UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

BRENO SOUZA LOURO

IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM AO PROJETO PROINFÂNCIA DO FNDE

VITÓRIA
2020

BRENO SOUZA LOURO

IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM AO PROJETO PROINFÂNCIA DO FNDE

Projeto de Graduação do aluno Breno Souza Louro, apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do grau de Engenheiro Civil.
Orientadora: Profª. Drª. Luciana Aparecida Netto de Jesus

VITÓRIA

2020

BRENO SOUZA LOURO

IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM AO PROJETO PROINFÂNCIA DO FNDE

Projeto de Graduação do aluno Breno Souza Louro, apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovado em 17 de dezembro de 2020

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Prof.ª Drª Luciana Aparecida Netto de Jesus
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

_____

Prof.ª Drª Karla do Carmo Caser
Universidade Federal do Espírito Santo

_____

Profª Drª Geilma Lima Vieira
Universidade Federal do Espírito Santo

RESUMO

O setor de construção civil é de grande importância na economia, considerando a quantidade de empregos que proporciona, o capital circulante e a capacidade de agregar valor. Como em outros setores produtivos, novas tecnologias surgem sempre, visando ganhos de qualidade e eficiência. Uma delas é o *Building Information Modelling* (BIM), que consiste no trabalho colaborativo entre diferentes atores da construção, visando criar um modelo virtual e paramétrico de uma estrutura ou edifício, abrangendo diversas disciplinas. Esse trabalho realiza um estudo da tecnologia BIM, e revisão bibliográfica das noções chaves e também a adequação de um projeto CAD para BIM, apontando as vantagens e desvantagens da tecnologia. O estudo de caso utilizado nesse trabalho, foi o projeto tipo C, dentro do Programa Proinfância, do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). O FNDE disponibiliza os arquivos dos projetos construtivos na sua plataforma online, e a partir desses foi realizado o modelo BIM da edificação no software Revit da Autodesk. A partir dos modelos gerados, três análises comparativas foram realizadas, representação gráfica, compatibilização de projeto e quantitativos de materiais. Esse trabalho mostra algumas vantagens, como melhoria da representação gráfica e facilidade no retrabalho, e desvantagens, como a dependência de famílias e *templates* e a necessidade de uma maior quantidade de informação para a boa modelagem.

Palavras-chave: BIM. Proinfância. Modelagem da informação. Revit. Navisworks.

ABSTRACT

The construction sector in the world is of great importance in the economy, considering the number of jobs it provides, the resources involved and its capacity to generate value. As in other sectors, new technologies always appear, aiming to augment quality and efficiency in the construction process. One of them is the Building Information Modelling (BIM), which consists in the collaborative work between different construction actors, aiming to create a virtual and parametric model of the structure or building, encompassing several disciplines. This work conducts a study of the BIM technology, with a bibliographic review of the key notions and also an adaptation of a CAD project to BIM as a case study, pointing out the advantages and disadvantages of the technology. The case study carried out in this work was the type C project, within the Proinfância Program, of the National Education Development Fund (FNDE). The FNDE makes the files of the construction projects available on its online platform, and from these, a building BIM model was made using Autodesk Revit software. Once with the generated models, three comparative analyzes were made, graphic representation, project compatibility and quantitative of materials. This work shows some advantages, such as better graphic representation and ease of rework, and disadvantages, such as dependence on families and templates and the need for a greater amount of information for good modeling.

Keywords: BIM. Pro-childhood. Information modeling. Revit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fundamentos do BIM.....16

Figura 2 - Representação dos Níveis BIM.....19

Figura 3 - Etapas de Implementação do BIM.....25

Figura 4 - Escola Básica Municipal Tapera. 27

Figura 5 - Modelo Escola Básica Municipal Tapera 28

Figura 6 - Vista aérea do Aeroporto de Florianópolis. 28

Figura 7 - Fluxo Global Proposto.....30

Figura 8 - Proposta de Divisão de Modelos. 32

Figura 9 - Fluxo adaptado proposto. 33

Figura 10 - Unidade Escolar TIPO C.....36

Figura 11 - Disposição de Blocos.....38

Figura 12 - Modelagem das janelas J-01 e J-05 respectivamente. 44

Figura 13 - Modelagem de portas. 44

Figura 14 - Família de Parede com acabamento assimétrico (Área interna x Banheiro Feminino). 45

Figura 15 - "Empilhamento" de subfamílias.....46

Figura 16 - Interface Revit para Modelagem de Paredes.....47

Figura 17 - Modelo de Terreno (TER). 48

Figura 18 - Arquivo CAD importado no Revit. 49

Figura 19 - Modelo Arquitetônico (ARQ) e de terreno (TER) realizado no Revit.....49

Figura 20 - Modelo Estrutural (EST).....50

Figura 21 - Nomeação parcial das vigas, com Filtro. 51

Figura 22 -Segmento da planta baixa do modelo estrutural com nomenclatura.....52

Figura 23 - Modelo Elétrico (ELE). 53

Figura 24 - Exemplo de tubulação soldável Tigre. 53

Figura 25 - Modelo hidrossanitário de água fria (HID).....54

Figura 26 – Modelagem das diferentes disciplinas.....55

Figura 27 - Fachada 1 gerada pelo Revit. 56

Figura 28 - Fachada 1 Disponibilizada de projeto. 56

Figura 29 - Corte BB gerada pelo Revit. 56

Figura 30 - Corte BB Disponibilizada de projeto.....56

Figura 31 - Comparativo de vigas baldrames, a esquerda FNDE, a direita Revit. 57

Figura 32 - Isométrico do modelo elétrico na região Pré-Escola e Banheiro Masculino. 58

Figura 33 - Planta baixa projeto elétrico Revit.....59

Figura 34 - Planta baixa projeto elétrico FNDE. 59

Figura 35 - Disposição global da tubulação de Água Fria. 60

Figura 36 - Isométrico dos sanitários adultos P.N.E. masculinos e femininos FNDE. 61

Figura 37 - Isométrico de Sanitários Adulto P.N.E. Masculino e Feminino 62

Figura 38 - Traçado da visita.....63

Figura 39 - Representação no Revit da visita virtual. 64

Figura 40 - QR Code da visita virtual. 64

Figura 41 - Interface Clash Detective. 65

Figura 42 - Interface de relatório de conflitos. 66

Figura 43 - Clash 1, conflito viga V57 com tubulação hidráulica, Relatório EST-HID AF. 67

Figura 44 - Clash 20, conflito entre pilar P20 com tubulação hidráulica, Relatório EST-HID AF 67

Figura 45 - Interface Revit seleção de quantitativos.....68

Figura 46 - Interface Revit, preparação de quantitativos.....70

Figura 47 - Representação do Revit de quantitativos de pilares estruturais. 71

Figura 48 - Representação do Revit de quantitativos de vigas e vigas baldrames. ..71

Figura 49 - Representação do Revit de quantitativos das paredes.....73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Tabela de Exigências, baseada no PDF Estratégia BIM BR (2018) 26

Tabela 2 - Vida útil de sistemas. 39

Tabela 3 - Dimensões elementos da estrutura de cobertura.....40

Tabela 4 - Tabela de comparativos de concreto 72

Tabela 5 - Tabela de comparativos das alvenarias.....73

Tabela 6 - Tabela de vantagens e desvantagens.....74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12

1.1. OBJETIVOS GERAIS 13

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13

1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO 13

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 15

2.1. DEFINIÇÕES E NOÇÕES CHAVES SOBRE BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING)* 15

2.1.1. Construção virtual 17

2.1.2. Níveis de BIM 18

2.1.3. Level of Development (LOD) 19

2.1.4. BIM na compatibilização 20

2.2. IMPACTOS PREVISTOS 21

2.2.1. Proprietários 21

2.2.2. Designers – projetistas 21

2.2.3. Empresa de construção 22

2.2.4. Dificuldades Previstas 22

2.3. CENÁRIO ATUAL DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM 23

2.3.1. No mundo 23

2.3.2. No Brasil 24

2.4. PROJETO PROINFÂNCIA 29

3. METODOLOGIA 30

3.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 30

3.2. ESCOLHA DE ESTUDO DE CASO 31

3.3. MODELAGEM 31
3.3.1. Preparação de Templates e Famílias 31
3.3.2. Modelagem das Disciplinas 31
3.4. ANÁLISES COMPARATIVAS 33
3.4.1. Representação Gráfica (1ª análise comparativa) 33
3.4.2. Compatibilização (2ª análise comparativa) 34
3.4.3. Quantitativos (3ª análise comparativa) 34
4. ESTUDO DE CASO 36
4.1. ESPAÇOS DEFINIDOS 37
4.2. SISTEMA CONSTRUTIVO 38
4.2.1. Sistema Estrutural 39
4.2.2. Sistema de Vedação 39
4.2.3. Sistema de Cobertura 40
4.3. SISTEMA HIDROSSANITÁRIO 40
4.3.1. Instalações de Água Fria 40
4.3.2. Instalações de águas pluviais 41
4.3.3. Instalações de esgoto sanitário 41
4.3.4. Sistema de gás combustível 41
4.4. SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO 42
4.5. SISTEMA ELÉTRICO 42
4.5.1. Instalações elétricas 42
4.5.2. Instalações de climatização 42
4.5.3. Instalações do sistema de exaustão 42
5. RESULTADOS 43

5.1. MODELAGEM.....43

5.1.1. Templates e Famílias.....43

5.1.2. Modelo Terreno.....47

5.1.3. Modelo Arquitetônico.....48

5.1.4. Modelo Estrutural.....50

5.1.5. Modelo Elétrico.....52

5.1.6. Modelo Hidrossanitário.....53

5.2. ANÁLISES COMPARATIVAS.....55

5.2.1. Representação Gráfica (1ª Análise Comparativa).....55

5.2.2. Compatibilização (2ª Análise Comparativa).....64

5.2.3. Quantitativos (3ª Análise Comparativa).....68

5.3. TABELA RESUMO.....74

6. CONCLUSÃO.....76

7. BIBLIOGRAFIA.....78

APÊNDICE 80

ANEXOS 89

1. INTRODUÇÃO

O setor de construção no Brasil é um dos mais relevantes considerando inúmeros aspectos, como quantidade de empregados, volume de inversão, capital circulante, capacidade de agregar valores e outros. (CATTANI, 2001 apud SILVEIRA, 2016).

Assim como nos outros setores, novas tecnologias surgem que visam aumentar a eficiência e a qualidade dos projetos. Nesse trabalho é feito um estudo de caso de uma dessas novas tecnologia no setor de construção, o *Building Information Modelling* (BIM).

Definido como um sistema técnico social por Eastman *et al.* (2018), ele tem implicações desde o processo do desenho até o gerenciamento de instalações. O BIM consiste no trabalho colaborativo visando criar um modelo virtual e paramétrico de uma estrutura ou edifício, abrangendo diversas disciplinas. Graças a natureza digital e computacional da tecnologia, pode-se implementar uma interoperabilidade entre diversos softwares, onde informações são transferidas virtualmente e sem perdas.

Graças à tais mudanças propiciadas pelo BIM têm-se inúmeras vantagens, como a automação de vistas e cortes, relatórios, quantitativos e custos. Porém uma vantagem que se destaca é a antecipação de problemáticas e inconsistências, encontradas normalmente no canteiro de obra, para a fase de projeto. Isso permite uma resolução de tais incompatibilidades antecipadamente, evitando retrabalhos e economizando recursos e tempo.

Assim esse trabalho tem como proposta a adequação de um projeto CAD para BIM como estudo da tecnologia e avaliação de suas vantagens e desvantagens, na modelagem, criação de pranchas, compatibilização de projetos, detecção de conflitos e visita virtual. Será utilizado o projeto Proinfância de educação infantil estabelecido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), devido a disponibilidade dos arquivos de projeto e do memorial descritivo, documentos fundamentais para a modelagem e o desenvolvimento do trabalho.

1.1. OBJETIVOS GERAIS

Dentro do contexto mencionado, esse trabalho visa adaptar o projeto da proinfância de escola infantil (modelo padrão estabelecido pela FNDE) disponibilizado em CAD para BIM. E desta forma apresentar as vantagens e desvantagens em utilizar softwares BIM.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do presente projeto de graduação são os listados:

- Criar modelo BIM do projeto proinfância (projeto arquitetônico e complementares);
- Gerar representações gráficas dos projetos a partir da tecnologia BIM;
- Identificar incompatibilidades existentes entre as diferentes disciplinas presentes;
- Gerar uma amostragem dos quantitativos de projeto;
- Identificar vantagens e desvantagens de uma metodologia BIM aplicada em um edifício.

1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Esse trabalho encontra-se dividido em sete capítulo:

- O primeiro capítulo é dedicado a introdução do trabalho, objetivos gerais e específicos, bem como a estruturação e organização geral do trabalho;
- O segundo capítulo faz uma revisão bibliográfica e levantamento de informações pertinentes para o desenvolvimento desse projeto. Definindo noções básicas e chaves da tecnologia BIM. Além da conceitualização do BIM, neste capítulo é apresentado o atual estado da arte, quer no âmbito nacional e internacional;
- O terceiro capítulo estabelece a metodologia do trabalho, com as etapas e processos de modelização que serão necessários para cumprimento do trabalho;
- O quarto capítulo refere-se à apresentação do estudo de caso, projeto Proinfância tipo C, disponibilizado pelo FNDE e que será modelado;

- No quinto capítulo se faz a apresentação da modelagem no software Revit (versão estudante 2020) e a apresentação dos resultados referentes a documentação, compatibilização e quantitativos do projeto;
- No sexto capítulo tem-se uma discussão dos resultados, problemáticas encontradas e apresentação das considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo foi feito a revisão bibliográfica e apresentação de conceitos chaves do BIM e uma descrição do projeto Proinfância do FNDE.

