

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO**

Michel Silva Costa

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Eduardo Giacaglia

**ESTUDO DE APLICABILIDADE DE SOFTWARE BIM NA PRÁTICA E
ENSINO DA ARQUITETURA NO BRASIL - AUTODESK REVIT - CASA
BUTANTÃ**

Relatório final

**São Paulo
2022**

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO | 4 |
| INTRODUÇÃO | 5 |
| OBJETIVO | 6 |
| MATERIAIS E MÉTODO | 6 |
| PESQUISA BIBLIOGRÁFICA | 7 |
| 5.1 Modelagem da Informação da Construção (BIM) | 7 |
| 5.2 Parametrização | 7 |
| 5.3 Interoperabilidade | 8 |
| 5.4 Níveis de BIM | 9 |
| 5.5 Sistemas de Classificação da Informação | 10 |
| 5.5.1 NBR 15.965 | 10 |
| CASA BUTANTÃ | 12 |
| DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA | 17 |
| 7.1 Casa Butantã | 17 |
| 7.2 Primeiros Passos | 17 |
| 7.3 Configurações Iniciais | 18 |
| 7.4 Configurações do Terreno | 20 |
| 7.5 Criação das Linhas Base | 20 |
| 7.6 Plataformas de construção | 22 |
| 7.7 Zoneamento e Espaços | 25 |
| 7.8 Término da Estrutura | 26 |
| 7.9 Escadas | 28 |
| 7.10 Paredes | 29 |
| 7.11 Ajuste do Zoneamento | 30 |
| 7.12 Colocação do Piso | 30 |
| 7.13 Inserção das Portas | 31 |
| 7.14 Inserção das Clarabóias | 33 |
| 7.15 Inserção das Janelas | 34 |
| 7.16 Ajuste das Fachadas | 35 |
| 7.17 Ajuste do Pavimento Térreo | 36 |
| 7.18 Peças Hidrossanitárias | 36 |
| 7.19 Procedimentos Finais | 37 |

| | |
|----------------------------|----|
| RESULTADOS DA PESQUISA | 38 |
| 8.1 Material didático | 38 |
| 8.2 Tabelas | 38 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 39 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |
| APÊNDICES | 42 |

1. RESUMO

A presente pesquisa está inserida em uma série de pesquisas que tem como objetivo estudar a aplicabilidade de softwares BIM na prática e ensino da Arquitetura no Brasil.

Em primeiro lugar, foi feita uma pesquisa bibliográfica acerca dos processos da Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling - BIM). Em seguida, foi elaborado um modelo BIM, no Autodesk Revit, da Casa Butantã do arquiteto Paulo Mendes da Rocha. Esse modelo servirá para a composição de um material didático. Ademais, com a pesquisa, é procurado usar o SIC da NBR 15.965 na classificação dos espaços e elementos da construção no processo de modelagem, usando das tabelas 3E e 4A, que apenas foram publicadas neste ano.

Por fim, pretende-se contribuir com o desenvolvimento da disciplina obrigatória AUT0514 - Computação Gráfica e a disciplina optativa AUT0587 Modelagem da Informação da Construção (BIM) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

2. INTRODUÇÃO

Na década de 1960, o processo inteiramente manual de projeto arquitetônico foi deixado de lado com a criação do CAD (Computer-Aided Drafting/Design, ou projeto/desenho assistido por computador). Porém, essa tecnologia só foi alcançada no início por grandes empresas, como a Boeing, com o projeto do Boeing 747. Ela fica acessível a todos com a microinformática, em meados dos anos 1980. Essa tecnologia permitiu a automatização de desenhos arquitetônicos e a produção de desenhos simples com linhas.

Em sua segunda geração, foi oferecido aos usuários visualizações do edifício em suas três dimensões. No final da década de 1980, é desenvolvido o primeiro software CAD 3D paramétrico, precursor dos softwares BIM, o Gable, pela equipe do Prof. Bryan Lawson da Universidade de Sheffield no Reino Unido. Porém, não houve sucesso em sua progressão por conta de severas deficiências em seu processo de design (LAWSON, 1998). Simultaneamente, uma empresa húngara lançava outro software CAD “para arquitetos”, o ArchiCad. Em seu lançamento, não era um software BIM porém, com o desenvolvimento da microcomputação, se desenvolveu até o que conhecemos hoje.

O desenvolvimento e a adoção da tecnologia dos softwares BIM ofereceram um avanço significativo em termos de eficiência e maior sustentabilidade do processo de produção na arquitetura. Essa tecnologia oferece ao projetista, ou toda uma equipe a possibilidade de construir o projeto virtualmente, de uma maneira mais eficiente, além de explorar possibilidades e detectar erros rapidamente.

No entanto, os softwares BIM não compreendem a totalidade da construção brasileira, e nem seus processos, o que acaba por dificultar a sua adoção. Assim, na prática e ensino de arquitetura no Brasil, é necessário a adequação dos softwares para que seja possível a produção de modelos usando os processos construtivos empregados no Brasil e seguindo as normas técnicas brasileiras.

3. OBJETIVO

O objetivo da presente pesquisa é contribuir com a inserção da tecnologia BIM, no ensino e na prática da arquitetura no Brasil. Proposto pelo estudo do uso do software BIM Revit da Autodesk no processo de projeto de uma casa representativa da arquitetura brasileira, a Casa Butantã, do arquiteto Paulo Mendes da Rocha. Desse modo, proporciona-se uma melhor compreensão das etapas projetuais e construtivas.

4. MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa tem como referência textos selecionados pelo orientador sobre BIM - Modelagem da Informação da Construção (LAWSON, 1998; SUCCAR, 2009; EASTMAN et al., 2011; BORRMANN et al., 2018). A respeito do edifício estudado, foi utilizado como referência os desenhos do livro Casa Butantã: Paulo Mendes da Rocha (ODONTO,2016). E, no que tange ao software, foi feito o estudo a partir de tutoriais disponibilizados pela própria empresa e pela pesquisa anterior (SANTANA, 2021).

O método usado tem como base o aplicado em pesquisas anteriores, a exemplo do realizado por Santana (2021) e seguindo os dispostos na norma NBR 19.965. Nele, se espera a construção de duas tabelas, uma que indica a eficácia da representação alcançada pela pesquisa, e outra da eficiência do processo de projeto com o uso do software, no caso da presente pesquisa, o Revit. A primeira tabela é analisada a partir dos desenhos finais produzidos da modelagem, e a segunda tabela, examina o percurso, ou seja, a busca por um processo plausível, do todo para os detalhes. Essas tabelas podem ser encontradas no item 08 deste relatório.

5. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A fase inicial do projeto se deu pela leitura de textos, indicados pelo orientador do projeto, que permitiram a compreensão da tecnologia BIM (Modelagem da Informação da Construção), do processo e os elementos que se dão na simulação de construção nesse modelo.

5.1 Modelagem da Informação da Construção (BIM)

O termo BIM, Modelagem da Informação da Construção (do inglês Building Information Modeling), se refere a uma tecnologia de informação aplicada na área de Arquitetura e Construção Civil, ou seja, é uma metodologia do ramo da construção civil e arquitetura, de projetar a partir da modelagem 3D e da associação de informações, que engloba todo o processo de projeto de determinada edificação (NEW ZEALAND BIM HANDBOOK, 2014).

A diferença entre projetos comuns para aqueles feitos a partir de um software BIM é a integração de uma associação semântica aos elementos construtivos. Isto é, com a metodologia BIM, é possível armazenar e trocar informações sobre um projeto digitalmente, possibilitando uma melhor administração, tornando o processo mais engenhoso e facilitando a comunicação entre as partes (BORRMANN et al., 2018).

Assim, a tecnologia BIM possibilita que informações gráficas sejam armazenadas em um banco de dados que melhora a coordenação das atividades do projetista, as simulações, as configurações e o controle do processo construtivo (BORRMANN et al., 2018).

5.2 Parametrização

O modelo gerado pela tecnologia BIM é orientado por relações e elementos paramétricos, ou seja, que possuem valores e propriedades associados a uma classe de elementos. Contrastando assim com a representação geométrica, que divide os elementos usados com o uso de simbologias. Dessa forma, qualquer alteração feita em um projeto que usa o BIM, essa mudança é atualizada uma única vez no modelo. Ou seja, em um processo de projeto tradicional, uma alteração pode demandar a revisão de todos os desenhos, um processo trabalhoso e sujeito a erro.

Já em softwares BIM, se ocorre uma mudança em um desenho, os outros são atualizados automaticamente.

Além disso, com o BIM é possível gerar as plantas, cortes e elevações de um projeto automaticamente a partir de um único modelo e os elementos que são atualizados imediatamente em qualquer vista do projeto. Tal pois, na modelagem paramétrica, os objetos apresentam comportamentos baseados em regras que reduzem erros de coerência no projeto. Isso faz com que a redundância seja reduzida nas informações projetuais (EASTMAN et al., 2011). Essa facilidade é diferente do modelo CAD, em que o modelo é resultado do conjunto dos desenhos e, cada projeção de um projeto deve ser desenhada independentemente das outras. Ou seja, no CAD o modelo é o resultado dos desenhos, e com software BIM, os desenhos podem ser gerados a partir do modelo.

5.3 Interoperabilidade

Com esse requisito, o projetista (ou equipe) responsável pelo projeto, constroem o edifício virtualmente, o que permite uma análise mais eficiente, calcular custos, explorar possibilidades e possíveis erros construtivos (SUCCAR, 2009). Dessa forma, é possível relacionar todas as disciplinas (arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica, etc.) presentes no projeto de um edifício, prevendo assim as incompatibilidades construtivas.

A produtividade de um projeto depende de uma boa comunicação entre os componentes. Para essa comunicação fluir bem, é necessário um meio de comunicação claro, ou seja, uma linguagem comum entre os diferentes membros do projeto. Assim, a interoperabilidade é a capacidade de trocar dados entre aplicações facilitando os fluxos de trabalho e por vezes, sua automação (EASTMAN et al., 2011).

Com o objetivo de garantir a interoperabilidade de um projeto, a BuildingSMART criou um formato neutro padrão para a troca de informações chamado de IFC (Industry Foundation Classes). Esse formato estabeleceu um padrão internacional para a troca de informações sobre objetos construtivos e suas propriedades.

5.4 Níveis de BIM

Para entender a tecnologia BIM, também precisamos entender os seus níveis. Há três aspectos que são determinados de acordo com o que se pretende atender com o projeto, esses aspectos são: nível de maturidade, usos e nível de desenvolvimento. Esse acordo é feito através do PEB (Plano de Execução BIM), entre as partes relacionadas ao projeto, com o intuito de dar clareza a atribuições e requisitos em cada etapa do processo de projeto (BORRMANN et al., 2018).

O primeiro aspecto é o nível de maturidade. Nele, é medido o uso do BIM. Assim, o estágio Pré-BIM é um projeto que não faz o uso dessa tecnologia. O estágio I relaciona-se a quando um dos projetistas utiliza de softwares BIM na modelagem e ocasionalmente, converte os resultados de outros parceiros para criar resultados mais completos. No estágio II, é onde mais colaboradores passam a utilizar softwares BIM e realizam trocas entre eles em um formato neutro, como o IFC. Já o estágio III, passa a englobar grande parte dos fornecedores do projeto do começo ao fim utilizando softwares BIM. Nesse estágio, o trabalho conjunto é visto em tempo real através de uma exibição única nomeada Modelo Federado, ou seja, um conjunto dos modelos de todas as partes. Assim, o estágio Pós-BIM é um estágio em que todos os colaboradores, como projetistas, construtores, fornecedores utilizam de softwares BIM durante todo o processo projetual (SUCCAR, 2009).

O segundo aspecto é o uso do BIM. O primeiro e mais básico é o 3D, que abrange apenas a modelagem do projeto. Em certo momento, passou-se a falar em BIM 4D, que incluiu o planejamento e programação da construção. Depois disso, o 5D, que incluiu os custos. E assim, o BIM 6D, que é capaz de agregar ferramentas para futura gestão da obra. Nesse sentido, o uso de sistema de classificação da informação, que iremos abordar mais a frente, torna-se importante para que se evitem erros na modelagem. Ademais, durante a automação dos processos de licitação, organização da produção, aquisição dos insumos e equipamentos, contratação de serviços, etc.

