferramenta para levantamento e representação de edificações históricas. Beraldin (2004) ressalta que a abordagem híbrida é essencial em ambientes complexos, pois permite a combinação e compatibilização das informações oriundas de diferentes tecnologias e fontes.

Modelos 3D precisos e realistas do patrimônio edificado são eficientes na reconstituição das características espaciais e geométricas do objeto levantado. Todavia, a possibilidade de agregar informações de diferentes fontes e diferentes áreas, conseqüentemente torna-se útil para diferentes profissionais. Brumana et al (2013) afirma essa eficiência dos modelos para a restauração, quando se considera questões referentes aos processos construtivos, materiais, e as intervenções sofridas ao longo do tempo.

Nesse contexto Dezen-Kempton et al (2015) destaca a questão do inventário completo - *comprehensive inventory* - que seria um modelo tridimensional semântico que poderia funcionar como um catalisador central de informações do ciclo de vida da edificação. Esse inventário armazenaria as informações sobre as formas, detalhes construtivos, o histórico e contexto do edifício, e poderia ser construído utilizando a Plataforma BIM. (CANUTO; SALGADO, 2016)

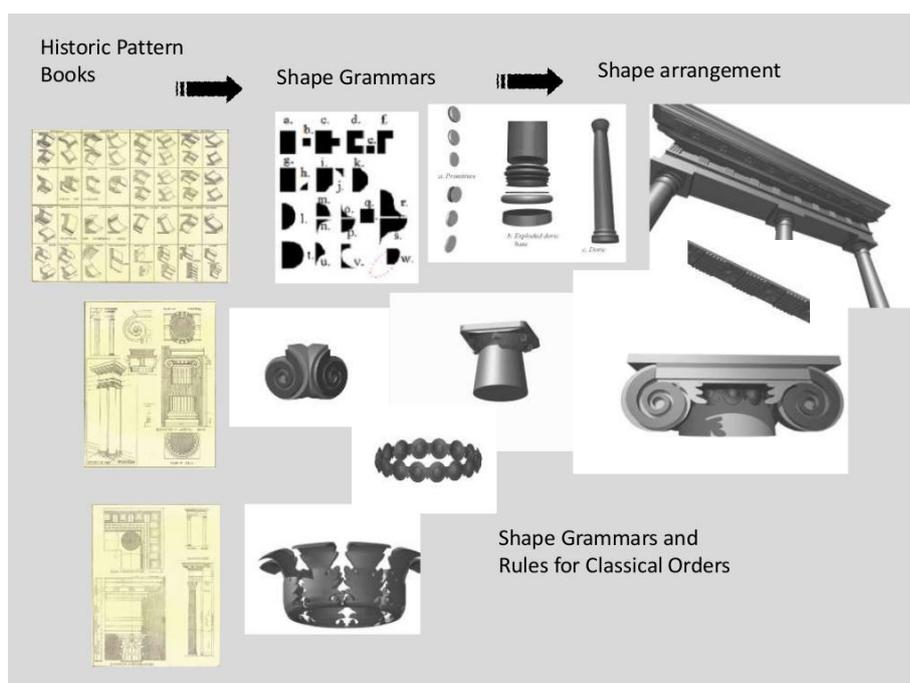
Diante dessas tecnologias mencionadas destaca-se a prática de uma nova aplicação do BIM, o HBIM (*Historic Building Information Modelling*). Conceito introduzido por Murphy, McGovern e Pavia (2007) definido como modelo BIM desenvolvido, a partir de dados históricos, sistema de captura a laser em nuvem de pontos e dados de fotogrametria digital. Os trabalhos sobre HBIM ilustram como bibliotecas de objetos paramétricos interativos podem ser desenvolvidas, para isso são consultados diferentes tipos de manuais arquitetônicos para obter informações sobre construção geométrica. Alguns pesquisadores (ARAYICI, et al., 2017, KHODEIR; ALY; TAREK, 2016) denominam HBIM como (*Heritage Building Information Modelling*), no entanto o conceito é o mesmo entre os autores.

No trabalho de Murphy, McGovern e Pavia (2013) a modelagem BIM se restringe a objetos da arquitetura na Irlanda baseados nos tratados de arquitetura que vão desde Virtrúvio ao Renascimento, do período entre o século XVII e XVIII. Utiliza-se objetos paramétricos para serem mapeados sobre trechos de “nuvem de pontos”. Para adicionar “inteligência” a esses modelos é utilizado a linguagem GDL - *Geometric*

Descriptive language - que é a linguagem interna de programação do *ArchiCAD* para a criação de objetos paramétricos (MURPHY; MCGOVERN; PAVIA , 2013) (Figura 10). A modelagem no *Archicad* pode ser feita com os elementos construtivos parametrizados padrão, como paredes, colunas, vigas, etc. ou criando complexos e inteligentes objetos com o GDL.

O *plug-in* HBIM é uma biblioteca de objetos paramétricos criada a partir de dados históricos. Além disso, é um sistema para mapear objetos paramétricos a partir de nuvem de pontos e levantamento de dados por imagem. O processo HBIM é iniciado com coleta de dados de pesquisa usando varredura a laser terrestre ou modelagem fotogramétrica digital (LOGOTHETIS, DELINASIOU E STYLIANIDIS, 2015 p.181, tradução nossa).

Figura 10 – HBIM



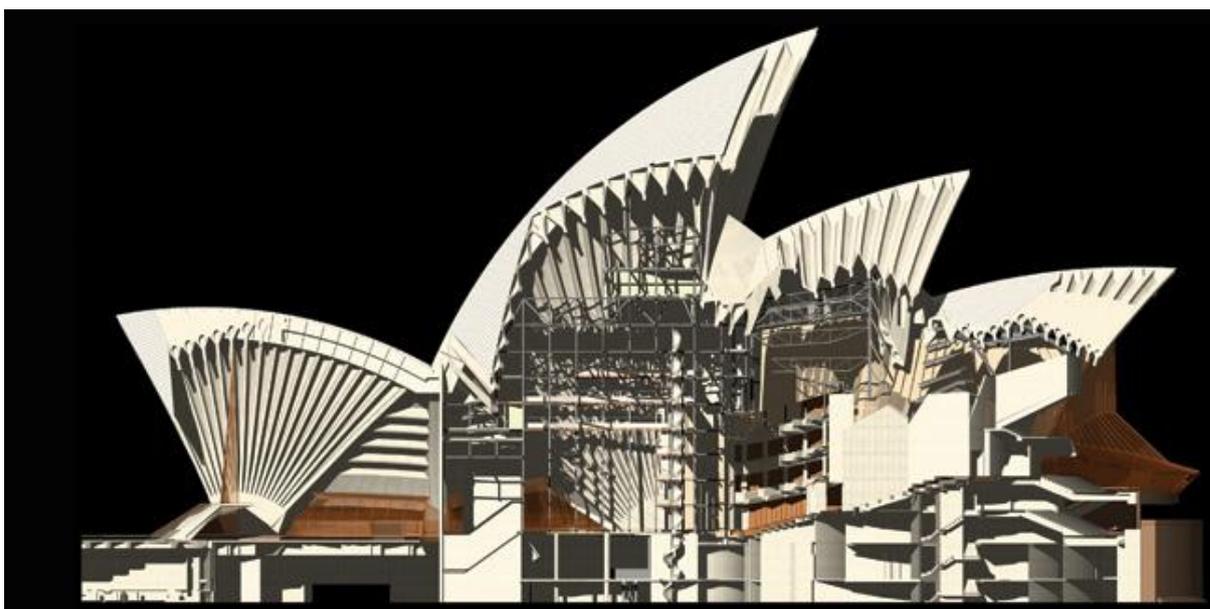
Fonte: (MURPHY; MCGOVERN; PAVIA , 2013)

Seguindo exemplos de modelos HBIM, antes mesmo do uso desse termo, arquitetos e engenheiros responsáveis pela preservação do ícone que ganhou o status de Patrimônio Mundial a Sydney Opera House (SOH), desenvolveram um dos primeiros exemplos encontrados na literatura sobre modelagem BIM, com auxílio da varredura a laser. Esse projeto teve o objetivo de orientar o gerenciamento e a manutenção (*Facility Management*) da edificação (Figura 11).

A tarefa da equipe foi criar um modelo básico como construído para os componentes estruturais, arquitetônicos. De acordo com Woo, Wilsmann, Kang (2010), o modelo BIM constituiu a base para novas intervenções e documentação, garantindo maior eficiência na redistribuição do espaço interno e restrições estruturais existentes. No início do projeto, foi utilizado um dos softwares - *Bentley Architecture* e *Bentley Structural* - para assegurar a interoperabilidade entre seus modelos. Mais tarde, foi utilizado o MEP e depois exportado para sistemas de gerenciamento de *facilities* - FM.

Devido à complexidade dos painéis acústicos ao longo de todo o auditório, foi realizado o levantamento com 3D Laser Scanning de modo a permitir a modelagem. A nuvem de pontos resultante, com precisão de 20 mm, foi convertida em um modelo de superfície, que se tornou a base para um modelo do painel acústico a ser utilizado em *software* de análise acústica. O modelo BIM foi usado para auxiliar na análise de simulação acústica e de fogo, planejamento de evacuação e modelagem de saída. A informação BIM foi transferida através do formato IFC 2x3, ou através de pacotes analíticos simples compatíveis com IFC DXF. Os dados da pesquisa 2D e 3D foram constantemente revistos para identificar instâncias em que as informações construídas podem dar resultados enganosos e ter reinterpretação (WOO; WILSMANN; KANG, 2010).

Figura 11 – Modelo BIM Sydney Opera House



Fonte: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab081587.pdf>> Acesso 20/11/2016

Este caso mostrou que é possível criar modelos BIM para representar estruturas complexas. As desvantagens apontadas no processo foram o tempo considerável para classificar a grande quantidade de documentação histórica, e também para encontrar as informações relevantes para o modelo assim construído. Além disso, problemas em experimentos quanto a interoperabilidade entre *softwares* de diferentes empresas.

As maiores dificuldades encontradas na literatura as quais referem-se a modelagem BIM a partir de modelos fotorealísticos são: modelagem de formas irregulares, manipulação da nuvem pelo tamanho dos arquivos que são gerados para importação, perda de dados na importação, determinação do nível de detalhe do modelo e falta de componentes adequados para modelar edificações históricas em softwares BIM (CANUTO; RIBEIRO; SALGADO, 2016).

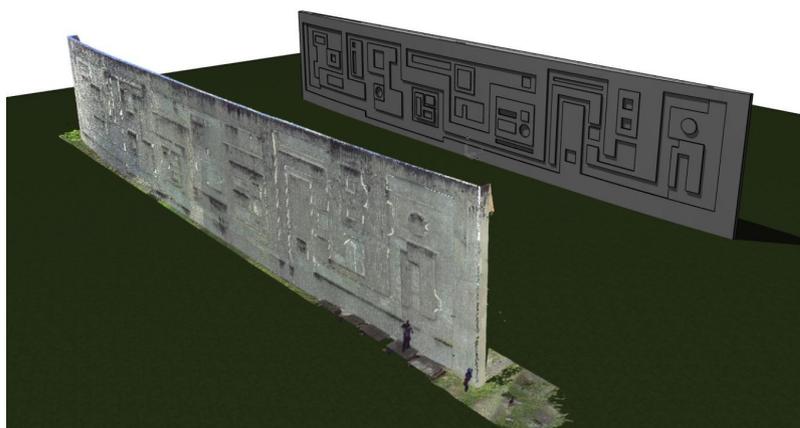
Na plataforma BIM, pode-se criar e gerenciar geometrias paramétricas sendo eficaz ao criar objetos novos a partir das bibliotecas dos *softwares* BIM. No entanto, a dificuldade aumenta quando os componentes são gerados para representar geometrias existentes a partir de dados de fotogrametria digital ou digitalização a laser (Garagnani et al., 2013). 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 no entanto, de acordo Logothetis, Delinasiou e Stylianidis (2015) ao apresentar uma revisão sobre relevantes estudos sobre HBIM, seleciona cinco estudos de casos, em sua maioria na Itália, e concluem que cada exemplo os autores adotam ferramentas diferentes para o desenvolvimento do HBIM, de acordo com o objetivo do modelo, como por exemplo: para reconstrução (ORENI et al., 2014), FM (DORE et al., 2012), documentação e visualização em timeline (BRUMANA et al., 2013; FAI et al., 2011) e documentação (GARAGNANI et al., 2013).

Nesse contexto ilustra-se desenvolvimento do modelo BIM da fachada do edifício do período moderno de 1957 da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/ FAU, da Universidade. O objetivo foi a demonstração da possibilidade de “adicionar inteligência” ao modelo de nuvem de pontos ou seja, adicionar informações que vão além da superfície levantada utilizando a plataforma BIM. O trabalho motivado pelo

levantamento do painel da FAU com a técnica 3D *laser scanning*, o qual foi realizado como atividade da disciplina de Mestrado no segundo semestre de 2015. O resultado do levantamento LS realizado em menos de duas horas, foi o modelo em nuvem de pontos do painel da FAU. A adoção do LS foi essencial para levantar seu estado de conservação, e para uma documentação mais precisa. Após a importação da nuvem de pontos alguns cortes longitudinais foram realizados para obter as dimensões dos elementos que compõe o painel (Figura 12). Com a integração entre captura da realidade 3D do painel, *software* BIM e documentação existente, foi possível aumentar o potencial de informações do modelo que apesar de ser apenas um elemento do edifício, representa o começo de uma biblioteca de objetos paramétricos que podem fazer parte do modelo BIM do prédio da FAU. (CANUTO; RIBEIRO; SALGADO, 2016).

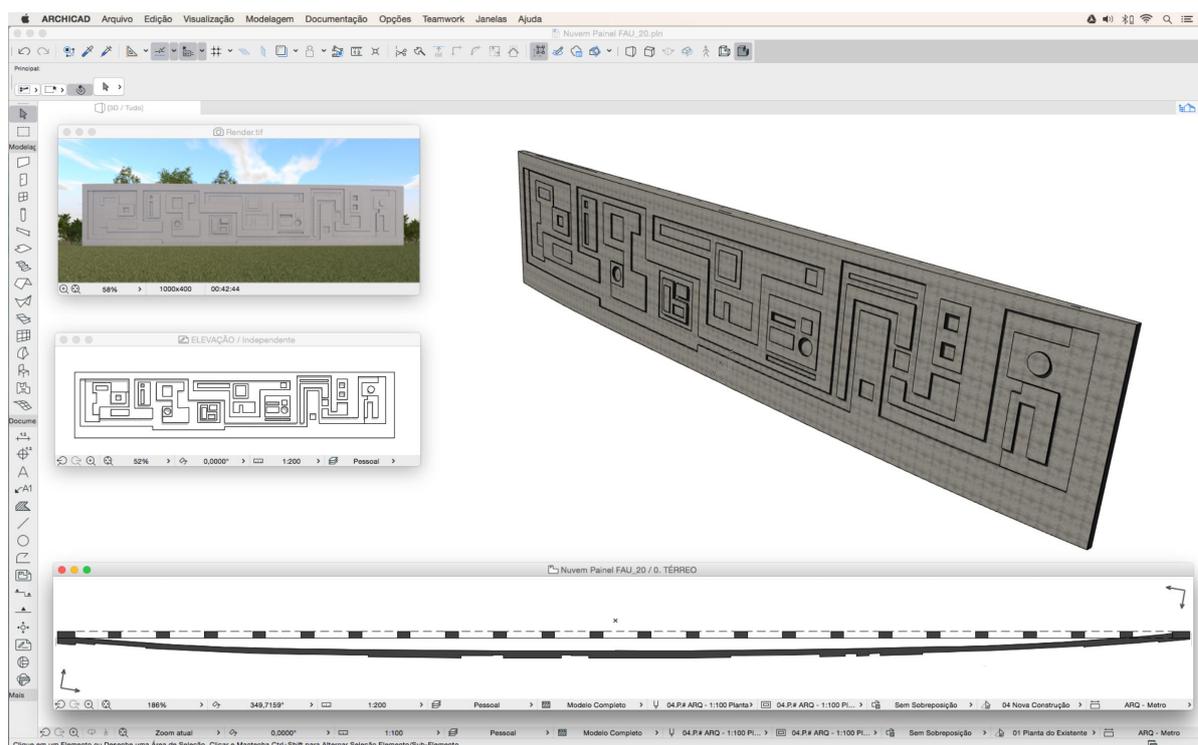
Figura 12 – Modelo do painel FAU – UFRJ, em nuvem de pontos e modelo BIM



Fonte: (CANUTO; RIBEIRO; SALGADO, 2016)

O resultado ilustra o modelo BIM do painel que graficamente possui as geometrias dos seus elementos, com dimensões, formas, quantidade e localização que refletem suas condições próximas a realidade, com desvio máximo de 20mm da nuvem para a modelagem BIM (Figura 16). O importante foi avaliar como o modelo BIM possibilita a transição do conceito de superfície para representação do objeto (CANUTO; RIBEIRO; SALGADO, 2016).

Figura 13 –Painel da FAU – UFRJ resultado da modelagem a partir da nuvem de pontos



Fonte: (CANUTO; RIBEIRO; SALGADO, 2016)

1.6 Modelos BIM: *as-designed, as-built, as-is*

No Brasil, a questão de acesso a documentação de edifícios históricos, tombados ou não, em sua maioria, não se encontra em meio digital e apresenta-se espalhada por bibliotecas, acervos, instituições etc. Outro problema encontrado é a perda de detalhes entre os edifícios históricos e a representação da documentação, isso acontece pela quantidade de ornamentos ou o fato de formas complexas serem simplificadas quando representadas em 2D.

Na geração de modelos BIM de patrimônio edificado, enquanto se planeja a modelagem, busca-se aquisição de dados existentes. Esses dados podem ser fontes iconográficas, dados primários em campo e revisão bibliográfica. Dentro das possibilidades de modelagem BIM de patrimônio edificado, destacam-se nos estudos de caso descritos na literatura nacional (ALVES; OLIVEIRA, 2010) e internacional (BRUMANA et al., 2013; FAI et al., 2011), o uso das fases históricas e construtivas da edificação. Assim, alguns autores discutem conceitos sobre representação de edifícios existentes de acordo com sua fase histórica e/ou construtiva destacando-se:

- Modelo *as-designed* BIM – O termo se refere o que é produzido na fase do projeto e será construído. Nessa fase o modelo não apresenta as alterações durante a obra, no caso de edifícios existentes e havendo a documentação dos desenhos do projeto, ou seja, os desenhos *as-designed*, eles serviram de base para o modelo *as-designed* BIM, referindo-se ao modelo produzido na fase de projeto e que deu suporte à construção (DEZEEN et al., 2015; EASTMAN, 2011; HUBER et al., 2011).
- Modelo *as-built* BIM – Para alguns autores como Amorim (2011) esse termo usa-se para documentar a edificação durante a obra e após sua conclusão. Atualmente, para edificações históricas tem-se utilizado o *as-built* BIM para representar várias fases após a construção sendo *as-built* diferenciado com a data. Autores como Eastman (2011) e Arayici (2008) tratam o termos *as-built* como modelos BIM feitos a partir da nuvem de pontos e que representam a situação atual da edificação.
- Modelo *as-is* BIM – Nos últimos anos com o aumento do uso de levantamentos digitais através de captura da realidade, começou-se a usar o termo *as-is* no lugar de *as-built*, referindo-se a edificações históricas levantadas pela varredura a laser e representadas através de modelos BIM. O termo "modelo *as-is*" está sendo utilizado, para designar o estado atual da edificação, principalmente em situações em que é realizado o levantamento completo, preciso e detalhado com sistemas de varredura, visando dar suporte a projetos de intervenção (restauração, renovação, conservação). (DEZEEN, 2015; GROETELAARS, AMORIM, 2012).

Embora encontram-se pesquisas sobre os modelos BIM de edifícios existentes e na fase *as-is*, há muito espaço para ser explorado sentido da utilização desses modelos no ciclo de vida da edificação principalmente na preservação do patrimônio edificado (LOGOTHETIS, DELINASIOU, STLYLIANIDIS, 2015; VOLK; STENGEL; SHULTMANN, 2013).

As publicações explicitamente dedicadas ao BIM para edifícios existentes, especialmente sem o modelo BIM preexistente e discutindo desafios de pesquisa relacionados, são raros. (VOLK; STENGEL; SHULTMANN, 2013 p.112, tradução nossa).

No Brasil na área de patrimônio histórico e nos institutos representantes como IPHAN, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, a documentação digital é quase inexistente e quando utilizam tecnologias digitais na representação da edificação normalmente é em CAD 2D. Apesar de algumas iniciativas do IPHAN na área de acervos digitais, o Arquivo Central – ACI (Arquivo Noronha Santos) detentor até a década de 90 de toda documentação nacional de bens tombado, não apresenta acervo digital. Em relação a técnicas de aquisição de dados (Fotogrametria Digital e captura de "nuvem de pontos") a utilização ainda é quase nula e de forma a subutilizar o material do levantamento.

CAPÍTULO 2

“ Se nas democracias tudo tem que ser acessível ao novo soberano, tudo tem que ser claro, esse Ministério da Educação é o mais expressivo dos nossos palácios oficiais. Palácio de Cristal da Guanabara”

Roquette Pinto

CAPÍTULO 2 - Objeto de estudo: do MES ao Palácio Gustavo Capanema

Conforme apresentado no primeiro capítulo, as ferramentas digitais se revelam como importante alternativa para a preservação do patrimônio arquitetônico, além da possibilidade de promover a adequada manutenção ao permitir o resgate das informações do projeto. Entre os períodos da arquitetura brasileira, observa-se pelo IPHAN e outras instituições, poucos tombamentos dedicados ao estilo moderno, somando-se a vulnerabilidade de seus materiais e sistemas contrutivos diante pouco conhecimento para o desenvolvimento de adequados protocolos para sua preservação, mostra-se a necessidade de estudos relacionados à preservação desse legado. Nesse contexto, parece pertinente escolher, como estudo de caso dessa dissertação, um dos mais importantes exemplos da arquitetura moderna carioca: o Palácio Gustavo Capanema antigo MES – Ministério da Educação e Saúde.

Contextualizando o Movimento Moderno na arquitetura brasileira, entre 1920 e 1930 já havia resquícios do modernismo com Gregori Warchawchik e seu manifesto da Arquitetura Moderna em 1925, posteriormente os projetos para casas modernas, e tem-se a primeira visita de Le Corbusier em 1929. A década de 30 é marcada por um dos principais protagonistas do modernismo na arquitetura brasileira, o arquiteto Lúcio Costa.

As idéias do Movimento Moderno com a valorização do racionalismo e do progresso tecnológico se adequaram ao panorama político brasileiro então voltado para a modernização do país. Após a anulação do concurso para o projeto do Edifício Sede do Ministério da Educação e Saúde Pública, o convite a Lúcio Costa elaboração de uma proposta utilizando a nova linguagem da arquitetura foi o episódio que deu grande impulso ao movimento de renovação da arquitetura. (CARVALHO, 2005, p.9)

A partir do projeto do MES, a arquitetura moderna brasileira se vinculou à arquitetura de edifícios públicos em uma grande escala, dessa forma a visibilidade do Movimento Moderno não poderia ser melhor. Além do MES, a capital do Rio de Janeiro se despontava com importantes edifícios modernos como: ABI - Associação Brasileira de Imprensa (1939); Edifício Valparaíso (1937); edifício do IRB - Instituto dos Resseguros do Brasil (1942), etc, a arquitetura moderna estava em grande ascensão, almejava sua consolidação (CARVALHO, 2005). Em 1943 inaugura-se o

complexo da Pampulha, de Oscar Niemeyer, considerada em 2016, patrimônio mundial da humanidade pelo UNESCO. Em 1954, começa a construção de Brasília, considerada patrimônio mundial e a consolidação da arquitetura e urbanismo moderno brasileiro, projetada pelos arquitetos envolvidos no MES, Lúcio Costa e Oscar Niemeyer. De acordo com a UNESCO Brasília é detentora da maior área tombada do mundo – 112,25 km² – e foi inscrita na lista de bens do Patrimônio Mundial 1987, sendo o único bem contemporâneo a merecer essa distinção.

O Palácio Gustavo Capanema apresenta inovações do período moderno, na arquitetura, engenharia, paisagismo e obras de artes (Figura 14 e 15). O edifício foi projetado para ser a sede do Ministério da Educação e Saúde, contudo, passou por diversas mudanças em sua organização administrativa e hoje é denominado de Palácio Gustavo Capanema.

Figura 14 - Palácio Gustavo Capanema



Fonte: Acervo pessoal

Figura 15 – Terraço- jardim 2º Pavimento



Fonte: Acervo pessoal

O prédio foi construído entre 1937 a 1945. De acordo com Comas (1987) nessa data, finalizava uma trajetória projetual que iniciara em meados de 1935, com a realização de um concurso de anteprojetos cujo vencedor foi o arquiteto Archimedes Memória, apresentando um projeto com traços neoclássicos. Esse concurso não foi aproveitado, pois os ganhadores não atendiam aos interesses do ministro Gustavo Capanema, interesses estes voltados para os princípios modernistas. O ministro, após recomendações, convidou Lúcio Costa a elaborar um novo projeto para o MES, sendo que este forma uma equipe de arquitetos, composta por Oscar Niemeyer, Affonso Eduardo Reidy, Ernani Mendes Vasconcelos, Carlos Leão e Jorge Machado Moreira. Em 1936, após a conclusão de um primeiro estudo,

já com caráter moderno, a equipe solicita a consultoria de Le Corbusier, que vem ao Brasil e propõe um segundo projeto cuja a implantação se localiza em terreno próximo, na praia de Santa Luzia. Na impossibilidade de mudança de terreno, Le Corbusier desenvolve um rápido croqui para a Esplanada do Castelo, sendo esta a terceira solução projetual. No entanto, a solução em sua plenitude, não agrada aos arquitetos, que elaboram um quarto projeto, finalmente aprovado por Capanema em fevereiro de 1937 (COMAS, 1987).

Diferente da maioria dos exemplares do período moderno, o MES teve seu tombamento apenas três anos após sua inauguração. A obra foi tombada em março de 1948 pelo SPHAN - Serviço do Patrimônio Artístico e Nacional, atualmente IPHAN – Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. De acordo com o processo, o tombamento era justificado pelo fato de “ trata-se da primeira edificação monumental, destinada a sede de serviços públicos, planejada e executada no mundo, em estrita obediência aos princípios da moderna arquitetura “O tombamento compreende toda a área de terreno situada entre as Ruas da Imprensa e de Santa Luzia, a Avenida Graça Aranha e a Rua Araújo Porto Alegre, necessária a preservação de sua perspectiva monumental”²¹. (Figura 16)

Os protagonistas da vanguarda arquitetônica carioca eram também integrantes do recém-inaugurado SPHAN em 1937, Lúcio Costa, Carlos Leão, Joaquim Cardoso, entre outros e Rodrigo Melo Franco como diretor. Essa combinação repercutiu em proteger os edifícios do período colonial, e também na identificação como patrimônio a ser preservado o legado do movimento moderno, preconizando em décadas a ação internacional desenvolvida pelo DOCOMOMO²² - *International Working Party for Documentation and Conservation of Buildings, Sites and Neighbourhoods of Modern Movement* – no qual teve abrangência nos anos 90.

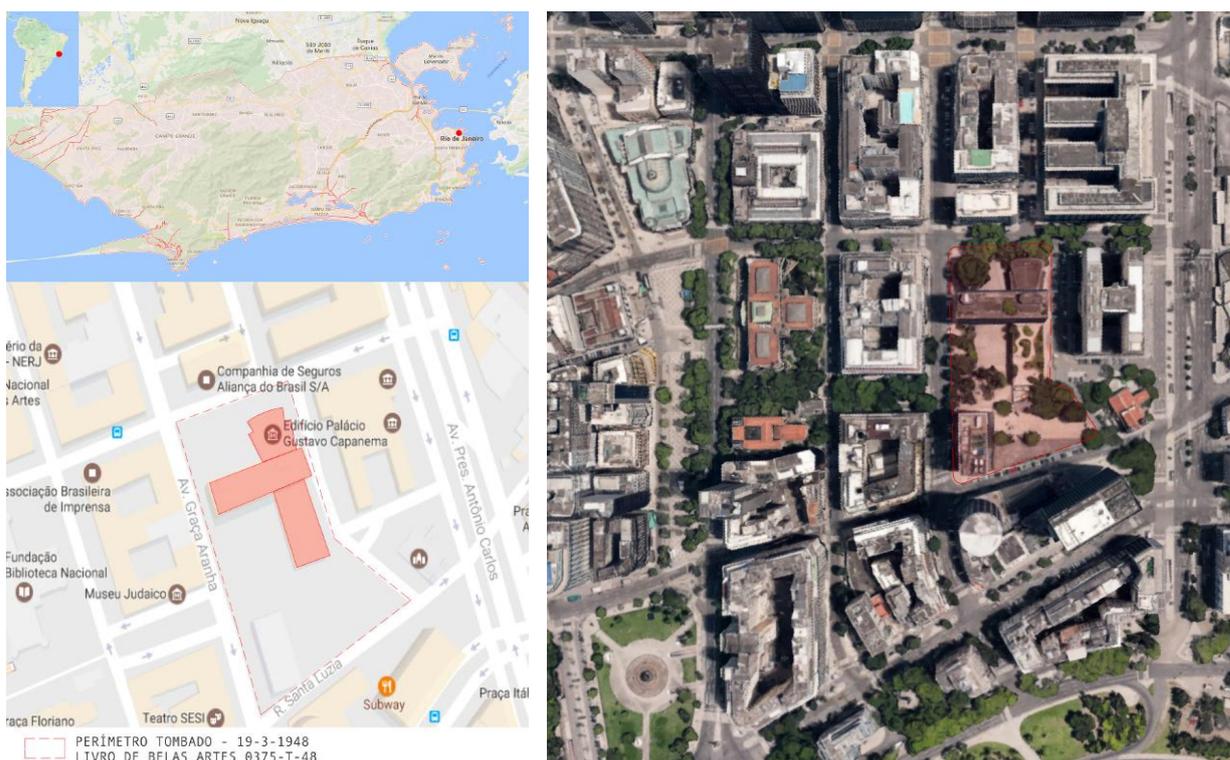
O edifício passou e tem passado por diversas medidas de restauro e conservação, conforme serão apresentadas neste capítulo, tais alterações ocorreram em decorrência de fatores que envolvem: indevidas técnicas de restauro, falta ou inadequada manutenção, e a fragilidade dos materiais e sistema

²¹ BRASIL. IPHAN. Processo de Tombamento n. 375-T-48.

²² O DOCOMOMO foi uma instituição criada para promover a salvaguarda dos edifícios onstruídos plos movimentos culturais europeus dos anos 1920 e 1930, especificamente, construtivismo e do funcionalismo – foi fundado com a seguinte designação *International Working-Party for Documentation and Restoration of Early Modern Architecture* em 1988, na Holanda.

construtivos de um estilo marcado pela racionalização e funcionalidade. A essas ações somam-se algumas reformas que visaram a adaptação do edifício às mudanças organizacionais do ministério ao longo dos anos (CARVALHO, 2005; SEGRE, 2013).

Figura 16 – Mapa de localização e perímetro de tombamento do edifício Palácio Gustavo Capanema



Fonte: Base Google maps e Google earth trabalhada pela autora. Acesso: 26 nov. 2016

2.1 Contextualismo urbano: O MES e a cidade Rio de Janeiro

A região onde hoje se localiza o MES, hoje Palácio Gustavo Capanema, era até 1922 o Morro do Castelo, assim como a cidade do Rio de Janeiro, essa área sofreu profundas transformações urbanísticas (Figura 17). O primeiro marco na região trouxe o conceito de Avenida *Boulevard*, se baseando no plano Haussmann para Paris, esse modelo foi introduzido pelo prefeito Pereira Passos em 1903. Resumidamente o plano consistia em uma renovação urbana de “Embelezamento e Saneamento da cidade”²³, a qual daria apoio logístico às obras que vinham atender as novas necessidades da cidade que vivia em um infraestrutura colonial. O Brasil precisava de uma “nova” capital que se desvinculasse das características coloniais, que condizesse com a importância do Brasil como produtor mundial de café e que estivesse de acordo com o *modus vivendi* cosmopolita das elites econômicas e políticas. As obras conduzidas por Pereira Passos se concentraram nas zonas central e sul e foram marcadas por grandes desapropriações da população operária e em condições de pobreza. (ABREU, 1987)

Várias transformações na arquitetura e no traçado urbano foram realizadas nesse período por Passos e pela União. Nesse contexto, focando na área do objeto de estudo pode-se citar a construção da Avenida Central, atual Avenida Rio Branco, tendo como consequência a demolição de diversos edifícios coloniais. A Avenida Central ao chegar à Baía de Guanabara, possuía espaços livres, onde se configurou a Praça Floriano, com o tempo a praça passou a ter as atividades culturais geradas por construções feitas por Passos, como o Teatro Municipal (1909), Biblioteca Nacional (1905), Museu Nacional de Belas Artes (1908), junto a construções como o Palácio Monroe (1904), o Supremo Tribunal Federal (1909) (Figura 17).

Em 1922 durante o mandato do prefeito Carlos Sampaio é realizado o desmonte do Morro do Castelo, varrendo junto mais uma parcela representativa de obras da fundação da colônia, erradicando um fragmento primordial da memória histórica da cidade. Apesar da importância histórica do Morro do Castelo, “local que dera origem a urbe no século XVI” (ABREU, 1987, p.76), representava atraso, com residências de famílias pobres em uma área nobre, perto da Avenida Central e próxima ao mar.

²³ Título dado na reorganização da Comissão da Carta Cadastral, encaminhada a câmara em 1903

Figura 17 - Mapa Evolução Urbana

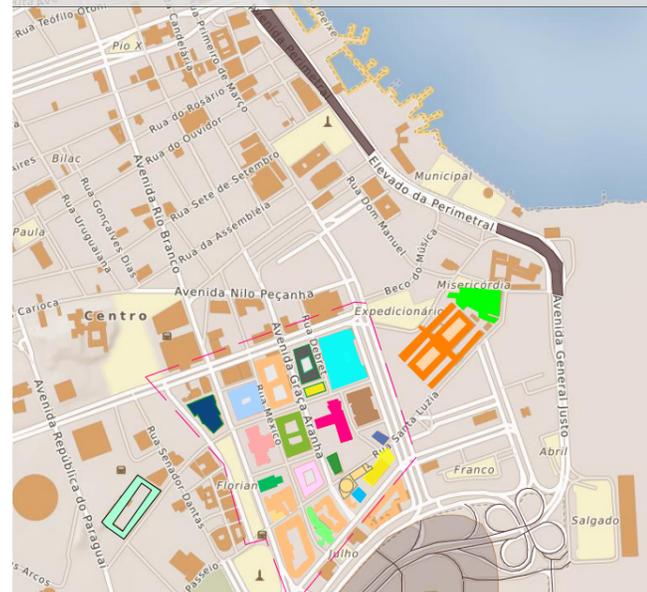
1700



1925



2000



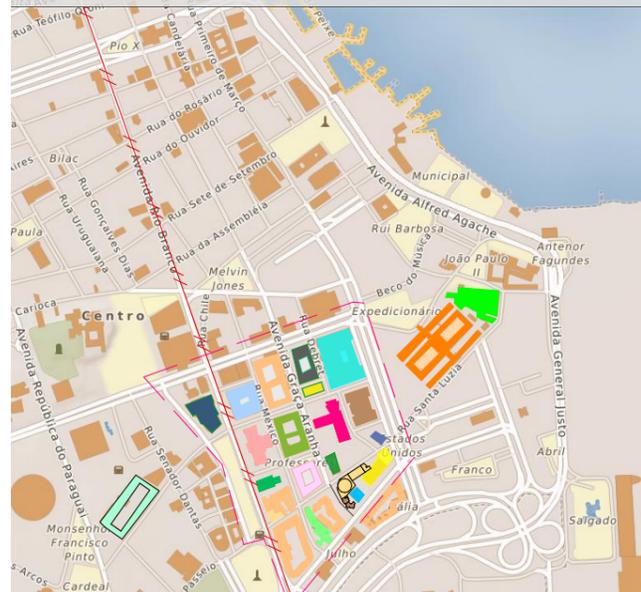
1900



1950



2015



LEGENDA

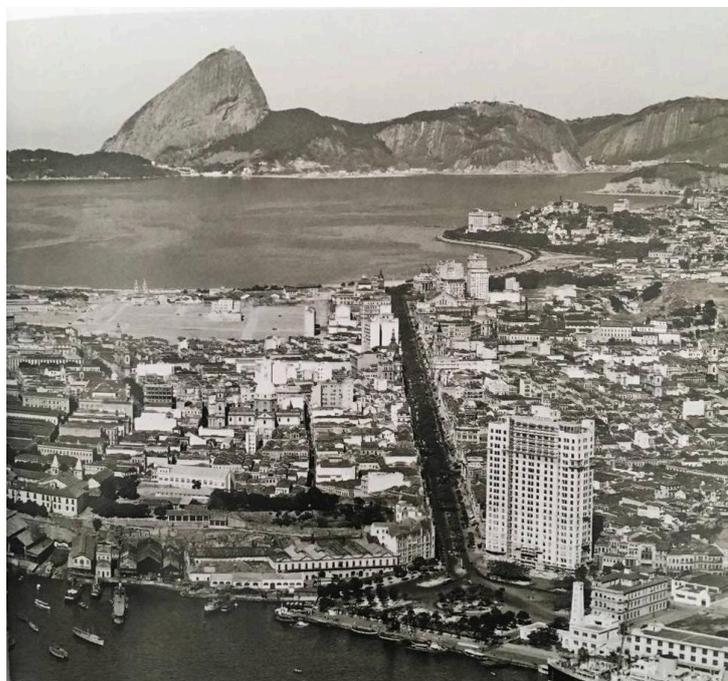
- FORTALEZA DE SÃO SEBASTIÃO
- MUSEU HISTÓRICO NACIONAL
- IGREJA NOSSA SENHORA DE BOM SUCESSO
- SANTA CASA DE MISERICÓRDIA
- MERCADO MUNICIPAL
- TEATRO MUNICIPAL
- MUSEU NACIONAL BELAS ARTES
- BIBLIOTECA NACIONAL
- SANTA CASA DA MISERICÓRDIA
- MINISTÉRIO DA FAZENDA
- ANEXO ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS
- PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA
- MINISTÉRIO DO TRABALHO
- IGREJA SANTA LUZIA
- EDIFÍCIO ANTÔNIO SEVERO
- QUARTEL GENERAL DA POLÍCIA MILITAR
- ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS
- CONSULADO DOS ESTADOS UNIDOS
- IPASE/ ABI
- CLUBE DA AERONÁUTICA
- ANEXO ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS
- BARÃO DE MAÚA
- NOVO TRAÇADO RUAS/AVENIDAS
- ATERROS
- TRAÇADO VLT
- ÁREA DE ESTUDO

Assim em nome da higiene, da estética e também da reprodução do capital, era realizado o desmonte, assim como ilustra a diferença na figura 17 entre 1900 e 1925. Diante dessas transformações uma nova área surge na paisagem urbana formada pela Esplanada do Castelo e o aterro em consequência do desmonte do morro, onde foi posteriormente construído o aeroporto Santos Dumont

Ficou assim disponível 420 hectares – a Esplanada do Castelo, que teria futuros ministérios Vargas – e um aterro de 230 hectares entre a praia de Santa Luzia e a Ponta do Calabouço, espaços que recebeu a Exposição Universal de 1922' (LESSA, 2000, p.34).