2.1. DEFINIÇÕES E NOÇÕES CHAVES SOBRE BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING)*

Das novas tecnologias que influenciam o setor de construção, uma que se destaca é o *Building Information Modeling* (BIM). Apresentando oportunidades e desafios para o setor de construção (Smith, 2014), o BIM é um facilitador para a indústria de arquitetura, engenharia e construção (AEC) (Eastman *et al.*, 2018).

O BIM visa trabalho colaborativo de inúmeros atores para criação de um ou mais modelos virtuais de um prédio ou construção. Cada participante cria, completa e usa do mesmo modelo, adicionando as informações e dados pertinentes da sua área de atuação e retirando as informações que lhe são necessárias. Assim é possível criar um modelo coesivo da construção final (Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment, 2018).

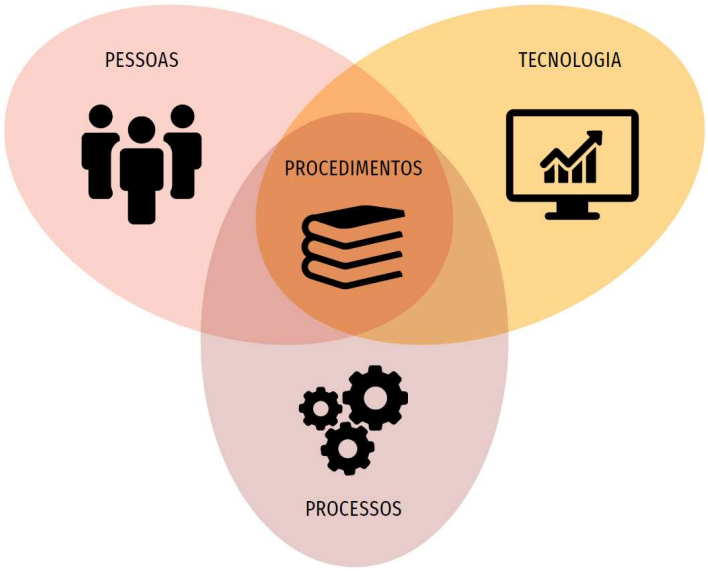
De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) a discussão do BIM abrange três abordagens: a tecnologia, as pessoas e os processos. A tecnologia compreende a infraestrutura necessária, seja ela os computadores, softwares, conexão de internet, sistemas de armazenamento de dados internos e a segurança de dados. A tecnologia empregada deve sempre ser ponderada e avaliada no contexto do modelo de negócio da empresa/grupo referente e dos colaboradores.

No tópico de pessoas é fundamental que os atores sejam capacitados a trabalharem em equipe, sejam internas ou externas ao escritório. Além de serem flexíveis e se manterem atualizados com as novas tendências. Eles também deverão ter experiência profissional e serem capacitadas a encontrar erros ou possíveis melhorias, pois “Um processo virtual é tão bom quanto as pessoas que o operam.” (ABDI, 2017, p. 11).

Tem-se também a questão dos processos, abrangendo não somente processos internos, mas também fluxo de trabalho, cronogramas, especificações de entregas e métodos de comunicação.

Esses três aspectos são vinculados entre si por procedimentos, normas e boas práticas, regulando e consolidando processos e políticas pessoais (Figura 1).

Figura 1 - Fundamentos do BIM



Fonte: O Processo de Projeto BIM, ABDI, 2017.

Um outro ramo no desenvolvimento do BIM surgiu durante a década de 60 devido ao crescimento da demanda de construções, houve uma segmentação e logo uma especialização em diferentes setores do processo construtivo, permitindo inúmeras equipes trabalharem com diferentes elementos de um projeto. Porém, como consequência desse fenômeno, os projetos começaram a apresentar incompatibilidades encontradas somente durante a execução. Assim equipes e coordenadores eram contratados exclusivamente para lidar com tais problemas, aumentando os custos dos projetos e construtoras (COSTA, 2013).

Nessa problemática o BIM se destaca, visto que a presença de softwares dedicados a gestão de projetos, como Autodesk Navisworks, e armazenamento na nuvem, permite acesso e participação de múltiplos atores do projeto sobre a mesma maquete. Modificações de diferentes atores são representadas instantaneamente no modelo, permitindo uma verificação mais minuciosa e simplificada de incompatibilidades.

O fato de que os processos de compatibilização e coordenação ocorrem antes da documentação de cada disciplina é fundamentalmente o que diferencia o BIM da tecnologia CAD convencional. Graças a análise do modelo digital é possível

encontrar incompatibilidades, corrigi-los e verificar a cada proposta, selecionando a melhor combinação de propostas. Somente depois da eliminação de conflitos que a documentação acontece (ABDI, 2017).

Assim tem-se um processo de compatibilização que é iterativo, cíclico e dinâmico, em que em cada etapa ocorre o refinamento e análise, desde as fases inicias até as finais. Assim pode-se dizer que a compatibilização é um processo intrínseco ao desenvolvimento de projetos (LOCKHART E JOHNSON, 2000 apud COSTA, 2013) o que permite ao final criar um produto de melhor qualidade.

2.1.1. Construção virtual

Um conceito importante ao BIM é o da Construção virtual. Construção virtual ou "*Virtual Design Construction*" consiste no uso de modelos pluridisciplinares de projeto e construção, compreendendo todas as etapas do projeto e construção, desde a concepção, construção e operação (FISCHER E KUNZ, 2004 apud ABDI, 2017).

O produto desse processo é um banco de dados, compreendendo o modelo tridimensional com todas as propriedades referentes, como componentes presentes, materiais, códigos de serviço, ciclo de manutenção, parâmetros para levantamento quantitativo, custos, análises energéticas, acústicas, luminotécnicas, normativas e outras.

2.1.1.1. Templates e famílias

Assim como na tecnologia CAD o uso de blocos auxilia a representação 2D do projeto, na tecnologia BIM tem-se o uso de templates e famílias para auxiliar a representação a construção virtual.

Em um contexto BIM, famílias de objetos se referem a objetos modelados que tem o objetivo de serem carregados e usados dentro de outros projetos. Uma grande vantagem das famílias em BIM é a possibilidade de serem parametrizados, adotando uma medida física do objeto como uma variável, pode-se alterar de forma automática o modelo da família.

Templates são arquivos pré-configurados que carregam informações básicas para a modelagem, como conjuntos de famílias e estruturas de representação (folhas, visualizações e outros). Os próprios softwares oferecem templates básicos, porém

como nem sempre são completos o suficiente, o responsável deve procurar outros mais completos na internet ou fazer um próprio.

2.1.2. Níveis de BIM

É importante mencionar que BIM não é um “procedimento binário”, ele encontra-se presente em diferentes níveis, onde cada um abrange processos e métodos diferentes. Assim cada nível impacta a construção virtual de uma forma diferente, a tornando mais significativa no processo construtivo, permitindo análises mais complexas e detalhadas.

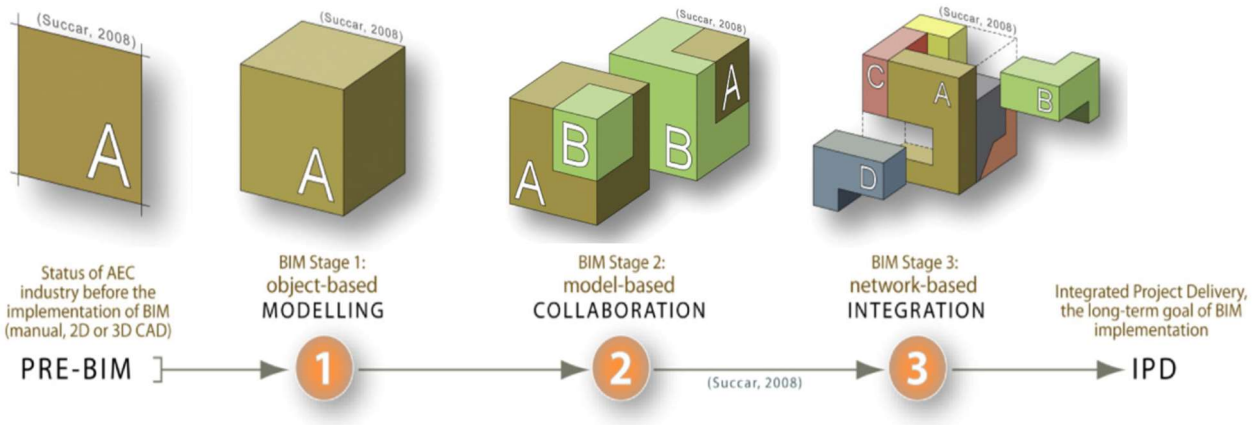
Segue convenção proposta por Barnes e Davies (2014) e por Succar (2009), os níveis BIM são os seguintes:

- Nível 0: Também chamado de “Pré-BIM”, projetos são baseados no CAD convencional e não é considerado BIM, visto que emprega troca de informações via papel ou via digital;
- Nível 1: Considerado o primeiro nível de BIM ele tem como foco a modelagem do objeto e design feito por modelos 3D. Tal nível é normalmente operado em isolamento, sendo coloquialmente denominado de “BIM Solitário”. A interoperabilidade dos projetos não é garantida e a modelagem é mono disciplinar, delimitadas a uma fase (design, construção ou operação);
- Nível 2: Nesse nível tem-se o início da colaboração e troca de informações entre atores do modelo numérico, permitindo a criação de modelos multidisciplinares. Trocas de informações deixam de ser baseadas em documentos e passam a ser por trocas de modelos, assim processos e metodologias padrões são necessárias para garantir consistência e confiabilidade das informações. Primeiros passos para introdução do BIM 4D (planejamento) e 5D (orçamentação), com interações entre modelos 3D e programas de gestão de cronogramas (Primareva e MS Project) e data-base de custos;
- Nível 3: Nível mais avançado de BIM, ele trabalha com modelos pluridisciplinares integrados na rede de projetos, em tempo real, totalmente integrado e colaborativo. Normalmente requer armazenamento e disponibilização, sincronizada, de dados e informações, sendo muito usado a tecnologia de nuvem para facilitar esse processo. Nesse nível os modelos

atingem dimensões nD (além das referidas (3D ao 5D), mas também o 6D (sustentabilidade), 7D (Manutenção) e 8 D (segurança do trabalho)), permitindo análises complexas durantes fases iniciais de projeto e que abrangem não somente objetos físicos, mas também noções como inteligência empresarial, princípios de *lean construction*, políticas ecológicas e análises de custo de vida. Tudo isso é possível graças a construção concorrente, onde todas as atividades de projeto estão integradas e todos os aspectos de design, construção e operação são avaliados e trabalhados em conjunto para maximizar as funções de construtibilidade, operabilidade e segurança.

A Figura 2 exemplifica a progressiva complexidade de cada nível.

Figura 2 - Representação dos Níveis BIM.



Fonte: Adaptado de Succar, 2009

2.1.3. Level of Development (LOD)

Além da classificação por níveis BIM, também são definidos os níveis de detalhamento no BIM, conhecidos por *Level of development* (LOD) ou Nível de detalhamento (ND). Tal conceito surgiu como referência para os profissionais do setor AEC articularem melhor o conteúdo nos projetos BIM em várias etapas de projeto e construção. Assim o LOD indica o grau que as geometrias e elementos foram analisados, indicando a que ponto as informações presentes são confiáveis (BIMFORUM, 2019).

Seguindo o guia do BIMFórum, os níveis de detalhamento BIM são organizados conforme os tópicos seguintes:

2.1.3.1. LOD 100

Elementos nesse nível são representados por símbolos ou formas genéricas, sem atender os requisitos do LOD 200. Esse nível não consiste em uma representação geométrica do elemento e toda informação que ele contém é aproximativa.

2.1.3.2. LOD 200

Elementos são representados como um modelo ou objeto genérico, possuindo informações geométricas, como forma, tamanho, localização e orientação aproximadas.

2.1.3.3. LOD 300

Representação por modelo ou sistema específico. Possui informações geométricas, como as citadas no LOD 200 mais específicas e definidas. Tais informações podem ser usadas e medidas sem necessidade de busca de informações não modeladas.

2.1.3.4. LOD 350

Representação por modelo ou sistema específico. Além de possuir as informações geométricas específicas como na LOD 300, também possui as informações relacionadas com as interfaces com outros sistemas. Elementos como suportes e conexões, partes necessárias para coordenação e interfaces são incorporadas.

2.1.3.5. LOD 400

Esse nível, além das informações presentes no LOD 350, adiciona também informações de fabricação, processos e instalações. Assim contém os elementos que podem ser fabricados sem consultar informações ou documentos externos.

2.1.3.6. LOD 500

Considerado como o último nível de modelagem, ele consiste no *as-built* do projeto. O elemento modelo é corrigido e modificado após verificações de campo.

2.1.4. BIM na compatibilização

Como dito anteriormente, o processo de compatibilização do BIM é intrínseco e iterativo no design em BIM. Assim cabe aos projetistas a responsabilidade de vigiar e corrigir interferências das respectivas especialidades. Tais responsáveis devem ter capacidade e competência suficiente para distinguir as interferências significativas e

as de baixa relevância ou não significativas que podem aparecer em relatórios automatizados dos diferentes softwares de gestão (AsBEA, 2015).

De acordo com o Guia AsBEA (2015) tem-se fundamentalmente três tipos diferentes de interferências:

- Soft Clash: em que elementos distintos não respeitam a distância mínima exigida entre eles ou entre sistemas;
- Hard Clash: onde elementos ou sistemas estão sobrepostos;
- Time Clash: onde elementos, em uma análise 4D de tempo, apresentam interferências entre si.