O terceiro aspecto é o nível de desenvolvimento. Existem dois tipos desse nível: o Level of Development (LOD) e o Level of Model Development (LOMD). O LOD define o nível de completude de cada elemento, de acordo com o objeto que se pretende alcançar. Ele é a junção de diferentes subníveis: Level of Detail (LOd),

Level of Accuracy (LOa), Level of Information (LOi) e Level of Coordination (LOc). Já o LOMD, define o desenvolvimento do projeto como um todo, e o nível mínimo de desenvolvimento deve ser definido pelo time seguindo o propósito do projeto. Vale ressaltar que em cada região há diferentes normas, e se faz necessário consultar o caderno específico (NEW ZEALAND BIM HANDBOOK, 2014).

5.5 Sistemas de Classificação da Informação

Um grande elemento no processo de modelagem com BIM é a Classificação da Informação. Ou seja, um sistema que contenha uma classificação dos objetos de um projeto, o que facilita a interoperabilidade nos modelos IFC. No entanto, hodiernamente, não existe um sistema de classificação universal, uma vez que cada região ou país possui suas próprias características e peculiaridades. Assim, surgem sistemas específicos para diferentes localidades.

Dois exemplos de sistemas são o Omniclass e o Uniclass. O primeiro é utilizado na América do Norte, na área da construção. É baseado na norma ISO-12006-3 (2007), traduzido para o português como ABNT-NBR-ISO-12006-2, e atende como um repositório unificado das informações a partir de bancos de dados relacionados. O segundo é um sistema de classificação hierárquico baseado em uma série de tabelas no Reino Unido, desenvolvido pelo CPIC (Construction Industry Project Information Committee).

5.5.1 NBR 15.965

Ainda não existe um sistema desenvolvido para o Brasil porém, a normatização atual baseia-se na NBR 15.965, que estabelece uma terminologia e estrutura de classificação para a tecnologia de modelagem da informação da construção na indústria brasileira de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

A NBR 15.965 se divide em 7 partes com 13 tabelas que descrevem, cada uma, uma classe da construção:

- 1) Terminologia e classificação, publicada em 2011;
- 2) Características dos objetos da construção, publicada em 2012, sendo as tabelas:
 - a) OM – Materiais da construção;

- b) 0P – Propriedades da construção.
- 3) Processos da construção, publicada em 2014, sendo as tabelas:
 - a) 1F – Fases da construção;
 - b) 1S – Serviços da construção;
 - c) 1D – Disciplinas da construção.
- 4) Recursos da construção, publicada em 2022, sendo as tabelas:
 - a) 2N – Funções organizacionais da construção;
 - b) 2Q – Equipamentos da construção;
 - c) 2C – Componentes da construção.
- 5) Resultados da construção, publicada em 2022, sendo as tabelas:
 - a) 3E – Elementos da construção;
 - b) 3R – Resultados da construção.
- 6) Unidades da construção, publicada em 2022, sendo as tabelas:
 - a) 4U – Unidades da construção;
 - b) 4A – Espaços da construção.
- 7) Informação da construção, publicada em 2015, sendo a tabela:
 - a) 5 – Informações da construção.

Para esta pesquisa, iremos adotar a NBR 15.965. No entanto, essa norma não está disponível para uso no software Revit, e assim, será inserida no modelo manualmente. Ademais, neste ano a NBR 15.965 foi lançada em sua totalidade, e assim, as tabelas 4A e 4U lançadas recentemente irão entrar à modelagem integralmente.

6. CASA BUTANTÃ

A Casa Butantã (figuras 01 e 02) foi projetada por Paulo Mendes da Rocha juntamente a João de Gennaro, terminada em 1964, onde morou com sua família entre os anos 70 e 90, e hoje serve como moradia para seu filho, Lito Mendes da Rocha. A casa é de grande importância para a Arquitetura Moderna Brasileira. A construção, como o próprio Paulo afirmava, foi uma espécie de laboratório para o arquiteto, e nela empregou grandes princípios do ideário moderno (OTONDO, 2016).

Figuras 01 e 02: Casa Butantã.



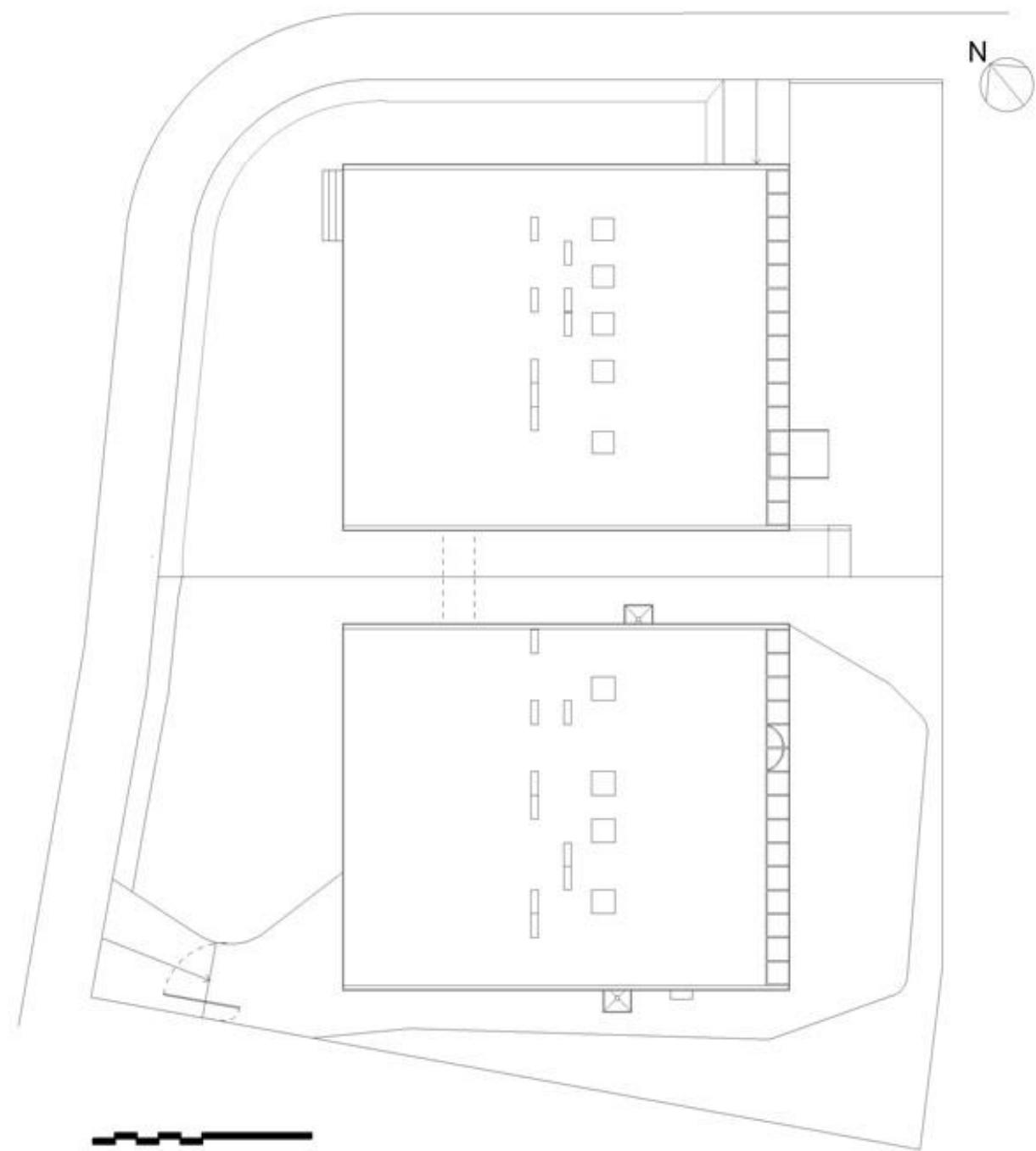
Autor: Nelson Kon. Disponível em:

<<https://www.archdaily.com.br/br/01-181073/classicos-da-arquitetura-casa-no-butanta-slash-paulo-mendes-da-rocha-e-joao-de-gennaro>>

A construção da casa se deu em frente a Casa do Bandeirante, na esquina entre a Rua Eng. João de Ulhôa Cintra e a Praça Monteiro Lobato, no bairro do Butantã em São Paulo. Lá, Paulo construiu duas casas gêmeas, uma para sua família, a casa da esquina, e a casa do lado para a família de sua irmã, Lina. O terreno da Casa Butantã possui 670m².

Sua implantação, mostrada da figura 03, foi feita de modo com que a casa ficasse elevada e, para isso, o arquiteto realizou um corte no talude do terreno, elevado 2,00m em relação ao nível da calçada, para que o térreo se tornasse um pátio (figura 02), elevado 0,5m em relação ao nível da calçada. Esse pátio, que tem acesso dado por uma rampa, tem uso para estacionamento e uso coletivo, e tem espaço marcado apenas para área de serviço (figura 05).

Figura 03: Implantação Casa Butantã.



Autor: Ruth Verde Zein. Disponível em:

<http://www.arquiteturabrutalista.com.br/fichas-tecnicas/DW%201964-81/1964-81-fichatecnica.htm>

O volume da casa é dado apenas por seis superfícies de concreto que, juntas, formam um espaço interior único, e apresenta duas fachadas cegas e as outras duas quase completamente transparentes, representado pela figura 04.

Figura 04: Janelas Casa Butantã.

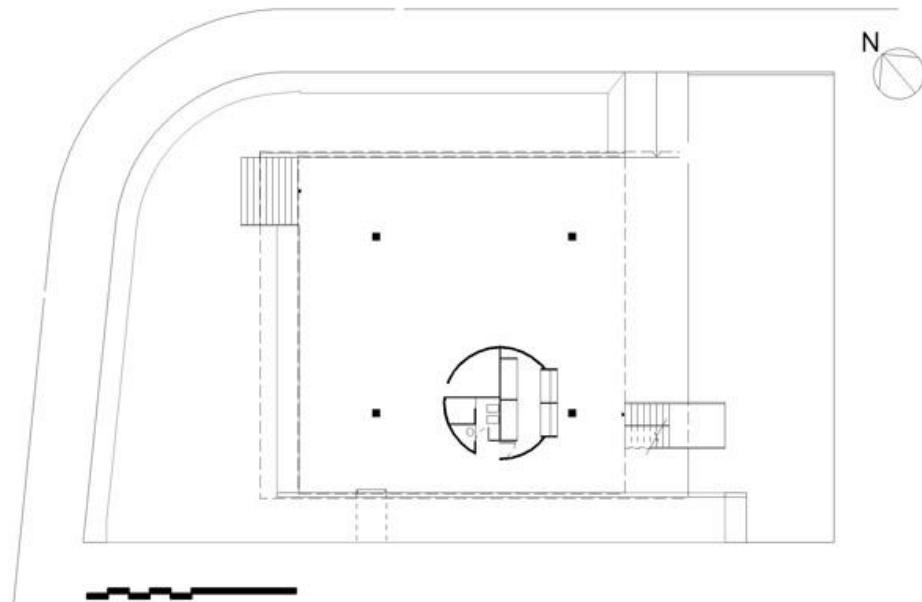


Autor: Nelson Kon. Disponível em:

<<https://www.archdaily.com.br/br/01-181073/classicos-da-arquitetura-casa-no-butanta-slash-paulo-mendes-da-rocha-e-joao-de-gennaro>>

Como mostrado na figura 05, a estrutura também é reduzida, a sustentação da casa é feita por quatro pilares. E assim, a planta da casa foi feita como se fosse uma casa térrea elevada.