Apresentando uma localização e relevo privilegiados somados a infra-estrutura urbana presente nas rendodezas, a Esplanada do Castelo foi vista como um potencial para a construção de edifícios institucionais, a princípio com caráter clássico, ocupando a totalidade do terreno constituindo a rua-corredor típico do Plano Agache²⁴ (Figura 18).

Figura 18 – Foto à esquerda, no fundo, a Esplanada do Castelo após o desmonte e a Avenida Central em destaque



Fonte: (SEGRE, 2013, p. 55).

²⁴ Donat Alfred Agache foi um urbanista francês convidado pelo prefeito Antônio Silva Prado Júnior, para elaborar entre 1927 a 1930 o primeiro plano diretor detalhado da cidade, estabelecendo uma transformação no Rio de Janeiro, definindo a tipologia da esplanada do castelo, com prédios de doze andares de escritórios e residenciais compactos no lote.

Apesar do Plano Agache ter bastante influência em obras como o Ministério da fazenda (1943) e Ministério do Trabalho (1938), o plano propriamente dito jamais foi implantado, ele não foi adiante devido a crise de 29 e a ascensão de Vargas após revolução de 1930, o novo governo tinha como objetivo revogar tudo quanto proviesse da República velha. (AGACHE, 1930, apud SALGADO, 1992)

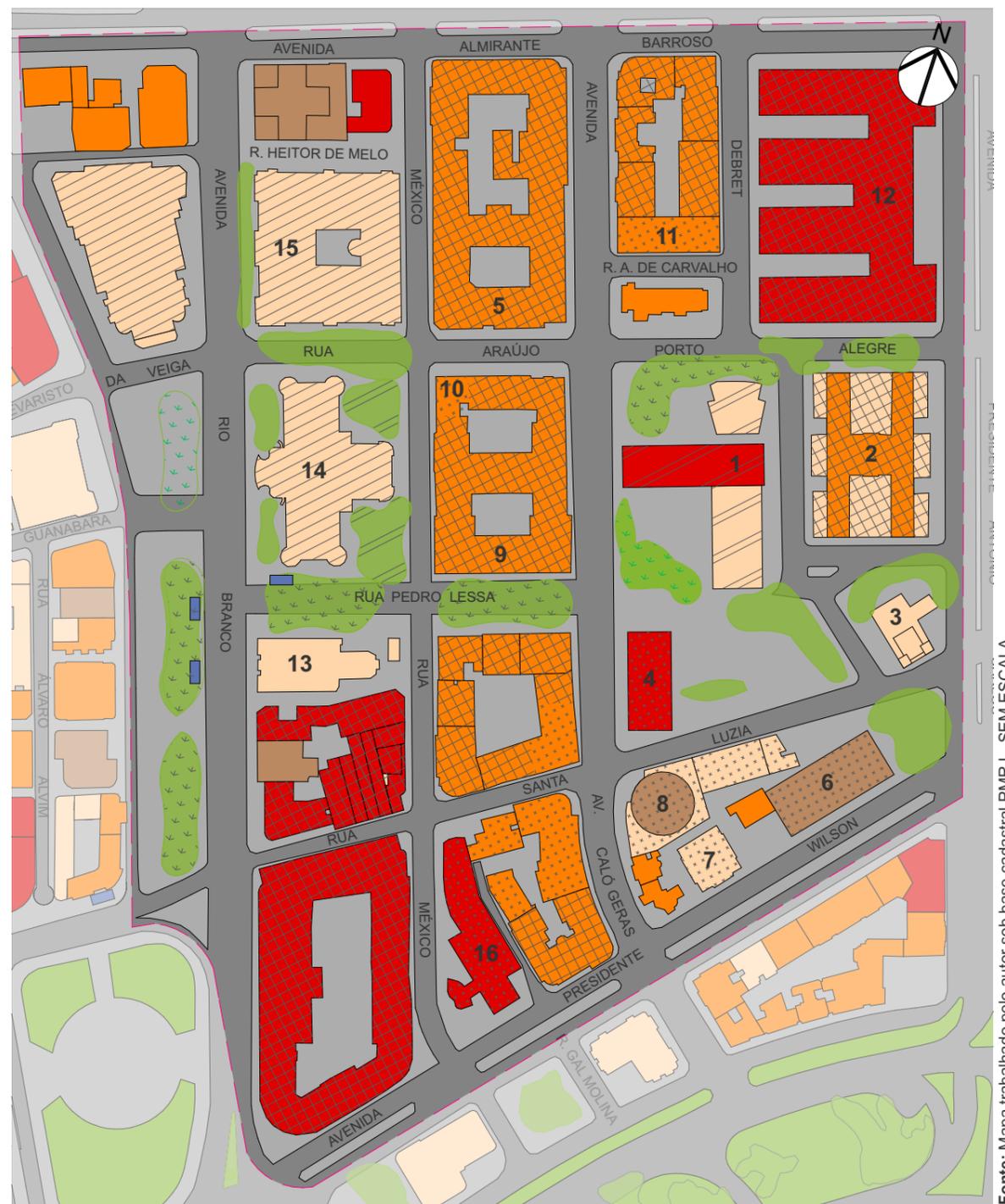
O Plano Agache é visto como, “elemento de transição entre a cultura acadêmica e a renovação modernista” (SEGRE, 2013, pag 65). Os fundamentos, aceitos ou questionados, serviram de base para o desenvolvimento de protagonistas de vanguarda, como Afonso Reidy, que fez parte de sua equipe.

Os ideais modernistas no Brasil se baseavam nos princípios da Carta de Atenas do IV Congresso Internacional de Arquitetura Moderna – CIAM, realizado em 1933, o qual foi colocado o tema Cidade Funcional como foco das discussões (CURY, 2000). A Carta de Atenas (1933) foi redigida em sua maioria pelo arquiteto Le Corbusier, que em sua visita ao Brasil em 1936 pode difundir e mostrar com desenvolvimento de projetos, os conceitos urbanos e arquitetônicos do modernismo. Estes conceitos se contrapunham veemente as propostas urbanas de Agache, no sentido de defender a livre composição do edifício sobre o terreno, com generosos espaços verdes e livre circulação através de pilotis (Figura 19 e 20).

O MES foi uma exceção que materializou esses princípios modernistas, graças a afeição do ministro Gustavo Capanema ao movimento moderno, o que foi totalmente diferente das construções do Ministério da Fazenda e Ministério do Trabalho, projetados na mesma época, entretanto correspondiam a uma implantação em bloco e ocupando toda a divisa do terreno, seguindo os estilos, art deco e eclético respectivamente, ou seja seguindo princípios Agachianos, assim como ilustra a figura 19 .

Os mapas a seguir na figura 19 e 20 apresentam o levantamento dos aspectos funcionais, morfológicos atuais e as influências urbanísticas dos principais edifícios da região do entorno do Palácio Gustavo Capanema. Através do levantamento dos aspectos funcionais percebe-se que a região continua com seu uso, em sua maioria institucional, e muitos edifícios de uso misto, são escritórios com comércio em seu térreo. Com isso, confirma-se o uso centralizado e sem diversidade, mostrando alto fluxo de pedestres e carros durante o horário comercial e o oposto nos fins de semana e a noite, onde a região parece deserta, se tornando mais perigoso para os pedestres, trazendo problemas como vandalismo contra o patrimônio.

Figura 19 - Mapa Estrutura Morfológica Atual



Fonte: Mapa trabalhado pelo autor sob base cadastral PMRJ - SEM ESCALA

- | | | |
|-------------------|---|------------------------|
| ATÉ 20 METROS | ESPAÇO LIVRE COM VEGETAÇÃO PÚBLICO | MODELO PEREIRA PASSOS |
| ATÉ 50 METROS | ESPAÇO LIVRE COM VEGETAÇÃO SEMI-PÚBLICO | PLANO AGACHE |
| ATÉ 70 METROS | MASSA VEGETAL | CIAM - CARTA DE ATENAS |
| 90 METROS OU MAIS | | PLANO REIDY |

Figura 20 - Mapa de Aspectos Funcionais e Sistema de Espaços Livres



Fonte: Mapa trabalhado pelo autor sob base cadastral PMRJ - SEM ESCALA

- | | | |
|-------------------------------|---|------------------------------------|
| EDIFÍCIO DE USO MISTO | ESPAÇO LIVRE SEMI-PRIVADO OU SEMI-PÚBLICO | IMPORTANTE CIRCULAÇÃO DE PEDESTRES |
| EDIFÍCIO DE USO INSTITUCIONAL | ESPAÇO LIVRE PÚBLICO | ESTAÇÃO DE METRÔ CINELÂNDIA |
| ESPAÇO LIVRE PÚBLICO | TRAÇADO VLT | SENTIDO TRÁFEGO DE VEÍCULOS |
| ESPAÇO LIVRE PRIVADO | | |

- | | | | |
|--|--|---|---|
| 1. Palácio Gustavo Capanema 1945 (Moderno) | 5. Ed.Aliança da Bahia (Moderno) | 9. IPASE | 13. Santa Casa de Misericórdia (desde a época Colonial) |
| 2. Ministério do Trabalho 1941 (Art Deco) | 6. Anexo Academia Brasileira de Letras 1979 (Brutalismo) | 10. ABI 1939 (Moderno) | 14. Biblioteca Nacional 1910 (Eclético Neoclássico) |
| 3. Igreja Santa Luzia (desde a época Colonial) | 7. Academia Brasileira de Letras 1922 (Eclético) | 11. Ed.Antônio Severo | 15. Museu Nacional Belas Artes 1908 (Eclético) |
| 4. Ed.Barão de Mauá 1960 (Moderno) | 8. Clube de Aeronáutica 1970 (Moderno) | 12. Ministério da Fazenda 1938 (Eclético) | 16. Consulado dos EUA 1952 (Moderno) |

Apesar do MES abrir as portas para inserção do movimento moderno no Brasil, ele evidencia que para a concretização do modernismo no espaço urbano é necessário que a cidade ou bairro se caracterize como funcional, através de leis urbanísticas e mais que isso através da centralização da propriedade, como foi o caso do bairro Barra da Tijuca e a cidade de Brasília, o que não aconteceu com a Esplanada do Castelo, que possui seus terrenos em uma região consolidada e com terrenos apresentando diferentes proprietários.

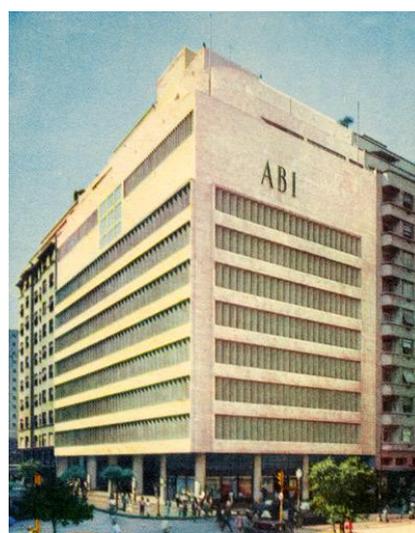
Bahima e Brino (2005) estabeleceram um panorama focado nos tipos de edifícios modernos inseridos no centro do Rio de Janeiro desde 1936, a partir dos projetos do MES (Figura 21) e Associação Brasileira de Imprensa A.B.I., 1940 (Figura 22). Os autores evidenciam como foi a implantação dos edifícios modernos quando submetidos as leis contrárias ao seus postulados urbanos teóricos, ou seja, a um tecido urbano consolidado “limitado pelas pressões de densificação urbana, parcelamento dos solos e regras restritivas” (BAHIMA e BRINO, 2005). A maioria dos projetos trazem características arquitetônicas do modernismo com adaptação a cidade tradicional, como é o caso do A.B.I., caracterizando um paradoxo entre os paradigmas modernos, ou seja, fugiram dos pressupostos teóricos urbanos modernos, por questões restritivas da Cidade Figurativa, entretanto expressam o modernismo de forma paradoxal, sem perder sua essência.

Figura 21 – Palácio Gustavo Capanema



Fonte: IPHAN/RJ

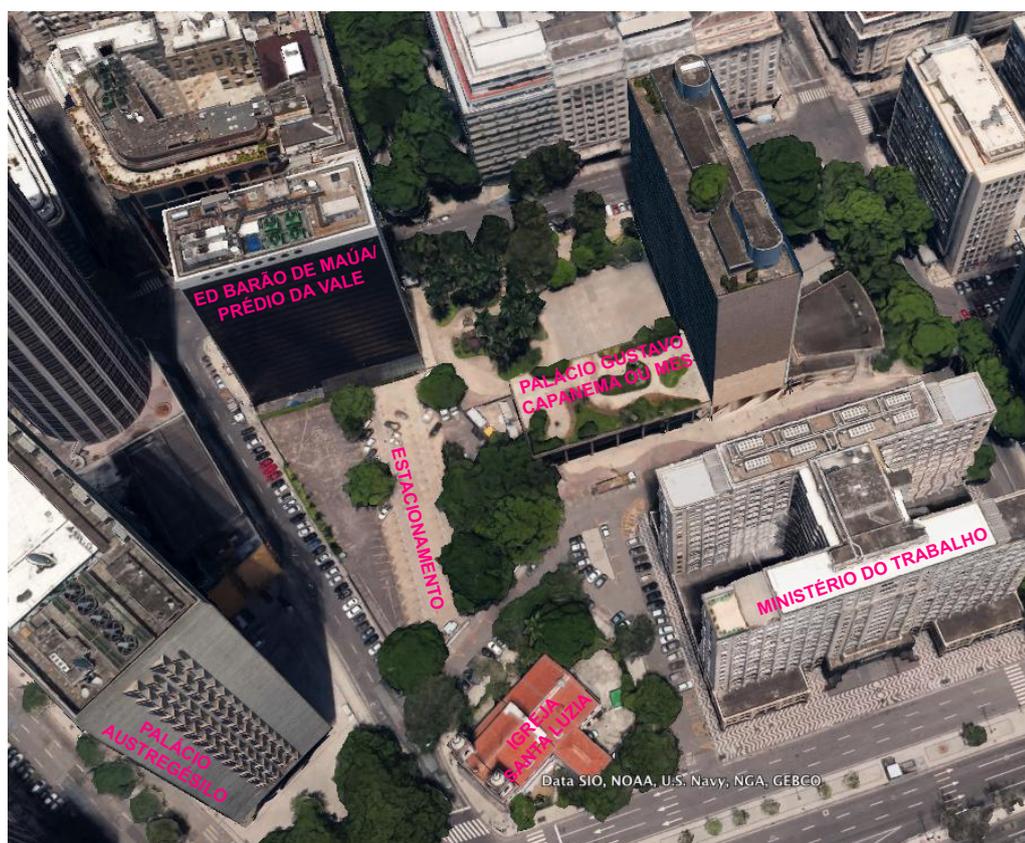
Figura 22 – Prédio A.B.I.



Fonte: IPHAN/RJ

Já O MES, pelo fato de ser projetado junto a diretrizes urbanas para Esplanada do Castelo, conseguiu, através de intervenção política nas leis urbanísticas, consolidar, mais efetivamente alguns pressupostos teóricos do modernismo, como questões do volume puro e independente em todas as suas faces, pilotis que geram espaços abertos e de livre circulação na quadra (BAHIMA e BRINO, 2005; SEGRE, 2013). Todavia, mesmo com todo esforço dos arquitetos envolvidos e do ministro Gustavo Capanema em consolidar o quarteirão do MES como um quarteirão que correspondesse diretrizes arquitetônicas e urbanas do modernismo, em uma parte da quadra esta implantado edifício Barão de Mauá, hoje prédio da Vale, ocupando o terreno rente a rua, sem espaço livre de circulação no térreo e com um estacionamento que junto ao edifício fecha a circulação de uma das laterais da quadra. Ironicamente o edifício Barão de Mauá foi projetado por Oscar Niemeyer em 1960 (Figura 23).

Figura 23 – Foto aérea do quarteirão do Palácio Gustavo Capanema



Fonte: Google earth. Acesso: 02/11/2016

Em 1961 com a mudança da capital para Brasília a cidade do Rio de Janeiro passou profundas transformações nas áreas administrativa e política que repercutiram em sua economia. Com a mudança dos ministérios para a nova capital o MES passa por transformações internas em seu uso, no entanto sempre manteve funções de Ministério no edifício²⁵. A partir da década de 70 as transformações da região central são concentradas pela verticalização de uso comercial. O descontrole estatal e municipal sobre o solo urbano mudou de forma drástica o skyline, como o Clube da Aeronáutica (1970) e o Anexo da Academia de Letras ou Palácio Austregésilo de Athayde (1979), próximos ao Palácio Gustavo Capanema (Figura 27). Na Avenida Rio Branco a aversão da direção do IPHAN ao eclético fez eliminar obras como o Palácio Monroe e facilitar a construção de edifícios desproporcionais ao lado de edificações históricas, como foi o caso da sede do Banerj (1963), Edifício Lineu de Paula Machado (1972).

As décadas de 80 e 90 são marcadas pelo declínio econômico do Estado do Rio de Janeiro, segundo Natal (2007) por problemas de baixo dinamismo e reiteração de verbalizações regionalistas de demandas do governo federal. Nesse contexto o Centro do Rio de Janeiro incluindo a Esplanada do Castelo, também sentiu os efeitos da crise da economia fluminense, tendo em vista que desde a mudança da capital para Brasília acarretou na paralização dos investimentos da União, com isso a cidade do Rio de Janeiro se encontrava mais associada ao seu estado. A falta de atenção do poder público, o direcionamento dos investimentos para outras regiões da cidade, como a Barra da Tijuca, a saída de grandes empresas e a má conservação de construções, foram aos poucos fazendo com que a imagem do Centro fosse associada a um lugar decadente, degradado, perigoso e violento. Dessa forma, até meados dos anos 1990, o Centro vinha perdendo empreendimentos econômicos e financeiros. Para Silva et al. (2002) o esvaziamento pode ser entendido como crise ou processo de transformação.

No começo século 21 as transformações da Esplanada do Castelo, são menos significativas em termos tanto de construções privadas, quanto de obras públicas,

²⁵ “Ministério da Educação e Saúde até 1953; Ministério da Educação e Cultura de 1953 a 1985 (em 1960 passa a denominar-se Palácio da Cultura) e Ministério da Cultura a partir de 1985, ano em que o prédio recebe o título de Palácio Gustavo Capanema”. (MARTINELLI, 2015)

devido sua consolidação urbana e por ser uma área de ocupação mais recente. Contudo, houve importantes transformações na região central, principalmente depois do Rio ser eleito para sediar as olimpíadas em 2008, como a retirada da Perimetral em 2013 e a operação urbana Porto Maravilha. O projeto Porto Maravilha teve a primeira etapa aberta ao público em 2015 e continuou até 2016, junto a ele obras em todo Centro voltadas para mobilidade urbana, como o VLT, retirada de estacionamentos das ruas e colocação de ciclofaixa vem influenciando e mudando a relação das pessoas com a cidade e com patrimônio histórico, podendo trazer novos significados, percepção do espaço e refletir futuramente em novas ambiências e produções de espaço.

2.2 O MES como materialização do Modernismo

O MES contempla os cinco princípios da arquitetura moderna (Figura 24). A **planta livre** e **fachada livre**, com as vedações independentes da estrutura e com maior liberdade do uso tanto em relação a quantidade utilizada no projeto, quanto na demarcação dos ambientes. Os **pilotis** que permitem a livre circulação, a leveza dos volumes e ambiência do térreo como uma praça pública. Os **terraços-jardins** com formas amebóides projetados por Burle Marx, que graças as tecnologias de impermeabilização proporcionaram elevar os jardins para o terraço, habitando um novo espaço na edificação. Por fim a **janela em fita** que aproxima o homem com o exterior, permitindo maior iluminação e vistas panorâmicas.

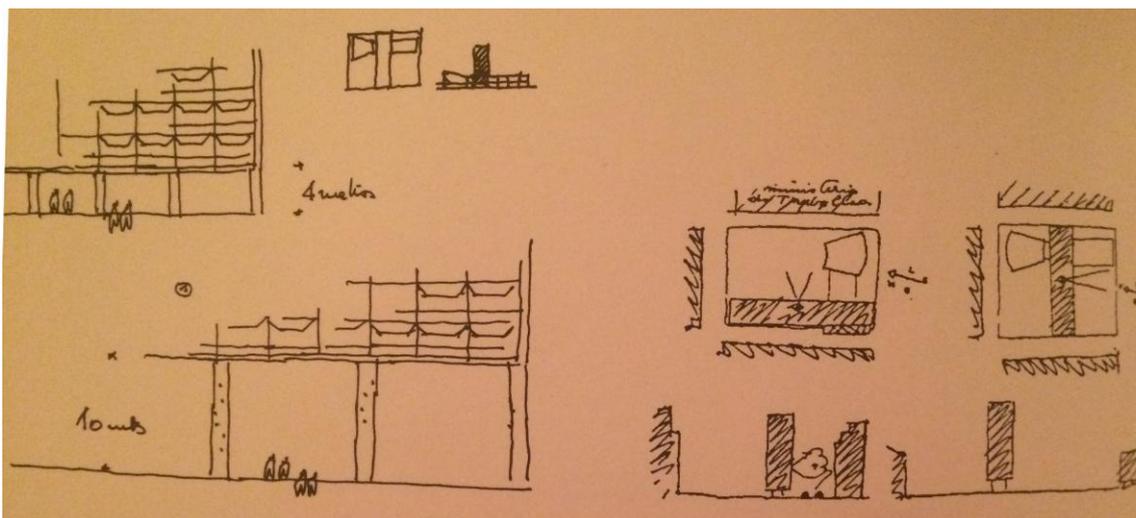
Figura 24 - Maquete apresentada para Gustavo Capanema em 1938 – Fachada sul



O projeto definitivo se concebeu após a visita de Le Corbusier em 1936, o arquiteto veio ao Brasil a pedido de Getúlio Vargas para um ciclo de conferências que se culminaria em diversas propostas de projetos na cidade do Rio de Janeiro. Nessa época a equipe de Lúcio Costa já projetava o edifício seguindo fundamentos da arquitetura moderna, entretanto a falta de um amadurecimento diante de um estilo remanescente junto as leis urbanísticas contraditórias ao estilo moderno, faziam com que o projeto não se efetivasse. A forma de volumes sobrepostos já fazia parte do repertório de Le Corbusier, assim como os cinco pontos da arquitetura, no caso do projeto do MES, a forma conceitual trazida por Le Corbusier, os questionamentos a metodologia de trabalho e ensinamentos sobre o rigor das análises funcionais, formais e espaciais do projeto, foram essenciais para a materialização do edifício.

Entretanto a proposta desenhada por Le Corbusier mostrada na figura 25, ainda em croquis, não se implantava fazendo um leitura do entorno junto aos princípios do CIAM, sua implantação formava uma rua-corredor com o bloco vertical. A harmonia e fluidez do edifício foi concretizado pela equipe de Lucio Costa.

Figura 25 – Croquis do MES, comparação entre projetos: elevação acima e implantação a esquerda (projeto Le Corbusier), elevação abaixo e implantação a direita (projeto Equipe Lúcio Costa)



Fonte: (SEGRE , 2013 p. 222)

Inicia-se em 1937 as obras, com a colocação da pedra fundamental pelo ministro Gustavo Capanema. A inauguração do MES, só ocorreu oito anos após o início da sua obra, em outubro de 1945 (LISSOVSKY; SÁ, 1996)). Esse período foi

um momento conturbado de guerra mundial, políticas repressoras e contraditórias. Nesse contexto com Getúlio Vargas no poder, surge a liberdade modernista no Brasil, no sentido de ensaios de materiais, técnicas construtivas, formas e arte. A equipe de arquitetos e artistas exploraram o uso das artes, para a integração do projeto com as diversas manifestações artísticas.

O projeto definitivo pode ser visto como a primeira etapa do projeto do MES , a primeira etapa do *work in progress*, termo usado devida as sucessivas modificações, intervenções e adições realizadas durante os oitos anos de construção. Essa característica se encontra em vários exemplares modernistas como também em outros estilos. A distância entre o desenho do projeto e a construção ainda era muito grande, a forma como se representava o desenho técnico e o fato dos desenhos serem a mão limitavam muito na hora do entendimento e na falta de detalhe para a execução da obra. No caso do MES soma-se o fato que era uma nova arquitetura e devido as constantes mudanças no terreno e na proposta do projeto, acarretou em 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 (Figuras 26a e 26b):

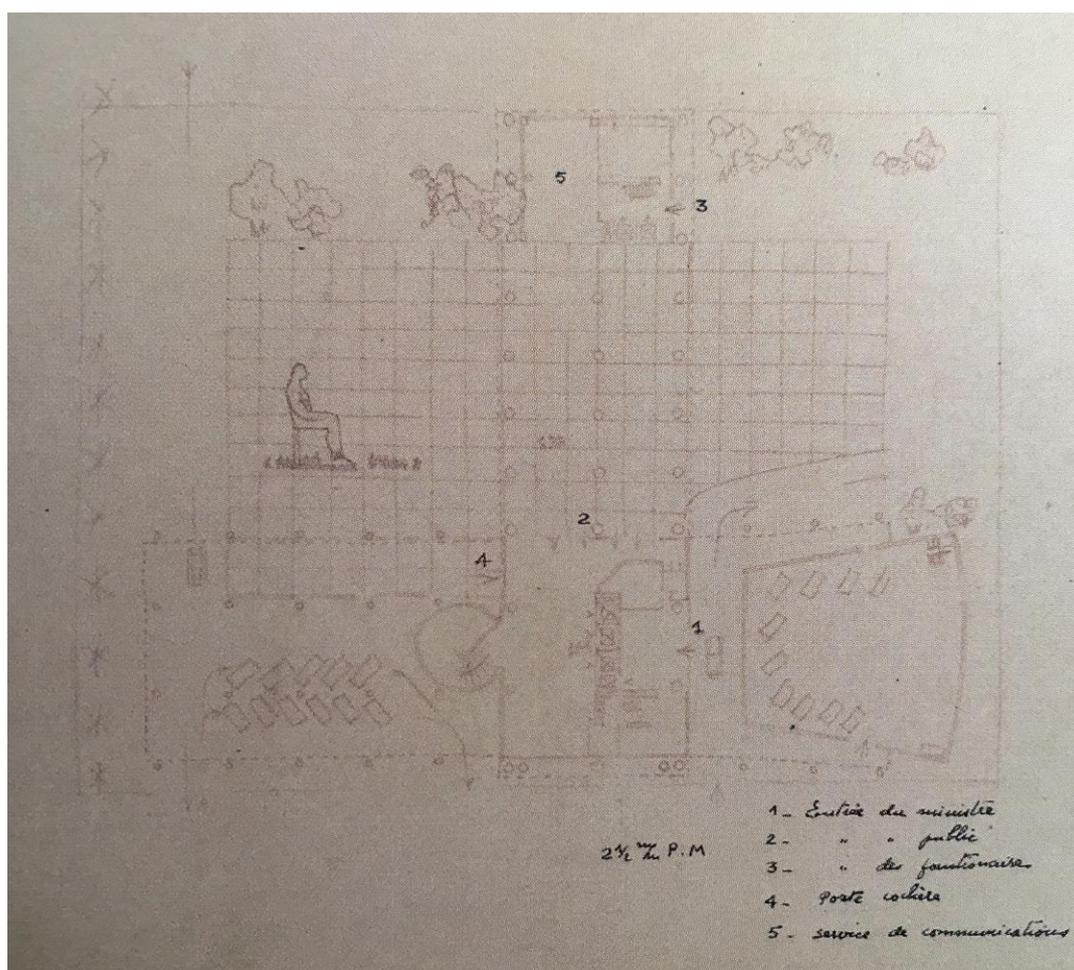
- Os jardins dos terraço-jardins e do térreo. O paisagista Burle Marx foi o responsável pelo projeto paisagístico do MES. No projeto definitivo, a forma dos jardins eram ortogonais sem fluidez na circulação. Em 1942 ele projeta os jardins em formas sinuosas, amebóides e inserindo espécies tropicais;
- O número de pavimentos do bloco vertical aumentou três andares, ficando o edifício com 16 pavimentos;
- Acréscimo de um módulo ao salão de exposição, localizado na lâmina horizontal sobre os pilotis. Esse acréscimo foi para criar um acesso de serviço para o terraço jardim;
- Integração no projeto com murais, pinturas e esculturas de diferentes artistas nacionais e estrangeiros. dentre eles os painéis em azulejos de Candido Portinari, pinturas de José Pancetti e Alberto da Veiga, esculturas

de Bruno Giorgi, Celso Antônio e Adriana Janacopulos. Além disso podemos destacar o mobiliário desenhado por Oscar Niemeyer;

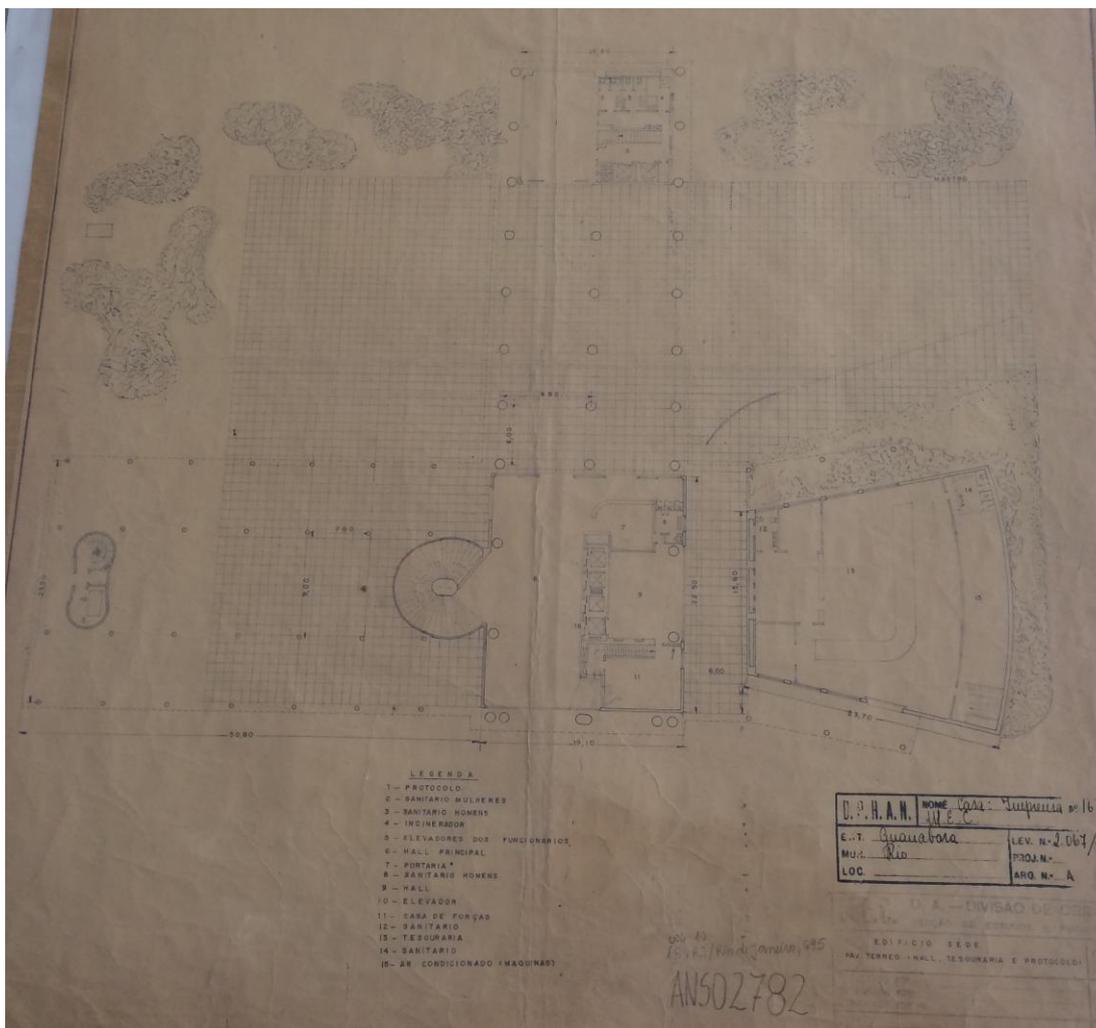
- Planta do térreo foi a mais alterada, no volume trapezoidal localizava-se uma garagem para veículos oficiais após a construção passou a ser área administrativa. Nos pilotis sob a lâmina horizontal foi projetado um estacionamento que se transformou na segunda praça seca, conseqüentemente o piso de granito se estende para quase toda área sob os pilotis e para a circulação de carros oficiais.

Figura 26 – Plantas do Térreo: (a) Foto croqui Equipe Lúcio Costa 1936 (b) Foto planta as-built

(a)



(b)

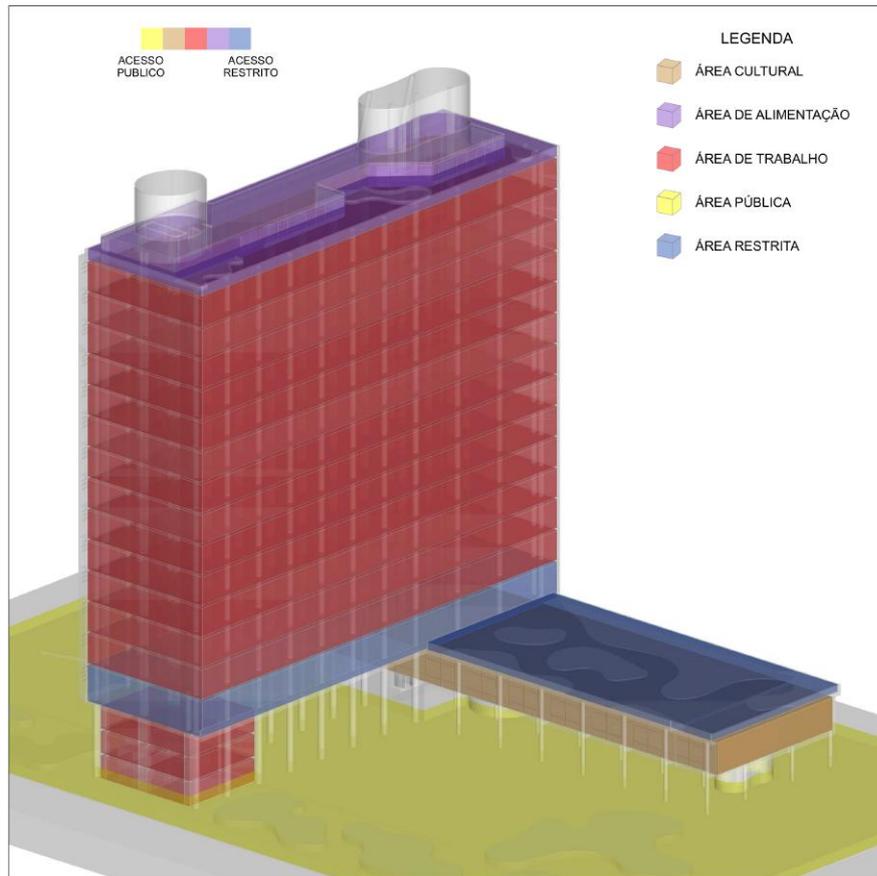


Fonte: (SEGRE, 2013) e Arquivo Central - ACI/RJ

Descrevendo a obra após sua inauguração 1945, como dois volumes sobrepostos, o bloco vertical sobre a lâmina horizontal. A lâmina horizontal representa o uso mais cultural e público e no bloco vertical os primeiros andares representam as áreas ligadas a parte cultural e área cultural associada a trabalho e depois nos outros andares área mais exclusivas de trabalho (Figura 31).

O gabinete dedicado ao ministro localizado no segundo pavimento do bloco vertical era uma área restrita, possui pé direito mais alto e é marcado por uma grande quantidade de obras de arte, do gabinete do ministro se acessa exclusivamente o terraço jardim (Figura 27).