Graças a um modelo federado e um sistema de coordenadas específicas comum a todos os projetos diferentes, pode-se garantir a boa sobreposição dos diferentes projetos e consequentemente garantindo que relatórios automáticos e verificações manuais de interferências sejam válidos.

2.2. IMPACTOS PREVISTOS

Discutida as definições da tecnologia BIM, inicia-se a análise do impacto dessa tecnologia e dos métodos para os atores da construção civil.

De acordo com Eastman *et al* (2018) os principais atores afetados e as mudanças que devem esperar são os seguintes.

2.2.1. Proprietários

Melhora na qualidade e natureza dos serviços disponíveis, além de mais confiabilidade nos programas, orçamentos e prazos. Com a facilidade de criar modelos 3D os donos de projetos esperam visualizações do projeto nas suas fases iniciais. Essa liberdade permite mais avaliações e comparações no início do projeto, onde possíveis modificações são mais fáceis e menos onerosas de serem realizadas. Porém, somente a adoção do BIM não é garantia para a boa realização de projetos e edifícios, precisando também uma boa equipe de trabalho.

2.2.2. Designers – projetistas

Designers e projetistas podem esperar ganhos de produtividade e de qualidade no processo de construção e concepção de projetos, além de mudanças de papeis e

atividades, como novos postos relacionados ao BIM como “Gerente BIM” e “Modelador BIM”.

Devido a velocidade de concepção, projetistas também correm o risco de apressar a fase de concepção. Se apressado pode causar desde necessidades de retrabalhos a construções inadequadas e que não atenda às necessidades dos clientes.

2.2.3. Empresa de construção

Construtoras, com o intuito de ganhar competitividade em campo e no escritório, possuem muitas oportunidades de ganhos com o BIM. Das possíveis utilizações do BIM, algumas que se destacam são o uso da tecnologia 4D e colaboração de projetos, compatibilização, gestão de produtos e avaliações, processos que são facilitados e agilizados com a tecnologia.

Além das aplicações diretas do BIM, a disponibilidade de informações também permite melhorias no setor de segurança, facilitando a visualização de fluxos e aberturas.

2.2.4. Dificuldades Previstas

Assim como as vantagens e benefícios que o BIM pode propiciar, tem-se também dificuldades que são previstas e inerentes, devido as grandes mudanças a serem implementadas, e que fogem da responsabilidade individual dos atores.

Uma das primeiras questões é a necessidade de implementar sistemas e procedimentos de comunicação que permitam a adequada troca de modelos entre os diferentes participantes. Do lado dos hardwares, os computadores devem ser capazes de trabalhar com a grande quantidade de informações. Da parte dos softwares, devido aos inúmeros atores e consequentemente da gama de programas disponíveis, deve-se garantir que tais programas tenham interoperabilidade, ou seja, deve-se garantir que os arquivos criados ou modificados em um programa possam ser lidos e interpretados em outros.

Uma outra problemática importante é a distinção de tarefas. Visto que o BIM permite e facilita o trabalho colaborativo, principalmente em modelos unificados, tem-se uma mistura de trabalhos, onde disciplinas distintas são sobrepostas e interagem entre si, assim a problemática de manter o arquivo preciso emerge. Em resposta sociedades

e empresas desenvolveram guias e diretrizes contratuais que guiam a ação dos atores, evitando complicações.

2.3. CENÁRIO ATUAL DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM

2.3.1. No mundo

A tecnologia BIM se apresenta em diversos países do mundo em diferentes etapas de implementação, tanto no meio acadêmico quanto no meio profissional.

A disseminação do BIM ganhou momento significativo no ano de 2010, com inúmeros países desenvolvendo estratégias de implementação bem-sucedidas e que tomaram a liderança, como países da América do Norte, Reino Unido e os da região Escandinava (SMITH, 2014).

Nos Estados Unidos a entidade pioneira nas ações de implementação do BIM foi o *General Services Administration* (Administração de Serviços Gerais), liderando a implementação do BIM em projetos públicos. Essa entidade também foi responsável pela criação do *National BIM Standards* (Padrões Nacionais de BIM) que é internacionalmente reconhecido (SMITH, 2014).

No Reino Unido, o governo aplicou uma estratégia de implementação de BIM audaciosa para colocar o estado na liderança internacional. Com uma Força Tarefa BIM auxiliando tanto o setor público quanto o privado e com o *UK Governement Construction Strategy* (Estratégia de Construção Governamental) o estado conseguiu mudar drasticamente a própria indústria de construção (SMITH, 2014).

Em abril de 2016, entrou em vigor o Mandato BIM UK, que tornou obrigatório a utilização do BIM de nível 2, e dos softwares relacionados, para contratos públicos do estado fora das comunidades. O passo seguinte foi em outubro de 2016 o anúncio que órgãos públicos proveriam o BIM em toda a cadeia logística d e construção (Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment, 2018).

Assim o Reino Unido conseguiu passar de uma taxa de sensibilidade e adoção do BIM de 10% em 2011 a 70% em 2019 (NATIONAL BIM REPORT, 2019).

A França no começo de 2015 criou o *Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment* (Plano de transição digital das construções) em resposta às necessidades exprimidas pelo setor de construção francês, como a necessidade de construir e renovar com

mais qualidade, rapidez e rentabilidade, além de melhor gerenciamento de projetos, operação e manutenção durante toda a vida útil das construções (Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment, 2018).

A Finlândia é um caso interessante de aplicação do BIM. Ela tem como principal motor de desenvolvimento do BIM o setor público, sendo fortemente recomendado a sua utilização em contratos de mestre de obras públicas, além de possuir desde 2012 um guia de boas práticas, o COBIM (*Common BIM Requirements* ou YTV2012) para a construção e renovação com BIM. O documento mencionado também foi estendido em 2015 para incluir obras de infraestrutura e grandes obras, incluindo tradução em inglês para mais amplo acesso. Com as ações mencionadas, a Finlândia conseguiu uma taxa de sensibilidade ao BIM elevada, cerca de 65% e taxa de sucesso de sua implementação de 68% (NBS INTERNATIONAL BIM REPORT, 2013). Algumas empresas anunciando uma taxa de utilização de 100 % do BIM em projetos (Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment, 2018).

2.3.2. No Brasil

No Brasil a implementação do BIM tem-se dado por meio de inúmeros decretos que instituem e implementam a **Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – BIM (Estratégia BIM BR).** Criada pelo decreto 5 de junho de 2017, foi revogado e atualizado duas vezes, pelos decretos Nº 9.377, de 17 de maio de 2018 e por Nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, sendo esse último o atual decreto que rege a estratégia. A Estratégia BIM BR, tem como finalidade a promoção de um ambiente adequado para a utilização e disseminação do BIM. Assim ela define nove diretrizes para alcançar essa meta, sendo eles listados abaixo:

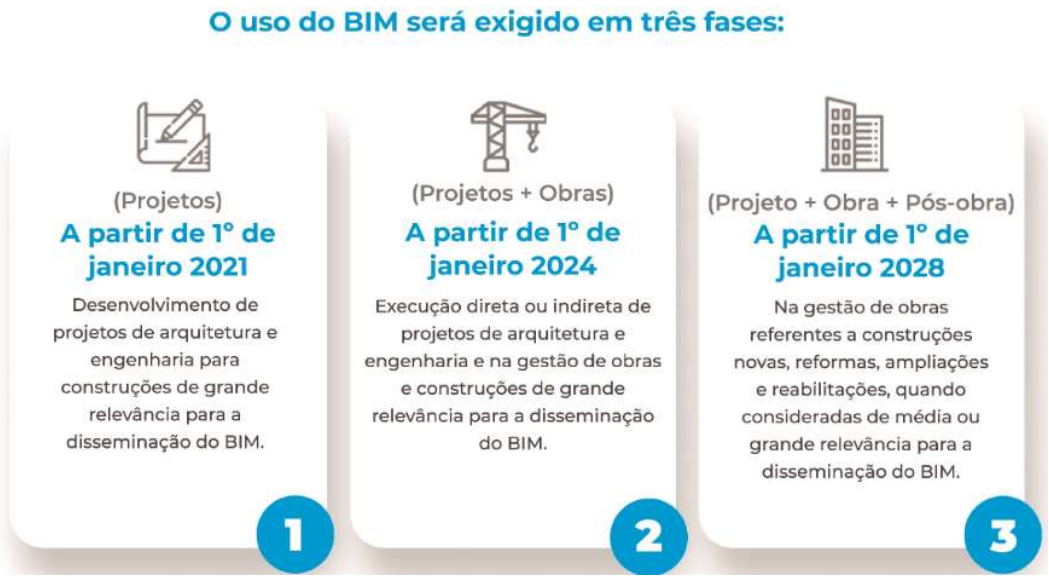
1. Difundir o BIM e seus benefícios;
2. Coordenar o setor público para adoção do BIM;
3. Criar condições apropriadas para investimentos público e privado em BIM;
4. Estimular a capacitação BIM;
5. Propor normas e parâmetros para compras e contratações públicas com o uso do BIM;
6. Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
7. Desenvolver plataforma e biblioteca nacional BIM;

8. Estimular desenvolvimento e aplicações de novas tecnologias de BIM;
9. Criar padrões neutros de interoperabilidade BIM para desenvolver a concorrência no mercado.

No intuito de alcançar seus objetivos e metas, a Estratégia BIM BR utiliza do poder de compra federal para exigir que empreendimento específicos sejam feitos com o uso do BIM. Porém para não acontecer uma mudança súbita, a Estratégia BIM BR propõe um processo escalonado, e que progressivamente incluirá mais conceitos BIM e mais obras.

Assim, oficializado pelo decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020, o processo é dividido em três etapas e abrangerá projetos de arquitetura, engenharia e obras para novas construções, ampliações ou reabilitações, se considerados de grande relevância para disseminação do BIM. A Tabela 1 define as exigências técnicas em cada etapa e a Figura 3 exemplifica as etapas.

Figura 3 - Etapas de Implementação do BIM



Fonte: https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/#/conteudo/161

Tabela 1-Tabela de Exigências, baseada no PDF Estratégia BIM BR (2018)

TABELA DE EXIGÊNCIAS POR FASE - Estratégia BIM BR					
Data (de início de cada fase)			Jan 2021	Jan 2024	Jan 2028
Exigências	Modelo arquitetural		X	X	X
	Engenharia	Disciplinas Estruturais	X	X	X
		Disciplinas Hidráulicos	X	X	X
		AVAC	X	X	X
		Disciplinas Elétricos	X	X	X
		Analise de interferências e revisões	X	X	X
		Quantitativos	X	X	X
		Documentação Gráfica	X	X	X
		Orçamentação		X	X
		Planejamento da Execução da Obras		X	X
		Modelo *As Built*		X	X
		Gerenciamento e manutenção pós-construção			X

Fonte: BIM BR.

Com as diretrizes e ações a Estratégia BIM BR espera que as empresas tenham ganhos significativos, como metas de:

- Aumento de 10% na produtividade;
- Redução de 9,7% de custos;
- Aumentar a adoção do BIM à 50% do PIB da Construção Civil;
- Aumentar a taxa de crescimento da indústria da construção civil de 2,0% ao ano à 2,8% ao ano. Resultado assim a um crescimento acumulado de 28,9% entre os anos de 2018 a 2028.

No Brasil tem-se alguns estados que tem se destacado na aplicação e iniciativas para difusão do BIM, entre eles destaca-se o Estado de Santa Catarina, sendo um dos pioneiros da tecnologia BIM no Brasil (CREA-SC, 2020) e o Paraná.

2.3.2.1. Estudos de Caso: Santa Catarina

Um desses projetos é a Escola Básica Municipal Tapera pela Prefeitura de Florianópolis, mostrado pela Figura 4 - Escola Básica Municipal Tapera.. Contando com 5.455,20 m² e custando aproximadamente 11 milhões de reais foi entregue em fevereiro de 2020. (PREFEITURA DE FLORIANÓPOLIS, 2020).

Possuindo 12 salas de aulas, 3 salas esportivas, refeitório, biblioteca e outras, a escola atenderá até 420 estudantes do 1º ao 9º ano e 100 na modalidade Educação de Jovens, Adultos e Idosos – EJA. (PREFEITURA DE FLORIANÓPOLIS, 2020)

A aplicação da metodologia BIM permitiu a obra uma antecipação de quase um ano (sendo previsto originalmente 24 meses de obra), além de ser realizada sem aditivos e com redução de desperdícios. (PREFEITURA DE FLORIANÓPOLIS, 2020)

Graças ao modelo virtual, representado pela Figura 5 - Modelo Escola Básica Municipal Tapera, também foi possível identificar e corrigir 286 interferências estruturais desde a fase de projeto. (CREA-SC, 2020).

Figura 4 - Escola Básica Municipal Tapera.

Fonte: Sousa, Leonardo.

Figura 5 - Modelo Escola Básica Municipal Tapera

Fonte: https://www.nsctotal.com.br/noticias/primeira-escola-municipal-da-tapera-no-sul-da-ilha-deve-ser-construida-em-dois-anos

Outro projeto de destaque em BIM no estado de Santa Catarina é o novo terminal do Aeroporto de Florianópolis, Figura 6. Consistindo na readequação de vias de acesso, finalização de pátio de aeronaves e terminal de passageiros, a obra foi realizada em 15 meses e entregue em maio de 2019.

Figura 6 - Vista aérea do Aeroporto de Florianópolis.