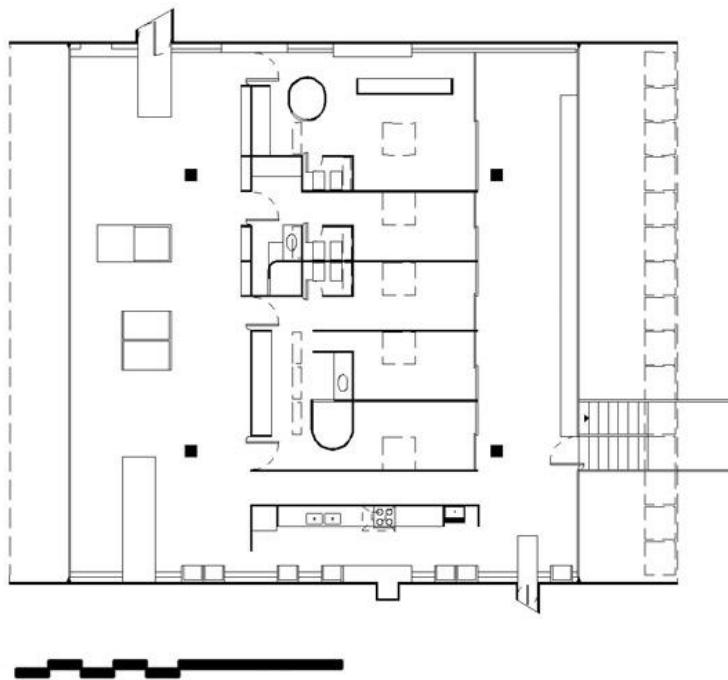
Figura 05: Pavimento Térreo Casa Butantã.



Autor: Ruth Verde Zein. Disponível em:

<<http://www.arquiteturabrutalista.com.br/fichas-tecnicas/DW%201964-81/1964-81-fichatecnica.htm>>

Figura 06: Pavimento Superior Casa Butantã.



Autor: Ruth Verde Zein. Disponível em:

<http://www.arquiteturabrutalista.com.br/fichas-tecnicas/DW%201964-81/1964-81-fichatecnica.htm>

Assim como representado na figura 06, no espaço interno, a separação entre as áreas de estar, dormir e trabalhar é feita apenas por paredes finas que não vão até o teto e também não possuem janelas, pois elas estão no teto. Os quartos se encontram no meio da casa, formando assim duas varandas laterais, onde se dão os espaços sociais e de serviço. Essa distribuição eliminou a necessidade de grandes corredores, e também de muitas portas. Outro aspecto importante, é a extensão do uso de concreto no mobiliário, como mesa de jantar e prateleiras. (OTONDO, 2016)

Ademais, a entrada da casa se dá por uma escada também de concreto, mas que não possui nenhuma ligação com a casa, representada pela figura 07.

Figura 07: Escada Casa Butantã.



Autor: Nelson Kon. Disponível em:

<<https://www.archdaily.com.br/br/01-181073/classicos-da-arquitetura-casa-no-butanta-slash-paulo-mendes-da-rocha-e-joao-de-gennaro>>

7. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Um dos produtos finais desta pesquisa é o material didático que, apesar de não ser entregue junto ao presente relatório, pode ser encontrado através do link: <https://drive.google.com/drive/folders/1xFltISYSqIkZ7RFBBuzmB5lZbCcfpojm?usp=sharing>.

A seguir, está uma síntese do desenvolvimento da pesquisa, demonstrada a fundo no material didático.

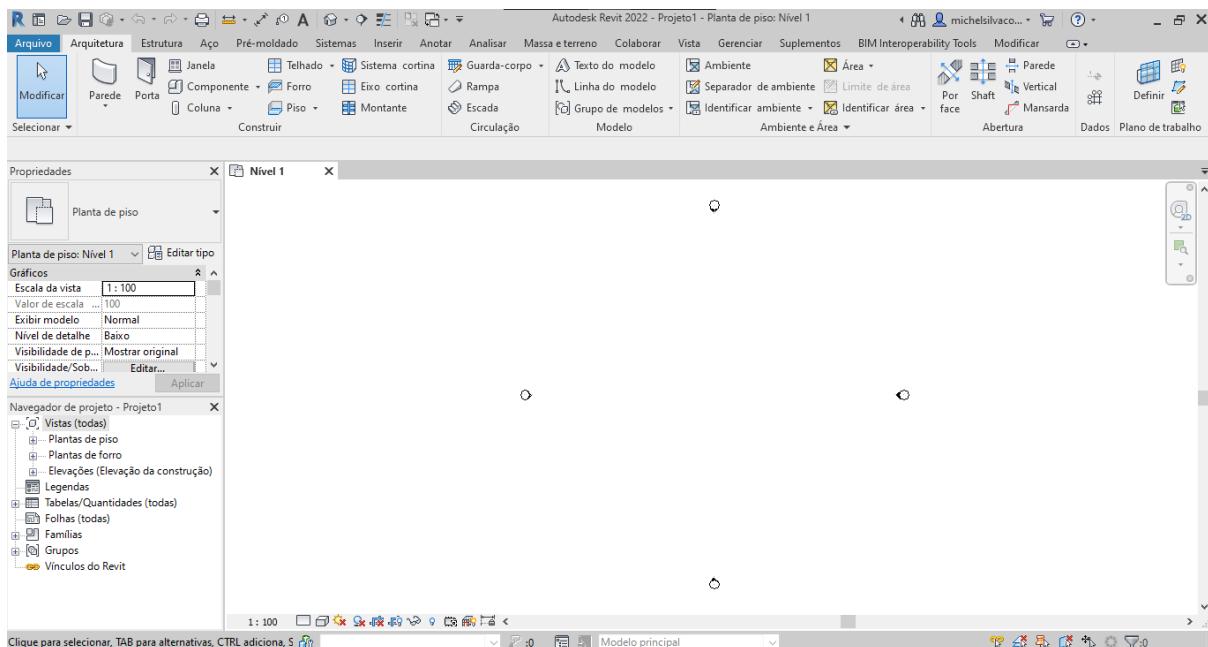
7.1 Casa Butantã

Como o material didático pode ser entendido como um objeto independente a este relatório final, foi feita uma introdução ao objeto de estudo da pesquisa, ou seja, a Casa Butantã.

7.2 Primeiros Passos

Os primeiros passos do material didático abrangem desde a instalação do software e criação de um novo projeto. Ademais, foi feita uma descrição detalhada da interface do Autodesk Revit (Figura 08), para promover um maior entendimento das abas e meios para as diferentes funcionalidades do software. Aqui, também é mostrado como o usuário pode personalizar essa interface de acordo sua afinidade.

Figura 08: Interface do Revit.

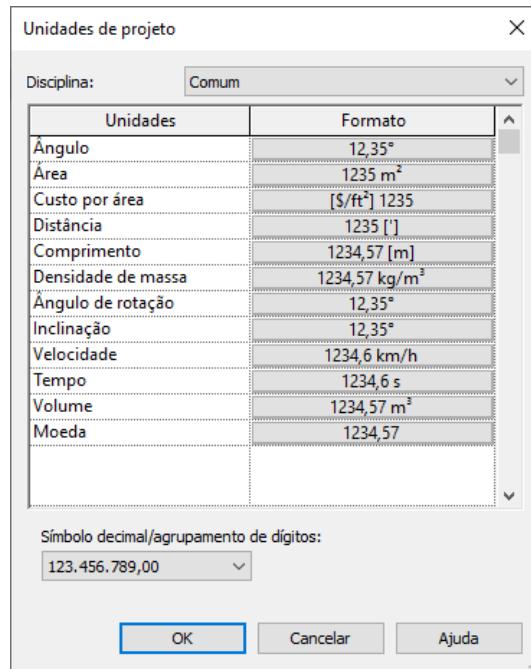


Fonte: do autor.

7.3 Configurações Iniciais

Agora, antes da inserção dos elementos construtivos deve-se fazer a configuração inicial do software para o nosso projeto. Assim, configurou-se as unidades (Figura 09) e a localização do edifício (Figura 10).

Figura 09: Parâmetros das Unidades do Projeto.



Fonte: do autor.

Figura 10: Localização do Projeto.

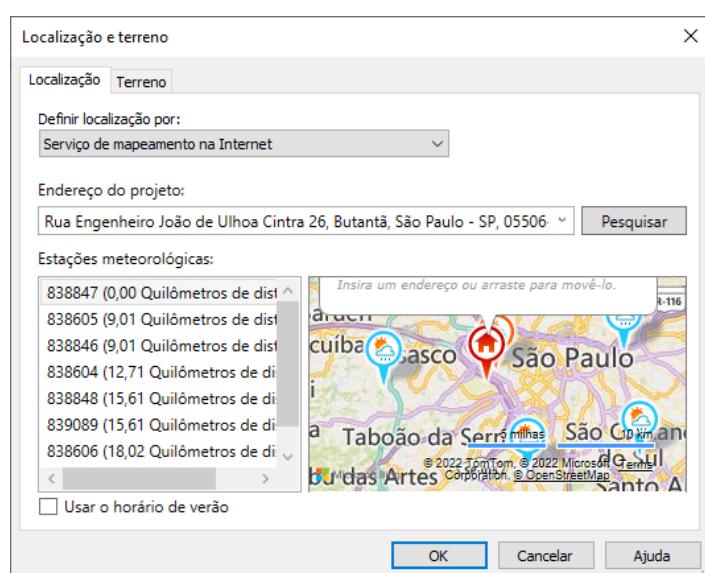
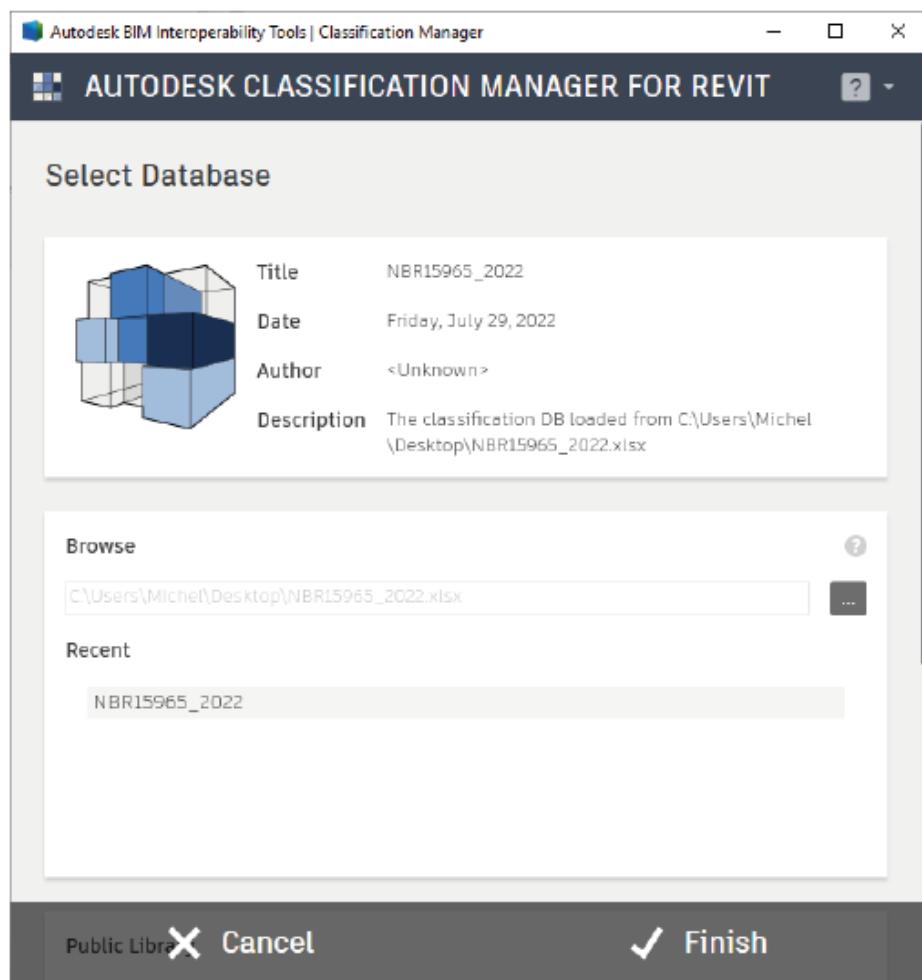


Figura 16: Localização do Projeto. Fonte: do autor.

Ademais, outra configuração importante é definida, a Classificação da Informação. No software Revit existem tabelas de classificação da informação pré-configuradas, porém nenhuma delas possui validade no Brasil, como é o caso da NBR 15965, que por sua vez, foi lançada em sua totalidade apenas este ano. Assim, foi inserido do Revit, um arquivo com as tabelas da norma (Figura 17). Vale ressaltar que este arquivo está disponível como anexo no tutorial.

Figura 17: Configuração da tabela da Classificação da Informação.



Fonte: do autor.