Figura 27 – Diagrama de usos e acessos ao público no edifício



Fonte: elaboração da autora, 2017

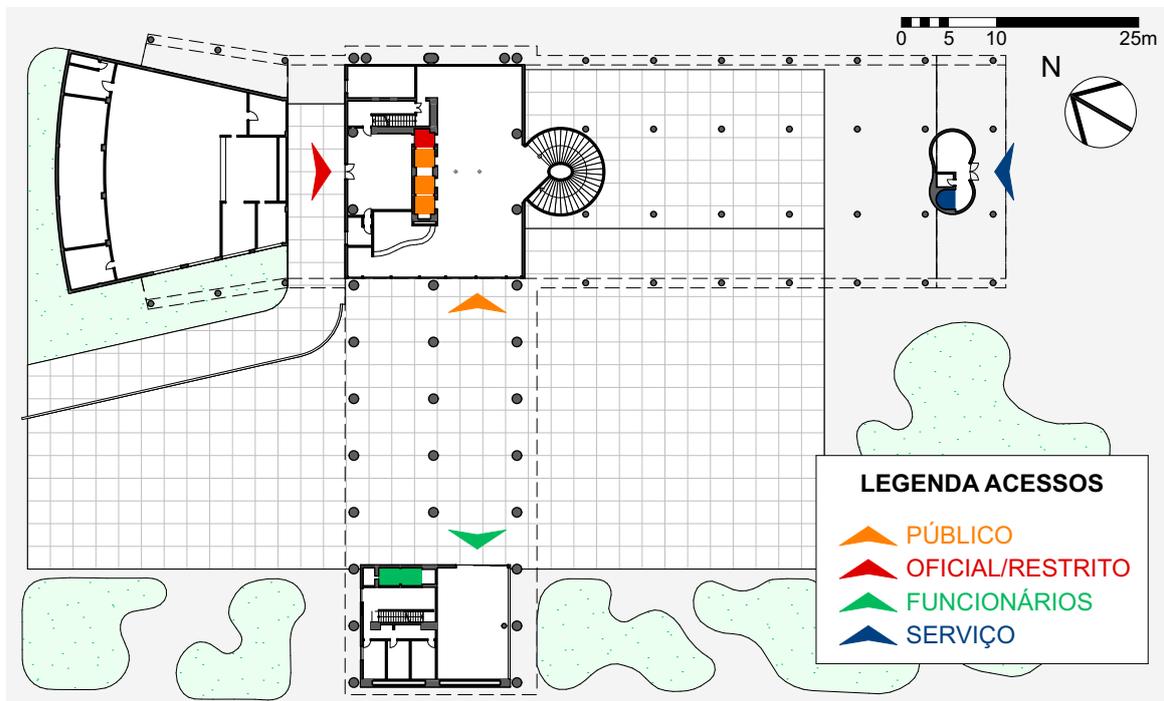
Na lâmina horizontal de um lado encontra-se o salão de exposições que está levemente sobre os pilotis, apresentando um pequeno volume em sua extremidade com a função de acesso a manutenção para o terraço-jardim (Figura 28 e 29). Do outro lado seguindo a lâmina horizontal encontra-se o Salão de Conferências Portinari, junto a área do estacionamento do térreo forma o volume trapezoidal. Essas duas partes da lâmina horizontal são marcadas pelo encontro do bloco vertical, onde encontra-se a entrada principal para o bloco, logo após esse acesso encontra-se uma entrada lateral projetada para ser uma rua de acesso privativo, para que o ministro e pessoas ligados ao poder pudessem ter acesso restrito até seus gabinetes (Figura 28 e 29). Os funcionários, possuíam acesso diferente do público, localizado na outra extremidade do bloco vertical (Figura 29).

Figura 28 – Corte Esquemático Longitudinal



Fonte: Adaptado do Levantamento Cadastral, 1996 – ACI/RJ

Figura 29 – Planta de acessos no Térreo



Fonte: elaboração da autora, 2017 (Adaptado do Levantamento Cadastral, 1997 ACI/RJ)

No último pavimento temos a cobertura, assim como o 2º Pav. ela também possui terraço-jardim. A cobertura foi projetada para ser o Restaurante dos

Funcionários e o Restaurante do Ministro e se manteve assim até a década de 60, nesse ambiente temos os jardins de Burle Marx em diálogo com as curvas de Niemeyer influenciadas pela paisagem que integra a baía de Guanabara (Figura 30).

Figura 30 – Foto Cobertura década de 70



Fonte: Arquivo Central ACI/RJ

Em relação as técnicas construtivas, de acordo com Segre (2013) se destaca o talento do engenheiro Emílio Baumgart que trouxe inovações estruturais no concreto armado como o desenho do sistema de laje pilzdecken de cogumelo invertido, lajes com espessura bem reduzidas e o mais importante, soube dialogar o conjunto estrutural com a arquitetura do edifício, mostrando sua sensibilidade com o conceitos modernistas e simbiose com a equipe, adaptando de forma coerente a estrutura com as modificações ocorridos ao longo da obra (SEGRE, 2013).

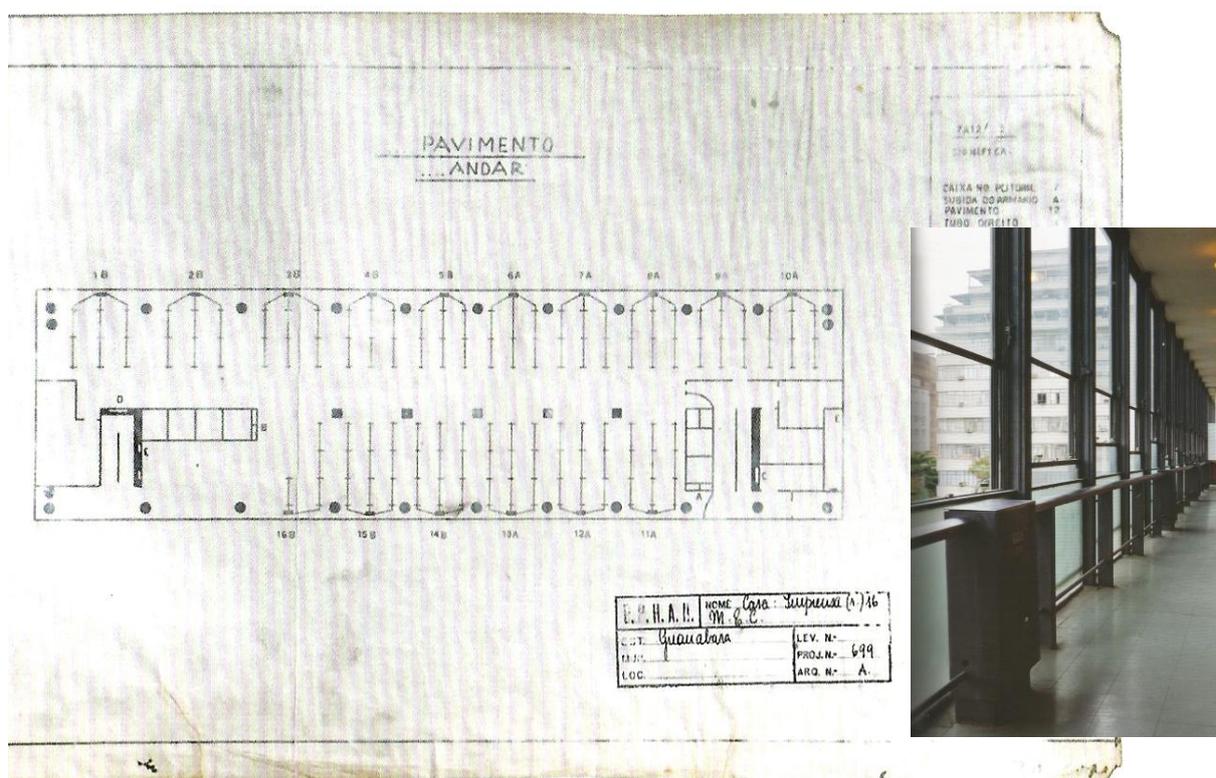
A estrutura, além de ter um caráter racional, com lajes esbeltas, planas e sem vigas internas, apresenta também caráter orgânico remetendo a um "esqueleto", com função de apoio ao edifício, definições de fluxos e liberdade entre os elementos, essa união permitiu explorar conceitos importantes do modernismo com os pilotis, janela em fita, planta e fachada livre. (LISSOVSKY; SÁ , 1996).

Outra característica importante no projeto estrutural foi o diálogo com as instalações, que foi embutida no concreto armado contemplado pelo sistema de cogumelo invertido. A racionalidade da distribuição em planta e a concentração dos serviços nos extremos do bloco vertical permitiram uma eficiência significativa das

infraestruturas técnicas. A caixa das escadas, shafts para instalações, a caixa dos elevadores, os sanitários e copa formam dois conjuntos, cada um servindo um tipo de usuário e tecnicamente facilitando o abastecimento de água, eletricidade, gás e o sistema de esgoto. O projeto de distribuição de água foi desenvolvido pelo engenheiro Saturnino de Brito e sua localização coincide com as torres dos elevadores (Figura 31).

Devido a planta livre e inexistência de paredes fixas na área de trabalho dos pavimentos do bloco vertical, a instalação elétrica, telefone e interfone subiam verticalmente por duas colunas paralelas a caixa de escada e se distribuíam pelo piso em uma malha de 2x2 metros, para isso foi desenvolvido uma solução de alimentação em toda extensão das duas fachadas, por meio de caixas metálicas com distância de seis metros entre elas, estas eram intercomunicadas através de corrimões metálicos, cuja forma oca permitiam embutir as três linhas (Figura 31).

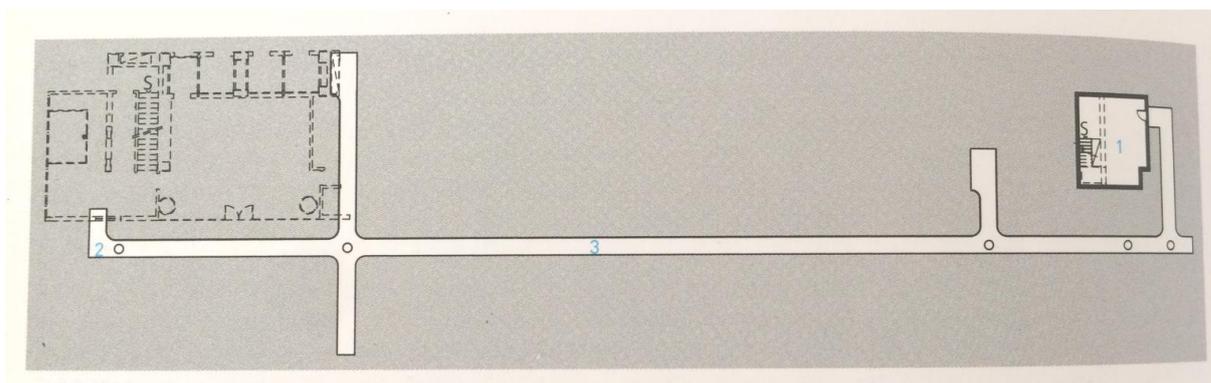
Figura 31 – Planta do Pavimento Tipo do bloco vertical com distribuição elétrica e Foto da caixa de distribuição



Fonte: Arquivo Central ACI/RJ e acervo pessoal

O edifício não possui porão, entretanto o controle da maquinaria é feito por um túnel subterrâneo ao longo do bloco vertical, suficiente para a passagem de uma pessoa, além disso uma parte da maquinaria de bombas d'água se localiza sob a escada helicoidal do térreo (Figura 32).

Figura 32 – Túnel Subterrâneo



Fonte: (SEGRE 2013 p.246)

2.3 Principais alterações e estado atual da edificação

Quando se trata do uso do edifício ao longo dos anos, percebe-se a quantidade de transformações ocorridas em decorrência das várias transformações administrativas. Essas mudanças refletem na sua organização original, homogeneidade e dinâmica interna, dificultando em sua conservação. De acordo com KÜHL (2008) o uso é de suma importância na conservação e sobrevivência de edifícios patrimoniais, contudo o uso “passa a ser um meio e não a finalidade da intervenção” (KÜHL, 2008. p.206).

Por um lado o Palácio Gustavo Capanema sofreu desgastes devido as mudanças de uso e comportamento físicos dos elementos arquitetônicos. Por outro, em relação ao legado do patrimônio moderno, a obra conseguiu manter suas características originais importantes ao longo desses anos. Alguns fatores importantes interferiram em sua preservação, como o seu tombamento precoce em 1948, o fato das instalações do Iphan estarem localizadas no edifício e as intervenções terem participações contínua dos autores do projeto e por várias outras equipes, voltados para sua manutenção e restauração. Segue o Quadro 02 com as principais intervenções realizadas no edifício, bem como os programas e agentes que influenciaram para essas transformações.

Quadro 05 – Principais intervenções no Palácio Gustavo Capanema

Período	Transformações Administrativas	Ações/ Plano/ Projeto	Agentes	Intervenções, restauração, conservação e manutenção
Dec 40 - 50	1953 Desmembramento do MES em Ministério da Educação e Ministério da Saúde	-----	-----	Mudança da garagem no térreo do volume trapezoidal para tesouraria e serviços
Dec 60 - 70	1961- Mudança da capital e dos ministérios, do Rio de Janeiro para Brasília o Mes passa se chamar Palácio da Cultura	Plano de utilização e conservação permanente do edifício	Supervisão- Departamento de obras do Ministério Membros da equipe: Gustavo Capanema, Péricles Pinto, Oscar Niemeyer, Rodrigo Melo Franco de Andrade e coordenação Lúcio Costa	Esquadrias da fachada sul, painéis de azulejaria, jardins, revestimentos internos e pavimentação
Dec 80	Funções de cultura e educação andam juntas até 1985, ano em que esses dois ministérios ficam autônomos dentro do mesmo edifício e ele passa a se chamar Palácio Gustavo Capanema.	Projeto de Recuperação e Preservação do Palácio da Cultura (PRPPC)	Grupo executivo do Projeto de Recuperação e Preservação do Palácio da Cultura (PRPPC)	Restauração e programa de manutenção dos jardins, impermeabilização dos terraços e restituição da estrutura. Cobertura passou por restauro e adaptação do novo uso (salas administrativas) e substituição integral das instalações. Lajeado de granito, azulejaria e importante produção de documentação
Dec 90	-----	Projeto de Restauração e Revitalização do Palácio Gustavo Capanema Manual de conservação do Palácio Gustavo Capanema	Sociedade dos amigos do Palácio Gustavo Capanema (SAPGC) Convênio entre MinC, MEC, SAPGC e Petrobrás	Recuperação dos revestimentos das fachadas, esquadrias externas, sistema de brise – soleil, impermeabilização da cobertura e pavimentações externas, revisão da instalação elétrica, sistema de detecção de incêndio ,restauração e adaptação do Salão de Conferências, revestimentos de fachada, restauração dos painéis internos de madeira.
2010 Previsão 2018	-----	Projeto de Restauo e Modernização	IPHAN, Ministério da Cultura, PAC cidades Históricas	Obras de conservação e restauração em geral, revisão do sistema elétrico, climatização, adoção de sistema de segurança, acessibilidade, restauração de mobiliário e dos elementos integrados

Fonte: A autora, 2017

As intervenções da década de 80 e 90 são de suma importância para esse trabalho de dissertação, pois essas duas fases produziram uma grande quantidade de documentação, que se encontra no Arquivo Noronha Santos, localizado no próprio edifício no 8º pavimento. Essa documentação é a base para a modelagem histórica BIM da edificação, com destaque para os detalhes à mão produzidos pelo grupo PRPPC e o levantamento cadastral produzido pelo SAPGC.

Na década de 80 houve uma preocupação nacional e internacional na definição de parâmetros, critérios e métodos de intervenção para a preservação dos monumentos da arquitetura moderna. Nessa época já havia uma considerável perda ou desconfiguração de relevantes obras do Movimento Moderno, causadas por mudanças de usos, adaptações tecnológicas, atendimento a novas normas técnicas e ameaças por demolições (CARVALHO, 2005).

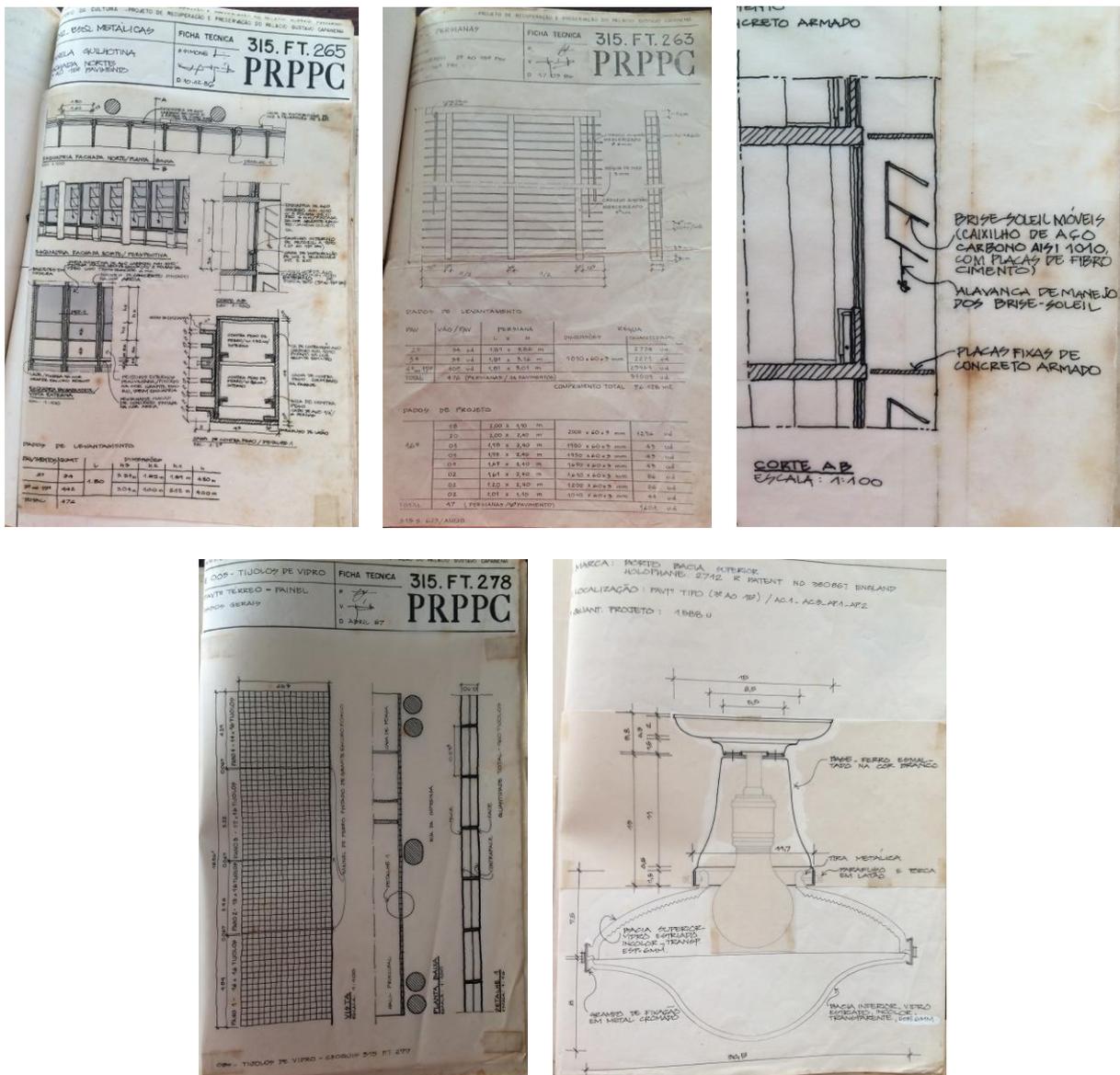
Nesse sentido a criação do grupo PRPPC – Grupo Executivo do Projeto de Recuperação e Preservação do Palácio da Cultura pelo ministro da Educação e Cultura da ditadura militar Rubem Ludwig, foi desenvolvida a proposta de recuperação do monumento com maior respeito pelo projeto e construção original, resistindo-se ao impulso de modernização do edifício pelo emprego de materiais novos ou diferentes daqueles originalmente especificados. Para assegurar a fidelidade das obras que iriam ser realizadas os autores do projeto foram consultados para colaborar com a verificação das iniciativas propostas. Portanto, havia três instâncias referenciais para preservação e intervenção; documentos históricos, a edificação como documento e os autores.

O trabalho desenvolvido pela equipe PRPPC, coordenado pelo engenheiro Augusto Guimarães Filho, foi de extrema importância pois consistiu na elaboração de uma análise geral da política que deveria ser aplicada nas obras de recuperação e restauro da edificação, assim como a elaboração de uma detalhada e criteriosa documentação sobre a edificação e os bens móveis.

De acordo com o acervo PRPPC, além das atividades previstas no plano de trabalho, o grupo desenvolveu também estudos de procedimentos técnicos para restaurar elementos arquitetônicos e detalhes originais deteriorados. Cada um dos componentes definidos pelos estudos como elementos de importância histórica e artística do edifício foi objeto de estudo detalhado, a partir do qual os procedimentos técnicos para sua restauração, bem como as recomendações para sua preservação foram definidas. Entre esses elementos podemos destacar, as esquadrias metálicas,

os *brise-soleil*, as persianas de madeira, os tijolos de vidro no vestíbulo da entrada no Hall principal e as luminárias dos pavimentos (Figura 33).

Figura 33 – Detalhes de esquadrias metálicas, persiana de madeira, brise-soleil, tijolo de vidro e luminária.



Fonte: Arquivo Central - ACI/RJ

Dificuldades de várias ordens – especialmente orçamentárias, dado o período de alta inflação – impediram que grande parte das obras previstas pelo PRPPC fossem levadas a cabo. O Projeto de Restauração e Revitalização ocorrido posteriormente, através de captação de verbas pela SAPGC (1994-2001), incorporou o acervo do PRPPC e executou as grandes obras previstas (SEGRE, 2013).

Em 1994 formou-se o grupo SAPGC - Sociedade de Amigos do Palácio Gustavo Capanema, presidida por importantes autoridades cariocas e nacionais, entre os quais se destacam os principais autores da obra, Lúcio Costa e Oscar Niemeyer. Com o objetivo de defender a integridade e salvaguarda do edifício juntamente com seu acervo artístico e cultural e para isso um projeto detalhado de restauro foi desenvolvido pelo grupo. As obras ficaram sob responsabilidade do coordenador do setor técnico da 6ª coordenadoria Regional do Iphan, Paulo Eduardo Leite Vidal Ribeiro e sua equipe, o gerenciamento foi realizado por Osvaldo Cintra. As obras se iniciaram em 1997 e tiveram direcionamento para espaços públicos. Alguns ambientes que originalmente foram projetados para serem pouco acessíveis ao público como o segundo pavimento, o andar do antigo gabinete do Ministro, foi adaptado para receber visitantes, que a partir de então poderia apreciar o pavimento com maior número de obras de artes.

O Palácio Gustavo Capanema desde a década de 60 lutava com as suas sucessivas mudanças de seu uso que refletiram cada vez mais na obsolência de seus espaços. As intervenções da década de 90 tentam fazer com o que a edificação saia da rigidez quanto a sua utilização e assuma um novo momento, um novo uso, que daria suporte para a continuação e preservação da matéria.

Hoje funcionam no Palácio Gustavo Capanema o Gabinete do Ministro da Cultura e suas instituições vinculadas: Biblioteca Euclides da Cunha e Biblioteca de Música (Biblioteca Nacional); Arquivo Noronha Santos, Arquivo Central e Mestrado Profissional em Patrimônio Cultural (Iphan); Livraria, Sala Miller e áreas administrativas Funarte; setores Ibram e da Fundação Palmares.

As obras ocorridas nesses setenta anos são inúmeras e atualmente o edifício passa por intervenções e restaurações, para sua preservação e para contribuir na inclusão do Palácio Capanema na lista de patrimônio cultural da UNESCO (SEGRE 2013).

O IPHAN desde o ano de 2010, está tomando as providências necessárias para apresentar a candidatura do MES à UNESCO. De um lado tem sido elaborada a fundamentação teórica sobre significação e transcendência cultural e arquitetônica do edifício; de outro estado se concretizando novas obras para sua conservação e adaptação as funções diversificadas (...) e estão previstas que nelas se envolvam atividades de ensino e cultura em colaboração com a UNESCO (SEGRE, 2013, p.455).

De acordo com visitas ao edifício e informações publicadas pelo IPHAN, o atual Projeto de Restauração e Modernização, tem como objetivo a adequação e restauração do prédio, para que ele se torne um centro cultural com uma dinâmica própria, evoluindo promovendo a interação do público com as bibliotecas, os arquivos e oferecendo programas educativos, concertos, exposições, performances, instalações e manifestações artísticas contemporâneas.

As obras começaram em 2012 e dividem-se em três fases. A primeira fase iniciada em 2012 e concluída em 2014 que consistiu em: instalações de seis novos elevadores substituindo os antigos, impermeabilização das coberturas e terraços-jardins e restauração de seus jardins, restauração do revestimento de pedra gnaisse das fachadas Leste e Oeste e restauração dos pilotis.

A segunda etapa compreende: restauração das fachadas norte e sul, das esquadrias de estrutura metálica de aço carbono, a substituição das pastilhas conforme o projeto original e a recuperação do sistema dos brises, reforma da cobertura com refazimento das pastilhas e colocação de guarda corpo de vidro. Ainda em andamento a climatização e exaustão mecânica em todos os pavimentos. Após a conclusão da segunda fase, na terceira e última fase, serão realizados os projetos de restauração e modernização dos espaços internos – pisos, pinturas e revestimento, restauração dos bens integrados e do mobiliário, recuperação do jardins do térreo.

2.4 A Cobertura – Área de intervenção

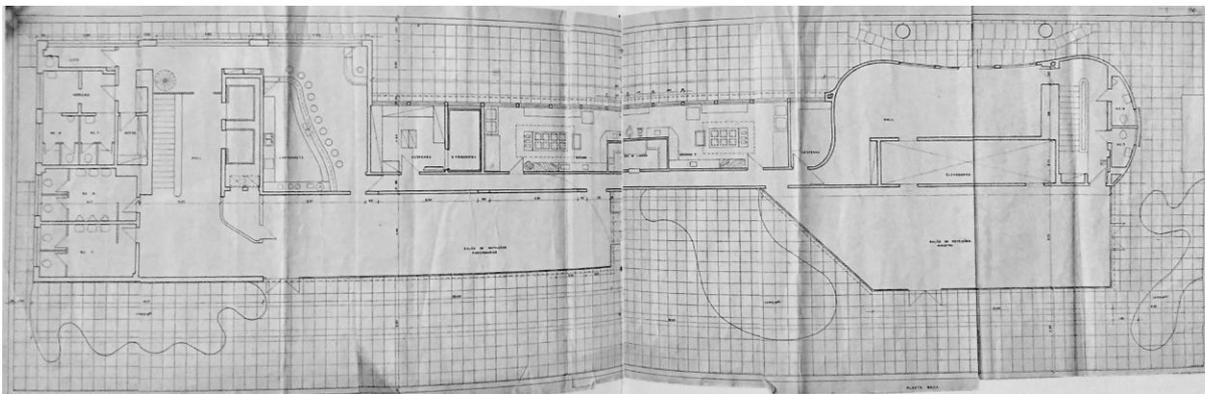
Projetada para ser um restaurante para os funcionários e um restaurante para o ministro e diretores, o último andar tem sua vista voltada para a Baía de Guanabara e também o skyline do Rio de Janeiro com o cristo redentor.

Ali se fecha o ciclo da fluidez espacial na interação lúdica durante a pausa do almoço – do ministro, diretores e funcionários – com morros do Rio de Janeiro e a Baía de Guanabara. A luz e vegetação restabelecem as alegrias essenciais que a vida diária demanda, segundo a fórmula do mestre, que atenuam a alienação do trabalho (SEGRE, 2013, p.325).

Com uma área útil de aproximadamente 500 m², a cobertura ou 16º pavimento se dividia em dois setores, sendo dois salões compartilhando a mesma cozinha, o Salão de Funcionários próximo aos elevadores de serviço, e todo apoio

para esse salão (sanitários, recepção e uma lanchonete) e o Salão do Ministro, próximo aos elevadores sociais e também com todo apoio para esse salão (Figura 34).

Figura 34 – Planta restaurante, Cobertura – 16º Pavimento



Fonte: (SEGRE, 2013, p. 326).

O restaurante destinado para o ministro e diretores tinha a melhor localização, pois ficava na área do terraço jardim que engloba vista também para toda a área do aeroporto Santos Dumont (1936), a área que hoje é a ponte Rio Niteroi (1974) e o centro da cidade, além disso a sua recepção também tinha o único acesso direto para a parte do terraço com vista para o centro da cidade (Figura 35) .

Figura 35 – Foto vista do terraço jardim próximo ao antigo Salão do Ministro



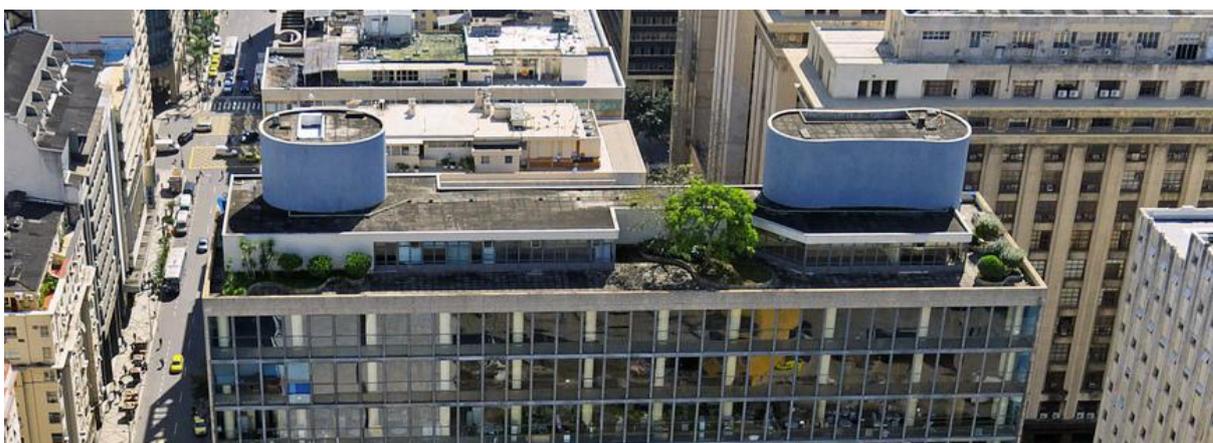
Fonte: arcevo pessoal

O terraço jardim era o mesmo para os dois salões, contudo para restringir o acesso de um salão ao outro, mais precisamente dos funcionários para o salão do ministro, as portas de acesso dos salões para o terraço-jardim encontram-se em

extremidades opostas e com um jardim no meio, o que dificulta o acesso em termos visuais e de distância.

A cobertura foi trabalhada refletindo os pressupostos modernos, explorando uma área com um grande potencial para lazer e contemplação da cidade e adicionando um jardim. Até então as coberturas, eram subutilizadas ou timidamente utilizadas por outros estilos, como por exemplo mostra, o Ministério do Trabalho e Ministério da fazenda, art-deco e eclético respectivamente. O projeto tirou partido das áreas técnicas, apresentado dois volumes escultóricos presentes na cobertura, um circular e o outro amebóide, onde se localizam a caixa d'água e casa de máquinas (Figura 36).

Figura 36 – Foto da Cobertura – 16º Pavimento.



Fonte: <http://portal.iphan.gov.br/clc/galeria/detalhes/151/>

O interessante é que o projeto do MES foi todo idealizado para ser visualizado 360°, se desprendendo da forma do lote, sem fachada lateral, frontal e fundos, entretanto a cobertura não seguiu esse raciocínio, apresentando a fachada sul voltada para a baía de Guanabara como frente e a fachada norte voltada para o centro da cidade é a parte dos fundos. A maior parte do terraço voltado para o centro da cidade tem acesso mais restrito, sendo difícil a passagem de uma pessoa, as janelas em fita também são altas representando claramente uma área dos fundos para uso de serviço como ilustra as atuais figuras 37 e 38. Talvez a falta de interesse para a vista da cidade ou mesmo a ensolarada fachada norte fizeram com que a cobertura tivesse as laterais e fundos bem diferenciados da sua frente com vista para Baía de Guanabara, Pão de Açúcar e Cristo Redentor.

Figura 37 – Acesso Restrito

Fonte: acervo pessoal

Figura 38 – Fachada norte Cobertura

Fonte: acervo pessoal

Devido a mudança dos Ministérios para Brasília na década de 60, o uso do restaurante que estava vinculado com o uso do edifício como ministério foi sendo subutilizado até que em 1986, o restaurante foi desativado e o andar transformou-se em depósito. A cobertura ficou sem manutenção e houve degradação das áreas verdes até ser ocupado pelo gabinete do delegado regional do Ministério da Educação. No caso, o delegado regional do Ministério da Cultura ficava no segundo andar – originalmente andar do Ministro – tendo em vista que do Ministério da Cultura e Ministério da Educação haviam se desmembrado. Para isso o 16º pavimento passou por obras de restauro e adaptação para abrigar o novo uso, essas obras são correspondentes do grupo PRPPC no fim dos anos 80.

De acordo com Carvalho (2015), “ o PRPPC, o SPHAN e os representantes do MEC entenderam que ao pavimento deveria ser dado outro uso, compatível com as suas especificidades e características arquitetônicas”. Na época, a impraticabilidade da cobertura voltar a ser o antigo restaurante foi principalmente pelas condições dos elevadores, que precisariam ser substituídos para suportar o tráfego de pessoas e a troca destes elevadores além de ser um orçamento muito caro, mudariam a forma das casas de máquinas que fazem parte do coroamento do edifício. Portanto outra estratégia foi tomada, resumidamente as intervenções não afetariam as características arquitetônicas originais da obra e consistiram em; recuperação da estrutura; impermeabilização; reconstrução dos jardins, foram substituídos todos o revestimento das fachadas, restauração das esquadrias e adequação das

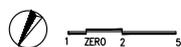
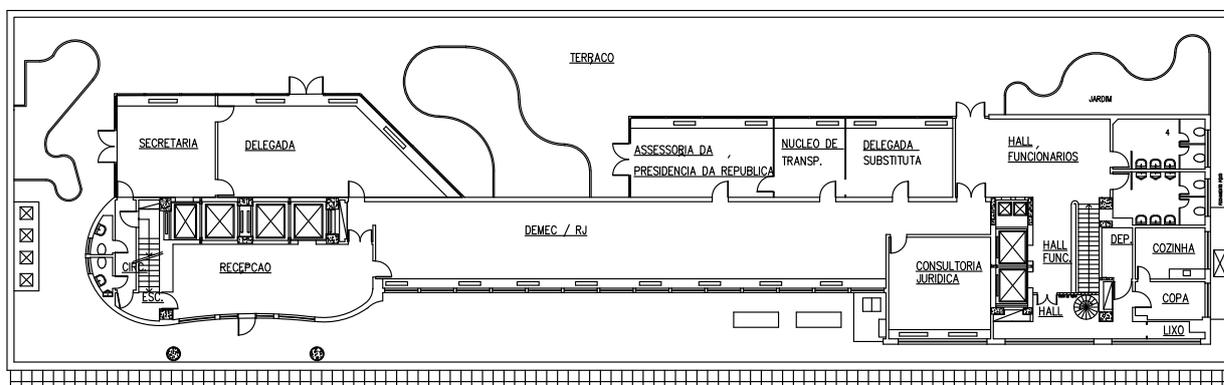
instalações para abrigar áreas de trabalho – ar-condicionado, forro no teto, instalações elétricas e hidro-sanitárias, divisórias e prevenção contra incêndio. (CARVALHO, 2005).

Destaca-se o envolvimento do autor do projeto paisagístico, Burle Marx, no restauro dos jardins, que por sua vez, estavam desconfigurados. Após a impermeabilização do pavimento o restauro dos jardins seguiu os seguintes critérios: identificar suas características formais e massa vegetal original, manter as espécies que foram adicionadas e que não compromettesse a legibilidade do jardim, retirar as plantas para restauração das muretas, executar um novo sistema de irrigação e por fim fazer o replantio das espécies. Além disso, foi estabelecido um programa de manutenção para acompanhar o desenvolvimento das plantas (SEGRE, 2013).

O levantamento cadastral de 1996 em CAD na figura 39, foi realizado para o Projeto de Restauro e Revitalização do Palácio Gustavo Capanema. Pela análise da planta da figura 39, identifica-se as soluções do grupo PRPPC realizado no final da década de 80: o ar-condicionado , no qual respeitou as fachadas atendendo todos os ambientes, as divisórias em madeiras ligadas perpendicularmente de acordo com o perfil das esquadrias das fachadas, ou seja, respeitando a fachada.

No entanto, o uso como área de trabalho para setores da diretoria, priva não apenas o público (assim como o antigo restaurante de funcionários), mas também priva o acesso a cobertura dos funcionários do edifício. A cobertura ser área de trabalho, também não incentiva o uso do terraço-jardim, os funcionários provavelmente não saiam do ar-condicionado e iam para um terraço, que por sua vez não apresentava algo atrativo para os usuários da cobertura. Outro ponto negativo foram, as divisórias, estas acabaram com um dos principais conceitos, a transparência da cobertura, a integração do interior com o exterior, isso se alcançava com a grande extensão de vidro em sua fachada, no qual foi bloqueado pelas divisórias, que não estragaram a matéria (fachadas) mas prejudicaram o conceito.

Figura 39 – Planta Levantamento Cadastral, 1996 representado a reforma realizada pelo grupo PRPPC – final da década de 80



Fonte: Arquivo Central ACI/RJ

As obras de intervenções e restauro da década de 90 não contemplaram o último pavimento, que continuou ser utilizado como área de trabalho sem preocupações com a sua conservação (SEGRE, 2013). Em 2001, a fachada já aparece em fotos com ar-condicionado colocados nas bsculas das esquadrias (Figura 40) e em 2009 a falta de manutenção já é visível na aparência do terraço-jardim e esquadrias da fachada (Figura 41).

Figura 40 – Foto da Cobertura em 2001



Fonte: arquivo Central – ACI – RJ

Figura 41 – Foto da Cobertura em 2009



Fonte: (SEGRE 2013 p.268)

Atualmente as fachadas da cobertura sofreram intervenção, com finalidade de retornar suas características originais - pisos, pinturas e revestimento, no entanto as esquadrias da fachada principal foram substituídas por esquadrias mais atuais, com perfil mais fino, maior transparência, material de qualidade superior, mantendo o mesmo lugar de acesso para o terraço-jardim (Figura 42). Outras diferenças são que as portas são pivotantes e não apresentam básculas nos panos de vidro. As esquadrias da fachada norte mantiveram as características originais.

Figura 42 – Foto visita julho 2017 – Fachadas reformadas



Fonte: acervo pessoal

Cabe ressaltar que a intervenção atual também visa adaptação da edificação para a normas atuais, com isso foi adicionado um guarda corpo de vidro em toda extensão da Cobertura (Figura 42). De acordo com a figura 43 referente à visita ao edifício em julho de 2017, o interior ainda não sofreu reformas. “Após essas obras pretende-se que seja desenvolvido um projeto voltado para o uso original, um restaurante, porém de caráter público”²⁶.

Figura 43 – Foto do interior não reformado



Fonte: Acervo pessoal

²⁶ Apontamentos em março de 2016 feitos pela arquiteta Ana Lúcia Gonçalves, na época atual Coordenadora do Projeto de Restauração do Palácio Gustavo Capanema.

CAPÍTULO 3

1936 - 1945

“ A construção do moderno.”