Fonte: https://portal.crea-sc.org.br/bim-em-santa-catarina-o-estado-da-metodologia/

2.3.2.2. Estudo de caso: Paraná

O governo do Paraná é outro que se destaca em BIM no Brasil. O estado incluindo a adoção do BIM no Plano de Metas 2015-2018, visando promover e melhorar a qualidade dos projetos e obras realizadas. A primeira implantação efetivamente foi o 1º Seminário Regional Construindo BIM: Desafios e perspectivas para implantação no Brasil, realizado em Curitiba, em outubro de 2014. Nesse evento foi assinado o Termo de Cooperação Técnica com o Governo de Santa Catarina. Posteriormente também, foi feito contato com o Governo do Rio Grande do Sul, criando assim a estrutura REDE BIM GOV SUL, concretizada em 2015, com intuito de promover ações integradas na região Sul para fomentar a implantação do BIM (Curitiba, PR: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística, 2018). Assim vê-se que assim como outras nações, o Brasil se posiciona para um desenvolvimento em BIM, visando os inúmeros benefícios propiciados pela tecnologia.

Assim pode-se ver com as diferentes aplicações e exemplos que tanto no âmbito nacional quanto no internacional, a metodologia BIM vem sendo implementada com sucesso em diferentes projetos. Deste modo, esse trabalho visa seguir os exemplos mostrados e fazer uma adaptação de um projeto Proinfância a tecnologia BIM e verificar as análises que podem ser feitas com o modelo resultante.

2.4. PROJETO PROINFÂNCIA

Instituído pela Resolução nº 6, de 24 de abril de 2007, o Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil (Proinfância) visa melhorar a infraestrutura física da rede escolar brasileira e garantir o acesso a creches e escolas as crianças.

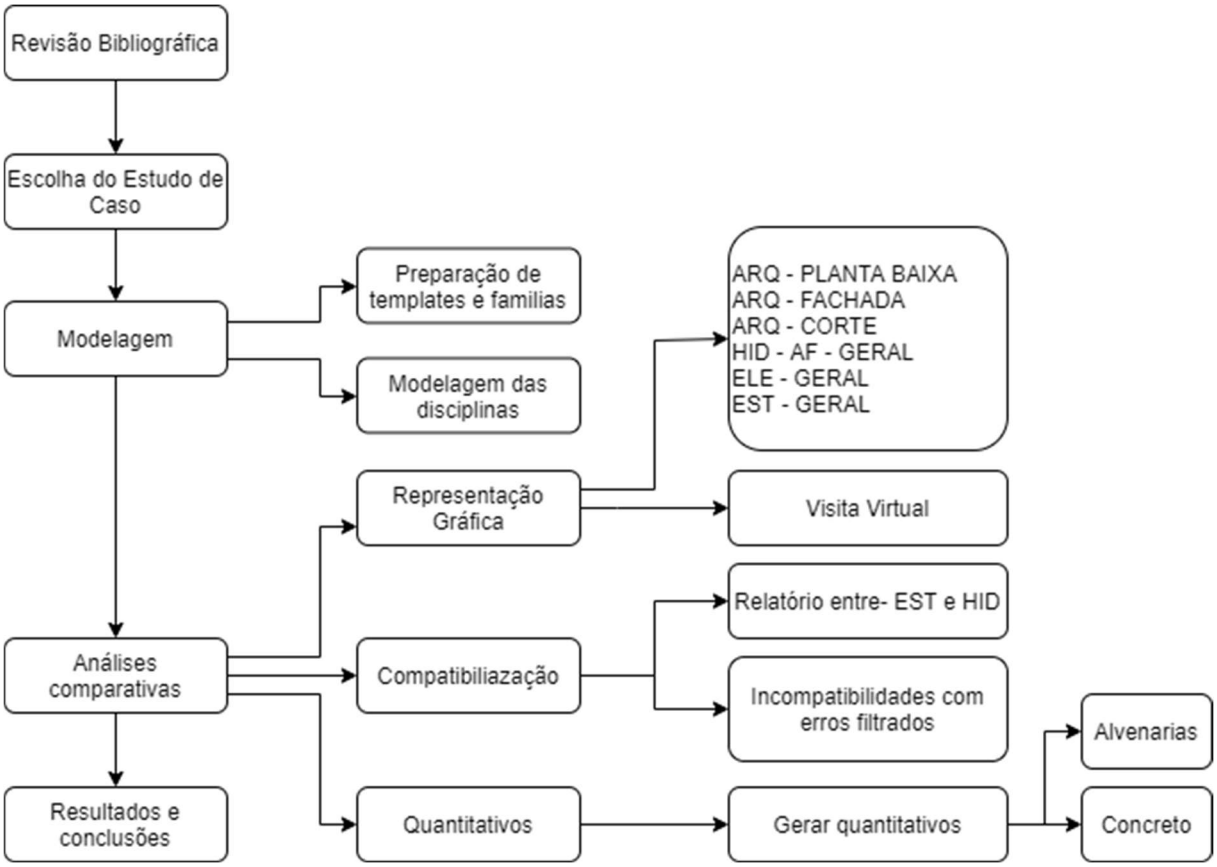
O projeto trabalha com duas frentes de atuação, que são a criação de creches e pré-escolas padronizadas, por meio de auxílios técnicos e financeiros do FNDE e auxílio na aquisição de mobiliários e equipamentos escolares necessários ao funcionamento da rede física escolar.

Destinado aos Municípios e ao Distrito Federal, o Proinfância fornece inúmeros projetos bases diferentes, onde cada um possui parâmetros técnicos-construtivos necessários para a execução.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse trabalho é dividida em cinco etapas sucessivas que visam a adaptação do projeto Proinfância e as análises que serão feitas sobre tal modelo. O fluxograma global do trabalho é apresentado pela Figura 7.

Figura 7 - Fluxo Global Proposto



Fonte: Autor (2020).

Serão apresentados nos subcapítulos seguintes cada etapa em mais detalhe.

3.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Primeiramente foi realizado uma pesquisa bibliográfica sobre o BIM, de modo a dar o embasamento teórico para as etapas seguintes. A busca teórica deu-se em livros, artigos científicos e manuais internacionais de BIM.

Portanto, buscou-se assuntos que interligam a metodologia BIM com os principais benefícios que traz ao processo construtivo e ao ambiente da engenharia.

3.2. ESCOLHA DE ESTUDO DE CASO

Em seguida, escolheu-se o estudo de caso a ser tratado. A escolha foi guiada pelas questões de acessibilidade dos documentos, pois é necessário que as plantas e documentos complementares de projeto sejam acessíveis e completos.

3.3. MODELAGEM

Na próxima etapa tem-se a criação de famílias e templates necessários e em seguida a modelagem das disciplinas.

3.3.1. Preparação de Templates e Famílias

O software Revit foi escolhido por ser um programa de ampla utilização no meio de projetos arquitetônicos e projetos de engenharia civil. Outra vantagem do software é a ampla distribuição de templates e famílias, além de existir versão estudante disponibilizada gratuitamente.

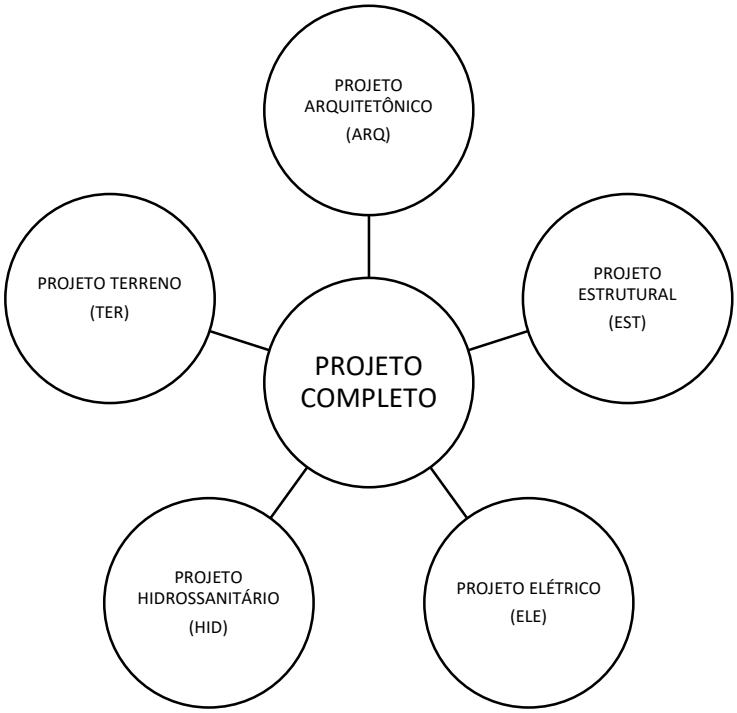
Para a modelagem foi usado uma mistura de templates e famílias existentes disponibilizados pelas diferentes entidades que promovem o uso e a disseminação do BIM, como a plataforma BIM BR (plataforma brasileira) e a *NBS National BIM Library* (plataforma britânica). Para famílias de objetos específicos ao projeto eles foram modelados manualmente no Revit.

3.3.2. Modelagem das Disciplinas

Em seguida, tem-se a modelagem das disciplinas propriamente. Será feito a modelagem da escola infantil tipo C do projeto Proinfância do FNDE, com arquivos de projeto disponibilizados pelo próprio FNDE no site. Arquivos CAD serão adicionados no Autodesk Revit e usados como base para implementação dos elementos, garantindo as informações geométricas do projeto. O arquivo “Memorial Descritivo” será usado para complementar informações não geométricas do projeto.

Devido à complexidade do projeto é proposto uma segmentação para reduzir a demanda de processamento computacional e para evitar modificações indesejadas de um segmento a partir de outro. Quando um projeto for necessário à realização de outro ele será importado por Link, para que possa ser usado como referência, mas incapaz de modifica-lo. A Figura 8 mostra a divisão e organização proposta dos arquivos.

Figura 8 - Proposta de Divisão de Modelos.

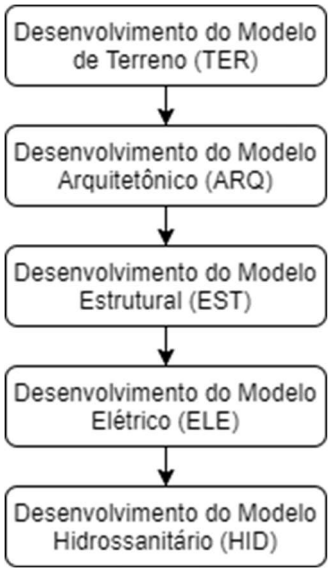


Fonte: Autor (2020).

Definido os modelos e projetos a serem incorporados, definiu-se também a ordem que eles devem ser feitos. Tal ordem, definida pela Figura 9, visa permitir a incorporação de um modelo em outro, representando como um trabalho colaborativo entre diferentes atores funcionaria. Assim graças a essa colaboração, mas com a ausência de uma rede de armazenamento, distribuição e sincronização dos modelos em tempo real (o que é inviável para somente um único autor (o aluno)), tem-se um nível 2 de BIM.

Para o projeto de terreno escolheu-se uma modelagem no LOD 200, devido a importância dele como suporte aos outros modelos. Para os modelos arquitetônico e estrutural, escolheu-se uma modelagem em LOD 350, visando uma representação geométrica precisa e permitindo as análises comparativas, que serão abordadas no próximo sub capítulo. Para o modelo elétrico e hidrossanitário de água fria, escolheu-se fazer a modelagem em LOD 200. Para o projeto elétrico, devido a limitações técnicas com a representação dos eletrodutos flexíveis, será modelizado em eletrodutos rígidos, com posições aproximadas representando onde os eletrodutos flexíveis passariam.

Figura 9 - Fluxo adaptado proposto.



Fonte: Autor (2020).

Para garantir a maior precisão possível, será inserido no modelo os arquivos CAD equivalentes, permitindo maior precisão e fidelidade ao projetado pelo FNDE

3.4. ANÁLISES COMPARATIVAS

Conforme apresentado na Figura 7**,** essa etapa consiste em três diretrizes de análises. A primeira é a criação de pranchas pelo Revit que sejam equivalentes as pranchas do projeto original, a segunda será a criação de quantitativos parciais equivalentes aos do projeto e o terceiro, serão as análises de compatibilização e interferências entre os projetos arquitetônico e complementares.

3.4.1. Representação Gráfica (1ª análise comparativa)

Após a conversão dos arquivos CAD ao modelo BIM, será preparado representações bidimensionais a partir do Revit para comparação com as fachadas e cortes disponibilizadas. Esse processo consiste em definir o ângulo de visualização do modelo e realizar uma filtragem dos elementos que serão mostrados, omitindo a visibilidade dos que não são pertinentes a cada representação. Serão feitas as seguintes representações:

- ARQ – GERAL
- ARQ – FACHADA
- ARQ – CORTES

- ARQ – DETALHAMENTO
- EST – GERAL
- HID – AF – GERAL
- ELE – GERAL

Como aspecto extra e único da tecnologia BIM, será feito também uma visita virtual da escola pelo software Revit. No intuito de ser usado como complemento visual a realização da obra e de verificação do modelo final.

3.4.2. Compatibilização (2ª análise comparativa)

Na metodologia convencional, essa etapa seria composta pela sobreposição dos arquivos CAD e da verificação manual e visual dos projetos. Porém, graças a tecnologia BIM, pode-se fazer a compatibilização com o auxílio de softwares especializados, gerando analises parametrizáveis e automáticas. O software Navisworks versão 2020 foi escolhido por ser um programa de ampla utilização no meio, possuir um vínculo direto com o Revit e existir versão estudante.