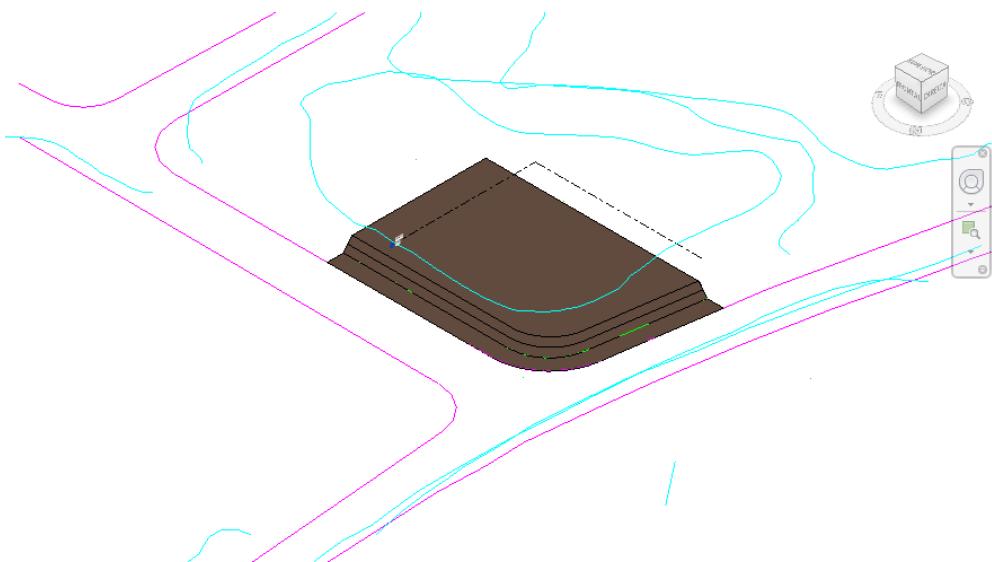
Ademais, nessa parte foi mostrado pela primeira como salvar um arquivo no software Revit.

7.4 Configurações do Terreno

A partir disso, começou de fato a modelagem da Casa Butantã, começando pelo seu terreno. Como já explicado anteriormente, o terreno do edifício possui um talude, e criamos ele durante essa etapa. Nela, foi utilizado um arquivo DWG que possuía a configuração do terreno com as curvas de nível, que será disponibilizado como anexo.

Assim, foi explicado como usar arquivos externos ao Revit, e a aba de Massa e Modelo, usada para criar a superfície topográfica a partir do arquivo DWG. Ademais, foram feitos ajustes na orientação do projeto para o Norte do Projeto e o Norte Verdadeiro. O resultado desta etapa está representado na Figura 18.

Figura 18: Resultado do terreno.

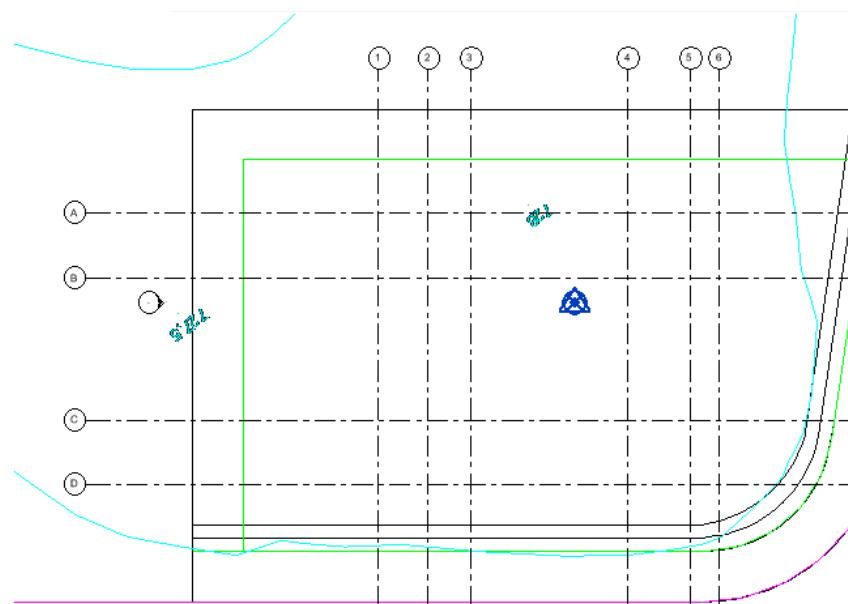


Fonte: do autor.

7.5 Criação das Linhas Base

O projeto foi modelado a partir das linhas base: os eixos e níveis. Assim, é fundamental a criação deles no começo do processo de projeto. Primeiramente foram inseridos os eixos, foi explicado como inseri-los e ajustar a sua nomeação. O resultado da criação dos eixos é definido pela Figura 19.

Figura 19: Resultado da criação dos eixos.



Fonte: do autor.

O próximo passo foi a criação dos níveis. Estes níveis, no Revit, podem ser associados a elementos construtivos, como paredes e pisos, e também os espaços. Esta associação atua como uma restrição e permite que todos os elementos associados se ajustem, automaticamente, ao movimento em uma elevação de um nível específico.

Na Tabela 01 foram apresentados os valores usados para a criação de cada nível. O nível denominado calçada é o nível que representa a cota 0,00, uma vez em que toda a casa está elevada 0,50m em relação ao nível da calçada. E também o nível talude foi inserido pois, como já explicado anteriormente, toda a casa é cercada por um talude, e esse nível irá nos ajudar referenciando na modelagem.

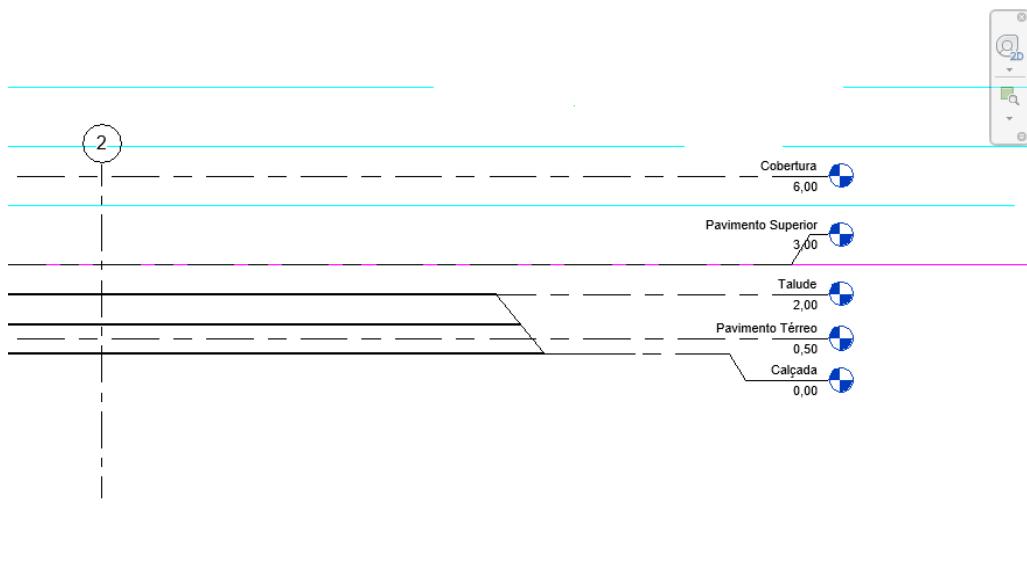
Tabela 01: Níveis do projeto.

| | |
|---------------------------|-------------|
| Calçada | 0,00 |
| Pavimento térreo | 0,50 |
| Talude | 2,00 |
| Pavimento superior | 3,00 |
| Cobertura | 6,00 |

Tabela 01: Níveis do projeto. Fonte: do autor.

O resultado final da criação dos níveis se encontra representado pela Figura 20.

Figura 20: Níveis finalizados.

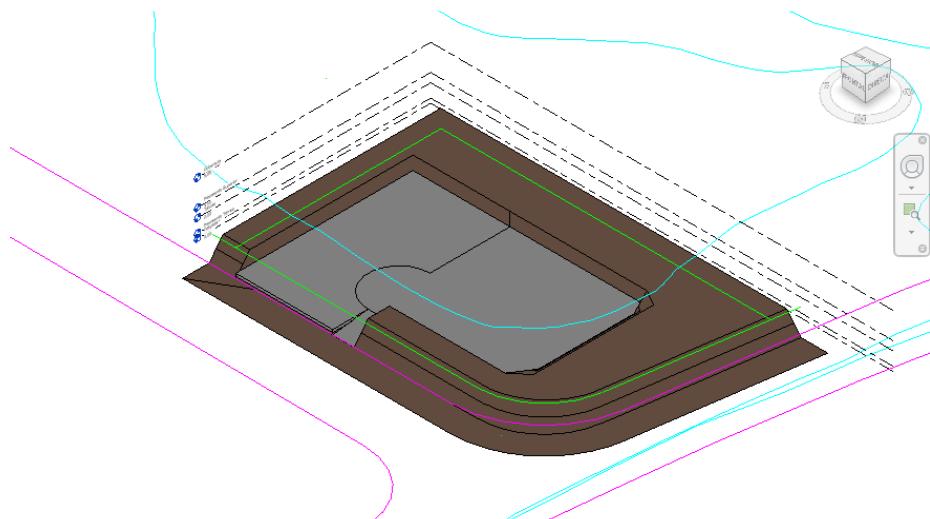


Fonte: do autor.

7.6 Plataformas de construção

A partir disso foram modelados os platôs da construção, visto que, como já dito anteriormente, a Casa Butantã está implantada em um pátio envolta por um talude. Aqui, também foi criada a rampa de acesso a esse pátio. O resultado final da criação das plataformas se encontra representado pela Figura 21.

Figura 21: Resultado das plataformas de construção.

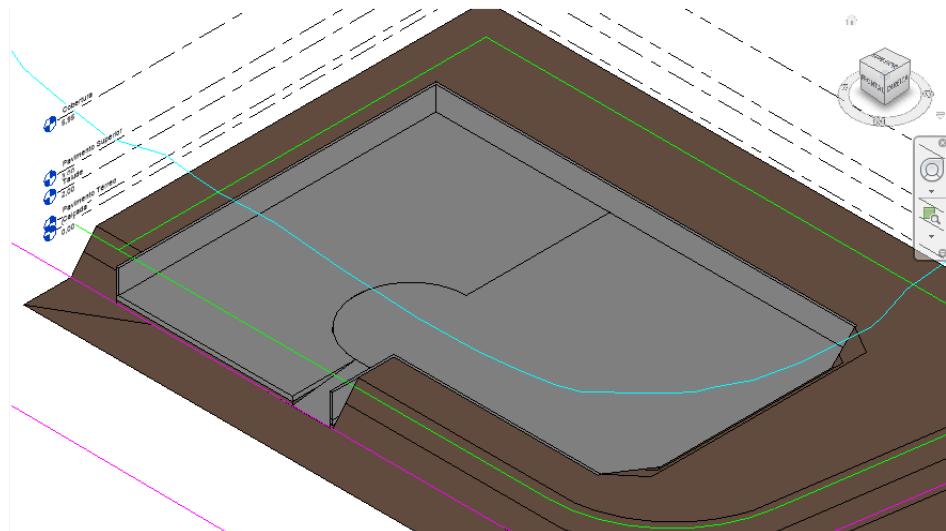


Fonte: do autor.

7.7 Inserção da Estrutura

Em primeiro lugar foram inseridos os muros de arrimo para suprir o carregamento do talude (Figura 22).

Figura 22: Resultado da inserção dos muros.

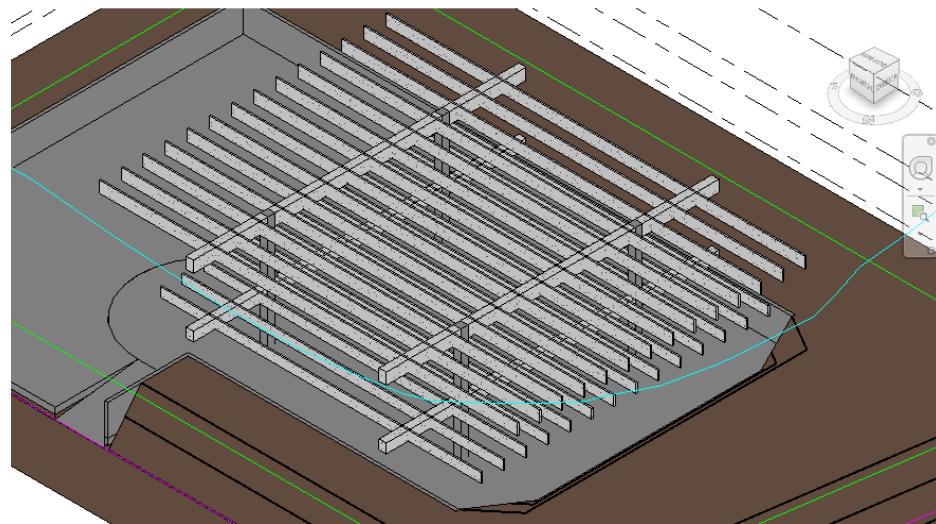


Fonte: do autor.