**Inscrição no 2º pavimento
do Palácio Gustavo
Capanema**

CAPÍTULO 3 – Processo de modelagem histórica BIM do Palácio Gustavo Capanema

Pensando na preservação do legado do Movimento Moderno brasileiro foi feita a escolha do objeto de estudo para a modelagem BIM e projeto de intervenção – o Palácio Gustavo Capanema. O foco da modelagem não é o objeto de estudo e sim as possibilidades que a plataforma BIM pode oferecer para a preservação dos exemplares modernos através desse exemplo. No entanto, 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, facilitando o foco da dissertação – explorar as possibilidades da plataforma BIM na preservação do patrimônio do período moderno.

Por se tratar de um bem tombado, os registros dessas intervenções foram guardados até a década de 90 no Arquivo Central do IPHAN no Rio de Janeiro - ACI/RJ, arquivados em uma série intitulada *Obras*. Esses registros foram a base para a modelagem BIM do edifício. Outros materiais foram agregados para se reunir no final da investigação, uma bagagem teórica e documental para se desenvolver um trabalho coerente. Destacam-se as visitas ao edifício, a literatura sobre a edificação e sua contextualização urbana, além disso, foram adquiridas informações pelos profissionais do ACI/RJ e com profissionais envolvidos no projeto de modernização do Palácio Gustavo Capanema do escritório do IPHAN/RJ, esses relatos foram essenciais para o entendimento dos acontecimentos do ciclo de vida da edificação.

Após a pesquisa sobre objeto de estudo foi possível concluir a importância de todo o processo conceitual até seu Projeto Definitivo arquitetônico, suas características principais e a mudanças feitas ao longo da obra, muitas a pedido do ministro Gustavo Capanema. O processo de modelagem da edificação consiste em duas fases: Projeto Definitivo Arquitetônico (*as-designed* 1937) e Inauguração do MES (*as-built* 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, sendo a base para adicionar modificações futuras.

Como já enfatizado, a escolha pela melhor tecnologia no levantamento e preservação digital do patrimônio depende também das características do edifício. Existe uma variedade de opções para esse processo, mas a escolha deve atentar para o resultado que se deseja em relação ao custo de equipamento, *softwares*, precisão do modelo e processo de aquisição tridimensional, bem como a complexidade do bem a ser preservado. No caso do Palácio Gustavo Capanema, a pesquisa de campo permitiu identificar que o projeto já está registrado em CAD (levantamento cadastral 1996). No entanto, ainda existem inúmeros registros originais (cópias em papel), assim como estratégia para o trabalho proposto, o processo de modelagem teve início a partir dos registros existentes (CANUTO; SALGADO, 2016).

Portanto, a modelagem parte do levantamento cadastral 2D em CAD 1996, para o *software* de modelagem BIM *ArchiCAD 19*. A escolha do desenvolvimento do trabalho no *Archicad* deve-se ao fato do custo mais baixo de aquisição e manutenção da licença, além de menor requisitos de *hardware*, se compararmos a outros programas como *Revit*, por exemplo. Outro fator é a interoperabilidade que de acordo com a *BuildingSmart* (2016) o *Archicad* possui bons resultados em importação e exportação de arquivos IFC. (CANUTO; SALGADO, 2016)

Uma das intenções do modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema além de representar o processo histórico é este servir de base para futuras atualizações e monitoramento do bem, ou seja, o modelo BIM possibilitar ser representado como modelo *as-is* e ao mesmo tempo poder representar intenções futuras com intervenções e restaurações virtuais.

Devido aos objetivos da fase *as-built* 1945, a quantidade e detalhe da documentação encontrada, o fato do levantamento cadastral 1996 (CAD 2D) estar mais próximo a essa fase, e ter o edifício como documento, decidiu-se iniciar a modelagem por essa fase e a partir dela criar a fase 1937.

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. A fase *as-built* 1945 baseou-se em levantamentos *in-loco*

(medição direta, fotogrametria, DSM) na documentação do ACI/RJ que envolve: levantamento de 1947 e 1961 e detalhes documentação PRPPC.

Já a fase *as-designed* 1937, foi realizada a partir da *base as-built* 1945, com as modificações de acordo com a documentação do ACI/RJ projeto legal de 1937 e croquis/ desenhos do Projeto Definitivo apresentados por SEGRE (2013). A fase *as-designed* 1937, tem o objetivo de entendimento histórico do processo de projeto, ressaltando a fase conceitual e evidenciando o Projeto Definitivo, refletindo o nível de detalhamento do projeto feito pela equipe de arquitetos na época, que apesar da base de referência ser o projeto legal, as informações estão de acordo com o que hoje seria um projeto preliminar.

3.1 Pesquisa Iconográfica

A pesquisa iconográfica foi de suma importância, pois o modelo BIM para se concretizar, precisa recolher o máximo de informações (levantamento cadastral, fotografias, ofícios, etc) para assim ter o entendimento do processo de projeto do objeto de estudo. Para a pesquisa iconográfica foram identificados materiais nos seguintes locais do Rio de Janeiro:

- **Arquivo central IPHAN (Arquivo Noronha Santos) – ACI-RJ**
 - Superintendência do IPHAN
 - Fundação Oscar Niemeyer
 - Casa de Lúcio Costa
 - Instituição Getúlio Vargas

Para este trabalho de pesquisa foi levantado o material encontrado no Arquivo Central do IPHAN - ACI/RJ, localizado na Rua da Imprensa, nº 16, 8º andar, Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro/RJ. O Arquivo central do IPHAN no Rio de Janeiro foi responsável pelo recolhimento da documentação do IPHAN de todas as obras com interesse em preservação do Brasil, tendo atuado no fim da década de 30 até os anos 90. Depois desse período iniciou-se uma nova etapa nos acervos arquivísticos do IPHAN, quando a documentação passou a ser recolhida pelas superintendências regionais, sub-regionais e escritórios técnicos. Portanto ele é o primeiro passo para começar uma pesquisa iconográfica e, além disso, localiza-se no oitavo andar do objeto de estudo, sendo muito importante para agregar mais

conhecimentos sobre a obra.

Para a pesquisa, foram feitas visitas em fevereiro de 2016. Essas consultas facilitaram o entendimento da estrutura do Arquivo Central ACI/RJ e na documentação específica do objeto de estudo²⁷. Grande parte desse acervo é referente ao PRPPC - Projeto de Recuperação e Preservação do Palácio da Cultura, que funcionou entre os anos de 1981 e 1992 e destaca-se por seu acervo não só volumoso, mas rico em informações.

Esse acervo ainda hoje serve de subsídio para as intervenções no edifício, além disso, nele encontra-se também registros do Projeto de Restauração e Revitalização do Palácio Gustavo Capanema, projetado pela Sociedade de Amigos do Palácio Gustavo Capanema – SAPGC na década de 90 (MARTINELLI, 2015).

A organização da documentação no ACI/RJ se separa em dossiês, onde todo material referente a um único bem está reunido e indexado a partir da localização geográfica do bem cultural. O acervo se divide em series:

- Série tombamento - 1938
- Série arqueologia - 1961
- **Série obras - 1930 a 1992**
- Série inventário - Século XIX e XX
- Outras séries

Com o objetivo de oferecer ao público o conhecimento dos bens inscritos nos Livros de Tombo, o ACI/RJ organizou uma base de dados, constantemente atualizada. A sua organização é toda feita em meio digital, porém o seu conteúdo não está digitalizado, a documentação se divide das seguintes formas apresentas no Quadro 06, Quadro 07 e Quadro 08:

²⁷ A quantidade de material é extensa, portanto a acessoria dos funcionários e pesquisadores foi essencial para adquirir o material adequado para a pesquisa. Os seguintes funcionários auxiliaram na busca da documentação e com relatos sobre o edifício: A coordenadora e historiadora Maria José Soares, o historiador Hilário Figueiredo Pereira filho e a estudante do curso de especialização do PEP (Programa de Especialização em Patrimônio) Francesca Dalmagro Martinelli, que estava desenvolvendo um trabalho específico sobre a organização da documentação do Palácio Gustavo Capanema- que corresponde aos últimos projetos e os registros foram incorporados para ACI/RJ em 2009.

Quadro 06 - Documentação encontrada em caixas

Documentação textual								
IPHAN/ Inventário	CX.0464	CX.0465	CX.0466	-----	-----	-----	-----	-----
IPHAN/ Obras	CX.0543	CX.0544	CX.0545	CX.0546	CX.0547	CX.0548	CX.0549	CX.0550

Fonte: Adaptado do Arquivo Central- ACI/RJ

Quadro 07 - Documentação encontrada em gavetas da mapoteca

Mapas e plantas		
IPHAN/Arquitetura 147 Pranchas	IPHAN/PRPPC 17 Pranchas	IPHAN/Urbanismo 1Prancha

Fonte: Adaptado do Arquivo Central- ACI/RJ

Quadro 08 – Processo – Livro de Tombo²⁸

Processos
IPHAN/Processo de Tombamento 0375 –T– 48
Casa; Imprensa (Rua), 16 Palácio da Cultura no município do Rio de Janeiro. (Rio de Janeiro/RJ) Volume: 1. Anexos 4.Foto PB: 1. Desenhos: 3. Mapas: 2.Periódicos: 4

Fonte: Adaptado do Arquivo Central- ACI/RJ

Esse levantamento foi realizado de acordo com a cópia fornecida no ACI/RJ, apresentando índice com a identificação de toda a documentação encontrada no acervo, a partir da busca sobre o Palácio Gustavo Capanema. Um dos problemas dessa documentação são os registros mais antigos, estes se encontram em estado de conservação ruim, outro problema é em relação ao acesso, a consulta só é possível pessoalmente, não possui registros em meio digital e os documentos não podem sair do ACI/RJ para serem feitas cópias, assim a única alternativa é fotografar o material de interesse. Entretanto, foi fornecido, pelo Arquivo Central, o levantamento cadastral de 1996 em CAD 2D, realizado para as obras dos ano 90, esse material correspondente ao registro que está sendo incorporado ao acervo.

²⁸ Preservados no Arquivo Noronha Santos, os Livros do Tombo do IPHAN constituem, portanto, o suporte físico no qual estão inscritos todos os bens protegidos pelo Decreto- Lei n 25.

Esse levantamento cadastral 1996 é a base da modelagem histórica BIM do edifício. Outros desenhos técnicos foram utilizados para a modelagem com intuito de destacar as seguintes fases históricas documentadas (*as-designed* 1937 e *as-built* 1945):

- Projeto Legal – 1937. Estado de conservação: ruim;
- Projeto-Divisão de Obras (MEC) – 1947. Estado de conservação: regular/ruim;
- Projeto - Divisão de Obras (MEC) – 1961. Estado de conservação: regular;
- Detalhes do projeto desenvolvido pelo PRPPC – SAPGC (arquitetônicos, estruturais, bens integrados e móveis, informações de materiais, etc.);

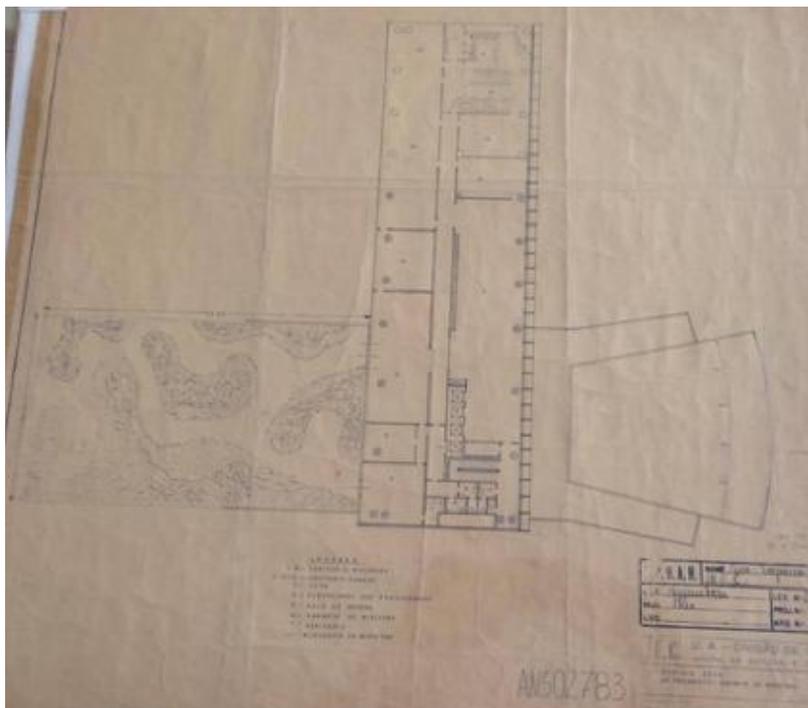
Como exemplificações do material iconográfico escolhido são apresentadas a foto com a identificação e a planta de 1961 do Segundo pavimento – andar do Ministro:

Figura 44 - Planta do segundo pavimento do Palácio Gustavo Capanema de 1961(*as-built*)

IPHAN/Arquitetura - **ANS02783**

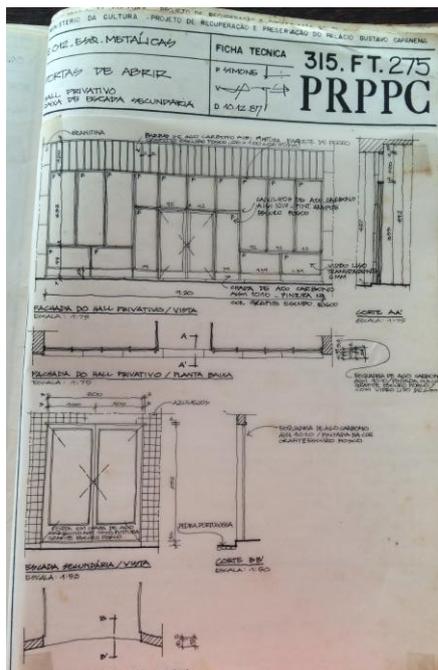
Edifício Sede Planta baixa do 2º pav.(gabinete do ministro) 4/47-4. Casa: Imprensa(R.), 16. Palácio Gustavo Capanema/Sede do Ministério da Educação e Saúde/Palácio da Cultura(Rio de Janeiro/RJ)
Descrição Física: Cópia Heliográfica. Planta Arquitetônica 55,77 x 55,3cm Escala: 1:200 Est. de conservação: Regular

Loc. Topográfica: M3G2 Projetado por: Secção de estudos e Projetos. Editado por: MEC - Divisão de obras



Fonte: Arquivo Central ACI/RJ

Figura 45 – Detalhe PRPPC- Portas de abrir Hall Privativo



Fonte: Arquivo Central ACI/RJ

A reconstrução histórica do Palácio Gustavo Capanema a partir de documentação existente facilitou a princípio no processo de modelagem, contudo a falta de informação e incompatibilidades da documentação produziram muitas lacunas no modelo mostrando a necessidade de conferência e levantamento de dados na edificação.

3.2 Informações iniciais

Assim como destacado na pesquisa iconográfica na década de 80 com o projeto PRPPC, houve uma grande produção de documentação produzida à mão, no entanto foi na década de 90 que se teve o primeiro levantamento cadastral digital da edificação, no qual foi desenvolvido em *AutoCad* em 1996. O Palácio Gustavo Capanema se encontrava entre dois contextos, pode-se dizer que na área de preservação e restauração já estava mais amadurecido quanto à prática de mais de 30 anos de intervenções com intuito de restaurar, adaptar e conservar a edificação.

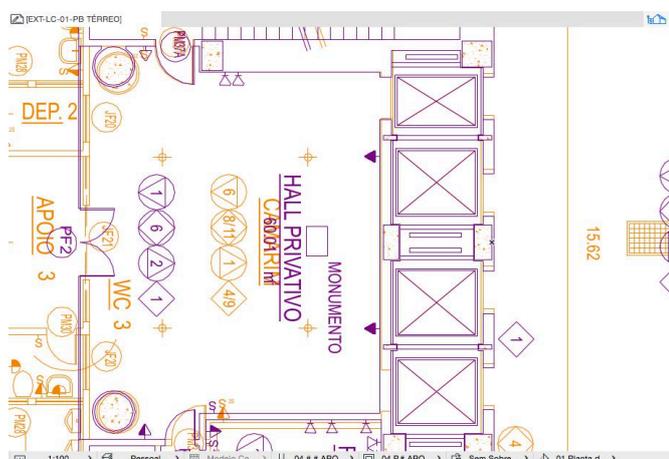
Em relação às tecnologias digitais, ter o levantamento cadastral em CAD 2D em 1996, demonstra como o grupo SAPG estava atualizado em relação às ferramentas digitais, tema este que até hoje não é muito destacado dentro da área do Patrimônio Cultural principalmente quando se trata a nível nacional. Esse fato reflete a questão de arquitetos que atuavam na “nova” arquitetura, serem os

mesmos autores do projeto do MES e ao mesmo tempo estarem envolvidos com a questão de preservação do Patrimônio do Movimento Moderno, como Lúcio Costa e Oscar Niemeyer.

O levantamento cadastral²⁹ apresenta as plantas de implantação e todos os pavimentos, nelas estão especificadas – esquadrias, acabamentos, pontos de elétrica, pontos de iluminação, lançamento da estrutura e tipos de alvenaria. Os arquivos foram analisados em termos de compatibilização de desenhos, coerência nas informações, diagramação (pranchas, tabelas, apresentação das informações).

A **compatibilização no desenho** foi algo que restringiu e aumentou o tempo da modelagem BIM e acabou resultando em uma consulta maior de documentação e visitas a edificação. Por se tratar de desenhos de vinte anos atrás, as ferramentas do programa *AutoCad*, a forma como se desenhava com o programa e os recursos eram muito primários e muito inferior aos desenhos de CAD atual. Assim coisas simples, como posicionamento de pilares (Figura 46), paredes das fachadas (Figura 47), elevadores e escadas possuíam incompatibilidade de um pavimento para o outro. Em relação à **coerência das informações**, também dificultou o detalhamento dos elementos da edificação, pois muitas informações que estavam na tabela não correspondiam com o desenho, por exemplo, tamanho de esquadrias, tipo de esquadrias, quantitativo das instalações e sequência da numeração dos acabamentos (Figura 48).

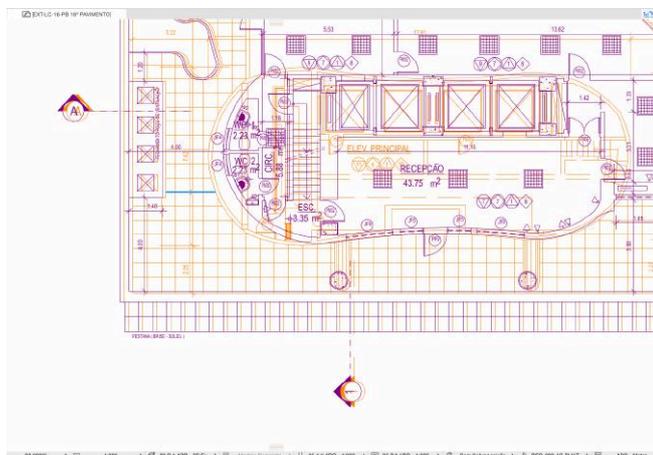
Figura 46 – Incompatibilidade no posicionamento dos Pilares – Pavimento térreo, em roxo (Hall Privativo) e 1º Pavimento em laranja (Camarim)



Fonte: elaboração da autora, 2017

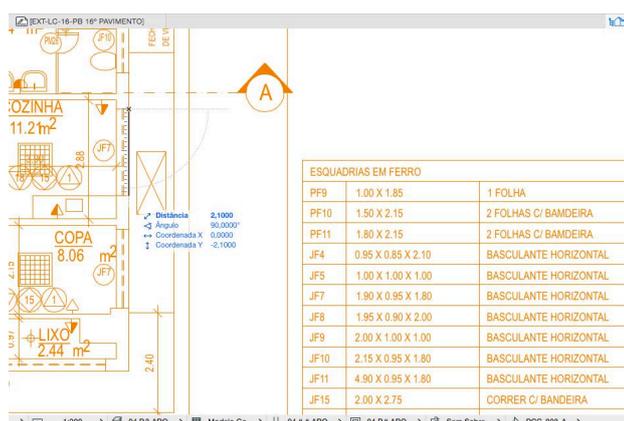
²⁹ O levantamento cadastral 1996 consiste em 19 plantas baixas (1º Pav. ao 16º Pav., sobrelojas, casas de máquinas da Cobertura e situação), um corte transversal, um corte longitudinal e três fachadas (leste e norte).

Figura 47 – Incompatibilidade das paredes da Fachada – Pavimento Cobertura em roxo (Recepção) e Casa de Máquinas 1 em laranja



Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 48 – Incompatibilidade desenho e Quadro de Esquadrias – Pavimento Cobertura



Fonte: elaboração da autora, 2017

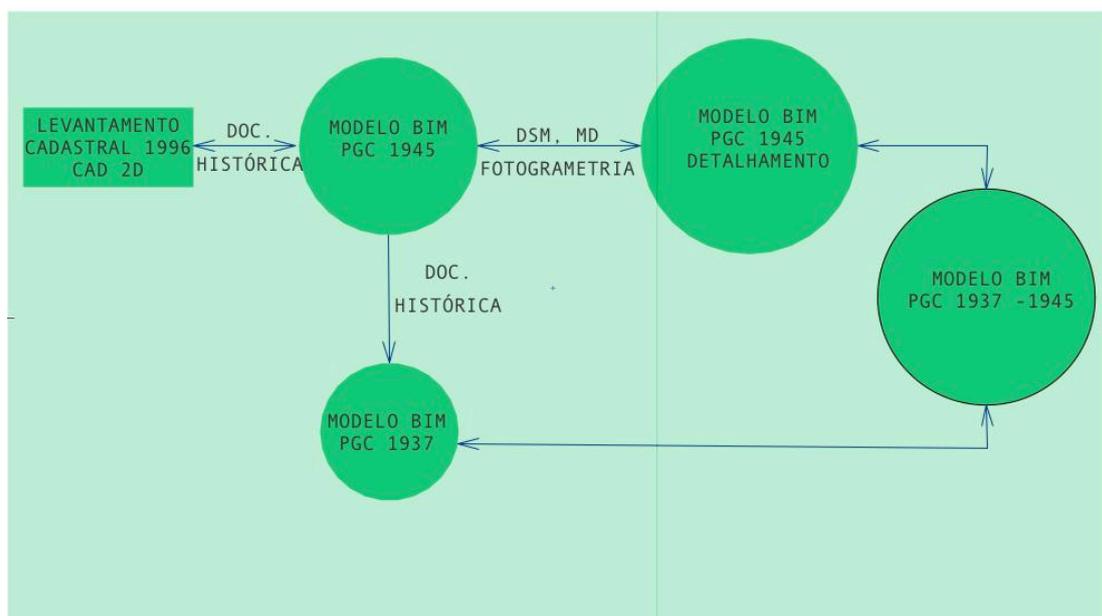
Portanto as lacunas para modelagem 3D se dividiram em informações diferentes para o mesmo tipo de elemento fornecido pelo levantamento cadastral 1996, e falta de informação para que o elemento fosse representado em 3D.

Para tentar resolver essas questões, algumas informações foram conferidas e adquiridas *in loco* por medição direta, levantamento fotográfico e DSM. Várias lacunas no modelo não foram solucionadas, no entanto elas foram identificadas e caracterizadas ao longo do processo de modelagem.

3.3 Modelo BIM *as-built* 1945

O processo de modelagem não foi linear e de acordo com o material pesquisado teve-se a concretização da estratégia de trabalho. Após a reunião do material adquirido na pesquisa partiu-se para a a modelagem com maior documentação e nível de detalhe, no caso o *as-built* 1945. O processo de modelagem seguiu o fluxo a seguir (Figura 49):

Figura 49 – Esquema modelagem BIM Palácio Gustavo Capanema



Fonte: elaboração da autora, 2017

O processo de desenvolvimento do modelo BIM *as-built* 1945, iniciou-se com a importação dos arquivos *dwg*. como Folha de Trabalho no *software Archicad*, ou seja, como se fossem figuras de referência e não houve tratamento desses arquivos em CAD para Folha de Trabalho. A partir das Folhas de Trabalho foram feitas a checagem do desenho já descrita anteriormente e partiu-se para a modelagem da edificação

O processo de modelagem para a fase *as-built* 1945, atualizou as plantas do CAD (levantamento cadastral, 1996), de acordo com a documentação de 1947 e 1961 (cópias de plantas desenhadas a mão na ACI/RJ), o desenho referente a essa documentação apresenta-se bem simples em relação a detalhes. O objetivo do modelo BIM 1945 não é demonstrar o nível de detalhe dessa documentação do ACI/RJ e sim o modelo ser uma base de consulta histórica sobre as características

originais da edificação. A fase 1945 é um repositório de informações que tenta reconstruir o edifício dessa época destacando os principais elementos de acordo com a atribuição de valor, destacado nos resultados da pesquisa sobre a edificação.

A modelagem BIM começou a ser desenvolvida no *Archicad 19* em 2016 e migrou-se para o *Archicad 20* em 2017. A escolha por migrar foi por causa do novo recurso de sobreposição gráfica, o que possibilitou a confecção das imagens e diagramas de análise.

Primeiramente buscou-se como poderiam ser representadas, utilizadas e divulgadas as fases históricas (construtivas) no modelo – *as-designed* 1937 e *as-built* 1945 – e depois a intervenção³⁰. Ao representar fases construtivas no modelo pelo *Archicad* é possível utilizar os estados de renovações do programa e a partir delas pode fazer combinações de realçar, esconder e mostrar os elementos. Essa foi a estratégia utilizada nessa pesquisa para representar 1937 e 1945 cujo objetivo é visualizar no aplicativo BIMx as fases em sua integridade e com a documentação referente, sem perder as informações importantes contidas no modelo.

No *Archicad*, assim como estudo de Brumana et al. (2013) realizado no *Revit* é possível integrar informações históricas sobre as fases construtivas através das propriedades dos elementos, assim quando a edificação é visualizada é possível identificar por cores as fases de construção. Nesses casos, podem ser utilizados simuladores de construção, como *plug-in* e *softwares* de BIM 4D, que permitem ver em 3D o processo das fases construtivas. Através dessas ferramentas é datada a fase construtiva de cada elemento, no entanto, não é possível navegar no modelo através de uma *timeline* de forma interativa e ao mesmo tempo obter a documentação junto fases construtivas.

Para visualizar o modelo e navegar em várias fases históricas, com sua documentação anexada e de forma interativa são necessárias outras tecnologias/*softwares* como *Navisworks* da *Autodesk*³¹. No entanto a apresentação das fases históricas para a divulgação nessa pesquisa se restringiu ao *Archicad* e seus *plug-*

³⁰ Proposta de intervenção é retratada no capítulo 4

³¹ O *Navisworks* é um *software* que se adapta a diferentes objetivos de modelos BIM, assimilando os dados produzidos no modelo, com visualização em diferentes escalas, pode reunir informações tangíveis e intangíveis (documentação, músicas, fotos, textos, etc) e o mais importante permite uma navegação temporal através da função *timeline* (Fai et al., 2011).

ins, essa escolha foi pela familiaridade com as ferramentas e pelo fato delas serem eficientes para o objetivos propostos com a modelagem BIM 1937-1945.

Assim definido a estratégia para as fases (1937 e 1945), a modelagem para a fase histórica 1945 seguiu a sequência:

1º Parte

- Definição de pisos;
- Implantação;
- Lançamento dos pilares e lajes;
- Circulações verticais;
- Fachadas incluindo a cobertura;

2º Parte – Depois da fase 1937

- Biblioteca de objetos;
- Esculturas;
- Interior.

De acordo com a documentação realizou-se a **definição de pisos** da edificação. São 16 pavimentos no total, no entanto do térreo até o segundo pavimento a edificação possui níveis diferentes entre o bloco horizontal e o bloco vertical (área que representa o volume da antiga entrada dos funcionários), enquanto o bloco horizontal possui dois níveis - o térreo com PD = 4,89 m e 1º pav. com PD = 4,65 m –no bloco vertical apresenta três níveis – térreo com PD= 3,10 m, 1ª sobreloja com PD = 3 m e 2ª sobreloja com PD= 3,05 m. Com isso, o 1º pav. do bloco horizontal foi representado junto a 1ª sobreloja do bloco vertical e a 2ª sobreloja foi representada separadamente (Figura 50 e 51).

A cobertura constitui 16º pavimento, onde se localizava o antigo restaurante dos funcionários e acima dela encontra-se mais dois níveis de casa de máquinas, um junto a cobertura do restaurante (C. de Máquinas 1) e outro acima (C. de Máquinas 2) e então o último nível representando a laje da C. de Máquinas 2. O poço sob o térreo foi identificado nas definições de piso, no entanto, por falta de documentação digital ele não foi modelado.

Figura 50 – Quadro do *Archicad* com definições de piso e pé-direito

Nº Nome	Elevação	Alt. até ao seg.	
20 LAJE	81,2900	1,0000	<input checked="" type="checkbox"/>
19 C. MÁQUINAS 2	77,4200	3,8700	<input checked="" type="checkbox"/>
18 C. MÁQUINAS 1	75,2700	2,1500	<input checked="" type="checkbox"/>
17 16º PAVIMENTO	71,9000	3,3700	<input checked="" type="checkbox"/>
16 15º PAVIMENTO	67,5500	4,3500	<input checked="" type="checkbox"/>
15 14º PAVIMENTO	63,2500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
14 13º PAVIMENTO	58,9500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
13 12º PAVIMENTO	54,6500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
12 11º PAVIMENTO	50,3500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
11 10º PAVIMENTO	46,0500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
10 9º PAVIMENTO	41,7500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
9 8º PAVIMENTO	37,4500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
8 7º PAVIMENTO	33,1500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
7 6º PAVIMENTO	28,8500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
6 5º PAVIMENTO	24,5500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
5 4º PAVIMENTO	20,2500	4,3000	<input checked="" type="checkbox"/>
4 3º PAVIMENTO	15,8000	4,4500	<input checked="" type="checkbox"/>
3 2º PAVIMENTO	10,5500	5,2500	<input checked="" type="checkbox"/>
2 2ª SOBRELOJA	6,9000	3,6500	<input checked="" type="checkbox"/>
1 1º PAV. 1ª SBLOJA	3,5000	3,4000	<input checked="" type="checkbox"/>
0 TÉRREO	0,0000	3,5000	<input checked="" type="checkbox"/>
-1 POÇO	-1,5000	1,5000	<input type="checkbox"/>

Inserir Acima Inserir Abaixo Apagar Piso

Estado Teamwork:
 Livre para Reserva Reservar Cancelar OK

Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 51 – Corte Transversal da documentação do levantamento cadastral 1996



Fonte: elaboração da autora, 2017

As plantas de situação e do pavimento térreo adquiridas pelo CAD 2D do levantamento cadastral 1996 são planas e sem curvas de nível. No CAD 2D só aparece alguma inclinação no corte transversal (Figura 52). Em visitas a edificação percebe-se que o terreno é praticamente plano, possuindo algumas inclinações próximas a Rua Araújo Porto Alegre e Avenida Graça Aranha. Portanto por falta de informações seguiu-se com a **implantação** plana sem curva de nível. Nessa etapa destaca-se os jardins curvos projetados por Burle Marx e o piso em granito cinza Tijuca das praças secas, sob os pilotis.

Após a base da implantação foi feito o **lançamento dos pilares e lajes**, que começam como pilotis de 10 metros em seção circular sob o bloco vertical, que crescem por toda extensão do edifício continuamente até a cobertura. O bloco horizontal também está sobre pilotis de seção circular, porém possui um esqueleto estrutural diferente. Os pilotis de 5 metros crescem para dentro da caixa de vidro e ao redor dessa caixa de vidro as colunas se dialogam apresentando a mesma altura dos pilotis do bloco vertical 10 metros (Figura 52). As colunas ao redor da caixa de vidro possuem um detalhe construtivo, que atua como engaste entre elas e a laje da Sala de Exposições, esse detalhe chama-se o cachorro ou mísula (Figura 53).

Figura 52 – Modelo estrutural da edificação

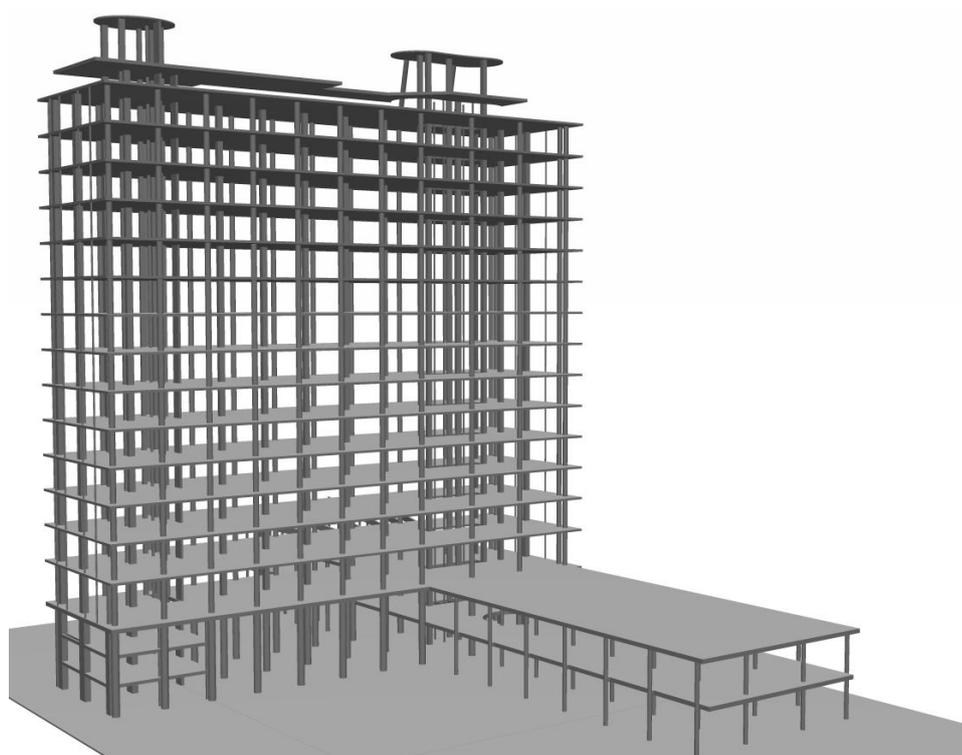
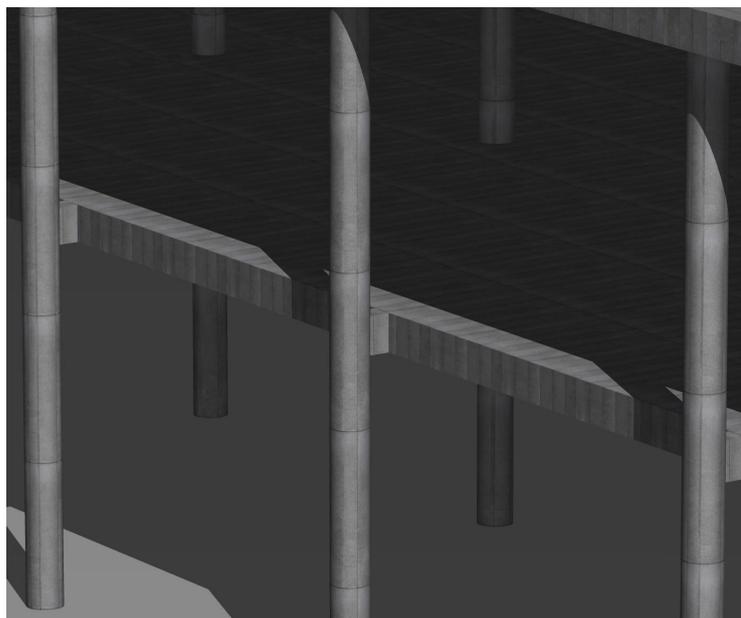


Figura 53 – Detalhe da mísula



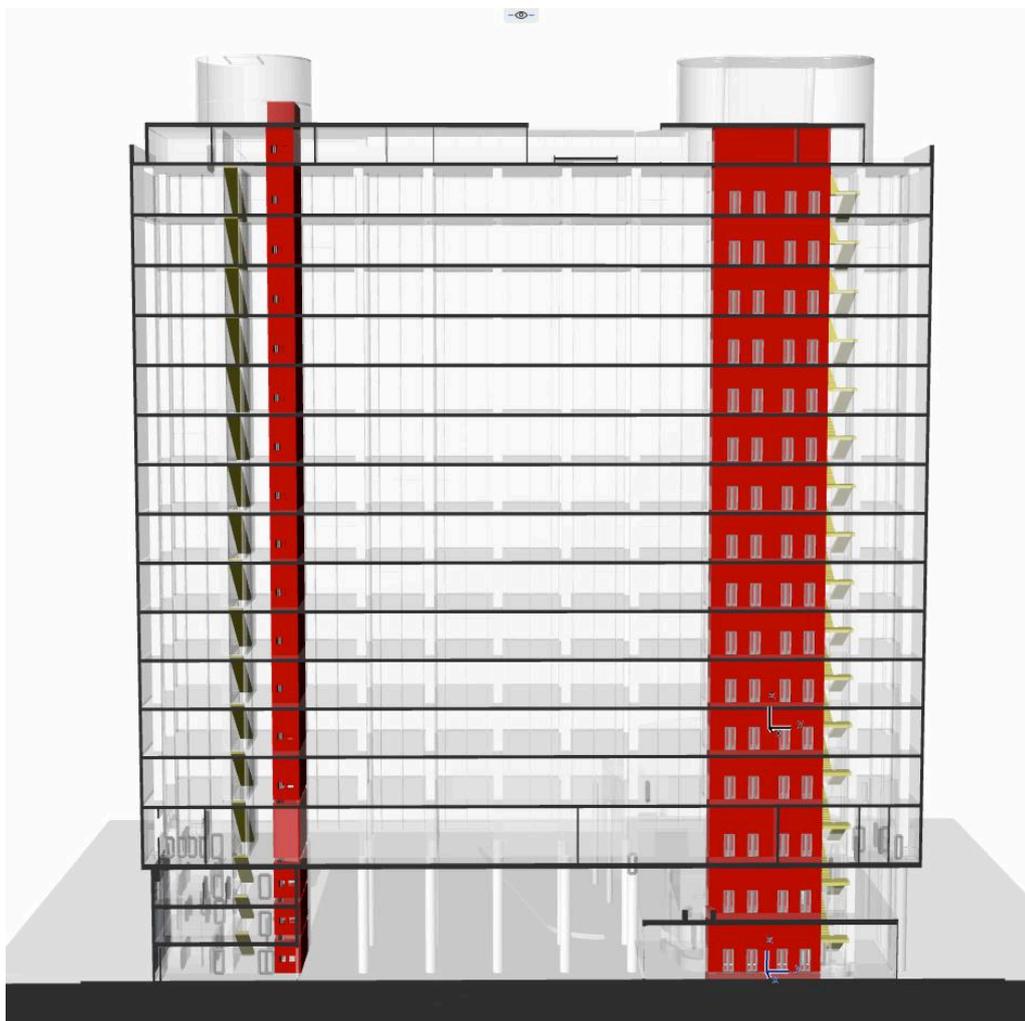
Fonte: elaboração da autora, 2017

Ao lançar a estrutura, iniciou-se a modelagem das **circulações verticais** (escadas e elevadores). Os elevadores são seis no total (atualmente 4 destinados ao público e/ou funcionários e 2 ao funcionários e serviço), a partir do segundo pavimento os seis elevadores atendem todos os andares exceto a cobertura que é servida de 4 elevadores (2 destinados ao público/funcionários e 2 aos funcionários/serviço). O edifício possui 2 escadas atendendo todos os pavimentos.