No trabalho, será comparado o projeto hidrossanitário e o estrutural, pois conflitos entre esses sistemas implicam em retrabalhos no canteiro de obra, sendo necessário a quebra dos elementos estruturais de concreto ou mudanças do sistema hidrossanitário. Um parâmetro importante para a análise automatizada é a tolerância definida. No projeto, foi escolhido uma tolerância de 2 cm para as verificações por representar o menor diâmetro da tubulação hidráulica. Tolerâncias menores encontrariam erros de pouca relevância e tolerância maiores desconsiderariam tais tubulações.

Uma vez feito as análises e relatórios gerados, serão mostrados os erros mais significativos e recorrentes do projeto.

3.4.3. Quantitativos (3ª análise comparativa)

No quantitativo, a título de exemplificação, serão selecionados os materiais que compõem as alvenarias (incluindo revestimentos) no âmbito arquitetônico e no estrutural será feito a metragem de concreto para as vigas, pilares e fundações, visto ao impacto significativo que eles possuem no projeto. O quantitativo será realizado por meio das ferramentas automáticas do Revit.

Após a extração do quantitativo, será feita uma análise comparativa entre os resultados encontrados com a tabela fornecida pelo FNDE.

4. ESTUDO DE CASO

Nesse trabalho será estudado o Projeto tipo C. Destinado as áreas urbanas e rurais, ele visa atender 120 crianças nos turnos matutino e vespertino. Contém creche, dedicada para crianças de até 4 anos, e pré-escola, para crianças de menos de seis anos. A Figura 10, fornecida pelo FNDE, faz uma representação gráfica do projeto.

Figura 10 - Unidade Escolar TIPO C.

Fonte: FNDE

Como qualquer edifício escolástico de qualidade, o tipo C teve que ser concebido de forma a garantir o conforto, segurança e saúde dos usuários. Assim, foi elaborado conforme as seguintes necessidades:

- Facilidade de acesso e fácil circulação aos blocos;
- Segurança física de crianças desacompanhadas;
- Ambiente de interação e convívio entre crianças;
- Interação visual por meio de elementos transparentes;
- Equipamentos em escala infantil.

4.1. ESPAÇOS DEFINIDOS

Nesse modelo, a escola ocupa somente um andar. Possuindo quatro blocos distintos e uma área aberta, é dividido em quatro setores (administrativo, pedagógico, serviço e de vivência) (ver Figura 11):

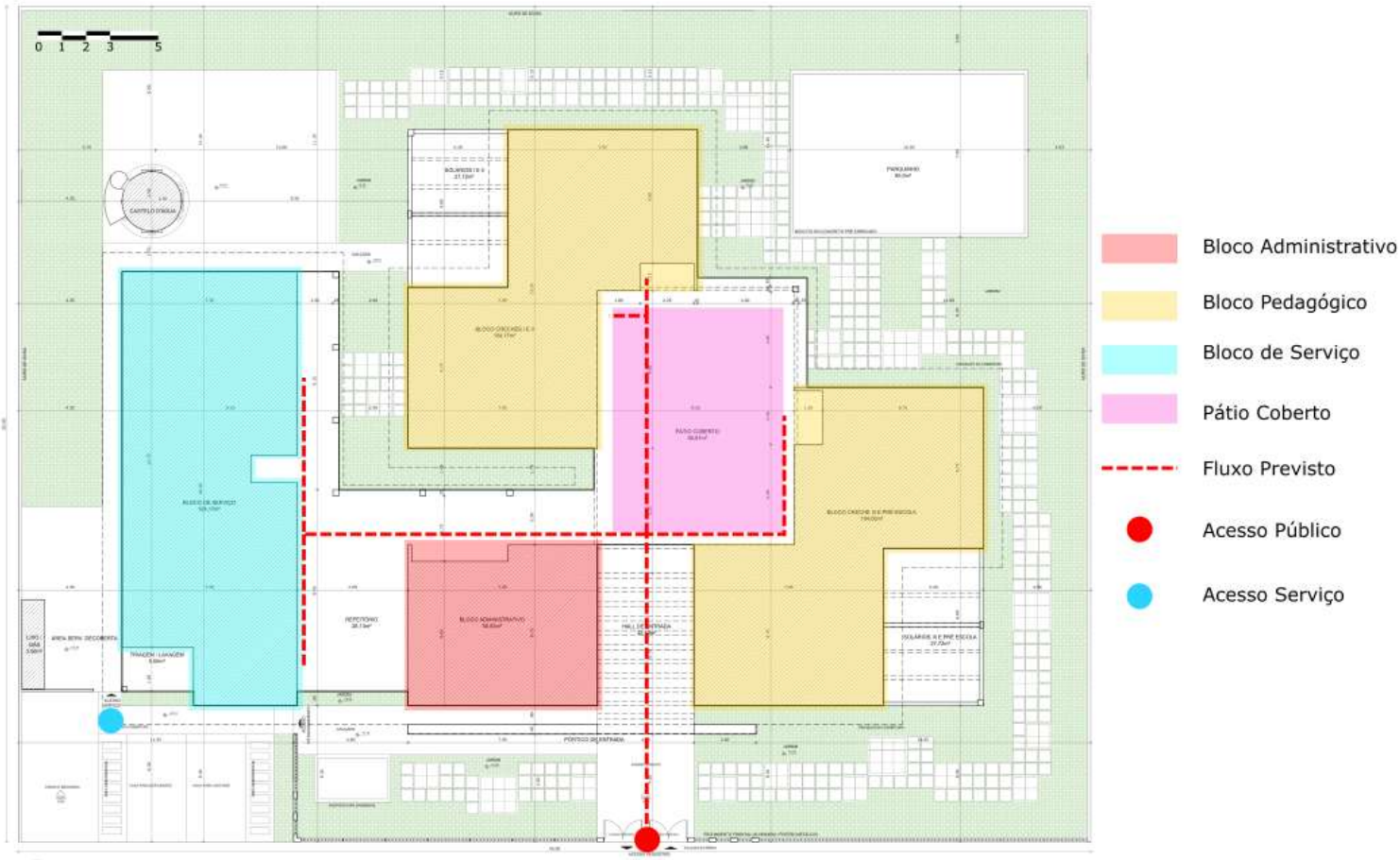
Bloco administrativo, entrada principal da creche, contém também o hall, administração, almoxarifado, sala de professores e banheiros acessíveis para adultos. Sendo o menor dos blocos, totaliza aproximadamente 50 m² de área interna.

O segundo bloco é o de serviços. Contendo o acesso de serviço, cozinha e refeitório, vestiários, copa de funcionários e outros, esse bloco é o maior, totalizando 124,17 m².

Os dois últimos blocos são os blocos pedagógicos, que incluem fraldários, sanitários infantis, áreas de atividade e repouso, além de solários. Cada bloco pedagógico possui área aproximada de 104 m². O Bloco Pedagógico I contém as creches I e II e é destinado a crianças de 4 meses até 3 anos. O segundo, Bloco Pedagógico II, é destinado a creche III e a pré-escola, que acolherá as crianças de 3 a 6 anos.

Tem-se também o setor de vivência, constituído pela área externa, que contém o pátio coberto, playground e onde encontra-se também o reservatório d’água.

Figura 11 - Disposição de Blocos.



Fonte: Adaptada FNDE

4.2. SISTEMA CONSTRUTIVO

Visando atender ao maior número possível de municípios com o mesmo projeto padrão e da agilidade requerida, o projeto visou uma facilidade construtiva, usando técnicas e materiais padrões e de amplo acesso. Assim o sistema construtivo adotado foi o convencional, constituindo de estruturas de concreto armado feitas in loco, fora a laje que será pré-moldada, e alvenarias de tijolos.

Nas especificações do projeto, os diferentes sistemas construtivos têm vida útil mínima, conforme descrita pela norma ABNT NBR 15575 e apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Vida útil de sistemas.

Sistema	Vida Útil mínima (anos)
Estrutura	≥ 50
Pisos Internos	≥ 13
Vedação vertical interna	≥ 40
Vedação vertical externa	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: ABNT (2013).

Nos subtópicos seguintes será discutido mais detalhadamente a composição dos diferentes sistemas do projeto.

4.2.1. Sistema Estrutural

A escolha adequada do sistema de fundações deve levar em conta as propriedades do terreno e as cargas presentes de projeto. O projeto padrão fornecido contém as cargas previstas, mas devido a variabilidade de resistências e características de solos, fica de responsabilidade dos municípios o desenvolvimento do projeto executivo de fundações superficiais ou profundas.

Para as vigas e pilares de projeto, eles serão moldados in loco com altura média de 40 cm (vigas) e dimensões aproximadas de 12x30 cm (pilares). No projeto é utilizado lajes maciças pré-moldadas com altura média de 10 cm.

4.2.2. Sistema de Vedação

O sistema de vedação usado é composto por dois tipos de blocos cerâmicos diferentes. O primeiro consiste em tijolos cerâmicos de seis furos 19x19x10 cm (largura, altura e profundidade respectivamente). O segundo elemento são as alvenarias vazadas de concreto (cobogós). Presentes na forma de peças pré-fabricadas de concreto com 16 furos de 40x40x10 cm (largura, altura e profundidade respectivamente) ou com 1 furo e 15x15x10 cm (largura, altura e profundidade respectivamente).

4.2.3. Sistema de Cobertura

Para a estrutura de cobertura o projeto define que seja feita em madeira de Peroba ou espécies apropriadas, conforme classificação de uso. O dimensionamento desses elementos segue a Tabela 3. A cobertura será feita de telhas cerâmicas, tipo colonial.

Tabela 3 - Dimensões elementos da estrutura de cobertura.

Nome da Peça	Dimensões da Seção Transversal (cm)
Terças	6x20
Caibros	5x6
Ripas	1,5x5
Tesouras	15x25

Fonte: Memorial Descritivo, FNDE (2013).

4.3. SISTEMA HIDROSSANITÁRIO

No projeto o sistema hidrossanitário é dividido nas cinco partes, instalações de água fria, instalações de águas pluviais, esgoto sanitário, instalações de gás combustível e sistema de proteção contra incêndios. Nos tópicos seguintes cada sistema será mais detalhado.

4.3.1. Instalações de Água Fria

Para o dimensionamento desse subsistema, foi considerado cerca de 112 crianças e 20 funcionários.

O projeto possuiu sistema de abastecimento de água indireto, ou seja, a água da rede pública não é consumida diretamente, ela fica antes estocada em reservatório e depois distribuída. Isso permite a escola ter reserva que será usada em casos de descontinuidade de fornecimento da rede pública. A reserva estipulada é de dois consumos diários da edificação.

O reservatório é a estrutura metálica tipo cilindro pré-fabricado de capacidade total de 25 000 l localizada na área externa da escola. Divido em dois reservatórios, o reservatório inferior (R1) é destinado ao recebimento da água da rede pública e posteriormente tem-se o bombeamento, com auxílio de sistema motor-bomba, para o reservatório superior (R2), que é destinado a reserva d'água para consumo. O sistema

motor-bomba se encontra na casa de máquinas, localizada abaixo do reservatório inferior.

4.3.2. Instalações de águas pluviais

A captação de águas pluviais se dá através das calhas de coberturas e das calhas de piso. As calhas de cobertura são destinadas para a coleta de águas da parte interna da cobertura dos blocos e pátio.

As calhas de piso são canaletas coletoras que drenarão águas derivadas dos pátios e solários. Águas de escoamento superficial serão coletadas por ralos e redistribuídas pelo terreno.

4.3.3. Instalações de esgoto sanitário

O sistema de esgoto do projeto é baseado no Sistema Dual, onde tem-se a separação dos esgotos primários e secundários através de um desconector, conforme a norma ANBT NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e Execução. Os resíduos coletados pelo sistema de esgoto sanitário têm como destinação a rede pública de coleta, sendo possível adotar solução individual para municípios que não possuírem rede pública. A solução individual consiste em conjunto de fossa séptica, filtro anaeróbico e sumidouro construídos conforme projeto padrão.

Todas as tubulações e conectores desse sistema são feitas de PVC rígido. Também definida pela norma ABNT NBT 8160, os trechos horizontais deve-se manter a capacidade do escoamento por gravidade através de uma declividade constante de 1,5%, para tubulações de diâmetro nominal até 75 mm, ou 1%, para tubulações de diâmetro nominal igual ou superior a 100 mm. Colunas de ventilação serão instaladas, passando 30 cm acima do nível do telhado e possuindo terminais tipo chaminé para proteção contra águas pluviais.

4.3.4. Sistema de gás combustível

Esse sistema é destinado ao abastecimento de gás na cozinha e lactário. Na cozinha com forno semi-industrial 6 bocas e no lactário com fogão de 4 bocas. A tubulação é feita de aço SCH-40 e abastecido por dois cilindros de 45 kg de GLP (Gás liquefeito de petróleo).

4.4. SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

Seguindo as classificações do Corpos de Bombeiro do país, estabelecimentos de ensino tem risco baixo. Assim o projeto de proteção contra incêndios consiste nas sinalizações de segurança para auxilio em rotas de fuga, extintores de incêndio para todas as áreas da edificação e iluminações de emergência, composto de blocos autônomos com autonomia de 2h.

4.5. SISTEMA ELÉTRICO

Em seguida tem-se a descrição do sistema elétrico.

4.5.1. Instalações elétricas

Nesse subsistema, o fornecimento de eletricidade se dá em baixa tensão e é definida pela concessionária local, podendo variar entre 127 V e 220V.

As instalações de cada bloco foram projetadas independentemente, aumentando a flexibilidade do projeto na construção, manutenção e operações. Consequentemente cada bloco possui um quadro de distribuição autônomo alimentado pelo QGBT localizado no bloco de serviços.