A partir disso, o próximo passo foi passar para a estrutura da Casa Butantã propriamente dita. O sistema estrutural dela é relativamente simples: são quatro pilares, que sustentam duas grelhas de vigas, uma para o piso do pavimento superior e outra para a cobertura, como representado na figura 23. Outro ponto

importante, é que a partir dos parâmetros das grelhas que se dá a maior das medidas dos outros elementos da casa, como as paredes do pavimento superior, portas e janelas.

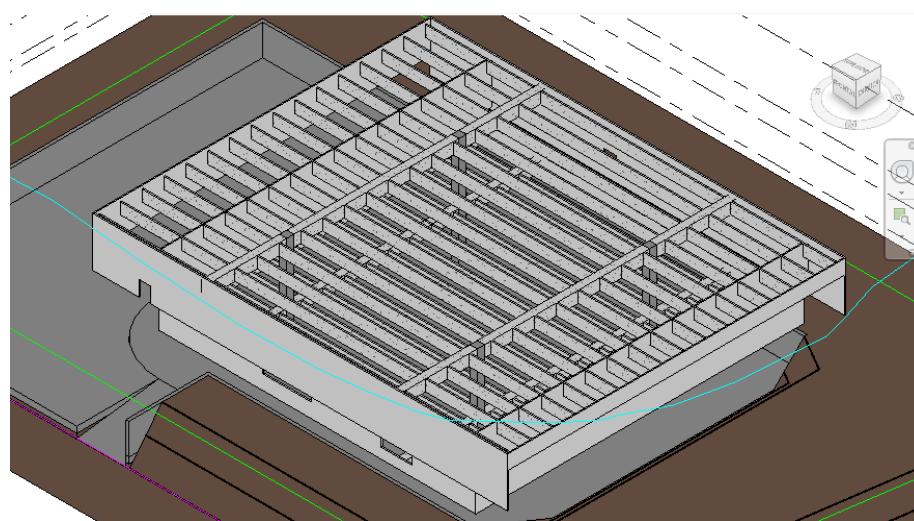
Figura 23: Estrutura da Casa Butantã.



Fonte: do autor.

Nesta parte foram criadas vários tipos de vigas, assim como as empenas, as próximas a serem inseridas no modelo (Figura 24), suas funções foram explicadas no material didático.

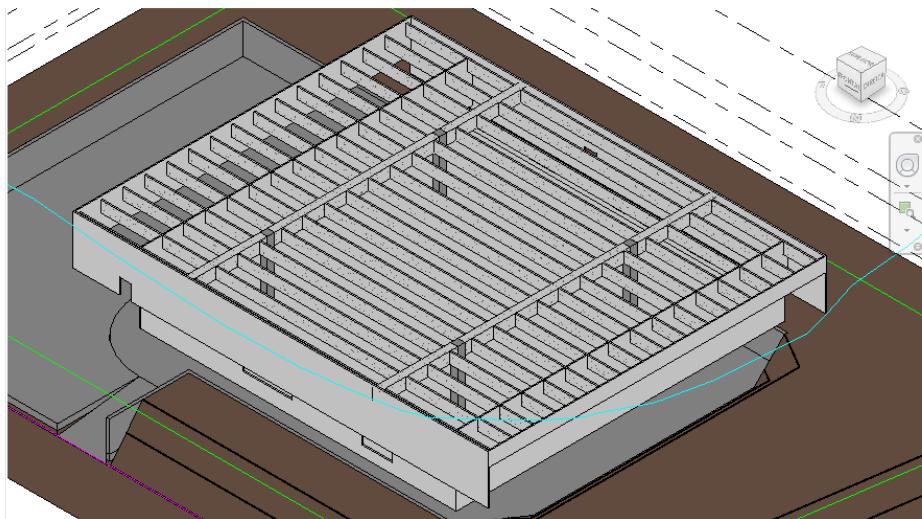
Figura 24: Resultado final das empenas.



Fonte: do autor.

O próximo passo foi a inserção da laje do pavimento superior, como representado pela Figura 25.

Figura 25: Resultado da laje.

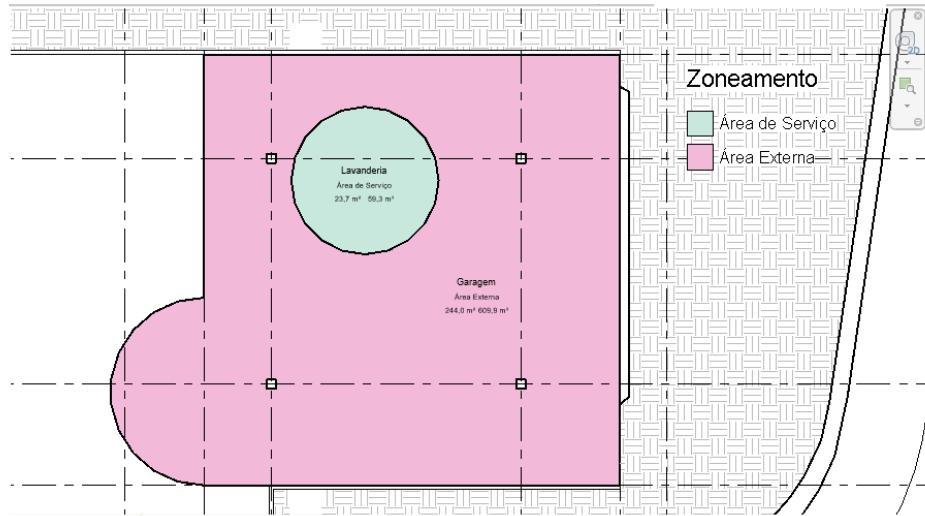


Fonte: do autor.

7.7 Zoneamento e Espaços

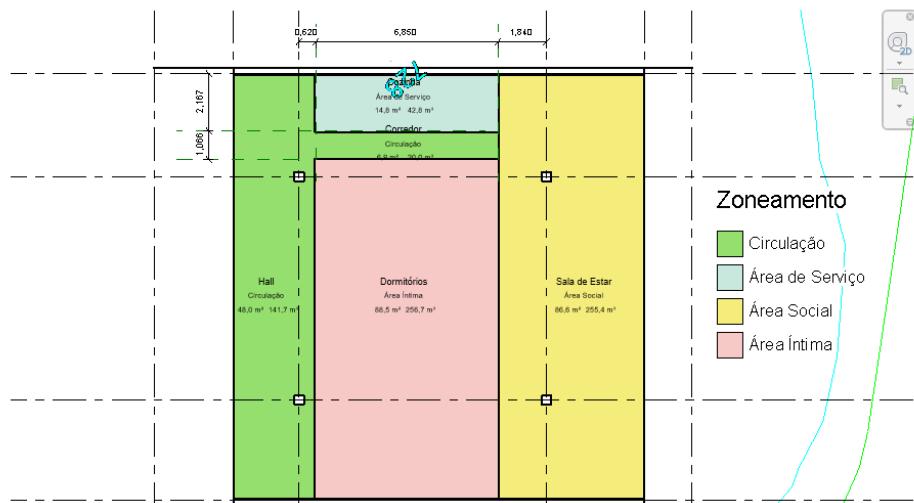
A partir dessa parte da modelagem, pode-se perceber que a Casa Butantã já estava com sua estrutura bem definida, por isso, tornou-se importante passar para o seu interior. Vale ressaltar que o exterior ainda não estava totalmente pronto, porém, seguindo o proposto pela metodologia, foi optado por definir os elementos genericamente antes de detalhar. Assim, definimos os espaços da Casa Butantã em um primeiro momento de uma forma genérica como mostrado pelas Figuras 26 e 27.

Figura 26: Primeiro zoneamento do pavimento térreo.



Fonte: do autor.

Figura 27: Primeiro zoneamento do pavimento superior.

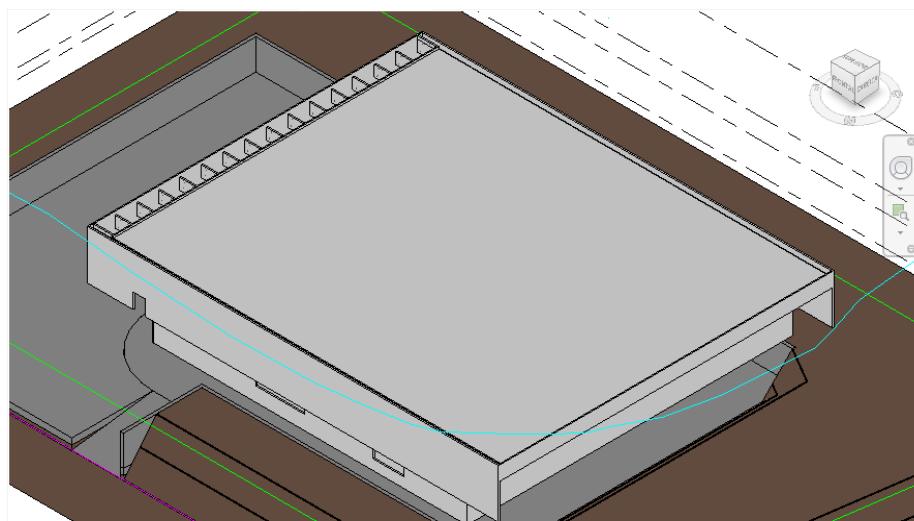


Fonte: do autor.

7.8 Término da Estrutura

A partir de um zoneamento genérico, voltamos para o exterior da residência. Assim, concluímos a estrutura da cobertura da Casa Butantã como representado pela Figura 28.

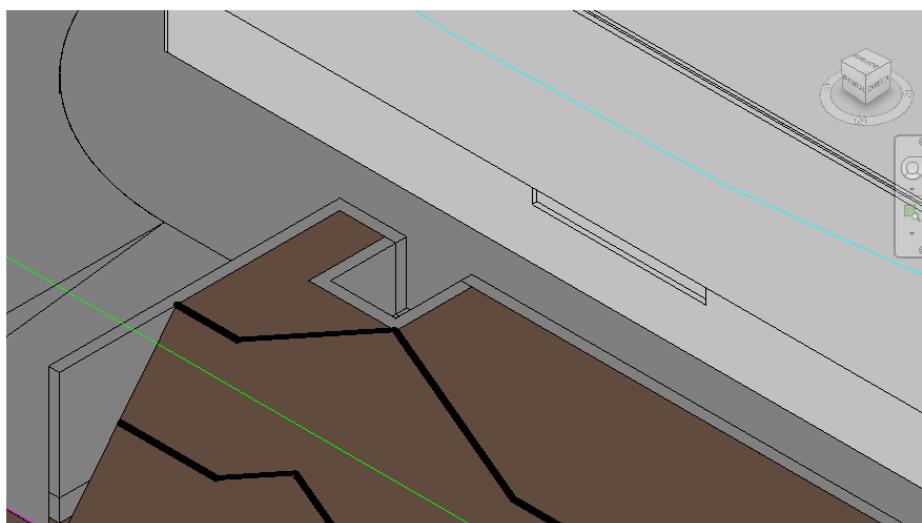
Figura 28: Resultado da cobertura.



Fonte: do autor.

Com a cobertura finalizada, o próximo elemento modelado foram os nichos para captação de água da chuva. Na Casa Butantã há dois nichos no pavimento térreo para captação de água da chuva, na etapa de projeto que chegaremos aqui, esse transporte de água não será representado, mas os nichos sim. O resultado dos nichos está representado pela Figura 29.

Figura 29: Resultado dos nichos.