A figura 54 destaca-se os elevadores em vermelho e as escadas em amarelo que englobam todos os pavimentos. Esse destaque foi realizado utilizando a ferramenta de sobreposição do *Archicad*, que facilita a visualização dos elementos no modelo de acordo com a regra a ser aplicada. O resultado ilustra as circulações verticais a esquerda funcionários/serviço e a direita funcionários/público.

O modelo apresenta outras escadas que atendem menos pavimentos. No bloco horizontal tem-se escultórica escada helicoidal de acesso entre Hall no térreo e o Salão de Exposições e outras escadas de serviço – acesso terraço jardim e bloco trapezoidal. No bloco vertical as escadas que não atendem todos os pavimentos são na Cobertura dando acesso as Casas de Máquinas.

Figura 54 – Modelo destacando através de sobreposições do *Archicad* as circulações verticais do bloco vertical – vista da fachada sul



Fonte: elaboração da autora, 2017

As **fachadas** foram modeladas apresentando sua forma de acordo com o levantamento cadastral 1996, seus elementos seguindo o PRPPC e o levantamento fotográfico. As fachadas possuem por um lado várias paredes cegas e retas, por outro, painéis de azulejos em paredes curvas, sistema de janelas guilhotinas e os *brise-soleil*. Todos os revestimentos exteriores são locais, alguns são típicos da região ou não se produzem mais, como a pedra gnaisse³² e a parede de tijolo de vidro do Hall Principal (Figura 55).

³² Esta rocha é muito comum na cidade do Rio de Janeiro, sendo a principal rocha constituinte do Morro Pão de Açúcar, do Corcovado entre outros. As placas de pedra gnaisse do Palácio Gustavo Capanema são provenientes do Morro da Viúva.

Figura 55 – Fachada norte do modelo, janela 3D do *Archicad*



Fonte: elaboração da autora, 2017

Tendo em vista a importância arquitetônica, histórica e artística das fachadas e seus elementos, concentrou-se em identificar os acabamentos e esquadrias, refletindo parametricamente a junção dos detalhes fornecidos pelo levantamento cadastral, documentações PRPPC, literatura e visitas (Figura 54). 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, et. al, 2017; KHODEIR; ALY; TAREK, 2016; MURPHY, 2013).

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 e também obras de arte - esculturas, painéis de azulejos e pinturas. (Figura 55).

Figura 56 – À esquerda parede de tijolos de vidro do hall principal – vista da Rua da Imprensa. A direita *brise –soleil* do 2º Pav. selecionado



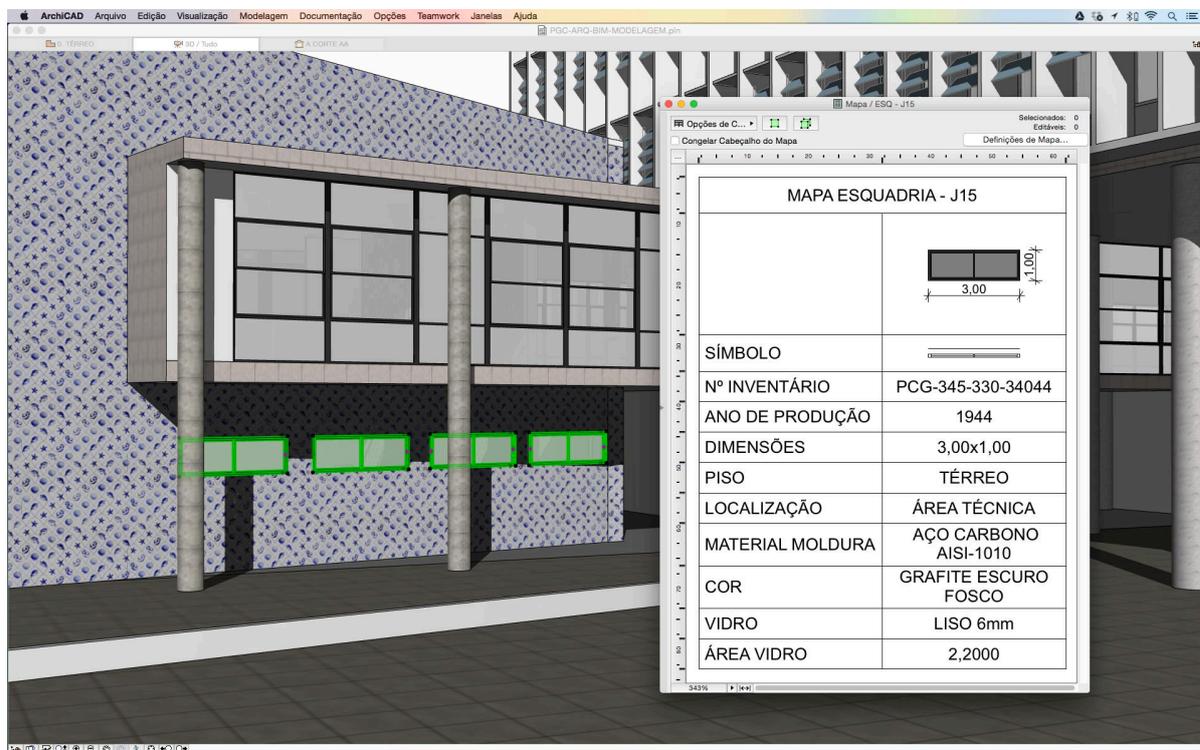
Fonte: elaboração da autora, 2017

As bibliotecas de objetos paramétricos têm a intenção de poder ser adicionados tanto bens integrados ao edifício como bens móveis. O projeto de pesquisas identifica o máximo de objetos durante a modelagem, se focando nas fachadas e esculturas.

A criação dos modelos para a bibliotecas foram desenvolvidos no *software ArchiCAD* utilizando os elementos construtivos parametrizados padrão do *software* como paredes, vigas, objetos, etc. e também foi utilizado a linguagem GDL - *Geometric Descriptive Language* – ou Linguagem para descrição geométrica, sendo uma linguagem de programação *ArchiCAD*. A escolha por usar essa linguagem foi por permitir não só a criação de formas mais complexas, que vão além dos elementos construtivos presentes no *software*, como também objetos paramétricos inteligentes capazes de interagir com o ambiente BIM. Pode-se, por exemplo, definir o nível de detalhe do objeto de acordo com o tipo de objetivo que se quer atingir com o modelo (CANUTO; SALGADO, 2016).

Depois de pronta a geometria é possível adicionar campos de informações históricas ou que venham a contribuir com a conservação do edifício, dessa forma agora essas informações estarão reunidas e disponíveis no modelo BIM. Um exemplo são as esquadrias das fachadas (Figura 57).

Figura 57 – Detalhe esquadria – informações vinculadas ao modelo, todas as informações de acordo com a documentação PRPPC e nº de inventário fictício

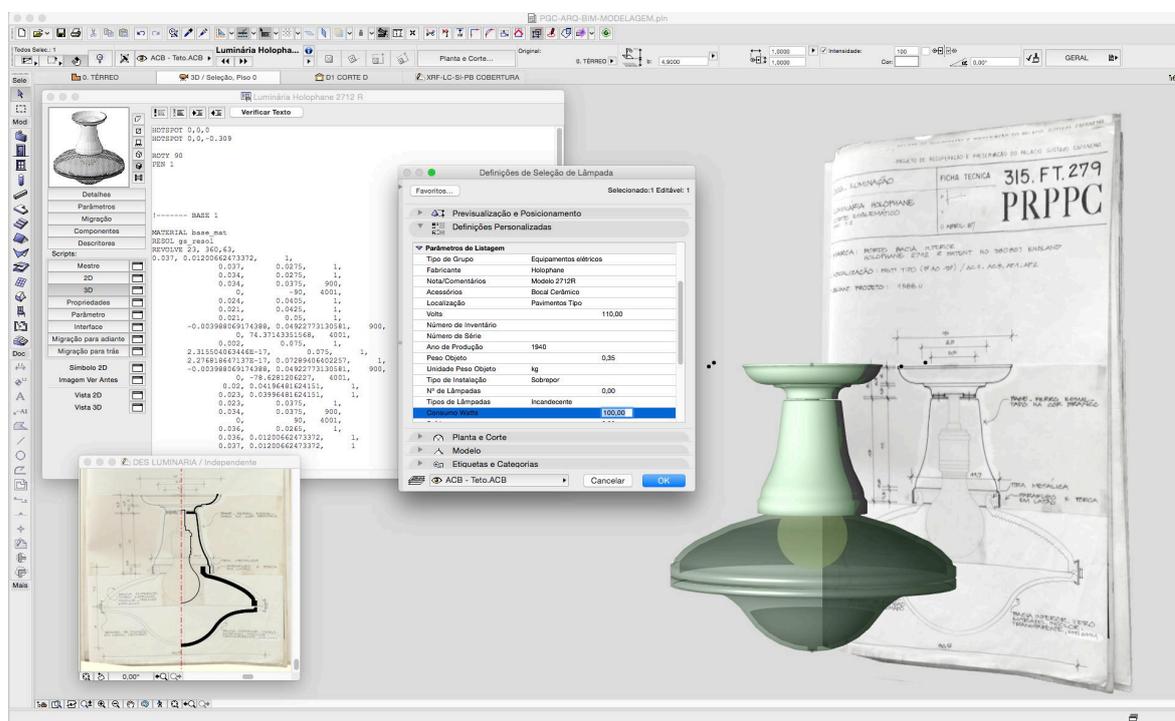


Fonte: elaboração da autora, 2017

Internamente no modelo, em um nível de detalhe inferior, foram representados itens como: as luminárias, acabamentos e esquadrias. As luminárias têm grande importância no conceito do projeto, apresentando diálogo com a transparência dos volumes. Portanto destacou-se os modelos da luminária do salão de exposição do bloco horizontal e a luminária da marca britânica *Holophane* presente em quase todos os andares do bloco vertical, feita exclusivamente para o edifício (Figura 58).

O modelo da luminária presente no salão de exposições foi adquirido na própria biblioteca do *ArchiCAD*, no entanto a luminária *Holophane* foi modelada utilizando o GDL a partir do perfil do detalhe do desenho a mão PRPPC.

Figura 58 – Modelagem da luminária com as informações técnicas e históricas presentes no modelo



Fonte: CANUTO; SALGADO, 2016

No processo da fase *as-built* 1945 a intenção em relação as **esculturas** e painéis de azulejos, seria a representação de todos no modelo, no caso são 22 esculturas (em sua maioria bustos) e 8 painéis de azulejos. O levantamento consistiu na captura de dados com levantamento fotográfico, as obras em geometria 3D foram utilizado a técnica DSM, essa parte será descrita mais a frente. Entretanto, devido ao Palácio Capanema estar em obras, a maioria das esculturas estão protegidas e a maioria das fachadas onde se localiza os painéis de azulejo estavam inacessíveis e com muita interferência (locais cobertos, locais sem acesso, materiais na frente na fachada, caçamba, tapumes, etc.) (Figura 59).

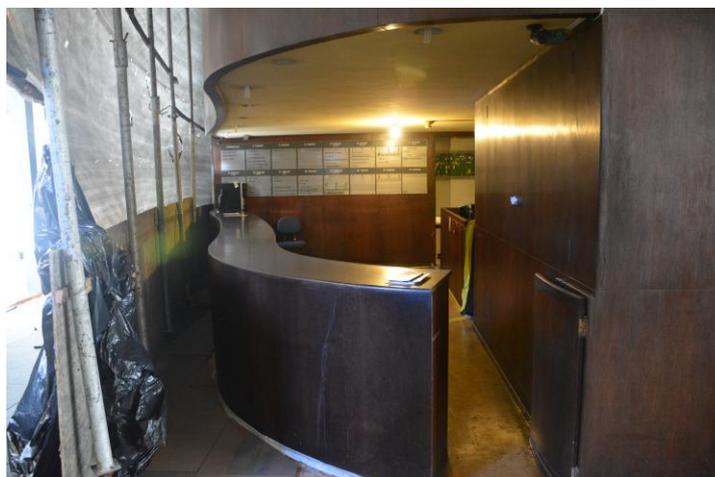
Assim decidiu-se localizar todas as esculturas no modelo, levantar as esculturas acessíveis, para gerar as esculturas 3D e as não acessíveis foram identificadas por foto. A esculturas se localizam nos pavimentos: Térreo, 1º, 2º e 5º e 8º, sendo que a maioria delas estão concentradas no 2º pavimento, como ilustra a figura 60.

Figura 59 – Visita técnica em 2017 a) Fachada norte b) Hall Principal – Térreo

a)



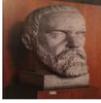
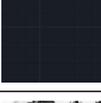
b)

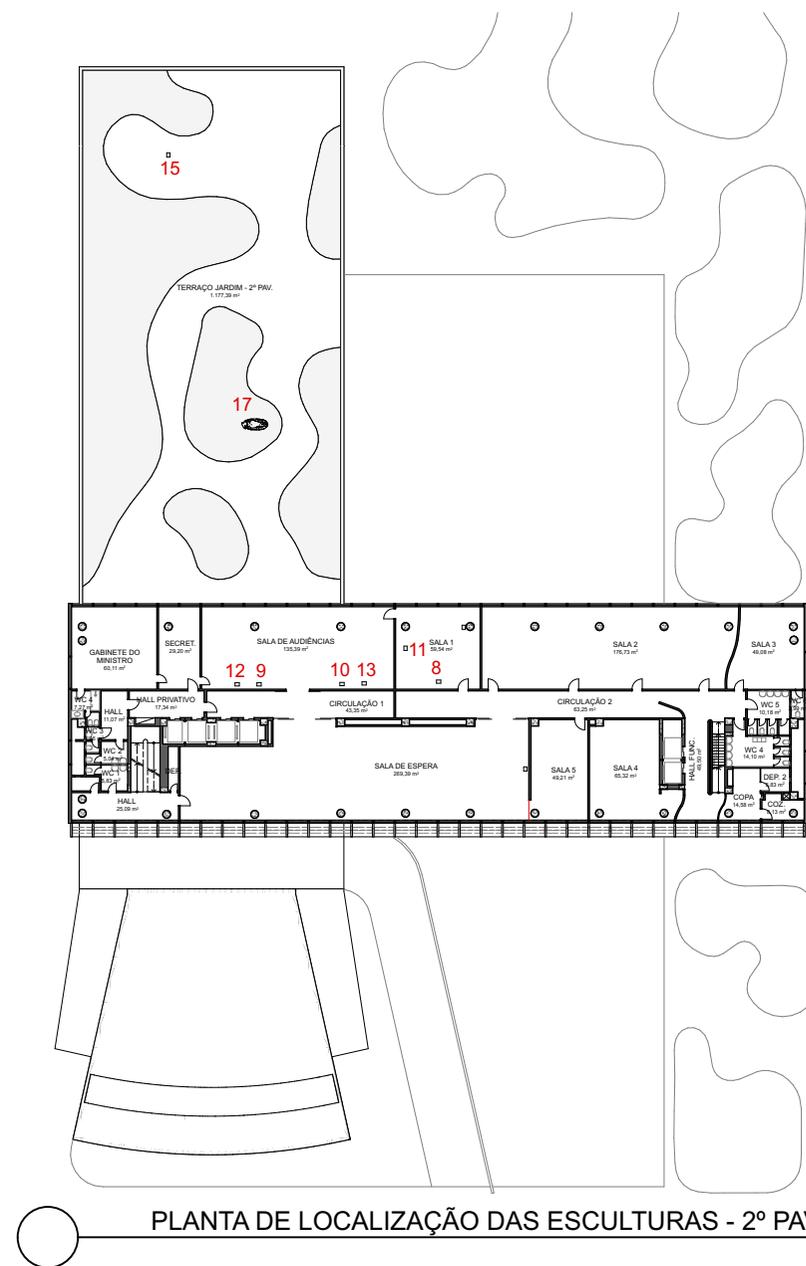


Fonte: acervo pessoal

Para mapear e identificar as **esculturas** no modelo, bem como o seu posicionamento original na edificação, baseou-se em estudos de Segre (2013), Lissovsky e Sá (1996) e fotografias. As esculturas foram identificadas por fotos e com seu posicionamento original localizado no modelo (Figura 60). Com isso integra-se as informações junto a visualização dos elementos através do modelo BIM, reunindo e transmitindo conhecimento.

Figura 60- Planta de localização das esculturas - 2º Pavimento

ESCULTURAS 2º PAV						
ID	Imagem	Nome	Autor	Ano	Material	Ambiente
8		Busto Gustavo Capanema	Celso Antônio	1950	Bronze	SALA 1
9		Busto José de Alencar	Bruno Giorgi	1945	Mármore travertino	SALA DE AUDIÊNCIAS
10		Busto Machado de Assis	Bruno Giorgi	1945	Mármore travertino	SALA DE AUDIÊNCIAS
11		Busto Mario de Andrade	Celso Antônio	1950	Bronze	SALA 1
12		Busto Oswaldo Cruz	Bruno Giorgi	1945	-	SALA DE AUDIÊNCIAS
13		Busto Ruy Barbosa	Bruno Giorgi	1945	-	SALA DE AUDIÊNCIAS
14		Escultura Profeta Isaías	Réplica do Aleijadinho	1945	-	SALA DE ESPERA
15		Escultura mulher sentada	Adriana Janacopulos	1945	Granito vermelho	TERRAÇO JARDIM - 2º PAV.
16		Estatueta de Mestre Ruy	-	1945	-	SALA 1
17		Mulher Reclinada	Celso Antônio	1940	Granito cinza	TERRAÇO JARDIM - 2º PAV.



Fonte: Elaboração da autora, 2017.

Para a representação geométrica das esculturas no modelo BIM, foram realizadas visitas para levantamentos com varredura de fotos para geração dos modelos 3D (1945). As esculturas levantadas foram quatro: “Mulher reclinada” 1940 (Celso Antônio), “Mãe” 1943 (Celso Antônio) e a “Mulher” 1945 (Adriana Janacópulos) e o Busto de Getúlio Vargas (Figura 61). No entanto as esculturas utilizadas resultantes da técnica DSM foram apenas a “Mulher reclinada” e a “Mãe”, esse fato se deu pela qualidade das fotografias ou mesmo por falta de fotografias para fazer a sobreposição adequada.

A geração das esculturas 3D fotorealísticas foi feita no programa *Remake* da *Autodesk* com um número de aproximadamente 40 fotos por escultura (Figura 62). O programa através de algoritmos sobrepõe às fotos e automaticamente gera o modelo. Do *Remake* foram importados as esculturas em extensão *.obj* (*Object File*) *Wavefront 3D* para o *Archicad 20* pelo *plug-in model port*. No *Archicad* elas fazem parte da biblioteca e foram adicionadas informações técnicas e históricas referente a escultura (Figura 63). Com esse modelo da escultura é possível também fazer uma impressão 3D, podendo ser utilizado para várias finalidades como modelo tátil, estudos e conhecimento sobre a obra.

A versão utilizada foi a *Free*, essa versão tem poucas opções de editar o modelo. Na versão paga encontram-se várias opções de edição, o que seria interessante para corrigir erros no modelo e desgastes das esculturas, para sua representação no modelo *as-built* 1945. As esculturas na época da inauguração do MES estavam com excelente estado de conservação, o que hoje não é o caso das obras pertencentes a edificação, portanto a visualização das esculturas no modelo BIM é a situação ano 2017(*as-is*)

Figura 61 – Da esqu. Para dir. - “Mulher reclinada” 1940, “Mãe” 1943, “Mulher” 1945 e o Busto de Getúlio Vargas 1945



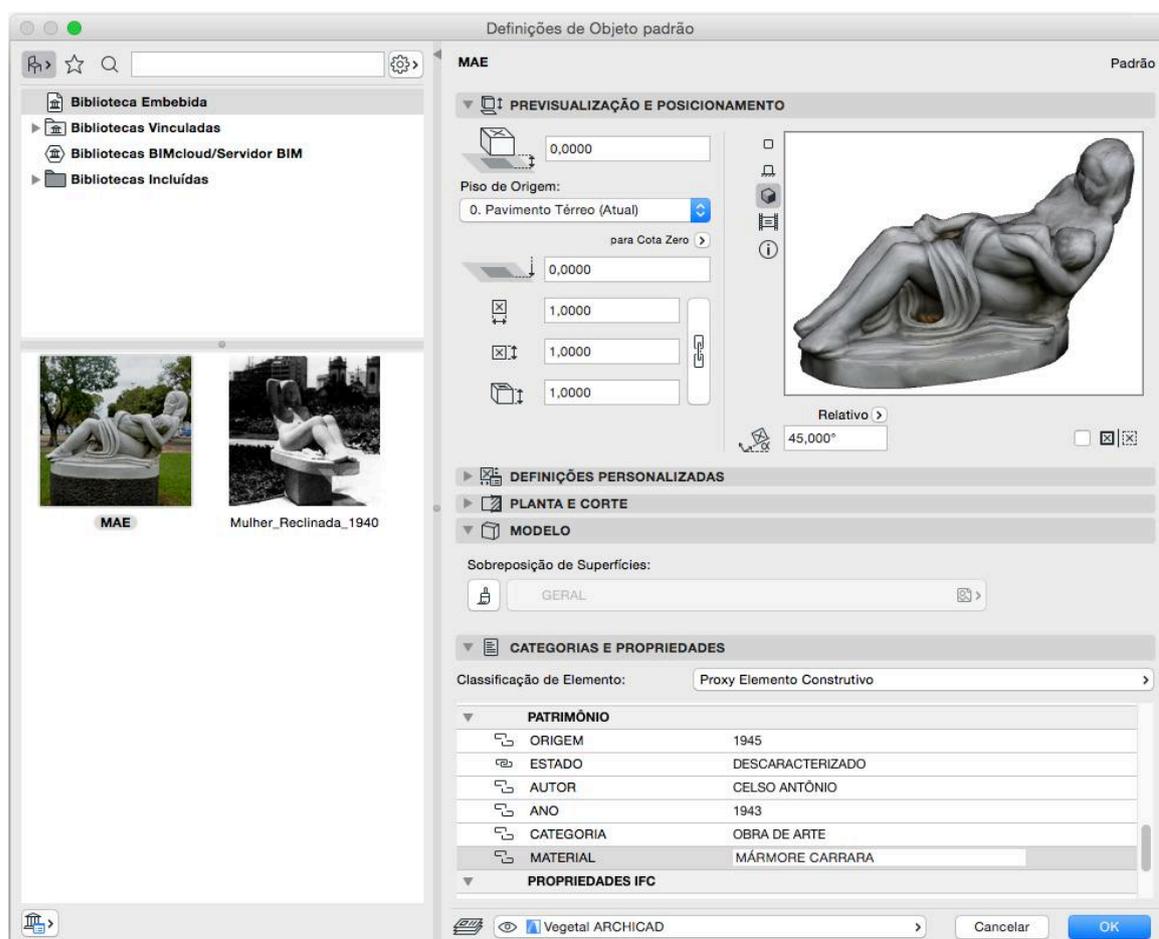
Fonte: acervo pessoal

Figura 62 – Modelo da “Mãe” e “Mulher Reclinada” utilizando o *Remake*



Fonte: elaboração da autora, 2017

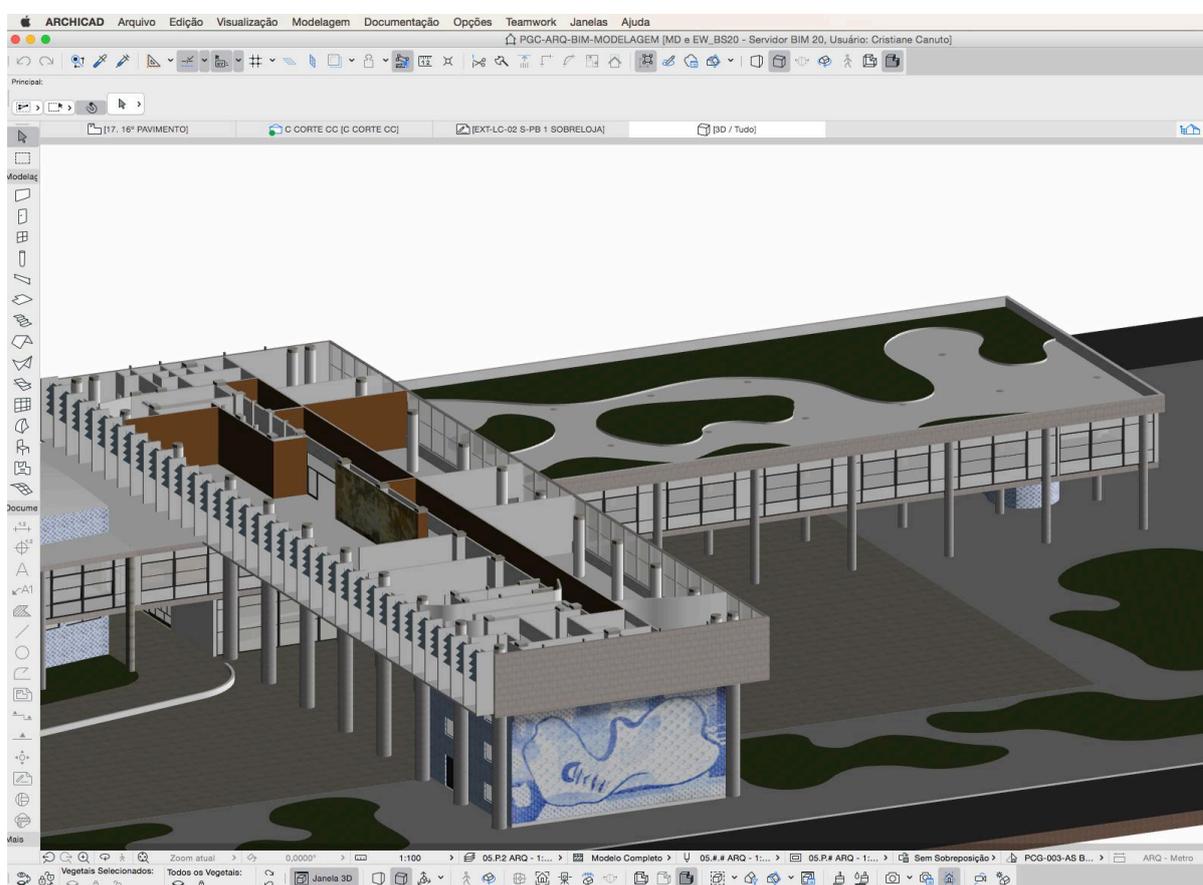
Figura 63 – Modelo da “Mãe” e “Mulher Reclinada” na biblioteca do *Archicad*



Fonte: elaboração da autora, 2017

As “caixas brancas” inspiradas em Le Corbusier, foram destacadas com os painéis em temas marinhos, azul e branco de Portinari, soma-se a isso as escultura e pinturas dos artistas brasileiros e os jardins de Burle Marx. Dos 8 painéis apenas um (Figura 64), o que está voltado para Avenida Graça Aranha foi levantado em fotografia obtendo alta precisão e fidelidade ao painel atual, os outros painéis foram representados com o tipo certo de desenhos dos azulejos, no entanto são apenas para visualização e precisam de um levantamento preciso caso o objetivo seja identificação e mapeamento de cada azulejo pertencente ao seu respectivo painel, para que este possa servir para intervenção e monitoramento.

Figura 64 –Modelo BIM ilustrando corte no 2º Pav. e o painel voltado para Avenida Graça Aranha

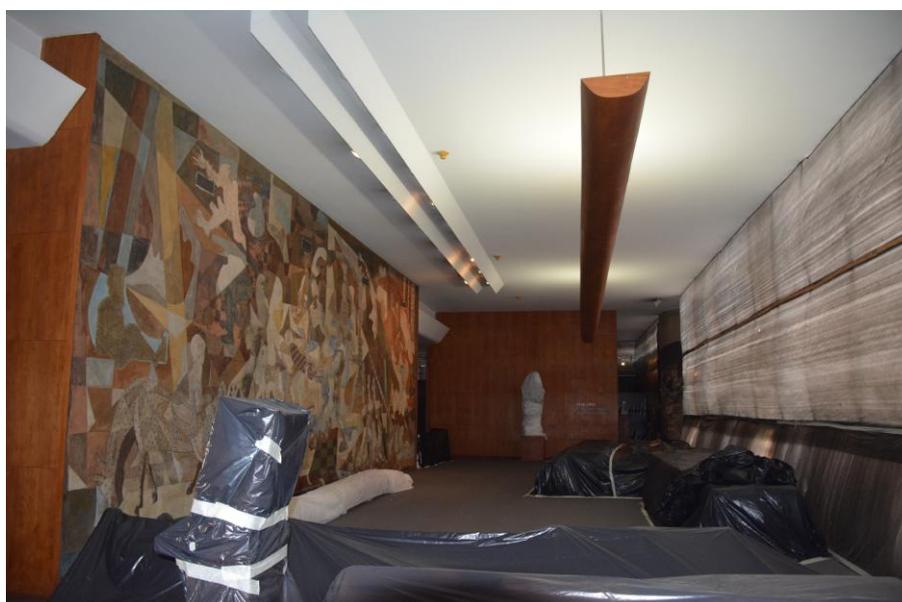


Fonte: elaboração da autora, 2017

O **interior** da edificação foi representado nos seguintes pavimentos: Térreo, Sobrelojas 1 e 2, 1º pavimento, 2º pavimento, pavimento tipo (3º ao 15º), a cobertura (16º Pavimento) e casas de máquinas. Não foi detalhada a conformação dos layouts (divisórias) de cada pavimento do bloco vertical e o seu uso, simplificando como pavimento tipo – conforme documentação encontrada sobre *as-built* 1945.

A princípio pretendia-se detalhar para visita virtual no modelo o 2º pavimento, no qual se localizava o Gabinete do Ministro e as principais obras de arte do edifício, contudo devido as obras de intervenção acontecendo durante todo desenvolvimento do projeto de pesquisa, ficou inviável fazer o levantamento das esculturas e pinturas desse andar (Figura 65) foram desenvolvidos alguns detalhes do 2º Pav. mas ainda não está pronto para uma visitação virtual. Com isso de acordo com a última visita técnica a edificação, foi possível determinar o Térreo e o 1º Pav. para a visitação virtual no modelo.

Figura 65 – Foto da obra no 2º pavimento



Fonte: acervo pessoal

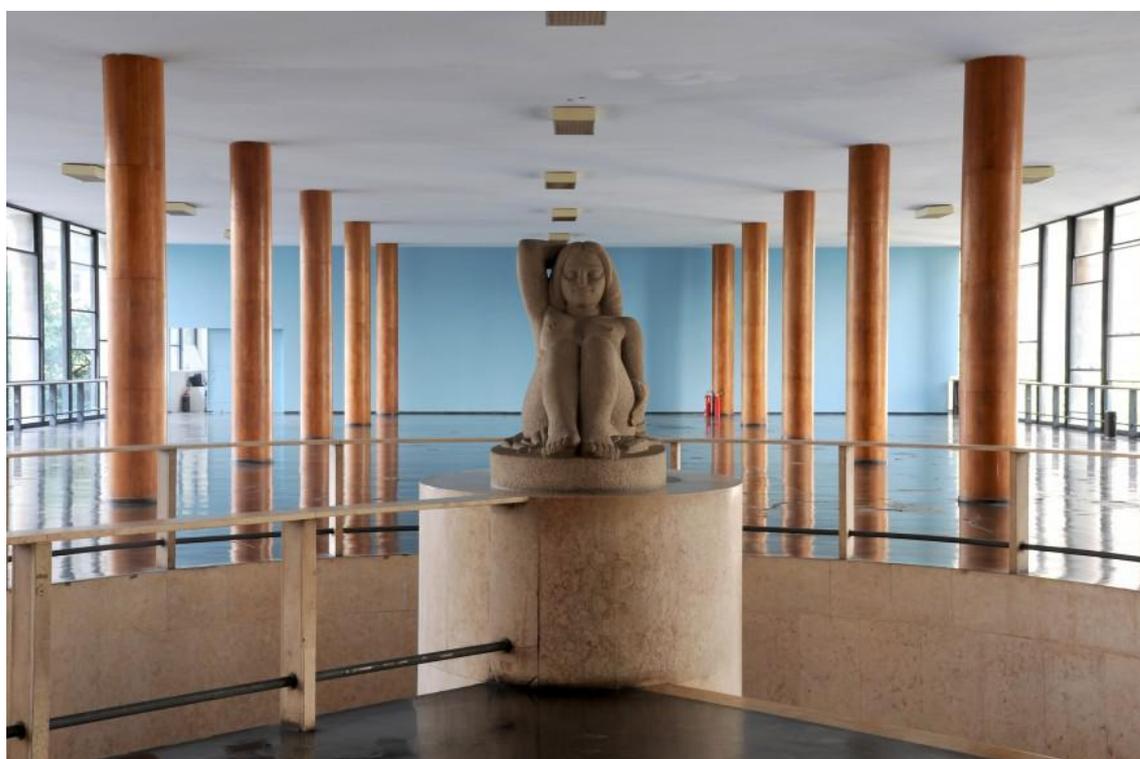
No 1º pavimento, no topo da escada helicoidal originalmente localizava-se-se a escultura “Mãe”, ela se integrava com a vista para o Salão de Exposições Carlos Drummond de Andrade (Figura 66). Atualmente a escultura presente na escada helicoidal é a “Mulher Reclinada” (Figura 67), e a escultura “Mãe”, no qual foi retirada há muitos anos de sua posição original, se localiza na praia de Botafogo(Figura 66). A posição original da “Mulher reclinada” é no terraço jardim do 2º Pav. assim como no modelo *as-built* 1945.

Figura 66 – Modelo renderizado no *Archicad* com a escultura “Mãe” no topo da escada – *as-built* 1945



Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 67 – Foto da escultura “Mulher reclinada” e sua posição atual na edificação, 2017



Fonte: IPHAN/RJ

O fato da escultura “Mãe” se localizar na praia de Botafogo é um desrespeito a obra de arte, toda sua significação na edificação e na arte moderna, pois a escultura é um bem móvel pertencente ao edifício, ela foi desenvolvida para se localizar dentro do Salão de Exposições Carlos Drummond de Andrade. Devido a essa peculiaridade de se localizar dentro do edifício, ela foi produzida em mármore carrara e hoje ela se encontra bem distante do Palácio Gustavo Capanema, sofrendo desgastes por intempéries e falta de manutenção (Figura 68).

Figura 68 – Foto escultura “Mãe” localizada na praia de Botafogo no Rio de Janeiro



Fonte: acervo pessoal

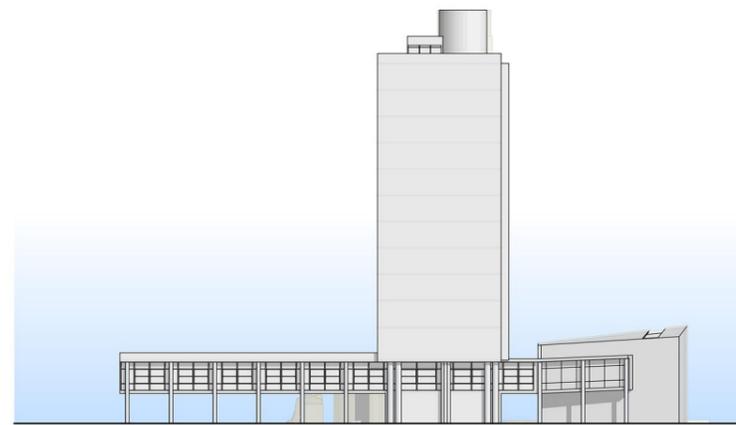
Finalmente a **diagramação e documentação**. A prancha padrão foi realizada seguindo as informações do levantamento cadastral, vinculando informações importantes que fizeram parte da base para modelagem, como por exemplo, a respectiva identificação da documentação do Arquivo Noronha Santos (ACI/RJ).

Como a ênfase da pesquisa não é apenas a documentação, apesar dela fazer parte do processo, não foi investigado o assunto quanto a normas de documentação nacional e internacional em patrimônio cultural. O foco foi refletir a documentação utilizada e transmitir uma conexão entre documentação existente e documentação gerada pela plataforma BIM (Figura 69). Ao mesmo tempo o modelo BIM pode ser adequado para se transformar e gerar uma nova documentação caso precise que ele siga ou se vincule a alguma norma ou programa.