Nas áreas de acesso irrestrito das crianças não foi projetado tomadas baixas, devido a questões de segurança.

4.5.2. Instalações de climatização

Visando atender as condições de conforto projetado, os ambientes terão complementação a ventilação atravez de equipamentos de ar condicionado para salas multiusos, salas de professores e diretoria. Para os demais ambientes será adotado ventiladores de teto.

4.5.3. Instalações do sistema de exaustão

O projeto prevê ventilação mecânica para a área de serviço, permitindo assim atender as condições de purificação e renovação de ar. Na cozinha tem-se exaustão dutada, impulsionada por ventilação mecânica, além da presença de captadores de exaustão tipo coifa de ilha, centralizado nos fogões.

5. RESULTADOS

Nesse capitulo serão apresentadas os resultados das etapas quatro e da metodologia, até a modelagem e as análises comparativas.

5.1. MODELAGEM

Nessa parte será apresentado as etapas necessárias para a modelagem das disciplinas, desde a preparação dos templates e famílias a modelagem das disciplinas.

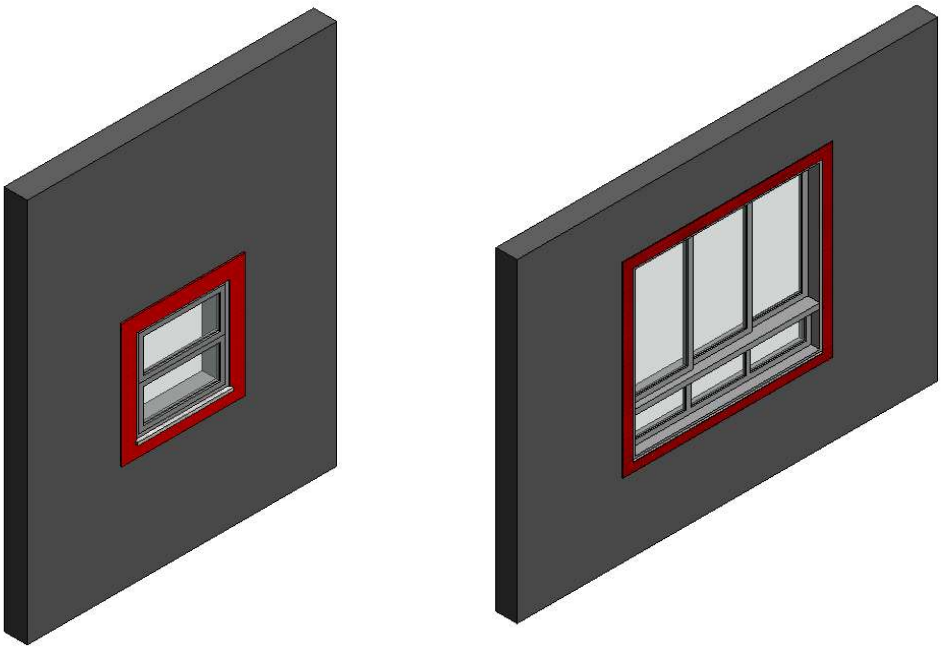
5.1.1. Templates e Famílias

Para o desenvolvimento do projeto, optou-se por usar os templates oferecidos pelo próprio software Revit. Porém foi feito adaptações as representações e visibilidades, a fim de auxiliar a modelagem como um tudo.

As famílias de objetos utilizados foram retiradas de bibliotecas BIM disponíveis online ou modeladas individualmente internamente pelo software Revit. Todos as janelas e portas, de madeira e alumínio, utilizadas foram modeladas individualmente, exemplificados pelas Figura 12 e Figura 13.

Para as janelas, teve-se um total de cinco janelas diferentes seguindo as especificações do detalhamento das esquadrias em alumínio, disponibilizado pelo FNDE para o projeto. Elas foram adaptadas de modelos genéricos disponibilizados e tiveram adições de materiais, como a presença dos azulejos vermelhos ao redor, e correções nas dimensões. Escolheu-se adicionar o detalhe dos azulejos nas famílias das janelas por agilizar o processo de modelagem. Uma vez esse detalhe feito na família será necessário somente colocar a janela na posição correta que a borda azulejada será formada automaticamente.

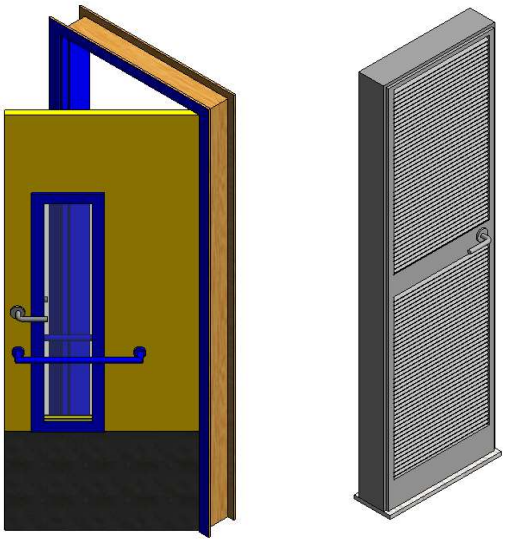
Figura 12 - Modelagem das janelas J-01 e J-05 respectivamente.



Fonte: Autor (2020).

Em seguida para as portas em alumínio usou-se também as especificações das esquadrias em alumínio e para as portas de madeira usou-se do detalhamento de esquadrias em madeira

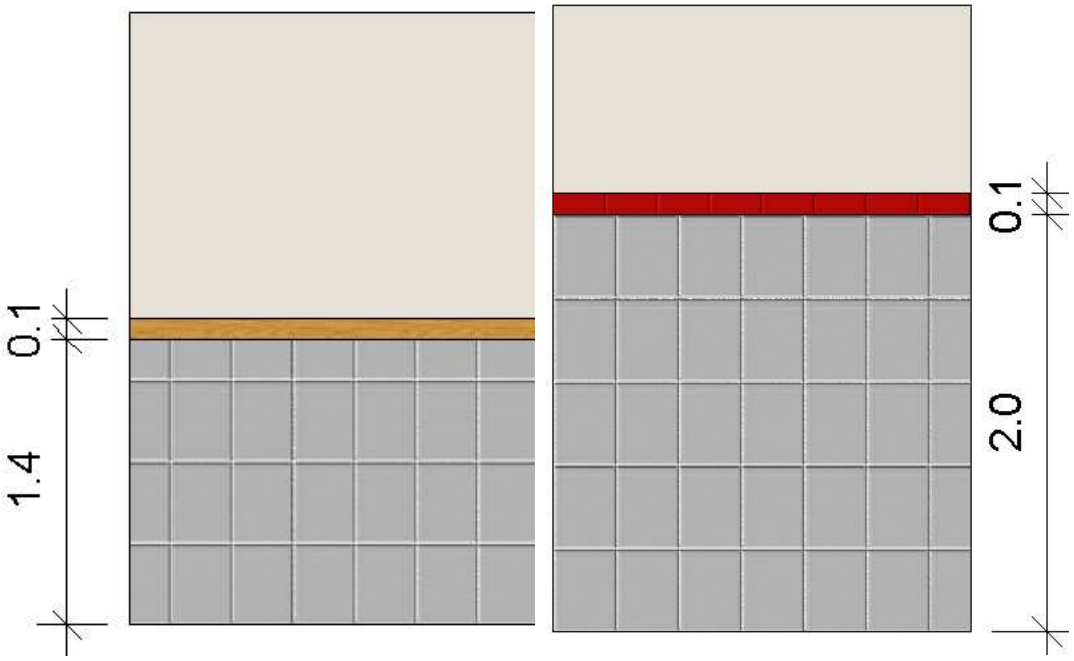
Figura 13 - Modelagem de portas.



Fonte: Autor (2020).

Em seguida teve-se a modelagem das vedações verticais. Esses elementos tiveram uma modelagem mais complexa devido a uma assimetria de alturas nos acabamentos, onde um lado da parede poderia ter um revestimento azulejado até uma certa cota e do outro lado um outro tipo de acabamento a uma cota diferente. Essa problemática é exemplificada pela Figura 14, onde de um lado tem-se acabamento interno destinado a salas de aula e do outro tem-se acabamento interno destinado a banheiro feminino.

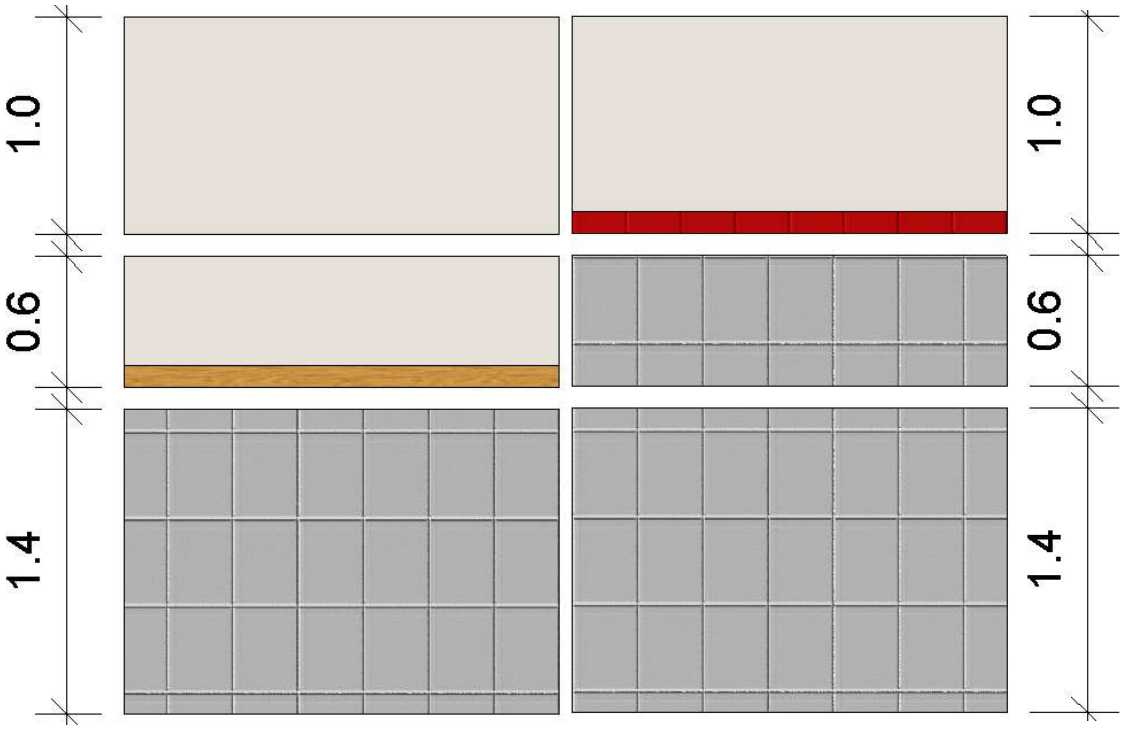
Figura 14 - Família de Parede com acabamento assimétrico (Área interna x Banheiro Feminino).



Fonte: Autor (2020).

A solução encontrada para esse problema foi o uso da ferramenta *Stacked Wall* (Paredes Empilhadas), onde o Revit permite empilhar pedaços de paredes e definir a altura de cada um. Assim para a modelagem de uma família de parede, criou-se três subfamílias que agrupadas funcionam como a parede desejada. Esse método é representado pela Figura 15. Assim, totalizou-se dez famílias de paredes usadas para o projeto.

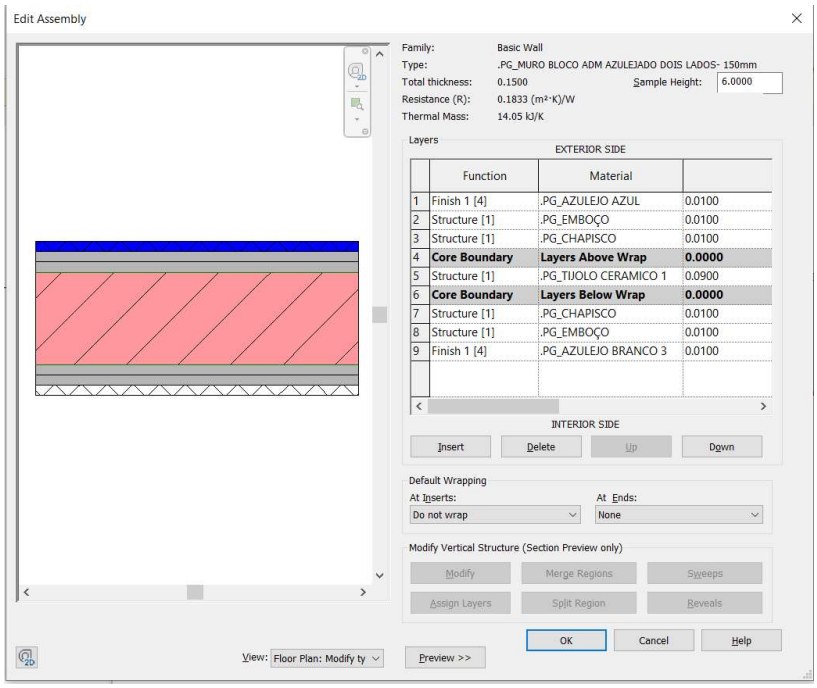
Figura 15 - "Empilhamento" de subfamílias.



Fonte: Autor (2020).'

Para cada segmento de parede a composição transversal foi a de tijolo cerâmico de 9 cm de largura, uma faixa de chapisco de 1 cm de cada lado, uma faixa de emboço de 1 cm de cada lado e por último ou o reboco ou o azulejo de 1 cm cada. Vale mencionar que cada lado pode ter um acabamento diferente, de um lado o azulejo e o outro o reboco, de acordo com a necessidade. A Figura 16 ilustra a interface no Revit para a modelagem descrita.