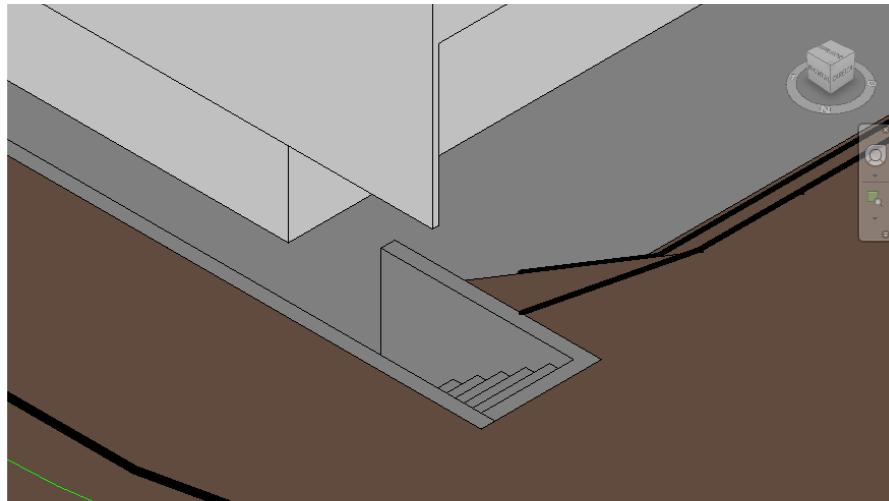


Fonte: do autor.

7.9 Escadas

Na Casa Butantã há duas escadas, uma que liga o pavimento térreo ao talude, e outra que liga o pavimento térreo ao pavimento superior. Primeiro foi modelada a escala do talude, que era mais simples (Figura 30).

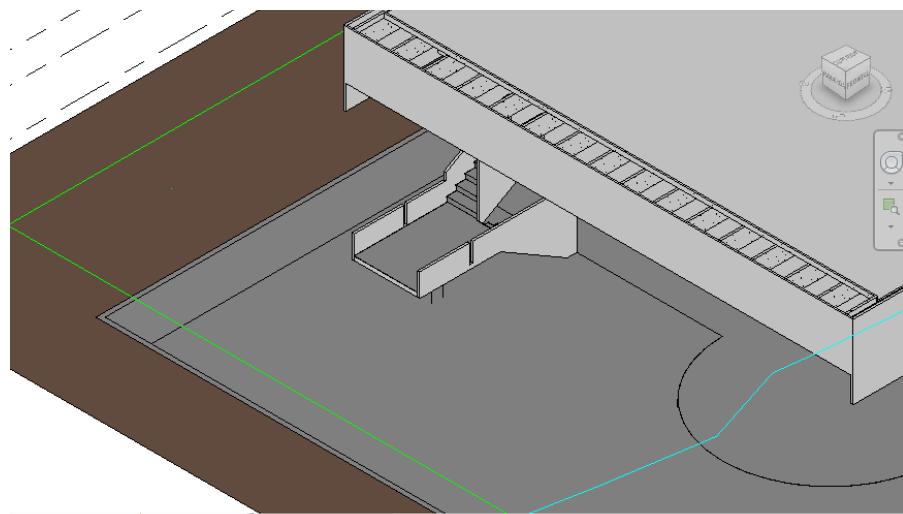
Figura 30: Resultado final da escada do talude.



Fonte: do autor.

Em seguida, foi modelada a escada do pavimento superior, que como é um pouco complicada, foi feita por croqui. Ademais, outro ponto importante é seu guarda-corpo, que foi feito com um tipo de parede e teve seu perfil modificado por croqui. O resultado está representado pela Figura 31.

Figura 31: Resultado final da escada do pavimento superior.

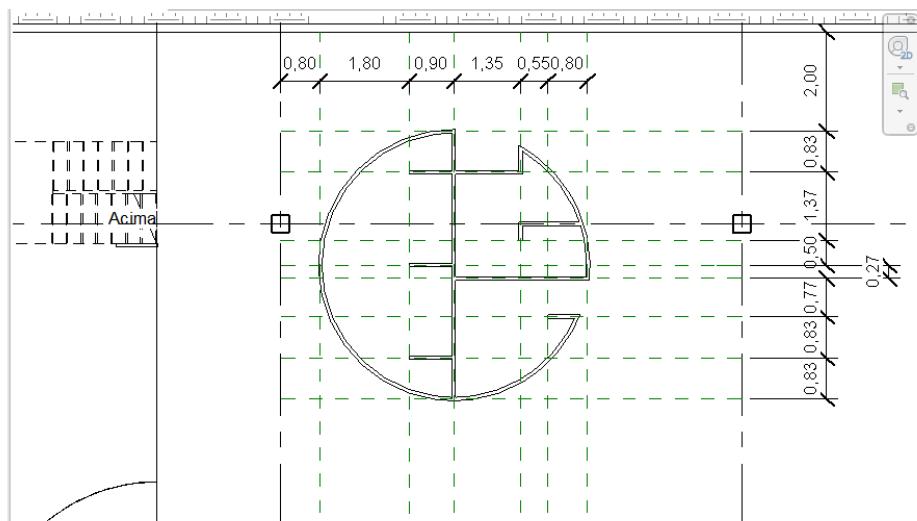


Fonte: do autor.

7.10 Paredes

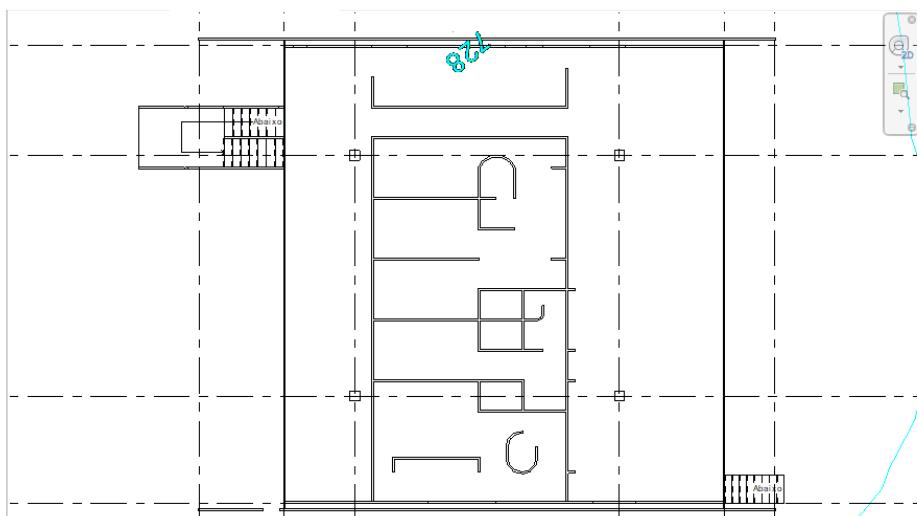
A partir disso, voltamos para o interior da Casa Butantã. Com o espaçamento genérico e planos de referências que criamos, partimos para a inserção das paredes nos dois pavimentos, como representado pelas Figuras 32 e 33.

Figura 32: Planta do pavimento térreo.



Fonte: do autor.

Figura 33: Planta do pavimento superior.

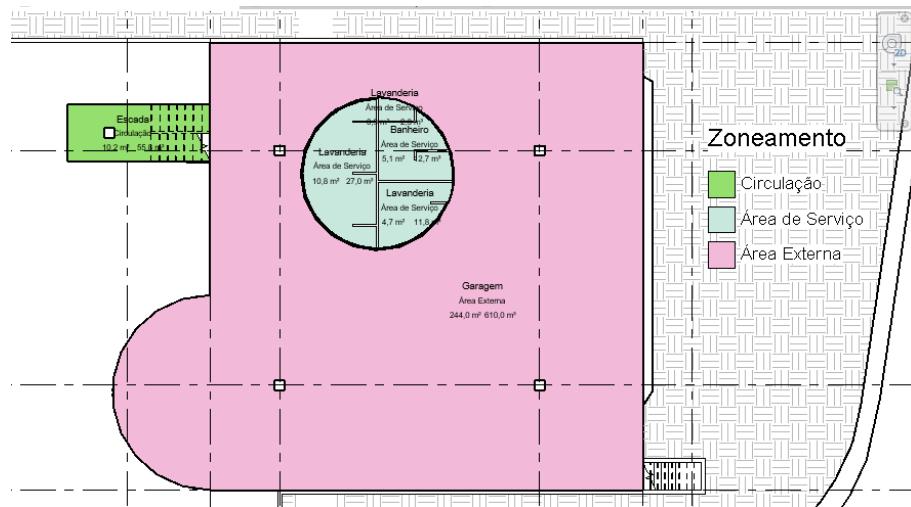


Fonte: do autor.

7.11 Ajuste do Zoneamento

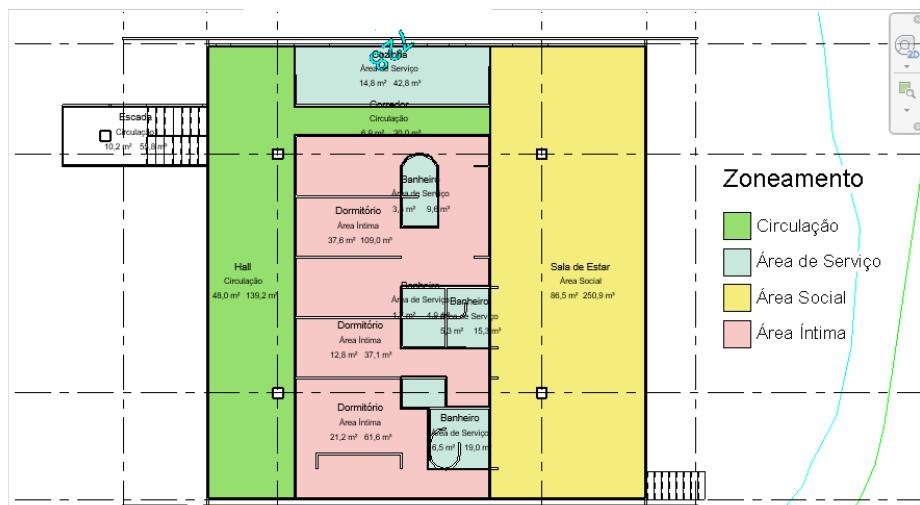
Agora, ajustamos o zoneamento de acordo com as paredes que acabamos de criar, seguindo o pressuposto da metodologia da pesquisa.. O resultado está representado pelas Figuras 34 e 35.

Figura 34: Zoneamento do pavimento térreo finalizado.



Fonte: do autor.

Figura 35: Zoneamento do pavimento superior finalizado.

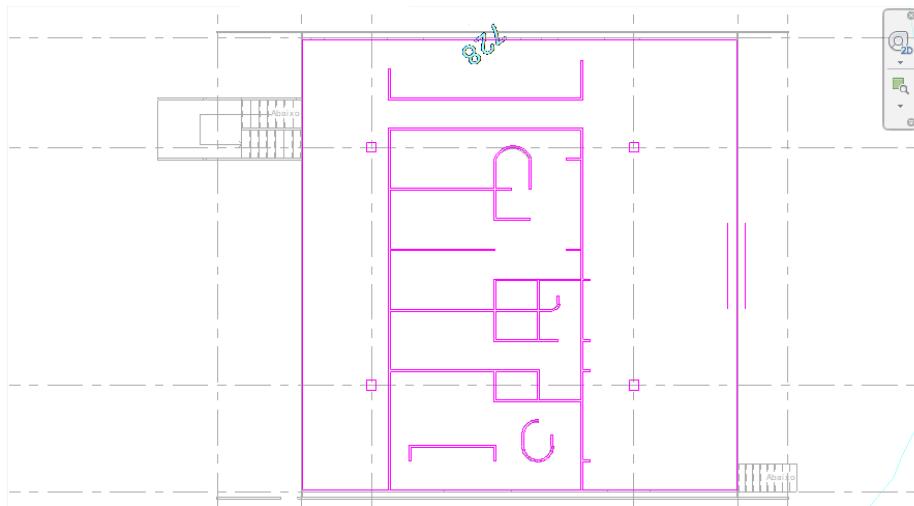


. Fonte: do autor.

7.12 Colocação do Piso

O próximo passo da modelagem foi a colocação do piso do pavimento superior. Ele foi inserido imediatamente acima da laje do pavimento (Figura 36).

Figura 36: Inserção do piso.