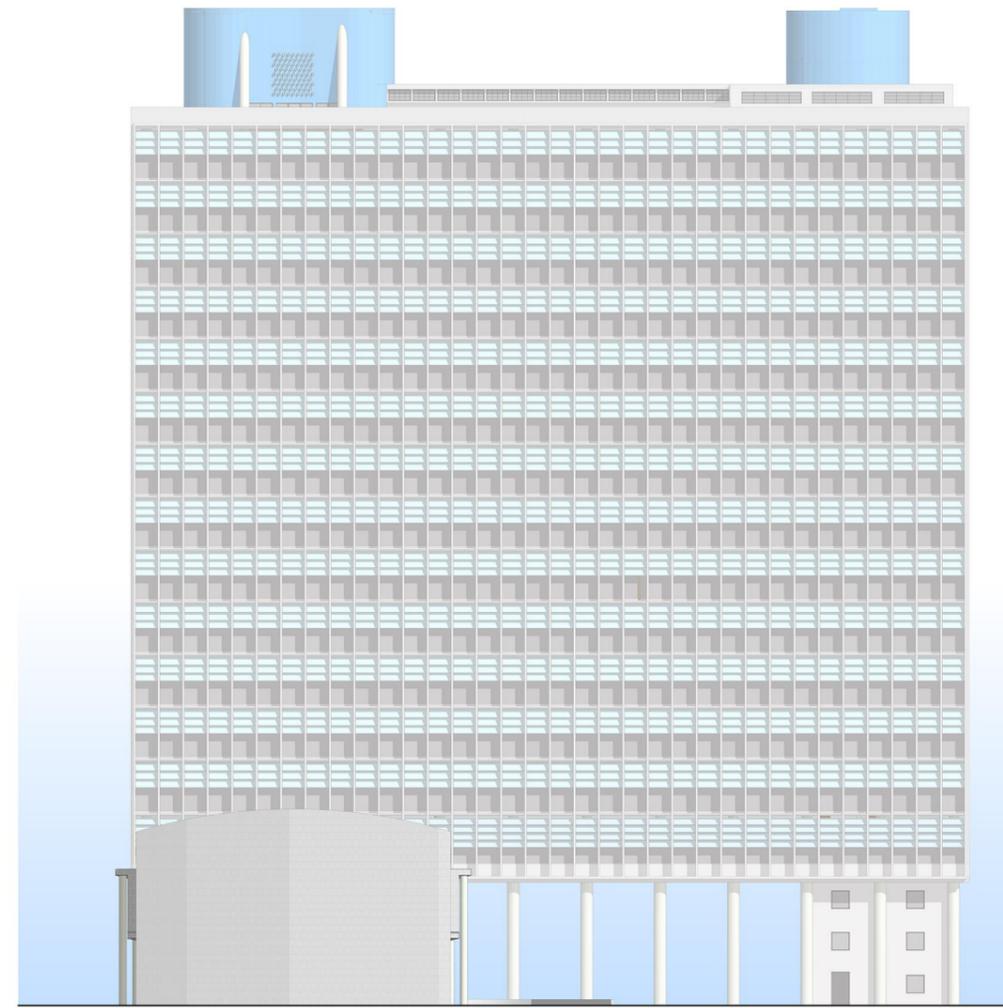
Figura 69 | Documentação Fachadas Norte e Leste (as-designed 1937 e as-built 1945)



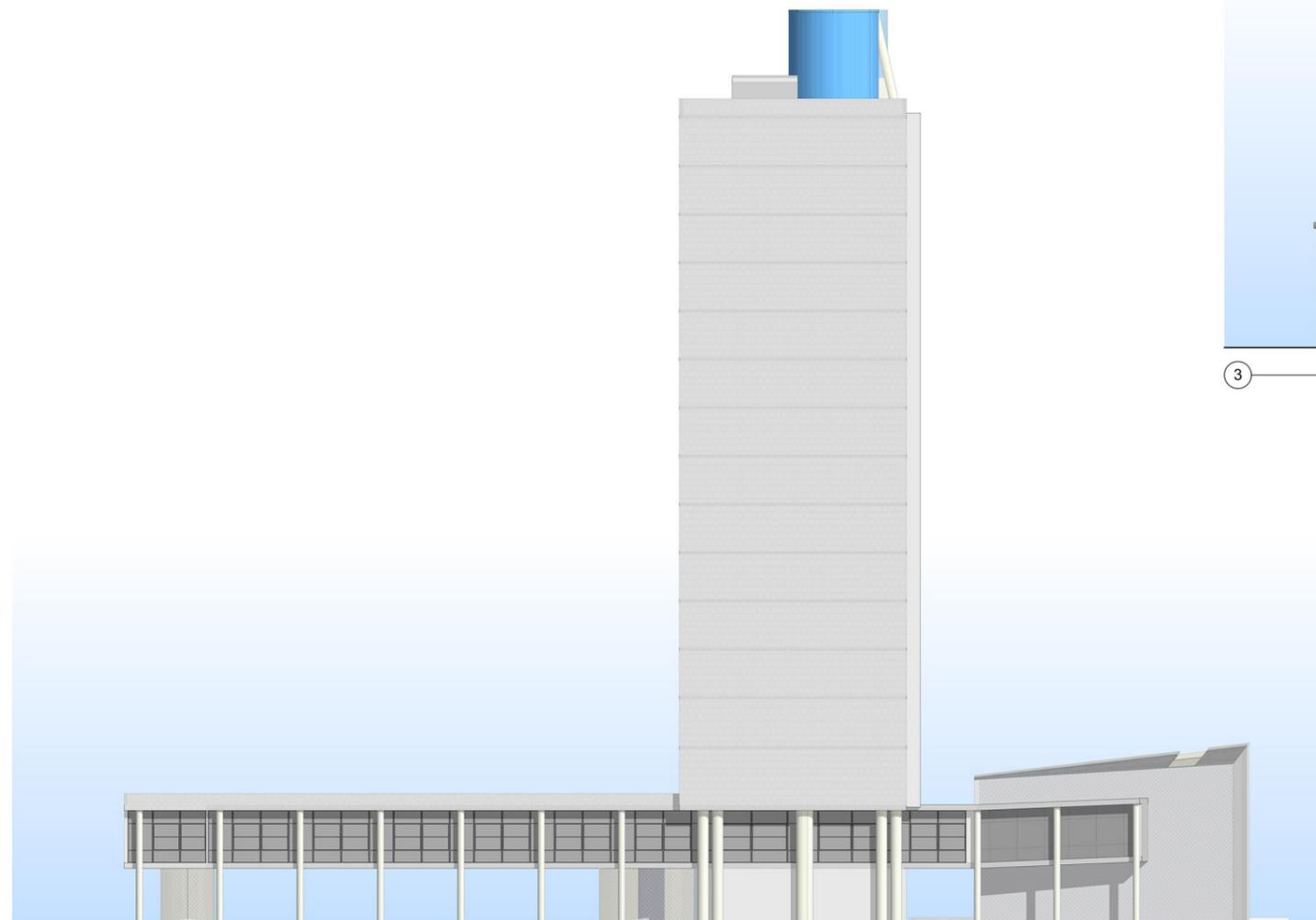
3 FACHADA NORTE (AS DESIGNED) 1:500



4 FACHADA LESTE (AS DESIGNED) 1:500



3 FACHADA NORTE 1:250



4 FACHADA LESTE 1:250

CONJUNTOS DE BRISES						
Vista 3D	Corte	Modelo	Descrição	Localização	Quant.	Paineis
		Brise-soleil móvel conjunto com 3 paineis	Caixilho de aço carbono AISI 1010 com placas de fibrocimento na cor azul céu	3º ao 15º Pavimento	442	3
		Brise-soleil móvel conjunto com 4 paineis	Caixilho de aço carbono AISI 1010 com placas de fibrocimento na cor azul céu	2º Pavimento	34	4
					476	1462

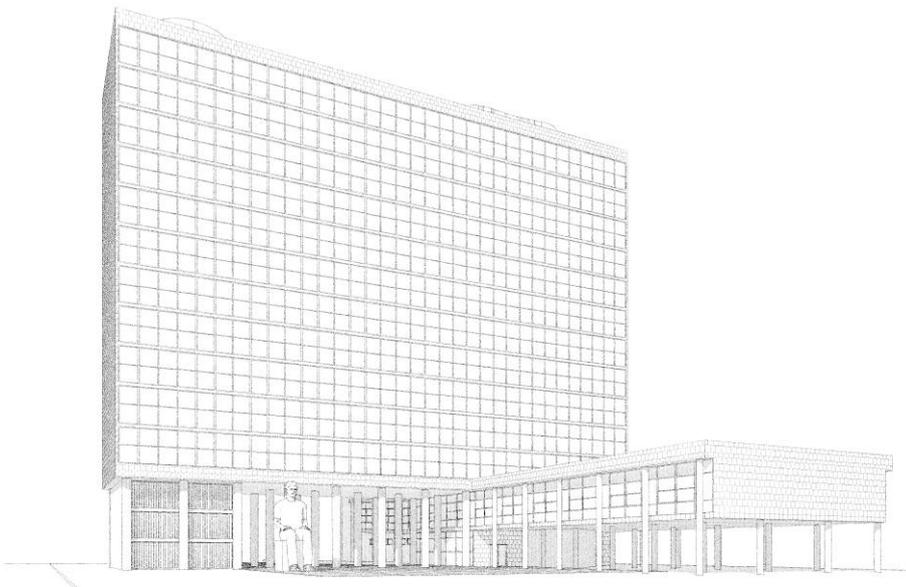


OBRAS:
MODELO BIM DO PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA
 ENDEREÇO: Rua da Imprensa, nº 16 Rio de Janeiro RJ Brasil
 CIDADE: Rio de Janeiro ESTADO: ###
 FASE PROJETO: As Built ESCALA: 1:500, 1:250, 1:1 DIMENSÃO DA FOLHA: A1
 FOLHA: 10 CONTEÚDO: FACHADAS NORTE E LESTE REVISÃO:
 ARQUIVO DIGITAL: PGC-ARG-BIM-MODELAGEM DATA: 27/08/17
 ARQUIVO ACURJ:
 RESPONSÁVEL: #Primeiro Nome do Projetista

3.4 Modelos BIM *as-designed* 1937

O modelo BIM da fase *as-built* 1945, é a base para adições futuras e passadas, a partir dele foi desenvolvida a fase *as-designed* 1937 (Figura 70).

Figura 70 – Modelo em croqui representando a fase *as-designed* 1937



Fonte: elaboração da autora, 2017

De acordo com a documentação do Projeto Definitivo aprovado em 1937, este se apresenta em um nível mais conceitual, com muitos detalhes a serem decididos durante a obra. O modelo foi desenvolvido explorando a volumetria e algumas evidências significativas e peculiares da fase *as-designed* 1937. O número de andares foi projetado em três pavimentos a menos em relação ao *as-built* 1945, o bloco horizontal também era diferente com um módulo a menos e sem o volume que representa o acesso de serviço (Figura 71). Os elementos das fachadas são representados de forma mais simples consequentemente a documentação também.

Depois do início da construção em 1937 algumas partes do projeto foram detalhados e outros modificados, essas modificações remetem não apenas o tempo curto para o detalhamento do projeto na fase *as-designed*, mas também ao amadurecimento do modernismo brasileiro durante esses oito anos até sua inauguração.

Figura 71 – Modelo representando a fase *as-designed* 1937



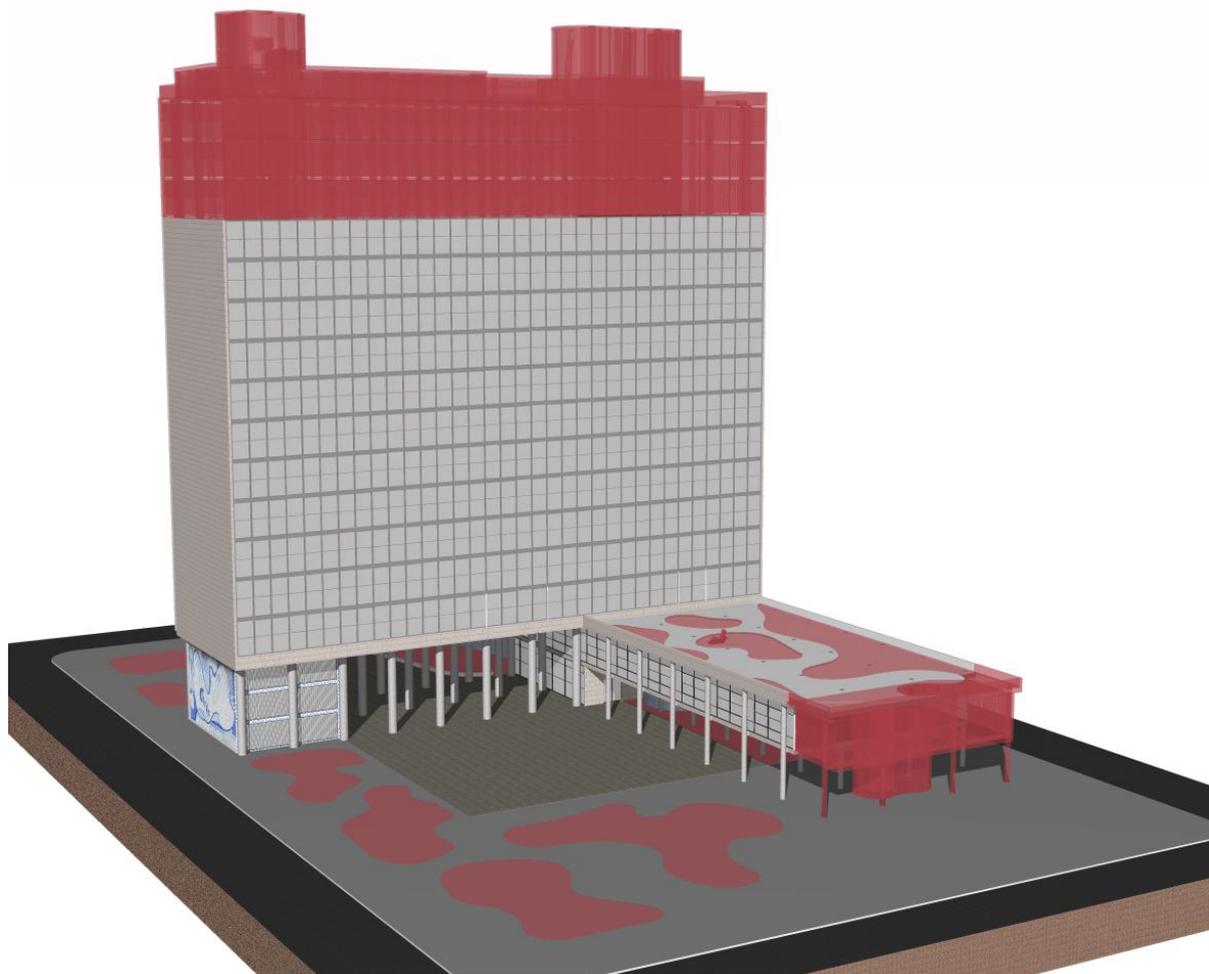
Fonte: elaboração da autora, 2017

Os terraços-jardins ortogonais inspirados em Le Corbusier (1937) se transformavam nas curvas de Burle Marx (1945), ganhando espécies nativas tropicais. Para representar esses dois jardins no modelo (1937 e 1945), foram colocados os jardins ortogonais como a demolir, assim como as palmeiras e a escultura do Homem Brasileiro (Figura 71 e 72).

De acordo com registros do ACI/RJ o “Homem Brasileiro”, foi pensada pelo ministro Capanema e justificada pois’ “ o Ministério da Educação e Saúde se destina a preparar, a compor, a afeiçoar o homem do Brasil”. (LISSOVSKY , SÁ, 1996, p.224.). No modelo BIM da dissertação a escultura teve uma representação ilustrativa, no entanto, foram anexadas informações e fotos do protótipo utilizado na maquete apresentada em 1937.

Toda a Cobertura na fase 1937 também está a demolir. Para representar as modificações de 1945 todos os elementos na volumetria ficaram em a construir (Figura 72).

Figura 72 – Modelo representando as modificações realizadas no projeto entre as fases *as-designed* 1937 e *as-built* 1945



Fonte: elaboração da autora, 2017

Uma das modificações entre o *as-designed* 1937 e *as-built* 1945 foi a alteração do pé-direito do 2º Pavimento de 4,5m para 4,85m. No entanto, essa modificação não foi contemplada no modelo por restrições do programa utilizado.

3.5 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 modelo BIM também é um bem com interesse em preservação.

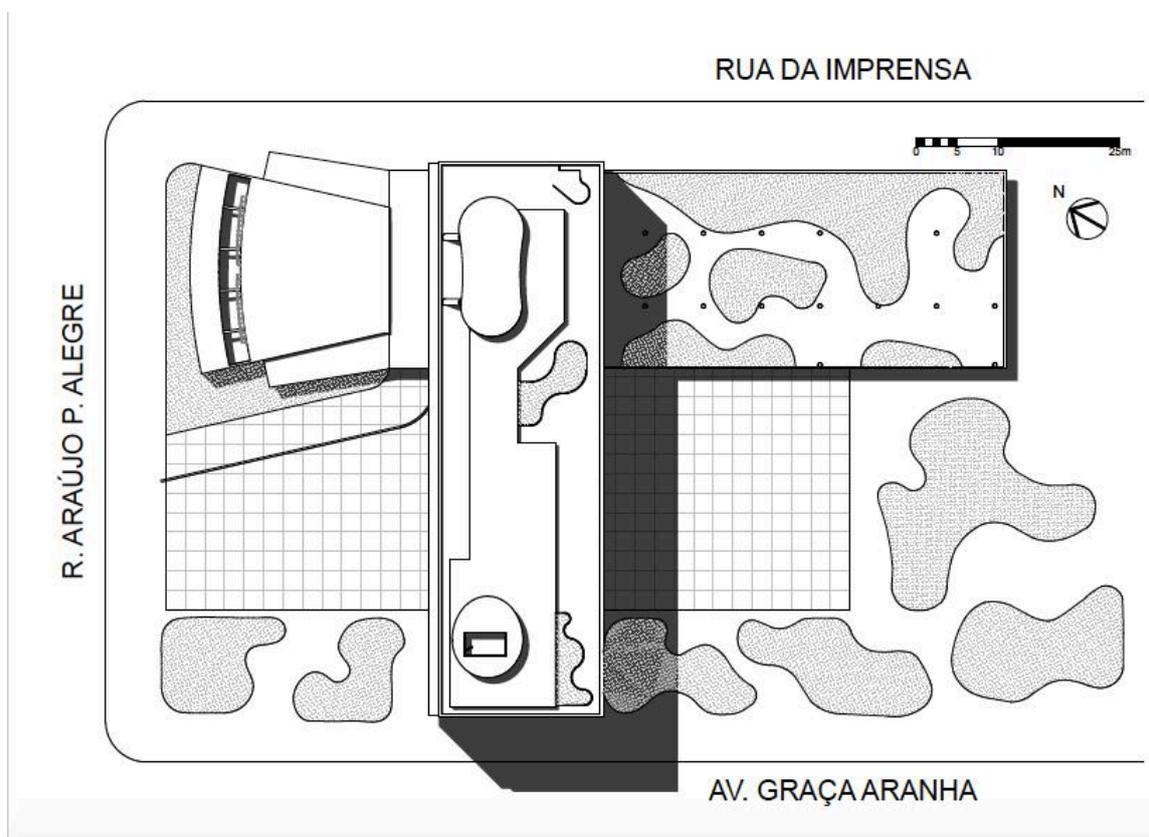
O Palácio Gustavo Capanema apresenta uma proximidade temporal pequena com o presente se compararmos com outras edificações históricas. Essa proximidade temporal do objeto de estudo com as construções realizadas atualmente, demonstra que alguns sistemas construtivos e materiais que foram utilizados na construção da edificação ainda são utilizados hoje, conseqüentemente podem ser encontrados nos *softwares* BIM facilitando a modelagem.

Outro fator importante que facilitou, o desenvolvimento do modelo, é o Palácio Gustavo Capanema apresentar um caráter racional quanto a materiais e formas. Entretanto, assim como outros exemplares do período moderno ele é racional, porém complexo. A complexidade da edificação é ressaltada durante todo o processo de modelagem. Por exemplo, as alvenarias curvas e amebóides do Térreo, além de apresentarem uma curvatura difícil de levantar em levantamento habitual (medição direta e levantamento fotográfico monorrestituição), elas possuem os painéis de azulejos de Portinari e Paulo Rossi. Portanto o ideal para uma documentação precisa e eficiente para a preservação e intervenção desses elementos seria o levantamento por nuvem de pontos (LS ou DSM).

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.

Em relação à implantação, esta tem a necessidade de um levantamento topográfico ou 3D *laser scanning* (LS) para incorporar no modelo as diferenças de nível do terreno. Importantes elementos das fachadas e pisos vinculados ao terreno são dependentes dessas inclinações (Figura 73).

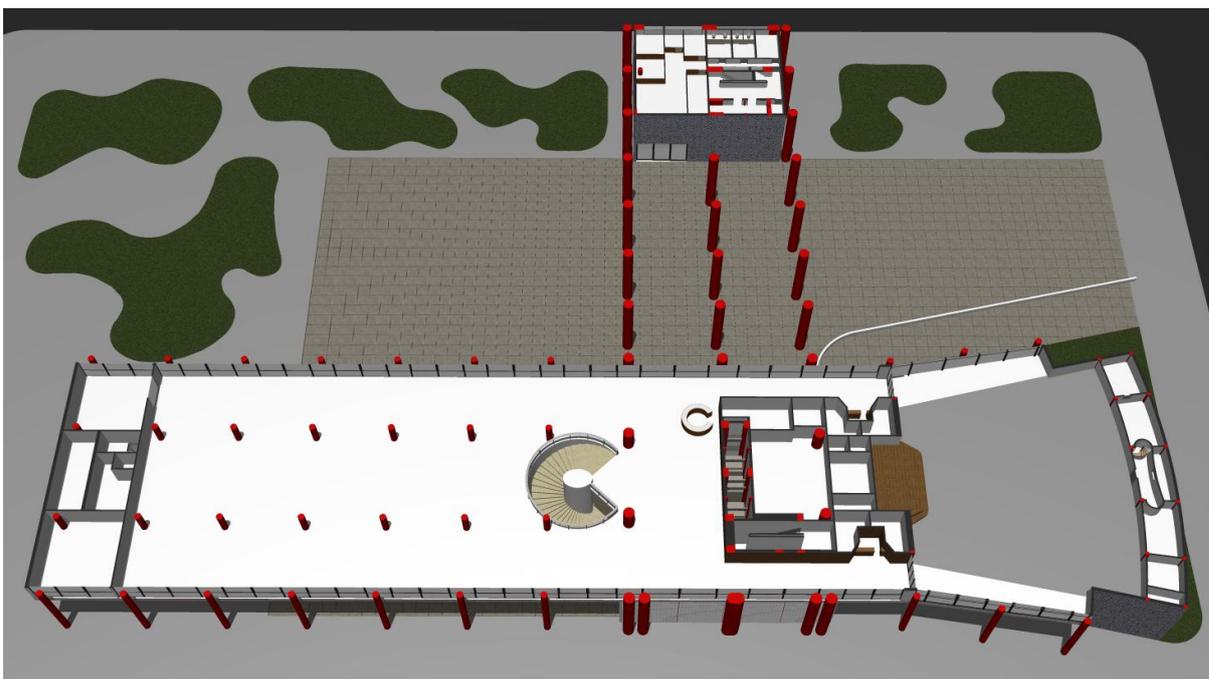
Figura 73 – Documentação da Planta de Situação no *Archicad*



Fonte: elaboração da autora, 2017.

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 informações para concretiza-las. O encontro entre a malha de pilares do volume vertical com a malha de pilares do volume horizontal é evidenciado na obra com colunas duplas, percebe-se também esse encontro do volume vertical com o volume do acesso funcionários/serviço (Figura 74).

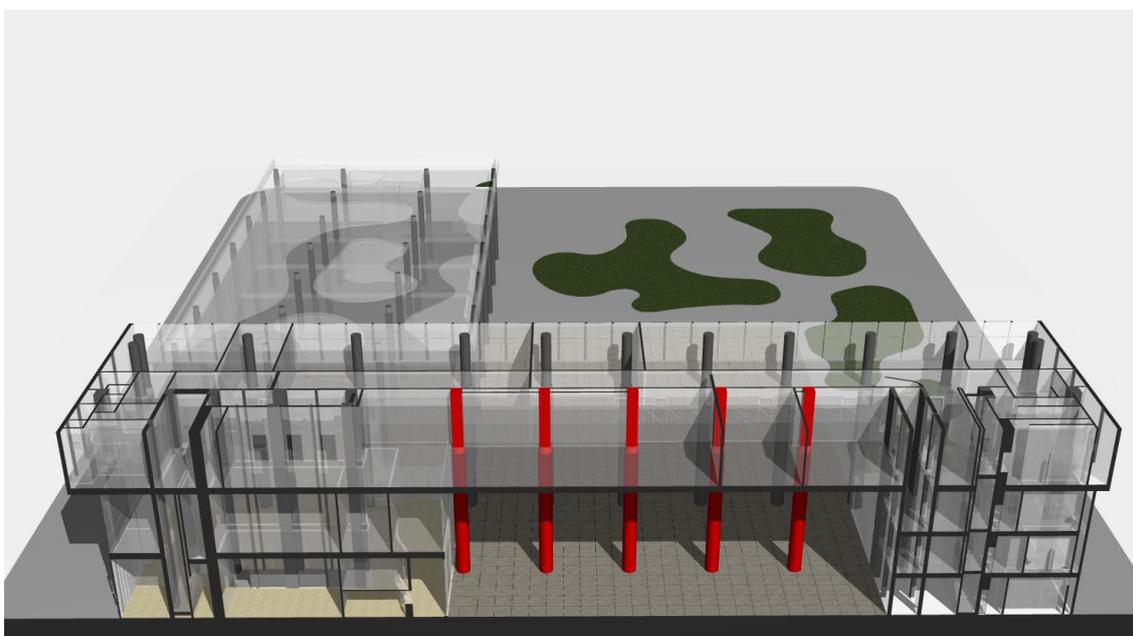
Figura 74 – Malha de pilares no modelo em destaque (vermelho)



Fonte: elaboração da autora, 2017

Os pilotis do meio do bloco vertical mudam sua seção de redonda para quadrada auxiliando na função de fechamento da circulação junto às divisórias dos pavimentos tipo e 2º pavimento (Figura 75).

Figura 75 – Mudança da seção dos pilotis no modelo resultado da ferramenta de sobreposição



Fonte: elaboração da autora, 2017

As fachadas 1937 e 1945 foram documentadas juntas e através das fases históricas, sendo visualizados os resultados dessas duas fases 1945 e 1937 através das renovações. Portanto é possível comparar no mesmo modelo o Projeto Definitivo com a obra concluída, e suas diferenças mais visíveis em sua volumetria e planta (Figura 76 e 77).

Figura 76 - - *Timeline* da esquerda para direita, 1937 a 1945, marcando as principais modificações durante a construção

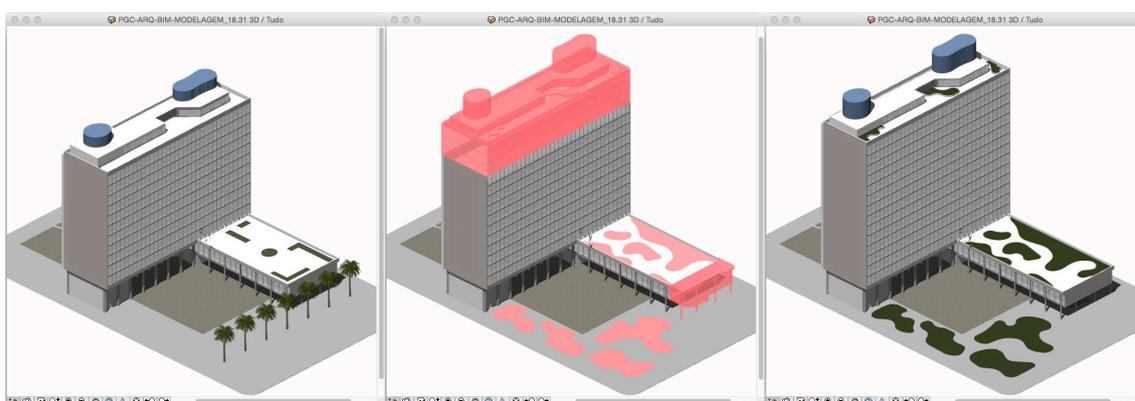
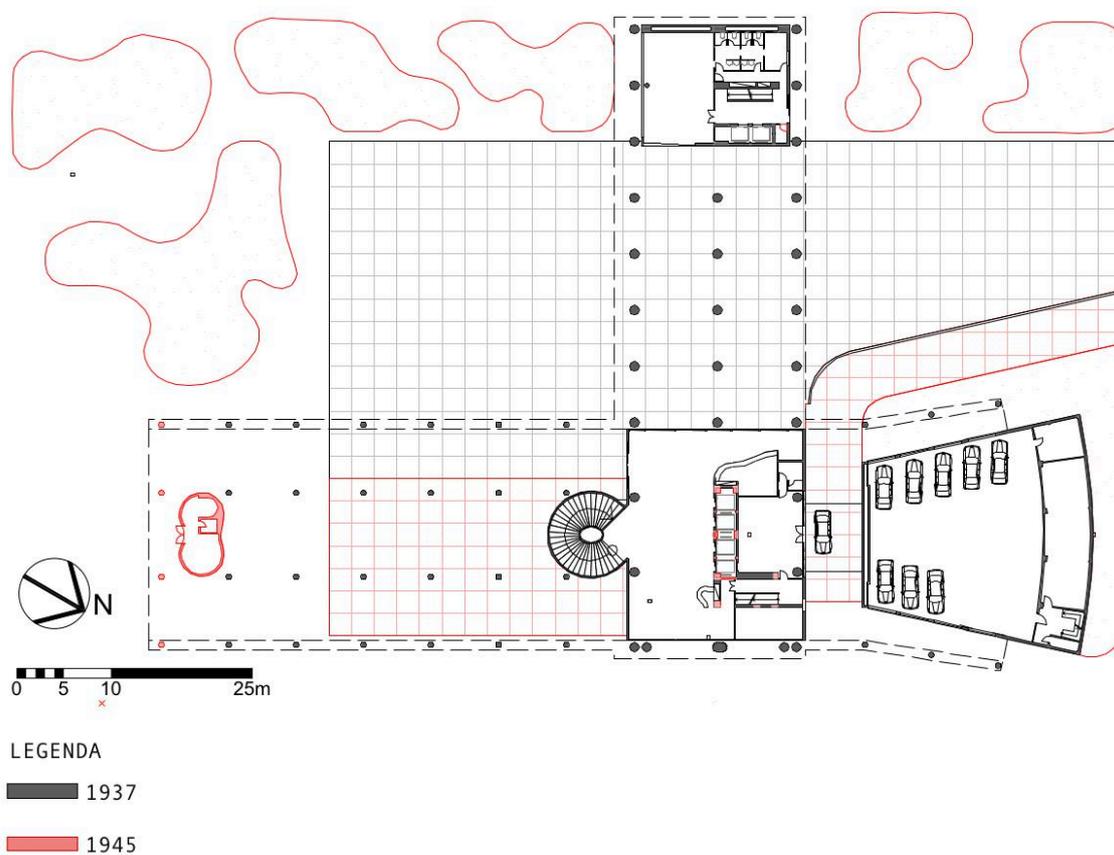


Figura 77 - - Planta 1937 -1945, marcando as principais modificações durante a construção



Fonte: elaboração da autora, 2017

A identificação de fases históricas foi retratada no mesmo modelo, e foi aproveitado a capacidade do *Archicad* para refletir as mudanças no processo de projeto da edificação (Figura 77). A *timeline* ou destaque nas fases construtivas tem sido utilizada em trabalhos científicos se mostrando como um meio de entender o ciclo de vida e aprender sobre a história da edificação. Com isso desejou-se trazer esse conceito para o modelo, reconstruindo com suas fases evidências de importância histórica, cultural e técnica do bem.

No final da modelagem BIM na fase 1945 os seguintes pavimentos foram detalhados: Térreo (Figura 78), 1º Pavimento e sobrelojas (Figuras 79 e 80), 2º Pavimento (Figura 81), Pavimento tipo (Figura 82) e Cobertura (Figura 83).

Figura 78 - Térreo



Fonte: elaboração da autora, 2017.

Figura 79 – 1º Pavimento e 1º Sobreloja



Fonte: elaboração da autora, 2017.

Figura 80 – 1º Pavimento e 2º Sobreloja



Fonte: elaboração da autora, 2017.

Figura 81 – 2º Pavimento



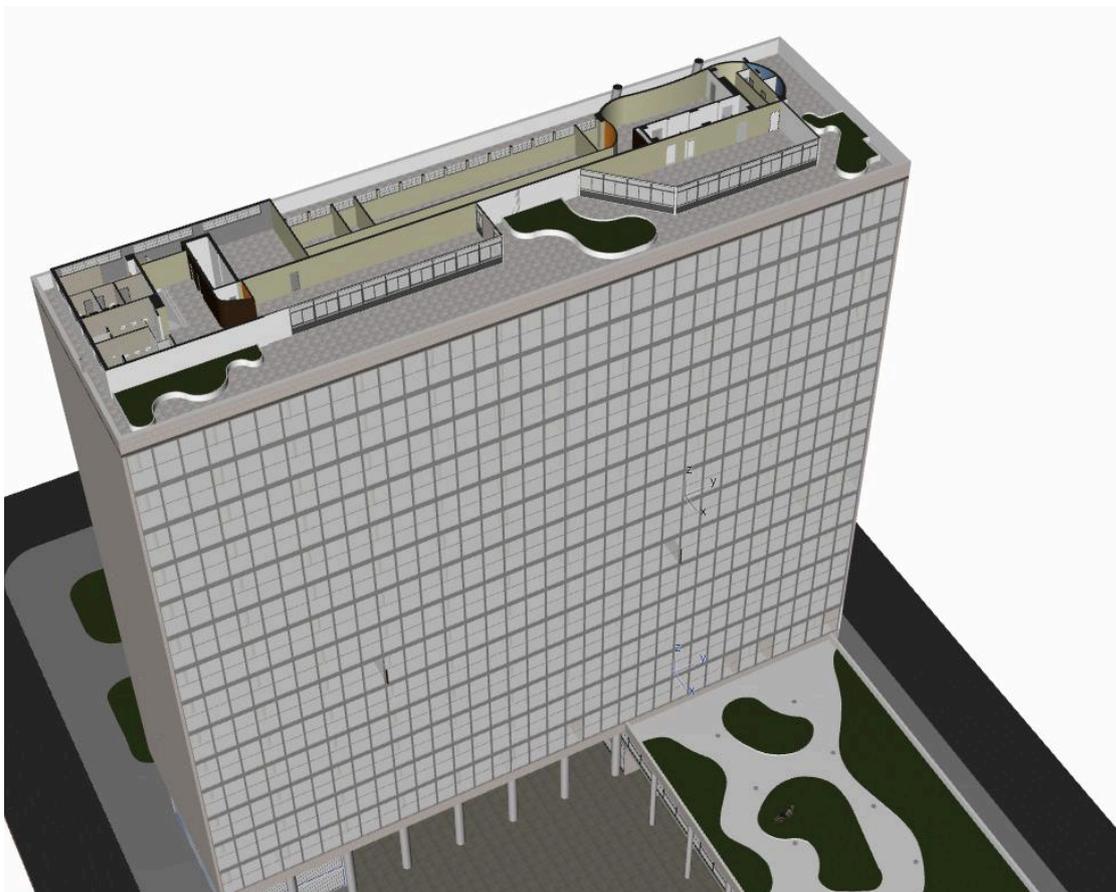
Fonte: elaboração da autora, 2017.

Figura 82 – Pavimento tipo (3º ao 15º)



Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 83 – Cobertura (16º Pavimento) e Casas de Máquinas 1 e 2

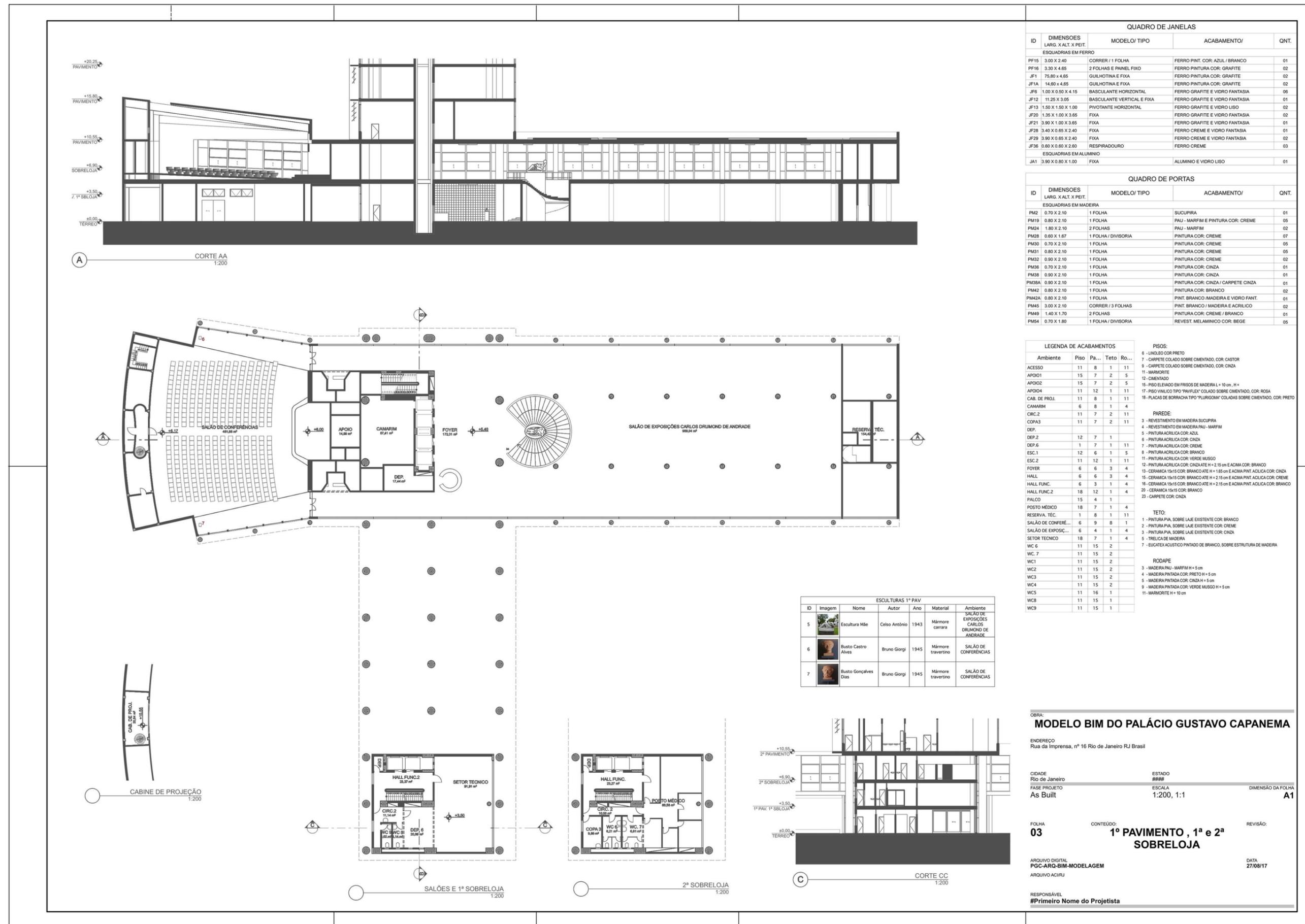


Fonte: elaboração da autora, 2017

Na documentação *as-built* 1945 como ilustra a prancha a seguir (Figura 84), 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. Os elementos da edificação identificados e alguns detalhados formando bibliotecas de objetos paramétricos do Palácio Gustavo Capanema.