Figura 16 - Interface Revit para Modelagem de Paredes.

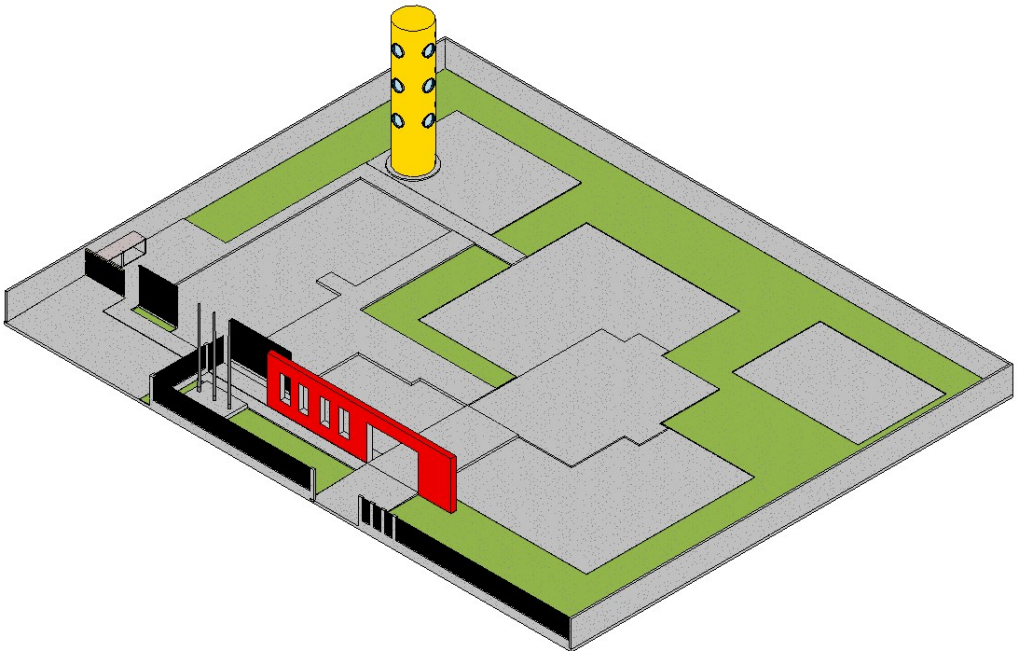


Fonte: Autor (2020).

5.1.2. Modelo Terreno

A primeira parte modelada foi a do terreno, delimitando a zona da escola e servindo de base para os outros modelos, exemplificada pela Figura 17. Escolheu-se colocar o pórtico de entrada e a caixa d'água nesse modelo por serem elementos marcantes e que poderiam auxiliar na locação dos demais elementos construtivos.

Figura 17 - Modelo de Terreno (TER).

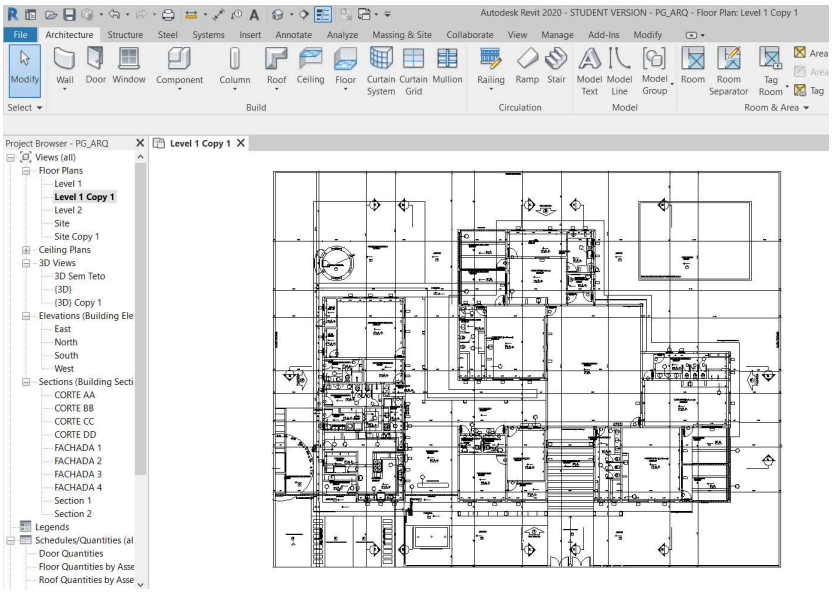


Fonte: Autor (2020).

5.1.3. Modelo Arquitetônico

O segundo modelo feito foi o arquitetônico. A partir do modelo de terreno, foi importado os arquivos CAD (exemplificado pela Figura 18) e sobre essa planta baixa foi feito a modelagem das paredes, telhados, lajes e colocado as esquadrias. Além das janelas e portas, mencionadas anteriormente, também foi realizada a adaptação das paredes identificadas no projeto, considerando os diferentes materiais de revestimentos propostos, chegando assim ao modelo da Figura 19.

Figura 18 - Arquivo CAD importado no Revit.



Fonte: Autor (2020).

Figura 19 - Modelo Arquitetônico (ARQ) e de terreno (TER) realizado no Revit.

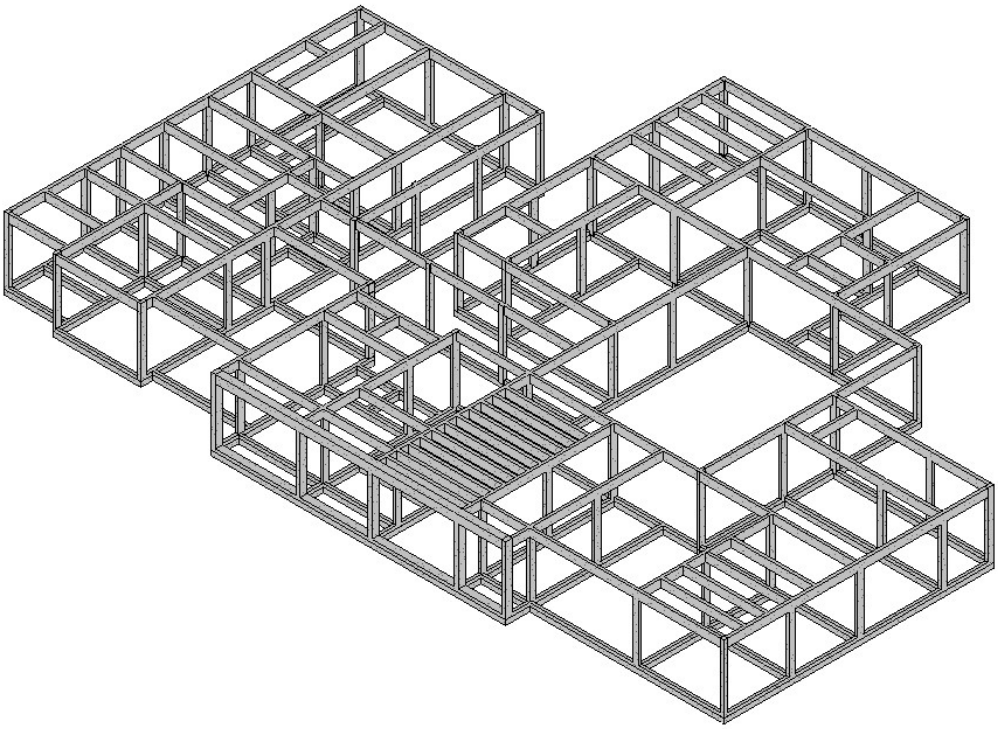
Fonte: Autor (2020).

Para o trabalho, optou-se por não modelar o madeiramento do telhado, sendo desta forma considerado as telhas, calhas, rufos e tubos de queda.

5.1.4. Modelo Estrutural

Em seguida tem-se o modelo estrutural, que consiste de vigas, pilares e vigas baldrames, assim pode-se usar das próprias famílias disponibilizadas pelo Revit, devendo somente fazer a inserção das dimensões corretas para a representação. Originalmente o FNDE fornece duas opções de fundações, superficial e profundas, mas que devem ser dimensionadas pelo município que executará a estrutura, assim optou-se por não modelar a fundação, visto que a representação não seria fiel, uma vez que cada município terá um sistema diferente. Assim como os outros modelos, foi importado o projeto CAD estrutural ao Revit para garantir a boa colocação dos elementos correspondentes. A visualização do modelo estrutural é dada pela Figura 20.

Figura 20 - Modelo Estrutural (EST).



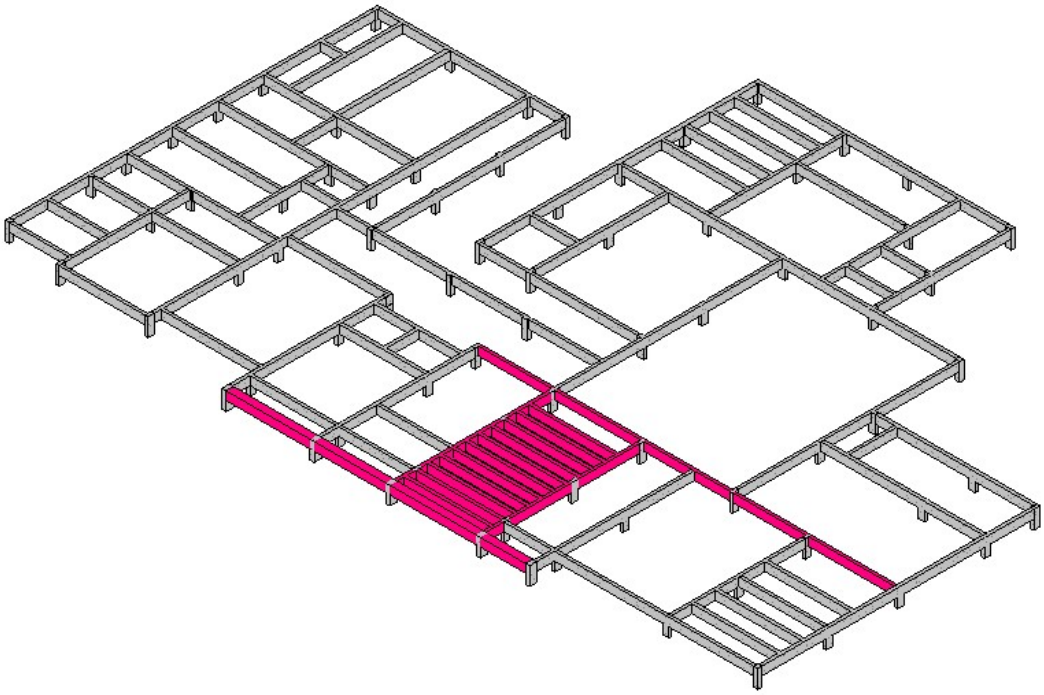
Fonte: Autor (2020).

No intuito de preparar o projeto para as representações e quantitativos, foi usado o campo “Comentários” dos elementos estruturais para inserção da nomenclatura. Tentou-se seguir a nomenclatura original do projeto, porém devido a repetição de nomes entre as vigas superiores e inferiores, optou-se por fazer uma adaptação da nomenclatura, para distinguir as vigas das vigas baldrames. Assim guardou-se a

nomenclatura das vigas baldrames como de projeto e para as vigas, elas foram renomeadas para VXX-S, onde o XX indica o número que elas possuem originalmente e o “-S” para indicar que não é a viga baldrame de mesma numeração.

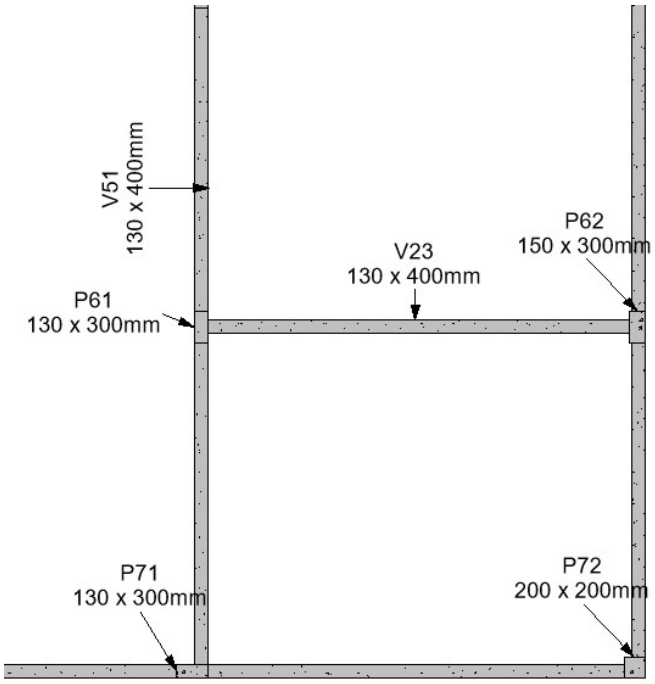
Devido à grande quantidade de elementos para nomeação e a fim de garantir que todos sejam nomeados, usou-se da ferramenta “filtros” no Revit. Essa ferramenta permite alterar temporariamente a aparência dos elementos de acordo com regras estabelecidas pelo usuário, tendo assim grande flexibilidade na sua utilização. O filtro aplicado busca no parâmetro “Comentário” uma nomenclatura, se o elemento em questão já a tiver, ele muda de cor, assim tem-se um auxílio na verificação. A Figura 21 representa a utilização do “filtro” mencionado e a Figura 22 mostra um segmento do resultado, com as anotações feitas aos elementos estruturais.