Fonte: do autor.

7.13 Inserção das Portas

Neste momento foram criadas as portas e suas famílias. Na Casa Butantã existem portas de abrir, pivotantes e de correr. Também foram definidas suas variações de dimensões, função e lado de abertura. A identificação das portas está na Tabela 02 e o resultado da inserção está representado nas Figuras 37 e 38.

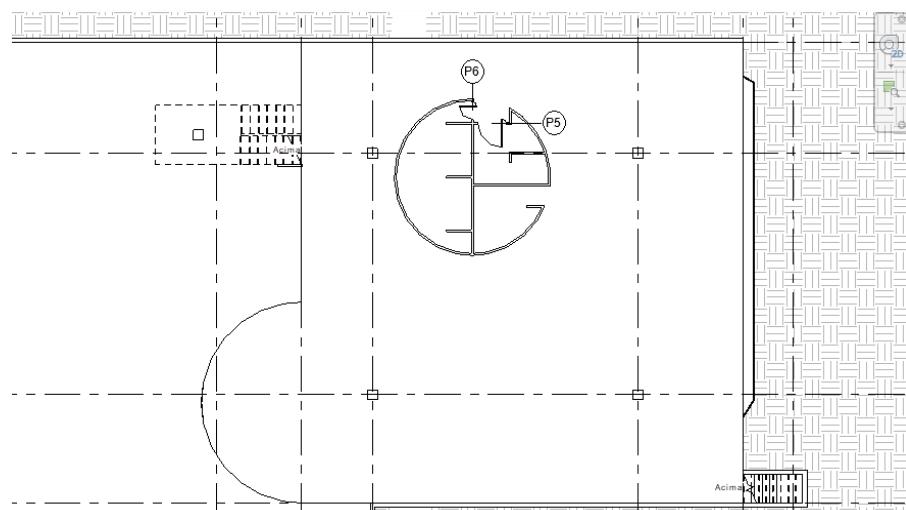
Tabela 02: Identificação das portas.

| Identificação | Descrição da Instância |
|---------------|---|
| P1 | Porta-exterior-generico-de_abrir_esquerda-generico-996mm Folha da porta: 996x2300mm |
| P2 | Porta-interior-generico-pivotante_direita-generico-996mm Folha da porta: 996x2300mm |
| P3 | Porta-interior-generico-pivotante_direita-generico-615mm Folha da porta: 615x2300mm |
| P4 | Porta-interior-generico-pivotante_esquerda-generico-615mm Folha da porta: 615x2300mm |

| | |
|----|--|
| P5 | Porta-interior-generico-pivotante_esquerda-generico-996mm Folha da porta: 996x2050mm |
| P6 | Porta-interior-generico-pivotante_direita-generico-615mm-2 Folha da porta: 615x2050mm |
| P7 | Porta-interior-generico-de_correr-generico-2062mm Folha da porta: 2062x2300mm |
| P8 | Porta-interior-generico-de_correr-generico-4195mm Folha da porta: 4195x2300mm |

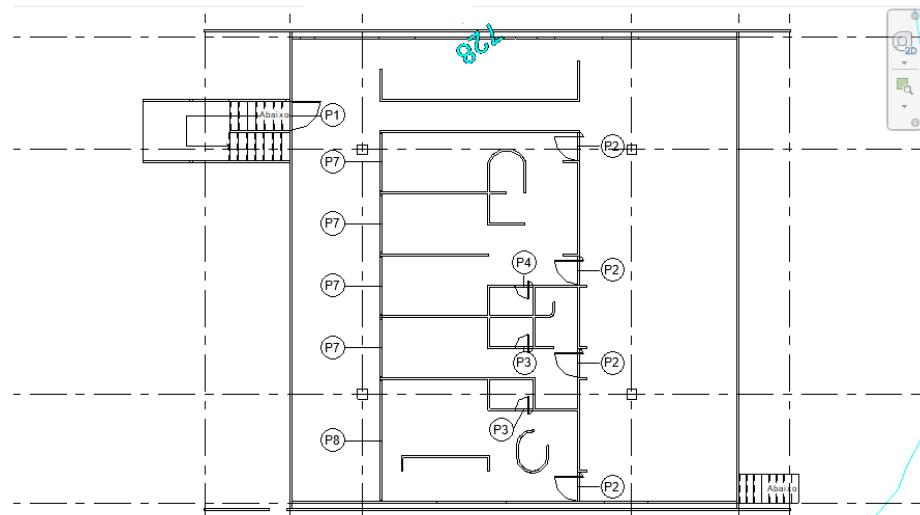
Fonte: do autor.

Figura 37: Portas do pavimento térreo.



Fonte: do autor.

Figura 38: Portas do pavimento superior.

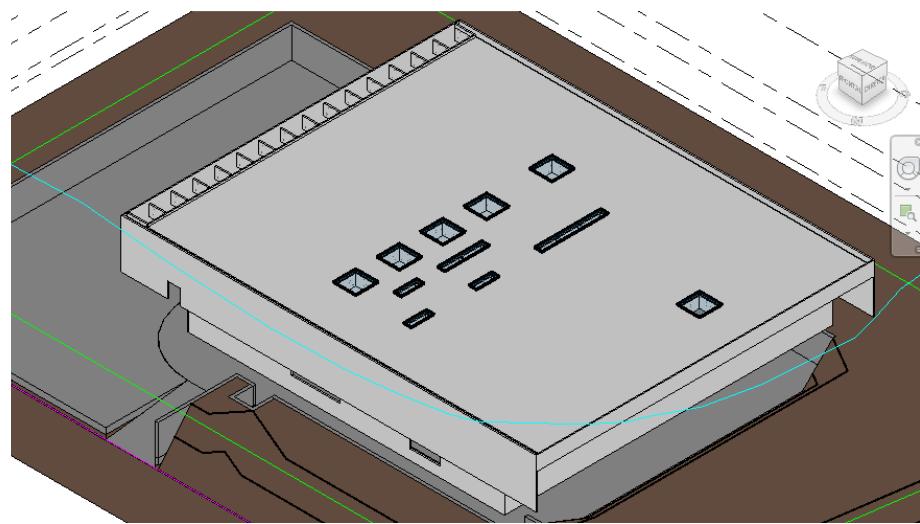


Fonte: do autor.

7.14 Inserção das Clarabóias

A seguir, foram criadas as clarabóias da cobertura. Também foram definidas suas variações de dimensões. O resultado da inserção está representado na Figura 39.

Figura 39: Resultado final das clarabóias.



Fonte: do autor.

7.15 Inserção das Janelas

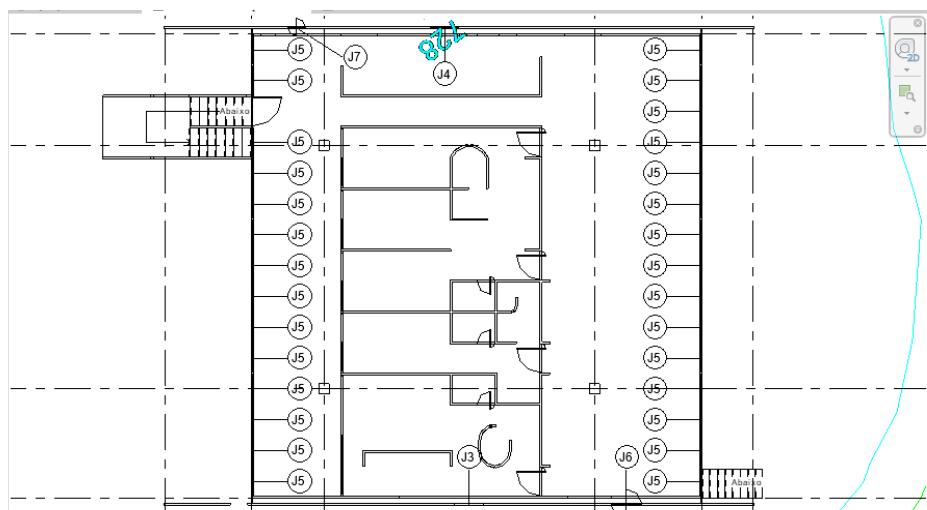
Agora, foram criadas as janelas e suas famílias. Na Casa Butantã existem janelas fixas, pivotantes e basculantes. Também foram definidas suas variações de dimensões. A identificação das janelas está na Tabela 03 e o resultado da inserção está representado na Figura 40.

Tabela 03: Identificação das portas.

| Identificação | Descrição da Instância |
|---------------|---|
| J1 | Janela-fixa-generico-generico-metal-550mm-996mm |
| J2 | Janela-fixa-generico-generico-metal-500mm-996mm |
| J3 | Janela-fixa-generico-generico-metal-20cm-100cm |
| J4 | Janela-fixa-generico-generico-metal-65cm-95cm |
| J5 | Janela-basculante-generico-generico-metal-1550cm-1066cm |
| J6 | Janela-pivotante-generico-generico-metal-45cm-105cm |
| J7 | Janela-pivotante-generico-generico-metal-50cm-60cm |

Fonte: do autor.

Figura 40: Janelas do pavimento superior.

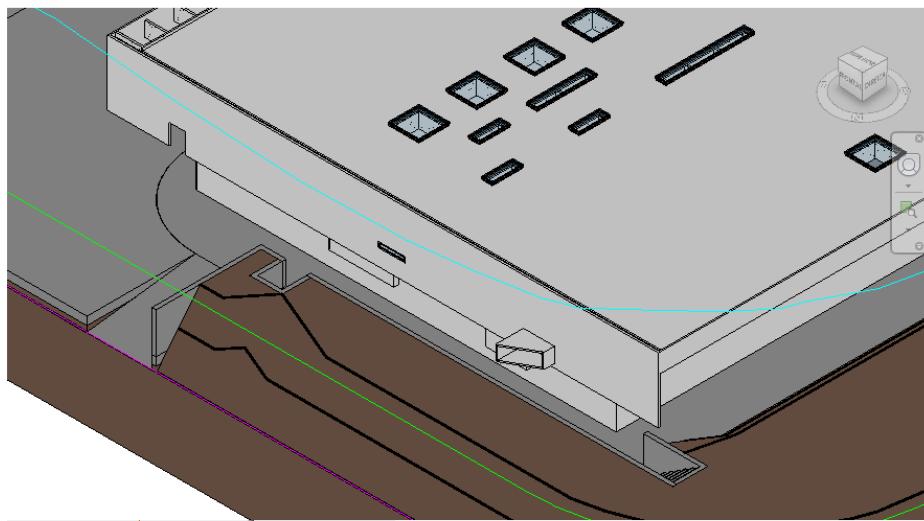


Fonte: do autor.

7.16 Ajuste das Fachadas

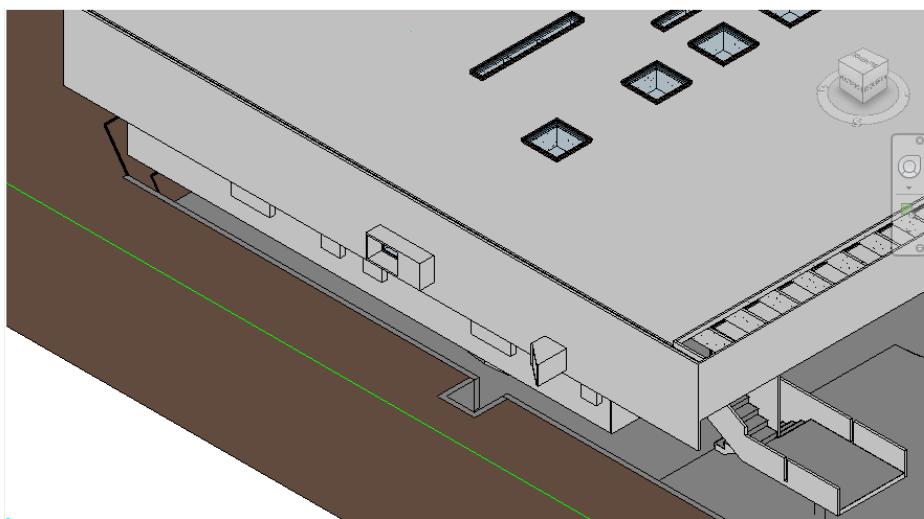
Neste momento, passamos para o detalhamento do projeto. A Casa Butantã possui algumas projeções em suas fachadas sul e norte. Essas projeções servem como mobiliário para o interior e também como apoio para as janelas pivotantes. Nesta parte, fizemos as projeções e os ajustes nas fachadas, o resultado está representado pelas Figuras 41 e 42.