Muitos quadros possuem lacunas quanto a informação e elementos das bibliotecas com nível de detalhe e desenvolvimento baixo. Precisaria de uma detalhada revisão dos documentos e mais visitas ao ACI/RJ para levantamento de informações, o que não ocorreu, devido ao volume de trabalho e a falta de acesso ao ACI/RJ que está fechado devido as obras do Palácio Gustavo Capanema. Na fase *as-designed* 1937 não foi gerada tabelas, apenas desenhos técnicos que remetem a documentação consultada.

Figura 84 | Planta 1º Pavimento / 1ª e 2ª Sobreloja



QUADRO DE JANELAS				
ID	DIMENSÕES LARG. X ALT. X PEIT.	MODELO/ TIPO	ACABAMENTO/	QNT.
ESQUADRIAS EM FERRO				
PF15	3.00 X 2.40	CORRER / 1 FOLHA	FERRO PINT. COR: AZUL / BRANCO	01
PF16	3.30 X 4.65	2 FOLHAS E PAINEL FIXO	FERRO PINTURA COR: GRAFITE	02
JF1	75.80 x 4.65	GUILHOTINA E FIXA	FERRO PINTURA COR: GRAFITE	02
JF1A	14.60 x 4.65	GUILHOTINA E FIXA	FERRO PINTURA COR: GRAFITE	02
JF6	1.00 X 0.50 X 4.15	BASCULANTE HORIZONTAL	FERRO GRAFITE E VIDRO FANTASIA	06
JF12	11.25 X 3.05	BASCULANTE VERTICAL E FIXA	FERRO GRAFITE E VIDRO FANTASIA	01
JF13	1.50 X 1.50 X 1.00	PIVOTANTE HORIZONTAL	FERRO GRAFITE E VIDRO LISO	02
JF20	1.35 X 1.00 X 3.65	FIXA	FERRO GRAFITE E VIDRO FANTASIA	02
JF21	3.90 X 1.00 X 3.65	FIXA	FERRO GRAFITE E VIDRO FANTASIA	01
JF28	3.40 X 0.65 X 2.40	FIXA	FERRO CREME E VIDRO FANTASIA	01
JF29	3.90 X 0.65 X 2.40	FIXA	FERRO CREME E VIDRO FANTASIA	02
JF36	0.60 X 0.60 X 2.60	RESPIRADOURO	FERRO CREME	03
ESQUADRIAS EM ALUMINIO				
JA1	3.90 X 0.80 X 1.00	FIXA	ALUMINIO E VIDRO LISO	01

QUADRO DE PORTAS				
ID	DIMENSÕES LARG. X ALT. X PEIT.	MODELO/ TIPO	ACABAMENTO/	QNT.
ESQUADRIAS EM MADEIRA				
PM2	0.70 X 2.10	1 FOLHA	SUCUPIRA	01
PM19	0.80 X 2.10	1 FOLHA	PAU - MARMIM E PINTURA COR: CREME	05
PM24	1.80 X 2.10	2 FOLHAS	PAU - MARMIM	02
PM28	0.80 X 1.67	1 FOLHA / DIVISORIA	PINTURA COR: CREME	07
PM30	0.70 X 2.10	1 FOLHA	PINTURA COR: CREME	05
PM31	0.80 X 2.10	1 FOLHA	PINTURA COR: CREME	05
PM32	0.90 X 2.10	1 FOLHA	PINTURA COR: CREME	02
PM36	0.70 X 2.10	1 FOLHA	PINTURA COR: CINZA	01
PM38	0.90 X 2.10	1 FOLHA	PINTURA COR: CINZA	01
PM38A	0.90 X 2.10	1 FOLHA	PINTURA COR: CINZA / CARPETE CINZA	01
PM42	0.80 X 2.10	1 FOLHA	PINTURA COR: BRANCO	02
PM42A	0.80 X 2.10	1 FOLHA	PINT. BRANCO / MADEIRA E VIDRO FANT.	01
PM45	3.00 X 2.10	CORRER / 3 FOLHAS	PINT. BRANCO / MADEIRA E ACRILICO	02
PM49	1.40 X 1.70	2 FOLHAS	PINTURA COR: CREME / BRANCO	01
PM54	0.70 X 1.80	1 FOLHA / DIVISORIA	REVEST. MELAMINICO COR: BEGE	05

LEGENDA DE ACABAMENTOS				
Ambiente	Piso	Pa...	Teto	Ro...
ACESSO	11	8	1	11
APOIO1	15	7	2	5
APOIO2	15	7	2	5
APOIO4	11	12	1	11
CAB. DE PROJ.	11	8	1	11
CAMARIM	6	8	1	4
CIRC.2	11	7	2	11
COPA3	11	7	2	11
DEP.				
DEP.2	12	7	1	
DEP.6	1	7	1	11
ESC.1	12	6	1	5
ESC.2	11	12	1	11
FOYER	6	6	3	4
HALL	6	6	3	4
HALL FUNC.	6	3	1	4
HALL FUNC.2	18	12	1	4
PALCO	15	4	1	4
POSTO MÉDICO	18	7	1	4
RESERVA. TÉC.	1	8	1	11
SALA DE CONFERE...	6	9	8	1
SALA DE EXPOS...	6	4	1	4
SETOR TÉCNICO	18	7	1	4
WC 6	11	15	2	
WC.7	11	15	2	
WC1	11	15	2	
WC2	11	15	2	
WC3	11	15	2	
WC4	11	15	2	
WC5	11	16	1	
WC8	11	15	1	
WC9	11	15	1	

ESCUULTURAS 1º PAV						
ID	Imagem	Nome	Autor	Ano	Materia	Ambiente
5		Escultura Mãe	Celso Antônio	1943	Mármore carrara	SALA DE EXPOSIÇÕES CARLOS DRUMOND DE ANDRADE
6		Busto Castro Alves	Bruno Giorgi	1945	Mármore travertino	SALA DE CONFERÊNCIAS
7		Busto Gonçalves Dias	Bruno Giorgi	1945	Mármore travertino	SALA DE CONFERÊNCIAS

OBRA:
MODELO BIM DO PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA

ENDEREÇO:
 Rua da Imprensa, nº 16 Rio de Janeiro RJ Brasil

CIDADE: Rio de Janeiro **ESTADO:** #####

FASE PROJETO: As Built **ESCALA:** 1:200, 1:1 **DIMENSÃO DA FOLHA:** A1

FOLHA: 03 **CONTEÚDO:** 1º PAVIMENTO, 1ª e 2ª SOBRELOJA **REVISÃO:**

ARQUIVO DIGITAL: PGC-ARQ-BIM-MODELAGEM **DATA:** 27/08/17

ARQUIVO ACIRJ: **RESPONSÁVEL:** #Primeiro Nome do Projetista

Fonte: elaboração da autora, 2017.

Ao final da modelagem BIM percebe-se a importância de um levantamento por 3D *Laser Scanning* (LS) de todas as fachadas e terreno. Devido ao alto custo da tecnologia LS e o fato da edificação estar em obras (boa parte da fachada estava coberta ou com interferências) foi descartado o levantamento com essa tecnologia. Todavia, foi identificadas áreas da edificação em que a utilização dessa técnica possibilitaria mapear os elementos de fachada (azulejos, placas de gnaiss, lajeado em granito), conferir as paredes curvas (parede da escada helicoidal, paredes do volume de acesso serviço do bloco horizontal e paredes curvas da cobertura), tendo assim um levantamento com precisão milimétrica. O resultado desse levantamento forneceria dados também sobre os jardins e as esculturas: *Mulher Sentada* (1945, Adriana Janacópulos) no terraço-jardim do segundo pavimento e a *Juventude Brasileira* (1947, Bruno Giorgi) no térreo. Com isso resolveria as lacunas encontradas nas fachadas e elementos de implantação, bem como teria o HBIM desses elementos para documentação, manutenção, monitoramento e intervenção.

Durante as visitas ao Palácio Gustavo Capanema, vários compartimentos não foram acessados, resultando na necessidade de um levantamento detalhado por medição direta e por levantamento fotográfico, de esquadrias e elementos que também fazem parte das lacunas encontradas na documentação consultada. Outro levantamento importante e não contemplado foi o Levantamento por fotogrametria de todas as obras de arte por DSM ou LS.

Contudo, após o modelo concretizado, pode ser exportado para outros programas para análises, ou para aplicação de outras tecnologias de visualização, como *softwares* de realidade virtual e aumentada, sites, outros *softwares* BIM através da extensão IFC. Nessa pesquisa para divulgação e navegação no modelo, ele e toda a sua documentação foi exportado para o aplicativo de apresentação, o BIMx da *Graphisoft*. Sendo uma alternativa interativa de visualização do projeto já que ele pode ser navegado e compartilhado virtualmente, essa etapa será descrita no próximo item.

3.6 Divulgação

O resultado da modelagem BIM do projeto de pesquisa é um modelo com possibilidades de ser interativo trazendo uma grande carga de conceitos, evidências históricas e esclarecimento do processo histórico de projeto da primeira obra do período moderno como edifício de escritório público. Diante disso é de suma importância o acesso e divulgação desse material, assim foi escolhido o aplicativo BIMx. O BIMx consegue reunir em um mesmo modelos toda a documentação 2D integrada ao modelo 3D e gerar uma apresentação de forma interativa e de fácil manipulação, podendo ser utilizado principalmente por profissionais da área e estudantes de arquitetura, podendo atingir outros públicos pela facilidade de interação.

O BIMx é um aplicativo especificamente para modelos desenvolvidos no *Archicad* e eles se dialogam muito bem, mantendo as características e informações do modelo do *Archicad* para o BIMx. Ele facilita a apresentação do projeto, pois integra todas as informações em um único modelo e dispensa a necessidade do uso e conhecimento de diversos programas para diagramação e edição da apresentação do projeto.

No caso do Palácio Gustavo Capanema, um edifício de aproximadamente 27000 m², o BIMx tornou mais eficiente o processo de desenvolvimento e apresentação de projetos, gerando um hipermodelo com fácil navegação para *tablets* e dispositivos móveis. A princípio foi pensando em todas as fases do modelo (*as-designed-1937*, *as-built 1945* e intervenção) para serem representadas pelo BIMx, no entanto como a proposta de intervenção se concentra na área da Cobertura e o restante do modelo está representado nas fases 1937 e 1945, o aplicativo não traz recursos para esse tipo de apresentação, seria necessário que todas as fases fossem representadas em todo modelo. Não apenas isso como também o aplicativo BIMx apesar de muito eficiente para apresentação de projetos, ele é restrito para fases históricas e patrimônio cultural arquitetônico, de acordo com os estudos realizados para divulgação, para ter mais eficiência seria necessário desenvolver um aplicativo mais específico para essa área.

Com isso decidiu-se apresentar apenas os produtos com a fase completa no BIMx (1937 e 1945) e a Proposta de intervenção será apresentada apenas na dissertação. Portanto o modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema, representando

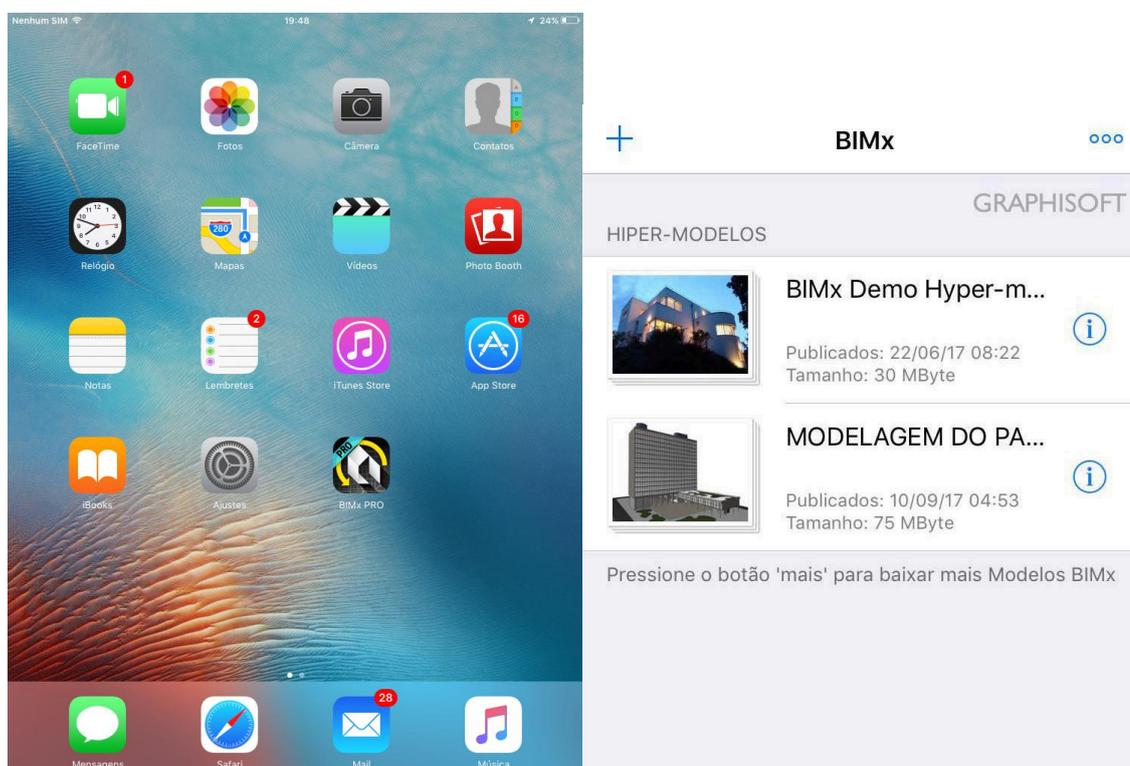
as fases construtivas 1937 e 1945, foi exportado, através de um *plug-in* para o BIMx. Existe o BIMx versão *free*, no entanto a versão utilizada foi o BIMx PRO, no qual é paga, apresenta uma melhor velocidade na abertura e navegação do hipermodelo com alta definição. É possível ter acesso a toda lista de documentação e essa documentação está integrada ao modelo, além disso, pode-se interagir com os elementos, com opção de visitação com *joystick* e com óculos de Realidade Virtual, para esse trabalho foi utilizado o Google *Cardboard*. Segue as figuras 85, 86, 87, 88 e 89 com demonstrações do hipermodelo do Palácio Gustavo Capanema (1937-1945) no BIMx.

As visitas ao modelo completo podem ser realizadas fazendo download do aplicativo BIMx para *tablet* ou *smartphone* acessar o link:

<https://bimx.graphisoft.com/model/8c654eaf-1c34-4561-b9cf-5babad7b74b9>

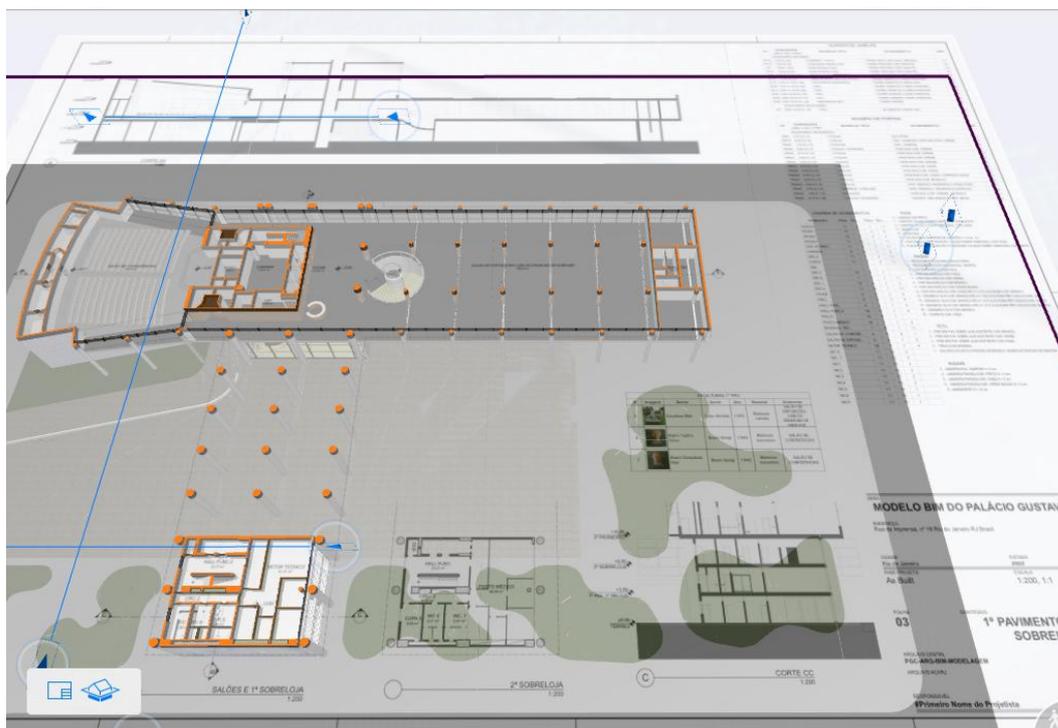
O modelo pode ser atualizado após a publicação, para isso ele deve ser publicado novamente, no entanto ele fica disponível com o mesmo link.

Figura 85 –Aplicativo BIMx utilizado para divulgação



Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 87 – Visualização da planta interagindo com o hipermodelo – BIMx (1º Pav.)



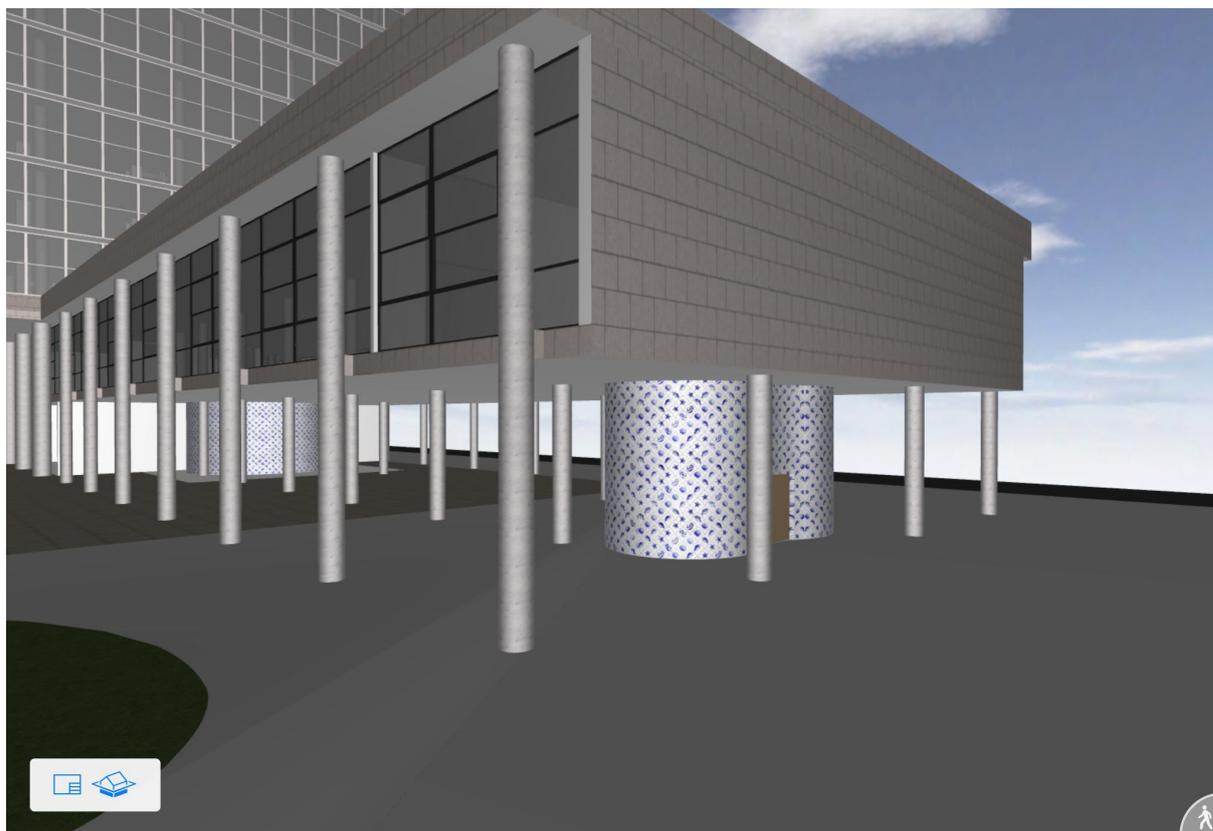
Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 88 – Visualização de Corte – BIMx (Corte transversal - Bloco vertical)



Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 89 –Opção de “caminhar” no modelo com *joystick* - BIMx



Fonte: elaboração da autora, 2017

CAPÍTULO 4

*“ das amplas vidraças do
10º andar descortina-se a
baía vencendo a massa
cinzenta dos edifícios.”*

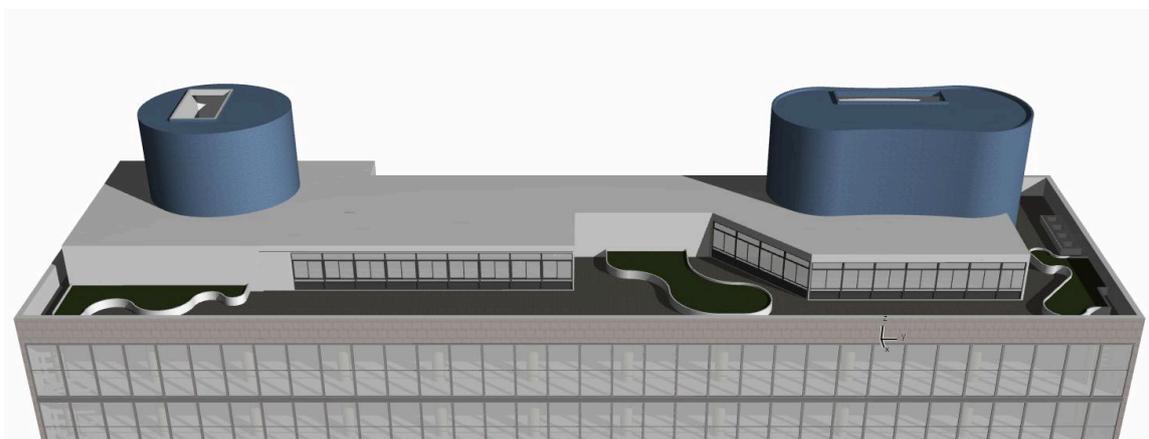
**Carlos Drumond de
Andrade**

CAPÍTULO 4 – Proposta de Requalificação da Cobertura

O projeto de intervenção da Cobertura tem o objetivo de propor uma intervenção em nível de estudo preliminar, com apontamentos conceituais para a requalificação de umas das áreas mais nobres do Palácio Gustavo Capanema. Um dos pontos principais do projeto proposto é oferecer para o público a oportunidade de vivenciar e apreciar uma área importante conceitualmente e ao mesmo tempo com um grande potencial contemplativo, que até então sempre foi restritiva principalmente ao público.

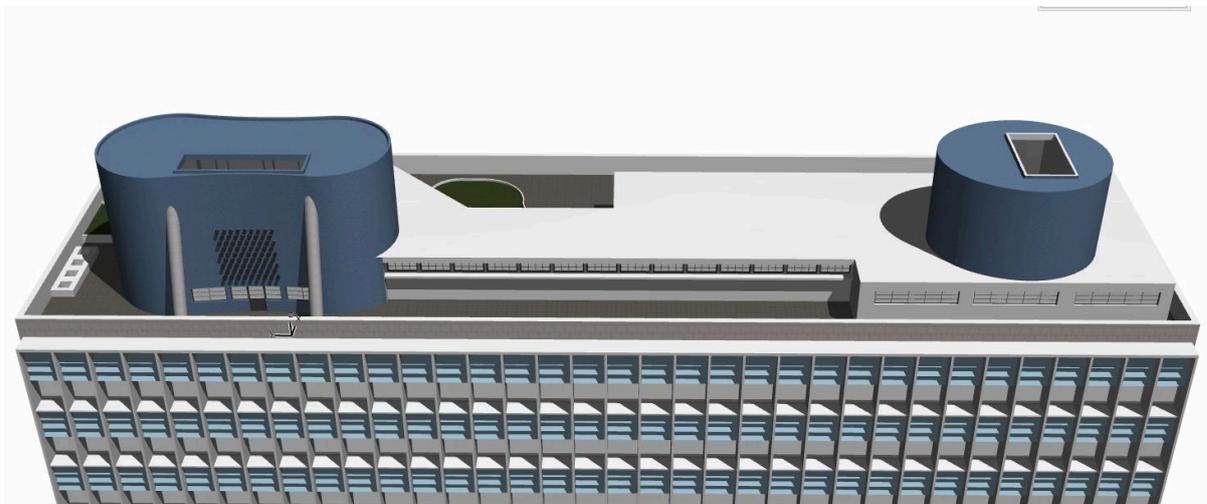
Trazendo novamente as características principais da Cobertura, com jardins em seu terraço e a vista da paisagem do Rio de Janeiro, o último pavimento do então inaugurado MES era uma área de descanso do trabalho, onde os funcionários faziam a sua refeição. A forma da Cobertura segue fielmente a função, de acordo com a figura 90 são dois salões de restaurantes, o Salão de Refeições Funcionários (á esquerda) e o Salão de Refeição Ministro (á direita), no qual apresenta uma vista mais ampla e com os jardins próximos mais trabalhados. Para o coroamento aproveitou-se das casas de máquinas dos elevadores e áreas de manutenção compondo o volume de forma a finalizar harmonicamente o edifício. Os elevadores privativo e público, localizados no volume em forma de ameba, permitem acesso direto ao salão que era destinado para o ministro ou acesso para o Hall (recepção), que por sua vez tem uma área bem generosa e é marcada por um acesso voltado para a fachada norte, com vista para cidade (Figura 91). O volume circular junto ao Salão de Refeição dos Funcionários, apresenta os elevadores de serviço e funcionários integrados em toda dinâmica funcional da edificação.

Figura 90 – Modelo Cobertura fachada sul



Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 91 – Modelo Cobertura fachada norte



Fonte: elaboração da autora, 2017

Dessa forma percebe-se o quão inerente está o uso com a forma dos ambientes, contudo as transformações durante esses setenta e dois anos tanto transformações administrativas da edificação, quanto transformações no contexto social, econômico e cultural, inviabilizaram sua permanência como restaurante para funcionários do edifício.

De acordo com os registros, a Cobertura passou por usos como: restaurante em 1945 (uso original), virou depósito antes de ser adequada para ambiente de trabalho no fim da década de 80 e seguiu com o esse uso até ser desativada em 2012 para passar por reformas. Atualmente está com as fachadas reformadas e o interior ainda acontecerão obras (Figura 92).

Em 2012 começaram as obras com o Projeto de Restauração e Modernização do Palácio Gustavo Capanema PAC – Cidades Históricas, atualmente as fachadas sofreram intervenção e pretende-se, de acordo com o IPHAN, que em seu interior volte a ser um restaurante, porém público.

Conforme a última visita a edificação, em julho/2017, o projeto ainda não foi contemplado. Houve proposta para voltar com a mesma conformação (planta) de 1945, mas a questão ainda está em aberto. A ideia de voltar a ser um restaurante se viabilizou com a substituição dos elevadores entre 2012 e 2014, ponto crucial na década de 90 fazendo com que a Cobertura tivesse o uso de ambiente de trabalho, pois os elevadores não tinham condições de suportar certo fluxo de pessoas e substituí-los poderia alterar na forma das casas de máquinas.

Figura 92 – Foto da Cobertura, 2017



Fonte: acervo pessoal

No entanto, em 2017, é possível a Cobertura não apenas voltar a seu uso original, mas também produzir um espaço que reflete o contexto atual, possibilitando a transmissão dessa história e desse patrimônio cultural para gerações futuras. O passado íntegro da Cobertura, ou seja, voltar exatamente como era antes (*as-built* 1945), pode ser apresentado em outra dimensão, no meio digital e virtual. O projeto de requalificação proposto acredita que o conceito deva se basear no uso original do projeto, no entanto assumir a Cobertura em sua contemporaneidade, possibilitando outros sentidos ao espaço, indo além de um restaurante.

4.1 Informações iniciais

Para se concretizar a base para o projeto de intervenção foi adquirido a planta da situação atual da do Pavimento Cobertura em CAD 2D fornecida pelo IPHAN/RJ e também foi realizada visita a Cobertura (16º pav.) após a reforma das fachadas do Projeto de Restauração e Modernização do Palácio Gustavo Capanema iniciada em 2012. A documentação em CAD 2D, possuía os mesmos problemas de incompatibilidade apresentado no item 3.2 Informações Iniciais (paredes das fachadas e informação sobre esquadrias), no entanto a planta fornecia mais

informações quanto a reforma das fachadas, sendo uma ótima referência sobre os materiais empregados.

Tendo em vista a importância da situação atual da Cobertura para o projeto de intervenção foi necessária essa nova pesquisa para concretizar a última etapa. Isso deve-se ao fato do arquivo ACI/RJ ter recolhido documentos até a década de 90 e a partir de então o recolhimento da documentação foi para a Superintendência regional do IPHAN/ RJ, assim foi necessário pesquisar a documentação e levantamento da situação atual da área de intervenção. Contudo, no período das visitas realizadas ao edifício em 2016, este por sua vez estava em obras, e não foi possível levantar a situação atual da Cobertura. Em visita ao prédio em julho de 2017 foi possível fazer o levantamento fotográfico e conferir informações

A visita a Cobertura não contemplou toda a área de intervenção, principalmente em seu interior, no seu exterior foi possível visitar todos os lados como mostra a figura 93 e 94. Essa visita foi de suma importância para explorar conceitos sobre a contemplação da paisagem natural e da cidade.

Figura 93 – Foto da Cobertura
Fachada principal – sul



Fonte: acervo pessoal

Figura 94 – Área lateral próxima ao antigo
restaurante destinado ao ministro



Fonte: acervo pessoal

O interior está totalmente desconfigurado e com muita degradação dos materiais – piso, paredes e teto (Figura 95 e 96). Ainda possui divisórias e as instalações (elétrica, ar-condicionado) estão obsoletas – não foi possível visitar os banheiros.

Figura 95 – Interior, vista janela em fita com intervenção do forro- Fachada norte



Fonte: acervo pessoal

Figura 96 – Interior, mureta com instalação elétrica – sala desativada



Fonte: acervo pessoal

4.2 Diretrizes

Após todo o processo de pesquisa e modelagem BIM do Palácio Gustavo Capanema com a reconstrução das fases 1937 e 1945, desenvolver uma proposta mesmo que seja em um recorte da edificação, é algo que avança significativamente na modelagem, trazendo novas questões em relação a modelos BIM e intervenção no patrimônio cultural edificado. Para ocorrer a intervenção, a Cobertura foi representada como construída atualmente, ou seja, em sua fase *as-is* e a intervenção é a proposta para o futuro próximo.

De acordo com os estudos, e análises, a intervenção seguiu algumas diretrizes:

1. Defender um caráter público e sem possibilidades de voltar o layout de 1945, contudo possuir uma área para alimentação (restaurante, lanchonete, café).

Na planta do restaurante da Cobertura a cozinha ocupa uma área de aproximadamente 100 m², se mostrando superdimensionada para os dias atuais e para o uso da edificação. Tendo em vista, restaurante, cafés e lanchonetes ao redor do Palácio Gustavo, percebe-se que os tamanhos variam de pequenos para médios, e essa é linha de pensamento que se norteia a intervenção.

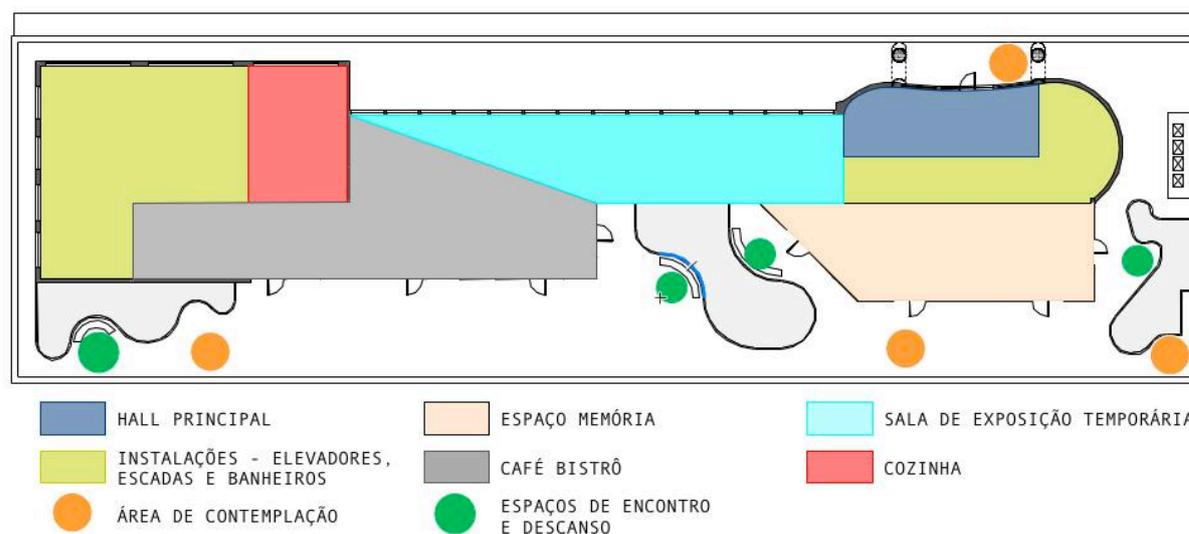
2. Manter as fachadas e o terraço -jardim sem qualquer tipo de intervenção que não seja de manutenção, visto que as fachadas acabaram de passar por

reformas. Trazer junto a Cobertura informações sobre seus elementos e autenticidade.

Diante das transformações sofridas nas fachadas da Cobertura, seus revestimentos já foram substituídos e hoje são revestimentos similares (em aparência) aos revestimentos originais. A substituição total das pastilhas das fachadas por pastilhas com as mesmas características dos originais, foi uma decisão tomada diante de um material que já não era original, tendo sido substituído totalmente na reforma descrita da fase PRPPC. Nessa última reforma as esquadrias principais foram substituídas por esquadrias com outro modelo e material, mantendo o vão e os acessos para o terraço-jardim. Esse tipo de informação de acordo com Boito (1884), deveria ser identificada, assim como em um monumento, com a incisão em cada uma das partes renovadas, com a data da restauração ou com um sinal convenicionado. Para a Cobertura é proposto passar a informação histórica através de fotos em alguns ambientes, trazendo o conhecimento para o público de como era originalmente, seus conceitos e características importantes.

3. Trazer flexibilidade em relação aos usos dos espaços internos, sem agressão ao conceito de transparência e visadas integrais a partir dos salões.
4. Manter os dois extremos com suas instalações de um lado voltadas para o serviço e o outro voltado para o público.
5. Atualmente o Palácio Gustavo Capanema está fechado para obras do Projeto de Restauração e Modernização, todavia o funcionamento normal do edifício para o público é de segunda a sexta das 9:00 as 17:00. Nesse sentido, explora-se o acesso exclusivo que antigamente era destinado para o ministro e diretores, fazendo com que alguns pavimentos como a Cobertura funcionem em horários diferenciados - noturno e fins de semana.
6. O espaço interno será dividido em três partes, Espaço Memória, Sala de Exposição temporária e Café Bistrô. O espaço externo ou terraço-jardim, se divide em: áreas de contemplação, espaços de encontro e descanso (Figura 97).

Figura 97 – Setorização do espaço interno- Cobertura, 16 Pav.



Fonte: elaboração da autora, 2017

O **Espaço Memória** é o encontro do público com a cobertura, ele está destinado a visitas podendo abrigar exposições, oficinas, apresentações, recepções, etc. O espaço apresenta, acesso exclusivo pelo elevador e banheiros, com isso tem-se a opção de funcionamento independente do resto da Cobertura ou ele pode se integrar aos espaços de Exposição temporária e ao Café Bistrô.

A **Sala de Exposição Temporária** se localiza no local onde era utilizado originalmente como cozinha. Aproveitando-se da pouca iluminação, decidiu-se colocar esse espaço como um lugar de exposição temporária que requer um certo cuidado com iluminação, esse espaço pode ser dividido em dois e também pode ser utilizado pelo Café Bistrô

O **Café Bistrô** foi pensado se baseando (mas não retornando) no uso original como restaurante, explorando a vista que o antigo restaurante proporcionava. Será um local de médio porte que atenda a demanda das visitas ao Palácio Gustavo Capanema, funcionários e público em geral, com possibilidades de aumentar o salão do bistrô ou mesmo realizar eventos ao adicionar uma parte da área da Exposição Temporária. O café Bistrô também pode se vincular a eventos noturnos nos fins de semana independente ou junto a eventos do Palácio Gustavo Capanema.

As **áreas de contemplação e espaços de encontro e descanso** visam explorar o potencial da vista a partir do terraço-jardim com instalação de binóculos e bancos móveis convidando para a permanência em alguns locais do terraço-jardim.

7. A **laje da Cobertura** terá a possibilidade de ser utilizada como área para horta urbana (sem interferência na laje e com captação de chuva) e/ou colmeia urbana. A colmeia ou horta urbana, apresenta instalações móveis, seriam para uso do café bistrô, trazendo novos conceitos ligados a culinária urbana e sustentável

As hortas urbanas são encontradas em todas as grandes cidades do mundo. São inúmeras iniciativas que transformam o entorno que é capaz de reestabelecer novamente a biodiversidade e proporcionam mais qualidade de vida com maior eficiência econômica para os cidadãos, podem ser usados em vários espaços subutilizados como terraços, terrenos vazios, muros, empenas, etc.

O projeto de intervenção prevê o uso da laje da Cobertura para esse tipo de ação, levando em consideração, conforme Castelo e Alcântara (2015), os seguintes benefícios; alternativa econômica; melhora a qualidade do ar; reduzem a contaminação em todo processo (contaminação de terras), reduz o fluxo nas estradas, gastos e desperdício dos mercados, destino de resíduos orgânicos (os resíduos de alimentos e vegetais que causam problemas na logística de caminhões de lixo nas cidades podem se transformar nutriente para a horta, por meio do processo de compostagem); melhora a qualidade alimentar com a produção dos alimentos orgânicos; promove uma maior biodiversidade; promove a convivência entre usuários e integração com a natureza. No entanto, a maioria dos projetos que envolvem horta urbana apresentam curta duração, principalmente quando envolvem comunidades e governos. (CASTELO; ALCÂNTARA, 2011)

Figura 98 – Exemplo de horta urbana modular



Fonte: <http://www.smart-cities.pt/pt/noticia/horta-urbana-inovadora-conquista-universidade-do-porto-2202/>

Na figura 98 mostra uma solução modular o sistema de agricultura urbana *Noocity Growbed*³⁶ para cultivo em áreas urbanas, com uma cama de cultivo e um sistema de auto-rega integrado, o projeto permite um autonomia de até três semanas. Os aspectos ambientais foram também valorizados: o sistema permite reter água das chuvas, ajudando a consumir menos 80% de água do que uma horta convencional. Já a estrutura modular permite uma utilização individual ou conjunta, podendo ser adaptada a várias tipologias de espaço (LOPES; POMPEU, 2015).

Outra tendência que já é realidade no meio urbano, são colmeias sobre as coberturas das casas e dos edifícios. Em Maastricht, na Holanda, o coletivo *Bee Collective*³⁷, em 2012 introduziu a primeira colmeia em um parque público. A torre, com 20 metros de altura, foi instalada no meio do parque Sphixpark, um lugar público muito frequentado. De acordo com as informações do site do coletivo a limpeza e o recolhimento do mel são semanais, bem como as operações de manutenção da colmeia para garantir a saúde e o crescimento das colônias hospedadas. Em Paris existem muitas colmeias convencionais fixadas nas coberturas. Elas podem ser encontradas sobre o Grand Palais, a Ópera (Figura 99) e até sobre a cobertura da loja da marca Louis Vuitton.

³⁶ O sistema de agricultura urbana *Noocity Growbed* foi o vencedor do *Pitch Day* da Escola de Startups da UPTEC – Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade do Porto.

³⁷ <https://beecollective.wordpress.com/page/2/>

Em Melbourne, na Austrália, existem colmeias instaladas nos telhados de casas, restaurantes, hotéis e bares, tendo destaque na produção de mel em coberturas de casas e edifícios de áreas urbanas. Devido o ambiente urbano a maioria das colmeias são de abelhas que não picam. (BENJAMIN; MCCALLUM, 2011)

Figura 99 – Colmeia urbana em Paris – França



Fonte: <https://www.brasil247.com>

Segundo Benjamin e McCallum (2011) grandes vantagens desse tipo especial de colmeia são o baixo custo e a pouca complexidade para os iniciantes. A montagem é simples e os modelos podem ser empilhados, fazendo com que o espaço ocupado seja pequeno, além disso, ajuda na mortalidade de abelhas e melhora a biodiversidade de flores e plantas frutíferas.

4.3 Estudo preliminar para requalificação da Cobertura

O projeto de requalificação explora os acessos ao prédio para possibilitar a Cobertura ser utilizada independente do restante do edifício, em relação a diferentes horários e frequentada por diferentes usuários. Para o público serão disponibilizados acesso pelo térreo por dois elevadores, um exclusivo para quem vai para Cobertura e outra integrada ao edifício. O primeiro com acesso pelo antigo Hall privativo destinado ao ministro permite que a Cobertura possa ter acesso independente do restante do edifício (Figura 89). O outro elevador é para os visitantes do Palácio Gustavo Capanema e funcionários com acesso pelo Hall Principal. O acesso e elevadores de serviço e funcionários segue a coluna de serviço/funcionários do edifício- no outro extremo do bloco vertical.

Portanto são duas opções para chegar a Cobertura, pelo Hall principal ou pelo Espaço Memória. Os ambientes serão separados por divisórias em trilhos que garantem a flexibilidade dos usos. Entre o Hall Principal e o Espaço Memória foi projetado um acesso de serviço/funcionários para apoio.

Tendo em vista a setorização descrita nas diretrizes, o projeto preliminar prevê a demolição de grande parte das paredes internas e forros, adequação das instalações para maior conforto, adequação para os usos. No espaço Memória foi demolida a parede que impedia a vista total para a Baía de Guanabara, foi demolida também a parede que isolava esse espaço, substituindo-a por divisórias que permitem sua integração com a Sala de Exposição Temporária. A Sala de Exposição Temporária pode se dividir em dois espaços como mostrado na figuras 101 e 102. As divisórias são utilizadas para dividir os espaços e para proteger da luz da janela em fita.

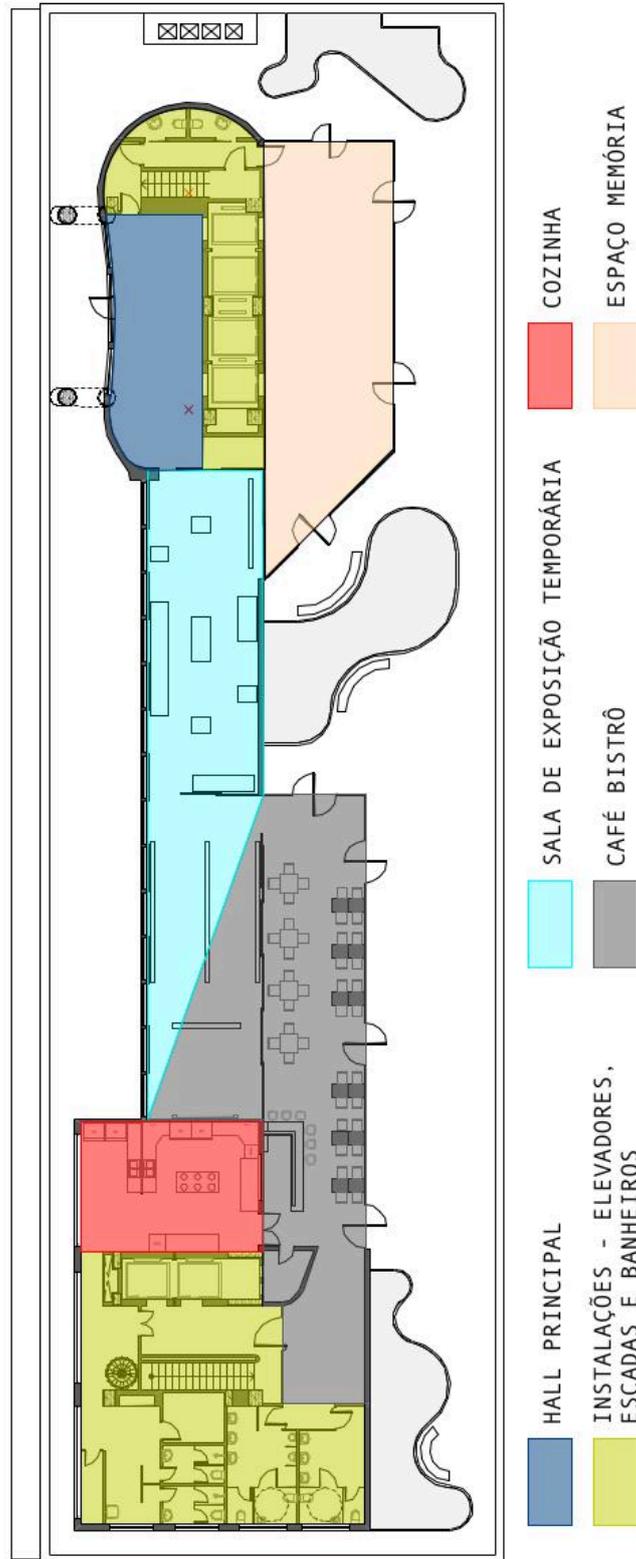
O Café Bistrô (Figura 100), aproveitou-se do uso do antigo Salão de Refeições dos Funcionários, foi pensado um balcão bar/café que atende no balcão e uma cozinha para atender a parte de refeições. Nesse espaço foi projetado também um banheiro masculino e feminino com opção para PNE e uma divisória de vidro que separa o hall de serviços/funcionários. Na área de funcionários foi projetado como apoio para o Café Bistrô um pequeno vestiário feminino e masculino com uma área com tanque e um depósito/ escritório (Figura 102). O salão onde se encontra as mesas pode se estender, sendo flexível quanto a necessidade, no caso as figuras ilustram a opção de salão menor.

Figura 100 – Proposta Café – Bistrô



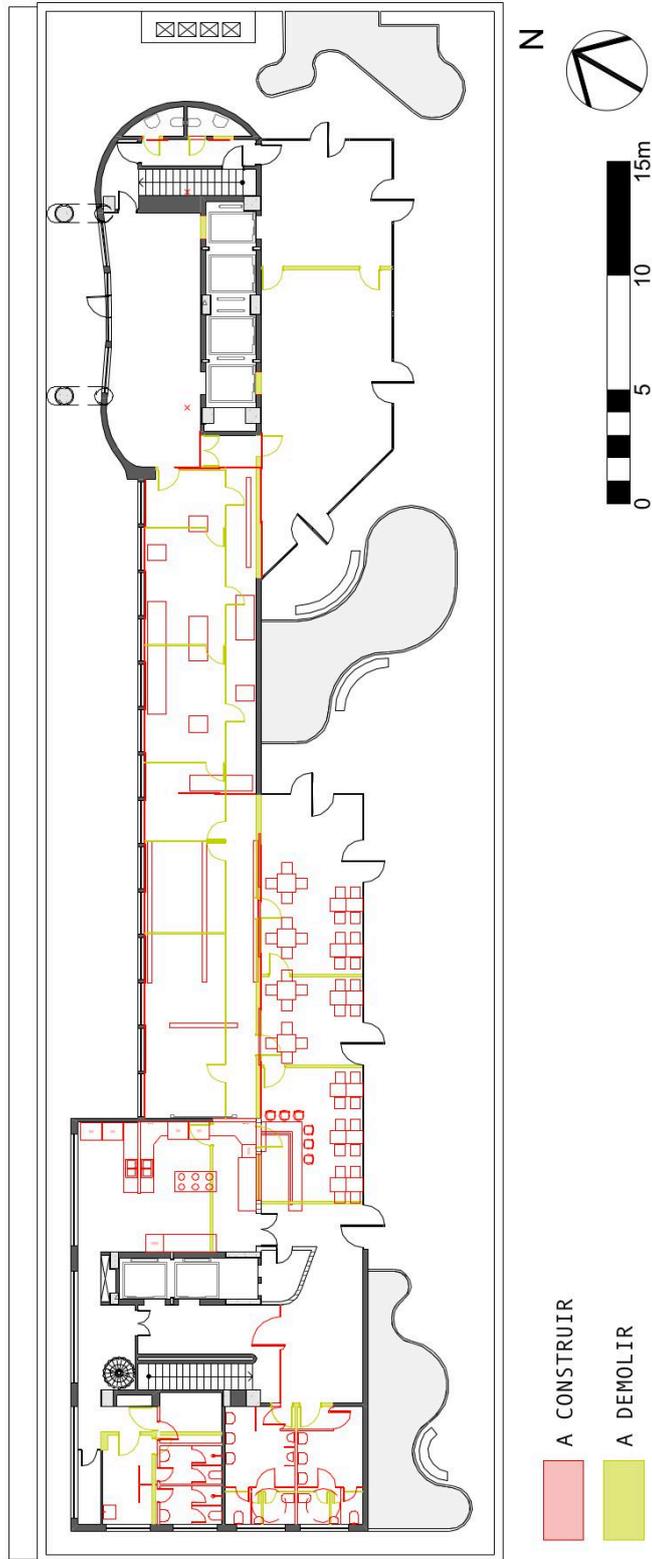
Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 101 – Planta proposta de intervenção e setorização



Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 102 – Planta da proposta de intervenção – construir e demolir



Fonte: elaboração da autora, 2017

4.4 Percurso de Exposições

A Cobertura permite algumas opções de uso, como já descritas no item anterior, assim foi simulado uma opção de uso. Foi desenvolvido um percurso de exposições de caráter efêmero para apresentar uma das possibilidades da utilização da Cobertura. O percurso cultural apresenta exposições seguindo o roteiro: o público chega a Cobertura pelo Espaço Memória onde encontra-se uma instalação/exposição. Depois acessa o terraço-jardim com áreas para contemplação, seguindo tem o acesso ao café bistrô que está na sua versão com o salão na mesma conformação que o antigo salão de refeições dos funcionários, sendo dividido por divisórias que dão acesso para a primeira sala de exposição temporária. Para ir embora ou continuar o percurso, o público visita mais duas exposições temporárias, logo após tem-se o acesso ao hall dos elevadores da fachada norte (o Hall Principal) com a última área para contemplação para a ponte Rio – Niterói e para o centro do Rio de Janeiro (Figuras 103 e 104).

Figura 103 – Perspectiva da Proposta de requalificação



Fonte: elaboração da autora, 2017

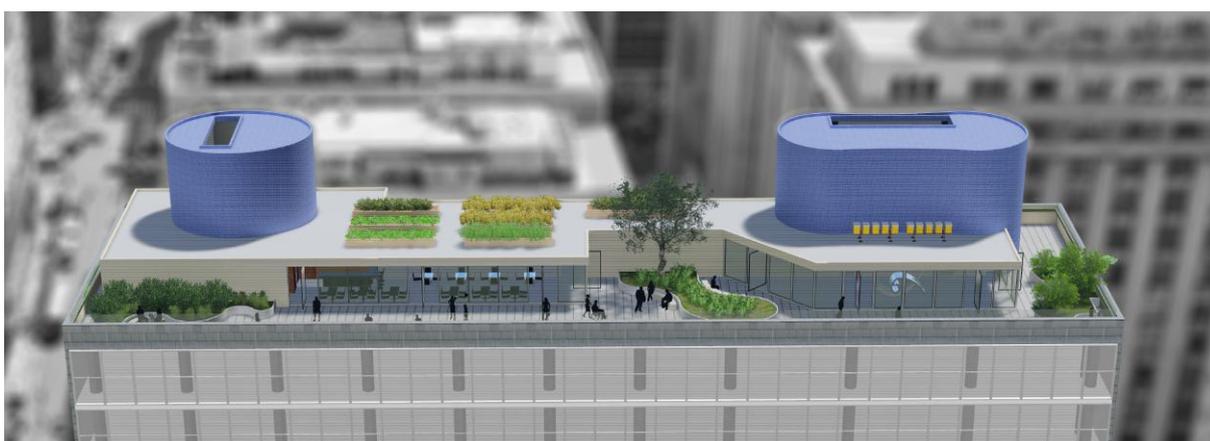
Figura 104 – Croquis proposta de requalificação



Fonte: acervo pessoal.

A laje da Cobertura tem a proposta de aproveitar o espaço como colmeia urbana e horta urbana, o acesso a laje atualmente é realizado por uma escada colocada na parte de trás, todavia foi pensando em um acesso por alçapão na laje próxima aos vestiários (Figura 105).

Figura 105 – Perspectiva humanizada da proposta de requalificação



Fonte: elaboração da autora, 2017

Figura 106 – Uso do terraço- jardim para contemplação



Fonte: elaboração da autora, 2017

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço das tecnologias digitais, traz inúmeras possibilidades ainda não exploradas pelo setor de arquitetura e construção. Esse trabalho apresentou e discutiu técnicas para utilização integrada das tecnologias com ênfase na plataforma BIM para preservação do patrimônio do legado do período moderno, através do modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema e proposta de requalificação da Cobertura do edifício. De acordo com a literatura, adoção das tecnologias digitais na preservação do patrimônio edificado oferece possibilidades pouco exploradas nesse setor. Observou-se 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 o 3D *laser scanning*, que possibilitam a captura de dados 3D com precisão e realismo da geometria.

Nesse sentido, tem-se uma nova vertente na plataforma BIM, os modelos HBIM, considerados modelos BIM do patrimônio cultural edificado desenvolvidos a partir de registros documentais e dados resultantes de fotogrametria digital e 3D *laser scanning*. Os estudos e desenvolvimentos de modelos HBIM, tem mostrado possibilidades de criação de bibliotecas paramétricas de elementos construtivos complexos, no entanto os resultados ainda estão voltados para necessidades e estilos específicos principalmente em processos mais automatizados, os modelos ainda apresentam muita simplificação para formas complexas e subutilização dos dados de nuvem de pontos e fotogrametria digital.

O estudo de caso, a modelagem BIM do Palácio Gustavo Capanema, mostrou que a plataforma BIM apresenta resultados positivos na modelagem de uma edificação do período moderno como:

- Muitos exemplares do período moderno possuem documentação com desenhos técnicos a mão e encontra-se também, em menor quantidade, levantamento cadastral em CAD 2D. Nota-se que edificações de estilos anteriores geralmente não possuem documentação digital ou possuem uma documentação com um baixo nível de detalhe para para uma eficiente representação;
- A documentação do patrimônio moderno como o Palácio Gustavo Capanema possui três instâncias referenciais para estudos e intervenções;

documentos históricos, a edificação como documento e em boa parte do seu ciclo de vida da edificação os autores estão presentes;

- Devido a proximidade temporal, e proximidade com o sistema atual projetual, *softwares* BIM como o *Archicad* apresenta muitos materiais e elementos presentes em sua biblioteca padrão, utilizados em construções modernistas;
- O fato da arquitetura do estilo moderno apresentar poucos ornamentos facilitou na modelagem BIM a partir de documentação 2D (registros a mão e CAD) com maior nível de detalhe do modelo.

A experiência apresentada na dissertação permitiu identificar algumas dificuldades, que podem ser comuns nesse tipo de iniciativa, uma vez que o registro das edificações existentes – particularmente as edificações históricas – normalmente encontra-se em diferentes bases de dados, cabendo ao profissional responsável pela construção do modelo buscar esses documentos e compatibilizar as informações encontradas. Além disso, outras dificuldades identificadas neste processo foram :

- Incompatibilidade nos desenhos técnicos do levantamento cadastral, acesso restrito a edificação, falta e incompatibilidade de informações na documentação;
- Necessidade de levantamento de captura de dados 3D (geométricos e fotorealísticos) de elementos curvos e obras de arte para assim suprir as lacunas da documentação consultada;
- Maior funcionalidade na integração da documentação no modelo voltada para a área de edificações históricas. A acessibilidade na documentação e informação seja dados tangíveis ou intangíveis é essencial para o entendimento do patrimônio cultural, no entanto com as ferramentas trabalhadas além de não serem apropriadas para patrimônio arquitetônico, o aumento de detalhes e informações aumenta significamente o tamanho dos arquivos;
- Limitações da modelagem no *Archicad* em relação ao número de polígonos, é necessário a racionalização das formas para otimização do modelo, facilitando na manipulação e compartilhamento de informações.

Em relação ao levantamento fotográfico para o desenvolvimento de modelos geométricos fotorealísticos, inserção de texturas e painéis de azulejos. Os problemas com os modelos gerados no *Remake*, por exemplo, tiveram relação com alguns fatores: texturas uniformes das esculturas, iluminação da área levantada e acesso para cobrir todos os ângulos de sobreposição. Todavia, desses modelos fotorealísticos no *Archicad* se mostrou eficiente quanto a criação de bibliotecas e na visualização, conseguindo uma fácil manipulação. O nível de detalhe das esculturas geradas não foi suficiente para uma futura intervenção e manutenção, no caso seria necessário um modelo com melhor precisão e qualidade. Para inserção de texturas e painéis de azulejo, utilizou-se levantamento fotográfico - a fotogrametria digital - além de auxiliar na documentação e visualização, parece bastante promissora para intervenção, monitoramento e manutenção, principalmente se estiver integrada ao modelo BIM.

No que se refere especificamente à plataforma BIM, cabe destacar seu potencial como instrumento para a gestão da manutenção e preservação das edificações. Possuir o modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema com suas características e informações do seu estado original, possibilita estudos sobre a edificação e com sua atualização (fase *as-is*), pode auxiliar na gestão da manutenção da edificação, como também permitirá a extração automática dos quantitativos de materiais e serviços, auxiliando para uma intervenção na medida que o modelo BIM está produzido.

Nesse sentido, a proposta de intervenção na Cobertura ilustra estudos a partir do modelo BIM 1937-1945. A proposta busca promover a requalificação da Cobertura, sendo um atrativo do edifício, ajudando evidenciar o Palácio Gustavo Capanema no mapa de turismo da cidade. O projeto parte dos conceitos do uso original da Cobertura, como restaurante para funcionários, no entanto a proposta se remete também o que hoje representa a edificação. Assim foi proposto um café – bistrô para o público, em uma escala menor que o original, com o resgate da história sobre a Cobertura e com a oportunidade do público contemplar a paisagem da cidade do Rio de Janeiro em vários ângulos. Além disso, o espaço abriga áreas para exposição e tenta atender as novas e futuras necessidades do edifício.

A modelagem BIM do patrimônio cultural edificado permite a sua divulgação, viabilizando, por exemplo, o passeio virtual, facilitando o estudo e análise das

soluções projetuais adotadas. Na realização de modelagens futuras, algumas lições aprendidas com essa pesquisa - referente ao processo de modelagem do Palácio Gustavo Capanema - devem ser consideradas, tais como:

- Informações necessárias à modelagem. Na área de patrimônio cultural a documentação é essencial para o processo de reconstrução virtual, pois muitas lacunas surgem durante a modelagem e o processo pode ser tornar muito moroso ou perder sua autenticidade por falta de informação;
- Identificar o objetivo de cada elemento da edificação e o nível de detalhe e desenvolvimento que será realizado a modelagem, tendo em visto que por se tratar de um patrimônio arquitetônico edificado ele está restrito as informações de documentações e a situação atual da edificação;
- Incompatibilidades entre dados de projeto e a construção *as-built*. Ao retratar um Patrimônio cultural edificado deve-se assumir o objetivo da modelagem (como algum projeto específico, como construído, situação atual, etc) para a transmissão coerente das informações do bem.

Finalmente, cabe lembrar que o desenvolvimento das tecnologias digitais, e das possibilidades oferecidas ao setor da arquitetura e construção, avançam em progressão geométrica, não sendo possível, portanto, esgotar o assunto.

Ressalte-se que ao modelar digitalmente 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 construção digital do modelo. Portanto, a modelagem BIM de edificações históricas revela-se também, uma interessante alternativa para o ensino de história da arquitetura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, Maurício de. **A evolução urbana do Rio de Janeiro**. RJ., IPLANRIO/ Zahar, 1987.
- AIA. American Institute of Architects. AIA document G202 – 2013: Project Building Information Modeling Protocol Form. 2013. Disponível em: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099086.pdf>>. Acesso em: 15 jan 2016.
- ALVES, A.B.M; OLIVEIRA, L. B. Projeto de restauro na ilha da Fumaça. In: ARQ.DOC 2010 – SEMINÁRIO NACIONAL: DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITÔNICO COM USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS, 1., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: FAUFBA, 2010. 1 CD-ROM.
- AMORIM, Arivaldo Leão de. Documentação do patrimônio arquitetônico do estado da Bahia com tecnologias digitais. In: COMPUTAÇÃO GRÁFICA: PESQUISAS E PROJETOS RUMO À EDUCAÇÃO PATRIMONIAL, 1., 2008, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: AHMWL, 2008.
- AMORIM, Arivaldo Leão de. Methodological aspects of architectural documentation. In: INTERNATIONAL CIPA SYMPOSIUM, 23., 2011, Prague. **Proceedings...** Prague: CIPA, 2011. Disponível em: <<http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/007.pdf>>. Acesso em: 12 maio. 2016.
- ARAYICI, Y. et al. Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. **Automation in Construction**, Oxford, v. 20, n. 2, p. 189-195, mar. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org.ez79.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.autcon.2010.09.016>>. Acesso em: 28 jul. 2013.
- BARBOSA, A. C. M. **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático: Construção de uma ETAR na Argélia**. 2014. 156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Superior em Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2014.
- BENJAMIN, Alison.; MCCALLUM, Brian. **Bees in the City: The Urban Beekeepers' Handbook**. Guardianbook, 2011.
- BERALDIN, J. A. Integration of Laser Scanning and Close-Range Photogrammetry – the Last Decade and Beyond. In: **Proceedings of the Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing**, 2004, Istambul. Istambul: ISPR, 2004, p. 1031- 1042.
- BERGIN, M. S. **A Brief History of BIM**. Style of Design, 2012. Disponível em: <<http://www.styleofdesign.com/architecture/a-brief-history-of-bim-michael-s-bergin/>>. Acesso em: 7 dez. 2016.
- BÉZIER, P. **Curvas e Superfícies em CAD/CAE/CAM**. São Paulo: Aleph, 1993.
- BOZDOC, M. **The History of CAD**. Auckland: MB Solutions, 2003. Disponível em: <<http://www.mbdesign.net/mbinfo/CAD-History.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2017
- BOITO, Camillo. **Os restauradores**. Trad. Paulo e beatriz M. Kurhl. São Paulo. Ateliê Editorial, 2002.
- BONNEVAL, H. **Photogrammétrie Générale**. Paris: Ed. Eyrolles, 1972.
- BRASIL. Decreto-lei no 25, de 30 de novembro de 1937. Diário Oficial da República dos Estados Unidos do Brasil, Rio de Janeiro, DF, 6 dez. 1937. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0025.htm>. Acesso em: 04 jan. 2017.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. 05 de out. de 1988. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 04 jan. 2017.
- BRINO, Alex Carvalho; BAHIMA, Carlos Fernando. Edifício Moderno Brasileiro na Cidade Pré-Moderna: Paradoxos entre Paradigmas. In: **DOCOMOMO Brasil**, 2009, Rio de Janeiro.

BRUMANA, R.; ORENI, D.; CUCA, B.; BINDA, L.; CONDOLEO, P.; TRIGGIARI, M. Strategy for integrated surveying techniques finalized to interpretive models in a byzantine church, Mesopotam, Albania. On publishing in **International Journal of Architectural Heritage**. 2013.

BUCHANAN, Richard. **Wicked Problems in Design Thinking**. Design Issues, Vol. 8, No. 2, (Spring, 1992), pp. 5-21 Published by: The MIT Press Stable. Disponível em: http://web.mit.edu/jrankin/www/engin_as_lib_art/Design_thinking.pdf. Acesso em 09 de abril de 2016.

BUILDING SMART. Disponível em <http://buildingsmart.org/>. Acesso em: Abr 2016.

CASTELO BRANCO, M.; ALCÂNTARA, F. A. 2011. **Hortas urbanas e periurbanas**: o que nos diz a literatura brasileira? *Horticultura Brasileira* 29: 421-428.

CAMPESTRINI, T. F. et al. Entendendo o BIM, 2015. **Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. 1ª Edição, Curitiba, Paraná, Brasil, 2015, 115p

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, SP, v. 7, n. 4, p. 252-264, dez. 2016. ISSN19806809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456>>. Acesso em: 14 maio 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i4.8647456>.

CANUTO, C.L.; SALGADO, M.S. Modelagem da informação da construção na preservação da arquitetura moderna. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_77.pdf>.

Carta de Londres, Draft 2.1, 2009. Disponível em: <http://www.londoncharter.org>. Acesso em: 14. fev. 2017

CARVALHO, Claudia S. Rodrigues de. **Preservação da arquitetura moderna: edifícios de escritórios construídos no Rio de Janeiro entre 1930 e 1960**. 2005. 448p. Dissertação (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CENTENO, J. A.; MITSHITA, 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.

CHECCUCCI, É. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. **Uma visão da difusão e apropriação do paradigma BIM no BRASIL** – TIC 2011. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 19-39, jan.-jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.4237/gtp.v8i1.232>

COMAS, Carlos Eduardo Dias. **Protótipo e monumento um ministério, o ministério**. Projeto, São Paulo 1987, n. 102, p. 137-149, ago. 1987.

CURY, Isabelle (org.). **Cartas patrimoniais**. 2 ed. - ver aum. Rio de Janeiro: IPHAN, 2000.

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. In: *Revista Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113-124, jul./dez. 2015

DORE, C., MURPHY, M., 2013. Semi-automatic modelling of building facades with shape grammars using historic building information modelling. In: *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, XL (5/W1) (Cdrom).

EASTMAN, C. 'The use of computers instead of drawings in building design', *AIA Journal*, March, Volume 63, Number 3, p46-50, 1975.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

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.

FAI, S.; GRAHAM, K.; DUCKWORTH T.; WOOD N.; ATTAR R.; 2011. Building information modeling and Heritage Documentation, **CIPA 2011 Conference Proceedings: XXIIIrd International CIPA Symposium**.

FOSTER, Hal. **O complexo arte-arquitetura**. São Paulo: Cosacnaify, 2015.

GARAGNANI, S., MANFREDINI, A. M., 2013. Parametric Accuracy: Building Information Modeling Process Applied to the Cultural Heritage Preservation, 4th ISPRS International Workshop "3D-ARCH", Trento, Italy

GRAY, M. et al. **Building Information Modeling: An International survey**. Brisbane, Australia: 2013.

GROETELAARS, Natalie Johanna. **Um Estudo da Fotogrametria Digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas**. 2004. 257f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

GROETELAARS, Natalie Johanna. **Criação de modelos BIM a partir de "nuvem de pontos"**. Dissertação (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.

HIRSCH, J. DOE-2. Based Building Energy Use and Cost Analysis Software. 2012.

ICOMOS, Australia. The Burra Charter. The Australia ICOMOS Charter for places of cultural significance, 1999. Disponível em: http://australia.icomos.org/wpcontent/uploads/BURRA_CHARTER.pdf Acesso em: 23 jun, 2017

IPHAN. **Conferência de Nara**. 1994. Disponível em: [www.iphan.gov.br/legislac/cartaspatrimoniais/cartas patrimoniais.htm](http://www.iphan.gov.br/legislac/cartaspatrimoniais/cartas%20patrimoniais.htm). Acesso em 23 de abril de 2017.

IPHAN. **Carta de Atenas**. 1933. Disponível em: [www.iphan.gov.br/legislac/cartaspatrimoniais/cartas patrimoniais.htm](http://www.iphan.gov.br/legislac/cartaspatrimoniais/cartas%20patrimoniais.htm). Acesso em 23 de abril de 2017.

JORDÁ, F.; NAVARRO, S.; PÉREZ, A.; CACHERO, R.; LÓPEZ, D.; LERMA, J.L. **Close range photogrammetry and terrestrial laser scanning: high resolution texturized 3D model of the chapel of the kings in the palencia cathedral as a case study**. Disponível em: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/079.pdf>. Acesso em: abr. 2016.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas, SP: Papirus, 2007.

KUHL, B. M. Preservação do patrimônio arquitetônico da industrialização: problemas teóricos de restauro. São Paulo: Ateliê/Fapesp, 2009.

KHODEIR L., ALI D., TAREK S., 2016. Integrating HBIM (Heritage Building Modeling) Tools in the Application of Sustainable Retrofitting of Heritage Building in Egypt. **Proceeding of the conference Improving Sustainability Concept in Developing Countries**, Cairo, Egypt.

KLEIN, L.; LI, N.; BECERIK-GERBER, B. Imaged-based verification of as-built documentation of operational buildings. **Automation in Construction**, v. 21, p. 161-171, jan. 2012. DOI: 10.1016/j.autcon.2011.05.023.

KOLECKA, N. **Photo based 3D scanning vs laser scanning** – competitive data acquisition methods for digital terrain modeling of steep mountains slopes. Disponível em: <<http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXVIII-4-W19/203/2011/isprsarchives-XXXVIII-4-W19-203-2011.pdf>>. Acesso em: abr. 2016.

KÜHL, Beatriz Mugayar . Projetos de intervenção em bens arquitetônicos de interesse cultural: por um diálogo construtivo entre o novo e a preexistência. In: II Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2012, Natal. **Anais do II Enanparq**. Natal-UFRN: Anparq, 2012. v. 1. p. 1-19.

KWIATEK, K.; TOKARCZYK, R. Immersive photogrammetry in 3D modelling. **Geomat Environmental Engineering**. vol 9, no. 2, p.51-62, 2015.

LÉON, A.G. **Arqueología Virtual: Investigación, Conservación y Difusión del Patrimonio en la Era Digital**. – Tese (Doutorado). Sevilla: Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla, 2015.

LESSA, Carlos. **O Rio de Todos os Brasis – Uma reflexão em busca de auto-estima**. Editora Record, Rio de Janeiro, 2000.

LOGOTHETIS, S; DELINASIOU, A; STYLIANIDIS, E. Building Information Modelling for cultural heritage: A review, **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, supl. W3; GottingenII.5 (2015): 177-183.

LOPES, Anaísa Filmiano Andrade; POMPEU, Diogo Sá Da Silva . Ecoeficiência como estratégia de gestão para a sustentabilidade empresarial: Uma análise da empresa noocity. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, p. 1-15, 2015.

LÓPEZ, Guillermo Ángel Pérez. **Aforapro: reconhecimento de objetos invariantes sob transformações afins**. 2011.109 f. Dissertação(Mestrado em Engenharia Elétrica2011 – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo 2011.

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.

MARTINELLI, F.D. Acervo documental das intervenções no Palácio Gustavo Capanema: a contribuição do projeto de Recuperação e Preservação do Palácio da Cultura. In: 4º Seminário Ibero-Americano Arquitetura e Documentação, 2015.

MONTEIRO

MONTEIRO, A., & MARTINS, J. P. **Linha de Balanço** - Uma nova abordagem ao planeamento e controle das actividades da construção. São Paulo, 2011.

MOURA, L. R., **Realidade Virtual na Salvaguarda das Transformações Urbanas: um resgate imersivo de edificações demolidas**. In: 4º Colóquio Ibero-americano - Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto., Belo Horizonte, 2016.

MURPHY, M.; MCGOVERN, E.; PAVIA, S. Parametric Vector Modelling of Laser and Image Surveys of 17th Century Classical Architecture in Dublin. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY, ARCHAEOLOGY AND CULTURAL HERITAGE - VAST2007, 8., 2007, [S.l.]. **Proceedings...** [S.l.]: [s.n], 2007

MURPHY, M., MCGOVERN, E., PAVIA, S. Historic Building Information Modelling - Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 76, p. 89-102, feb. 2013. ISSN 0924-2716
doi:<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>

NATAL, Jorge Luiz Alves. **O Rio discriminado?**. 1 ed. - Rio de Janeiro: J. L. Alves Natal, 2007.

NIBS. NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. National Building Information Modeling Standard. Version 1- Part 1: Overview, Principles and Methodologies. Washington, 2007.161 p.
Disponível em: http://www.1stpricing.com/pdf/NBIMSv1_ConsolidatedBody_Mar07.pdf . Acesso: 3 jan. 2016.

NOGUEIRA, A.A.M. Estudos: realidade virtual (RV) e virtual heritage (VH). [S.l.], 200-?. Disponível em: <<http://www.diretorio.ufrj.br/aurelionogueira/estudos/>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

ORENI, D. et al. Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila). ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. Vol. II-5 2014 ISPRS Tech. Comm. V Symp. 23 – 25 June 2014 Riva Garda Italy; 2014.

PEREIRA, Ana Paula Carvalho. **Adoção do paradigma BIM em escritórios de Arquitetura em Salvador – BA**. 201.201 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

REMONDINO, F., FRASER, C. **The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing Commission V Symposium**. Image Engineering and Vision Metrology, pp. 266–272. 2006.

RIMKUS, C.. AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DA TECNOLOGIA DA REALIDADE AUMENTADA NA ÁREA DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO. **Revista GEINTEC - Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 3, n. 2, p. 70-80, jun. 2013. ISSN: 2237-0722. doi:<https://doi.org/10.7198/S2237-0722201300020006>.

RUSSELL, P; ELGER, D. **The Meaning of BIM, Architecture in Computer**, Proceedings of the 26th eCAADe Conference, Antwerpen, September 2008, 531-536.

SALGADO, Mônica Santo. **Racionalização da construção: caminhos para a habitação popular no Município do Rio de Janeiro**. 1992. 202p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.

SALGADO, M. S ; CANUTO, C. L. ; RIBEIRO, L. M. .Possibilidades Oferecidas pelas Tecnologias na Preservação do Patrimônio Arquitetônico. In: Rosina Trevisan M. Ribeiro; Claudia C. L. Nóbrega. (Org.). Projeto e Patrimônio: reflexões e aplicações.. 1ed.Rio de Janeiro: Rio Books, 2016, v. 1, p. 1-.

SANTAGATI, C; INZERILLO, L ; DI PAOLA, F .International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W2, 2013 XXIV International CIPA Symposium, Strasbourg, France. 2013

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** [dissertação de mestrado]. - São Paulo : Universidade de São Paulo - FAU USP, 2011.

SILVA, M. L. P.; VASCONCELLOS, Lélia Mendes de; BRILHANTE, Ronaldo de Moraes; SANTOS, Felipe Mello. Relatório Final da Pesquisa sobre Demanda Habitacional para o Centro Histórico do Rio de Janeiro. 2002.

SZELISKI, Richard. **Algorithms and applications**. London: Springer, 2010.

TARAR, D. **Impact of 4D Modeling on Construction Planning Process**. [dissertação de mestrado]. -Goteborg, Sweden: CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2011

UNESCO. Carta de Atenas 1931. http://ipce.mcu.es/pdfs/1931_Carta_Atenas.pdf
Acesso em: 9 março, 2016.

UNESCO. Manifesto para a Preservação Digital. 2002-2003. Disponível em:
<http://www.bn.pt/agenda/manifesto_unesco.html> Acesso em: 19 novembro, 2016.

VAN NEDERVEEN, G.A., TOLMAN, F.P. **Modelling Multiple Views on Buildings**. Automation in Construction, 1, 215-224. 1992.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F.. Building Information Models (BIM) for existing buildings – literature review and future needs. **Automation in Construction**, v. 38, p.109-127, mar. 2014. ISSN 0926-580. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>.

WELLE B, HAYMAKER J, ROGERS Z. **Thermal Opt**: A methodology for automated BIM-based multidisciplinary thermal simulation for use in optimization environments. Building Simulation 2011;4:293–313.

WOO, J.; WILSMANN, J.; KANG, D. Use of As-Built Building Information Modeling. In: CONSTRUCTIONS RESEARCH CONGRESS, 2010, Banff. **Proceedings...** Baff; CRC, 2010.