Figura 41: Resultado das paredes da fachada sul.



Fonte: do autor.

Figura 42: Resultado das paredes da fachada norte.

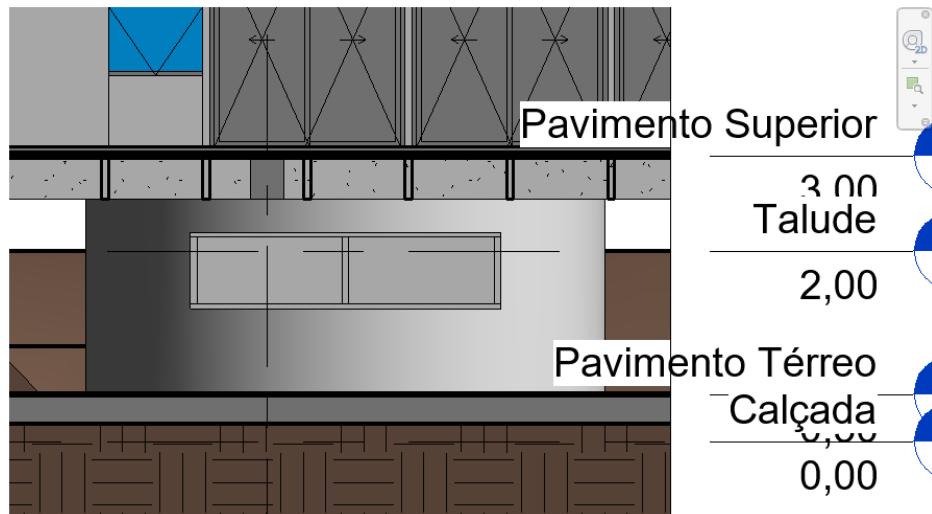


Fonte: do autor.

7.17 Ajuste do Pavimento Térreo

Em seguida foi feito um ajuste nas paredes do pavimento térreo, em que há uma espécie de bancada para a área de serviço, como mostrado na Figura 43.

Figura 43: Resultado do ajuste.

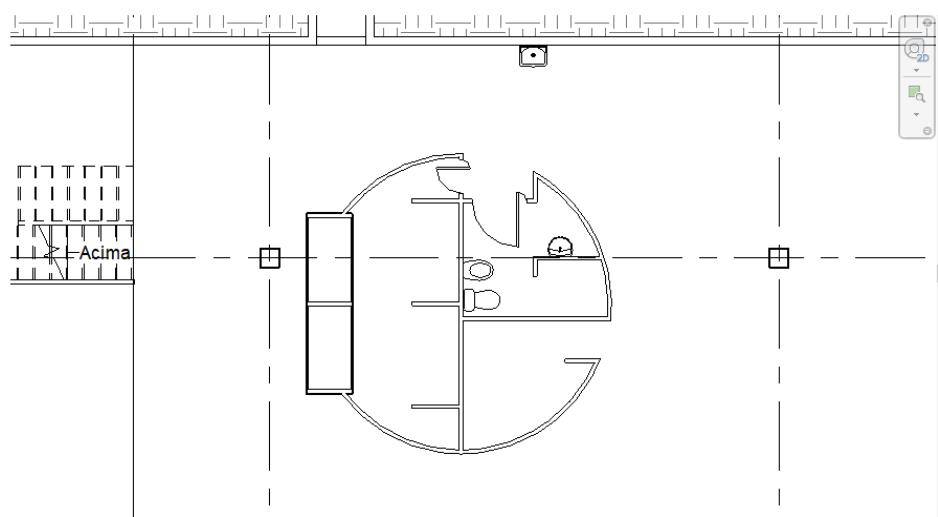


Fonte: do autor.

7.18 Peças Hidrossanitárias

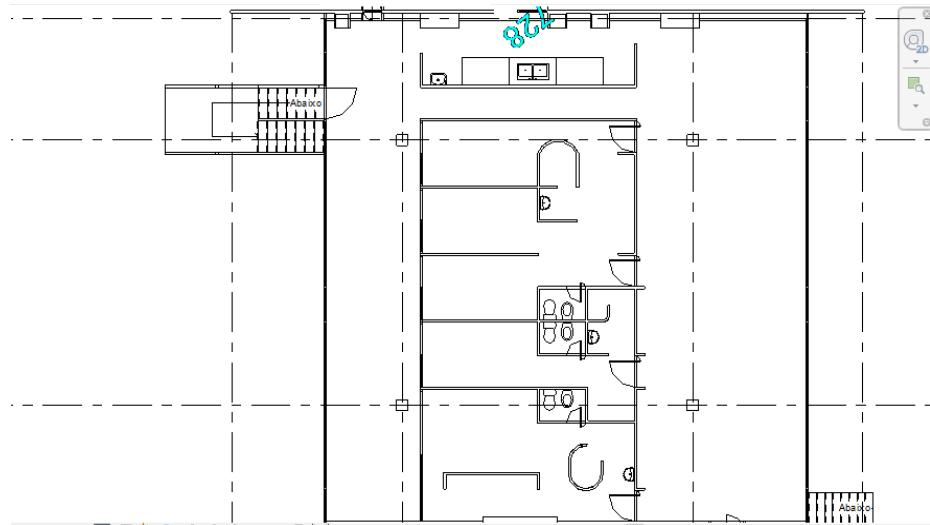
Dentro do objetivo e no nível de projeto proposto pela modelagem, os móveis não foram representados pela modelagem. No entanto, as peças hidrossanitárias devem entrar. Assim, essas peças foram inseridas em três ambientes: cozinha, lavanderia e banheiros, como mostram as Figuras 44 e 45.

Figura 44: Peças hidrossanitárias do pavimento térreo.



Fonte: do autor.

Figura 45: Peças hidrossanitárias do pavimento superior.



Fonte: do autor.

7.19 Procedimentos Finais

Com a modelagem pronta, partiu-se para os procedimentos finais. Assim, foram configuradas cada uma das vistas para a inserção delas nas pranchas. Dessa forma, primeiramente, foi definida a escala de cada uma, e em seguida foram inseridas as cotas nos produtos que precisavam. As espessuras de linha foram configuradas seguindo as definições da norma NBR 6492/2021. A folha de apresentação A0 foi criada e, por fim, os seus produtos. O resultado está disponível como Apêndice A.

8. RESULTADOS DA PESQUISA

8.1 Material didático

O processo de modelagem da Casa Butantã gerou um material didático com um passo a passo do desenvolvimento do modelo no software Revit, sintetizado no item anterior, que segue a metodologia proposta pela pesquisa e possui conselhos acerca da utilização do software aprendidas ao longo do processo de modelagem.

O material engloba desde a apresentação da interface do programa, até a configuração das pranchas A0, disponíveis como Apêndice A no link do google drive <https://drive.google.com/drive/folders/1xFItISYSqlkZ7RFBBuzmB5IZbCcfojm?usp=sharing>.

8.2 Tabelas

A metodologia da pesquisa prevê como resultado final também duas tabelas, Requisitos do processo de projeto e Requisitos de representação, apresentação e interoperabilidade.

A primeira contém requisitos que devem ser atendidos pelo software, nesse caso, o Autodesk Revit, para um processo de projeto eficiente. Esta tabela se encontra disponível como Apêndice B.

Já a segunda, apresenta uma lista com o grau de realização e o nível de desenvolvimento de cada objeto realizado na modelagem. Esta tabela se encontra disponível como Apêndice C.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por um processo lógico e eficaz de projeto implicou em alguns desafios no processo da modelagem da Casa Butantã. Ademais, alguns aspectos próprios do software também formaram desafios no decorrer do desenvolvimento da pesquisa.

Em relação às dificuldades apresentadas pelo software, uma das principais foi a das famílias de elementos. Ao contrário de outros softwares, que possuem famílias pré-configuradas e parametrizadas, o software Autodesk Revit, possui apenas modelos básicos. Assim, se fez necessário uma pesquisa e um maior aprofundamento na modelagem de famílias de bibliotecas gratuitas e/ou sites de fabricantes. Isto pois, na Casa Butantã, grande parte dos elementos construtivos como janelas, portas e a escada principal, fogem do usualmente empregado na construção civil.

Outro aspecto negativo foi a modelagem do terreno. Pois a Casa Butantã é implantada em um pátio, circundada por um talude. Dessa forma, se fez necessário um maior aprofundamento na área de modelagem de terrenos no Revit, para encontrar o melhor caminho, e também o melhor resultado para a modelagem. Outrossim, a escada para o pavimento superior foi outro desafio a ser enfrentado. Isso por conta de suas características incomuns, como seu desenho e seu guarda corpo.

Entretanto, vale destacar também os pontos positivos do uso do software. Como o Revit é um software paramétrico, todo o processo de modelagem foi facilitado com ele, por exemplo, ao modificar individualmente um elemento do projeto, todos os outros elementos ligados a ele eram automaticamente atualizados, o que evitava o retrabalho e a perda de tempo. Assim, mesmo com todos os gargalos no processo, eles não se tornaram um empecilho para alcançar o nível de anteprojeto proposto pela pesquisa.

Para finalizar, a pesquisa se apresentou como um importante processo de aprendizagem, tanto a respeito do software Autodesk Revit, quanto a respeito do grande projeto estudado da Casa Butantã, do arquiteto Paulo Mendes da Rocha. Ademais, a escrita do material didático complementou ainda mais o aprendizado acerca dos temas, e representou uma consolidação do conhecimento.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORRMANN, A.; KÖNIG, M.; KOCH, C.; BEETZ, J. **Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice**. Springer, Cham, 2018.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors** – 2nd ed. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, 2011.
- SUCCAR, B. **Building information modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders**. *Automation in Construction*, v. 18, 2009. p.357–375.
- SANTANA, J. V. **Estudo de aplicabilidade de um CAD paramétrico na prática e ensino da arquitetura no Brasil – Autodesk Revit: Casa Olga Baeta**. (Relatório Final de Pesquisa - PUB/USP 2020), São Paulo: Pró-Reitoria de Pesquisa, 2021. (orientador: Marcelo Eduardo Giacaglia).
- OTONDO, Catherine. **Casa Butantã: Paulo Mendes da Rocha**. São Paulo: Ubu Editora, 2016. 116 p.
- FRACALOSSI, Igor. **Clássicos da Arquitetura: Casa no Butantã / Paulo Mendes da Rocha e João de Gennaro**. Archdaily Brasil, 14 de mar. de 2014. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-181073/classicos-da-arquitetura-casa-no-butant-a-slash-paulo-mendes-da-rocha-e-joao-de-gennaro>>. Acesso em: 12 de out. de 2021.
- NOBRE, Ana Luiza. **Um em dois. As casas do Butantã, de Paulo Mendes da Rocha**. Vitruvius, jul. de 2017. Disponível em: <<https://vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/arquitextos/08.086/228>>. Acesso em: 12 de out. de 2021.
- LEAL, Ledy Valporto. **Projetada por Paulo Mendes da Rocha, casa dos anos 60 foi laboratório modernista**. São Paulo São, 04 de out. de 2018. Disponível em: <<https://saopaulosao.com.br/conteudos/outros/1886-projetada-por-paulo-mendes-da-rocha,-casa-dos-anos-60-foi-laborat%C3%BDrio-modernista.html#>>. Acesso em: 12 de out. 2021.
- Residência P.M. da Rocha E Lina C. S.** Arquitetura Brutalista. Disponível em: <<http://www.arquiteturabrutalista.com.br/fichas-tecnicas/DW%201964-81/1964-81-fichecnica.htm>>. Acesso em: 16 de out. de 2021.

LAWSON, Bryan. **Towards a computer-aided architectural design process: a journey of several mirages**. Computers in Industry 35. Sheffield, UK: University of Sheffield, 1998, p. 47–57.

New Zealand BIM Handbook: A guide to enabling BIM on building projects, 2014.

APÊNDICES

Apêndice A - Pranchas A0: Plantas, Cortes e Elevações.

Apêndice B - Requisitos do processo de projeto.

Apêndice C - Requisitos de representação, apresentação e interoperabilidade.