Figura 21 - Nomeação parcial das vigas, com Filtro.



Fonte: Autor (2020).

Figura 22 -Segmento da planta baixa do modelo estrutural com nomenclatura.

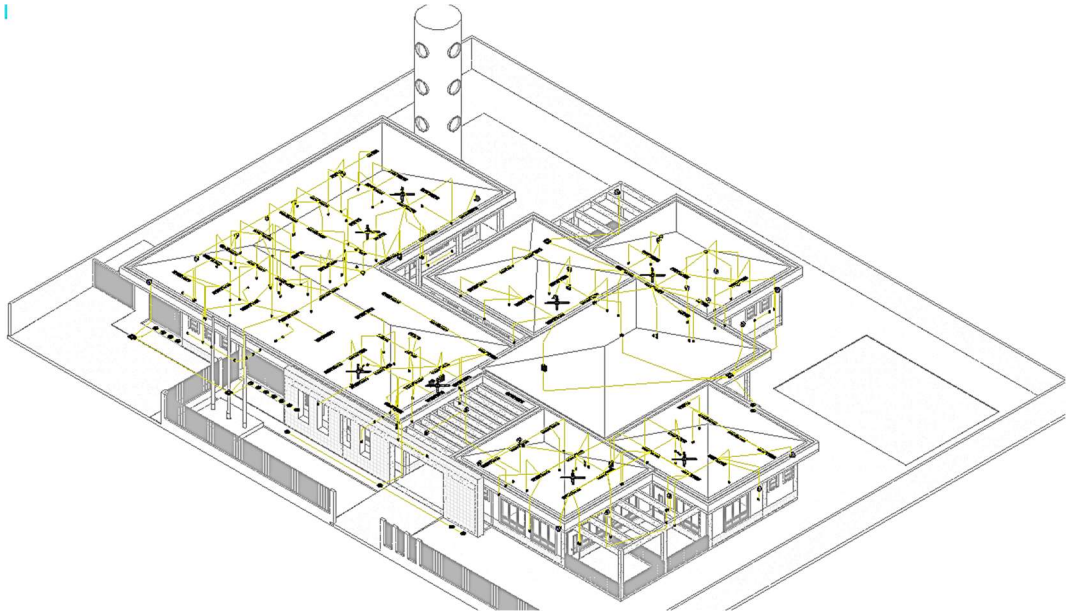


Fonte: Autor (2020).

5.1.5. Modelo Elétrico

Em seguida foi feito o modelo elétrico da escola. Usando templates disponibilizados online, foi feito uma modelagem dos sistemas de tomadas e iluminação da escola. Devido a limitações do software Revit de fazer uma modelagem de eletrodutos flexíveis, escolheu-se fazer a modelagem com eletrodutos rígidos. O modelo resultante é mostrado pela Figura 23.

Figura 23 - Modelo Elétrico (ELE).



Fonte: Autor (2020).

5.1.6. Modelo Hidrossanitário

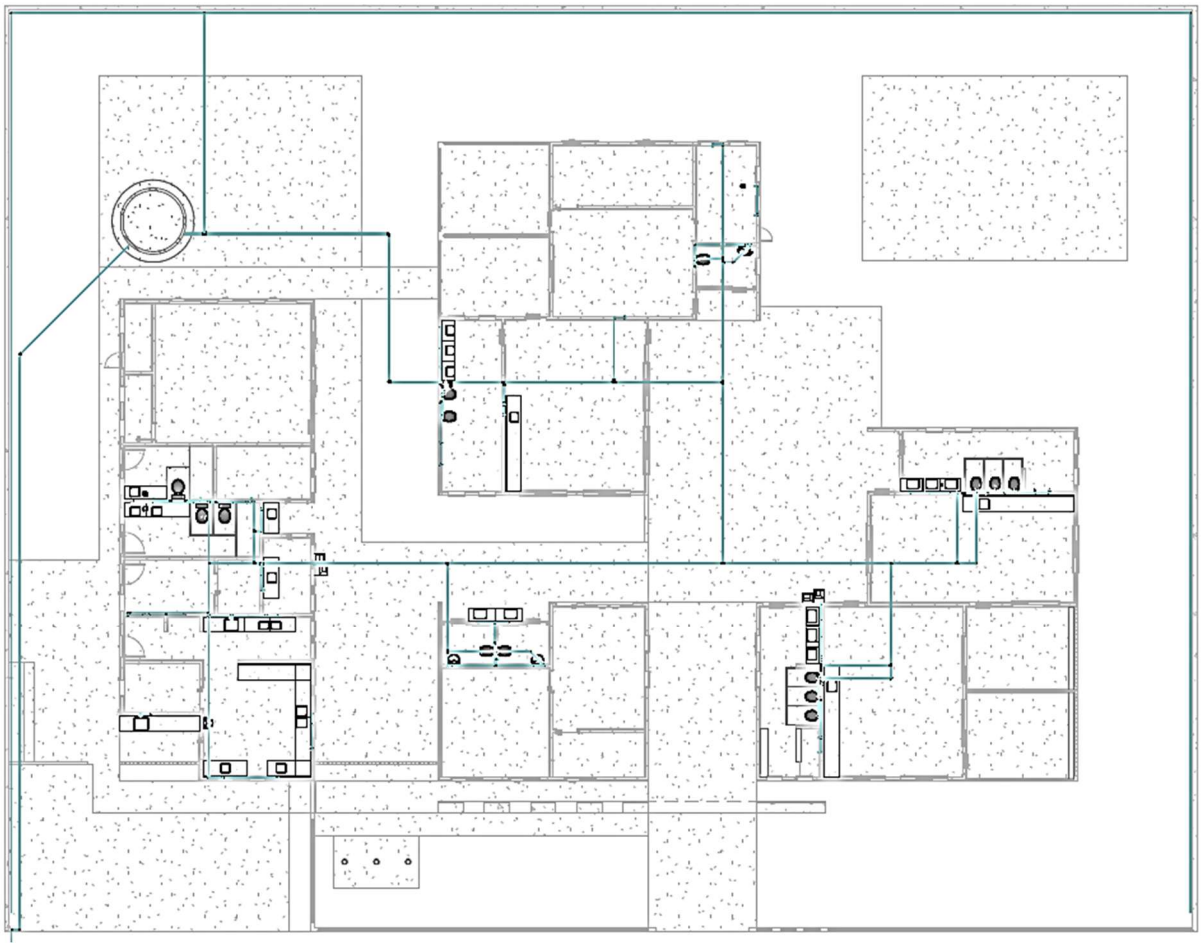
Entre as várias famílias utilizadas em projeto, para o sistema hidrossanitário foi utilizado tubulações e conexões hidráulicas em PVC soldável, disponibilizadas pela Tigre. A Figura 24 mostra a representação 3D dessa família. Essas famílias já são carregadas com as limitações reais da tubulação em questões de peças existentes, preferências de conexões e ângulos possíveis.

Figura 24 - Exemplo de tubulação soldável Tigre.

Fonte: Autor (2020).

Com as famílias e templates prontos, foram importados os modelos arquitetônicos e as plantas baixas do sistema hidrossanitário para a conversão ao modelo BIM. A Figura 25 mostra o projeto de água fria global modelado.

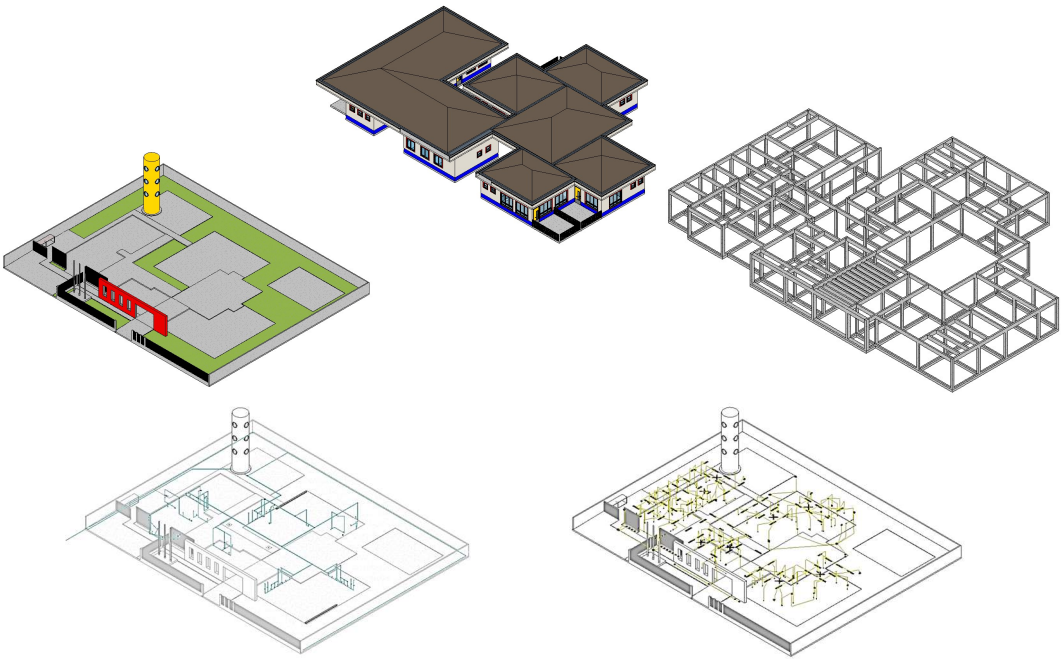
Figura 25 - Modelo hidrossanitário de água fria (HID).



Fonte: Autor (2020).

Assim, depois de modelado todos as sub disciplinas, pode-se montar a Figura 26 que representa o conjunto construtivo.

Figura 26 – Modelagem das diferentes disciplinas.



Fonte: Autor (2020).

5.2. ANÁLISES COMPARATIVAS

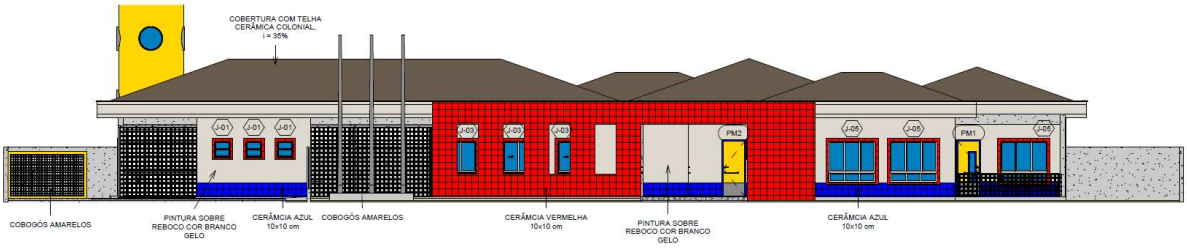
5.2.1. Representação Gráfica (1ª Análise Comparativa)

Uma vez modelado os sub projetos, pode-se passar para a próxima etapa, a das análises comparativas. A primeira dessas análises é a representação gráfica dos elementos.

5.2.1.1. Representação Projeto Arquitetônica

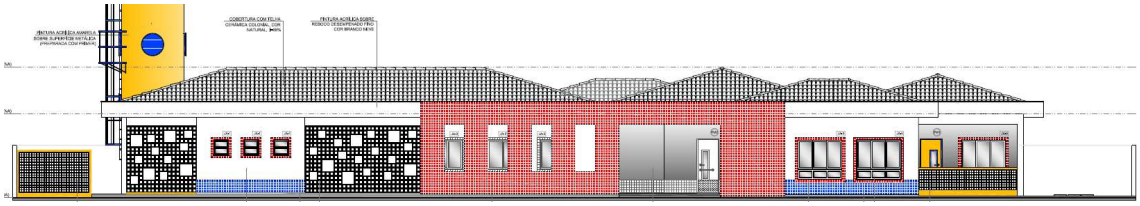
A partir do modelo federado os documentos de fachada e corte foram gerados com a aplicação de simples “corte” no modelo 3D na faixa correta. Foi representado uma vista de fachada (fachada 1) e um corte (corte BB) do projeto. As Figura 27 e Figura 28 mostram a fachada em questão resultado e as Figura 29 e Figura 30 mostram um exemplo de corte, sendo as imagens Figura 28 e Figura 30 as fornecidas pelo FNDE. As fachadas e cortes apresentadas estão disponiveis e ampliadas nos apêndices e anexos.

Figura 27 - Fachada 1 gerada pelo Revit.



Fonte: Autor (2020).

Figura 28 - Fachada 1 Disponibilizada de projeto.



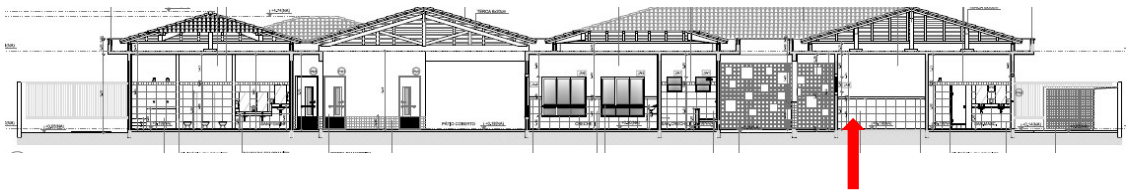
Fonte: FNDE (2013).

Uma simples comparação dessas duas imagens a cima, já pode-se ver uma inconsistência do corte manual. Na abertura principal, vê-se uma porta tipo PM1, enquanto que a porta que deveria ser visível é uma PM2, assim como o Revit mostra.

Figura 29 - Corte BB gerada pelo Revit.

Fonte: Autor (2020).

Figura 30 - Corte BB Disponibilizada de projeto.



Fonte: FNDE (2013).

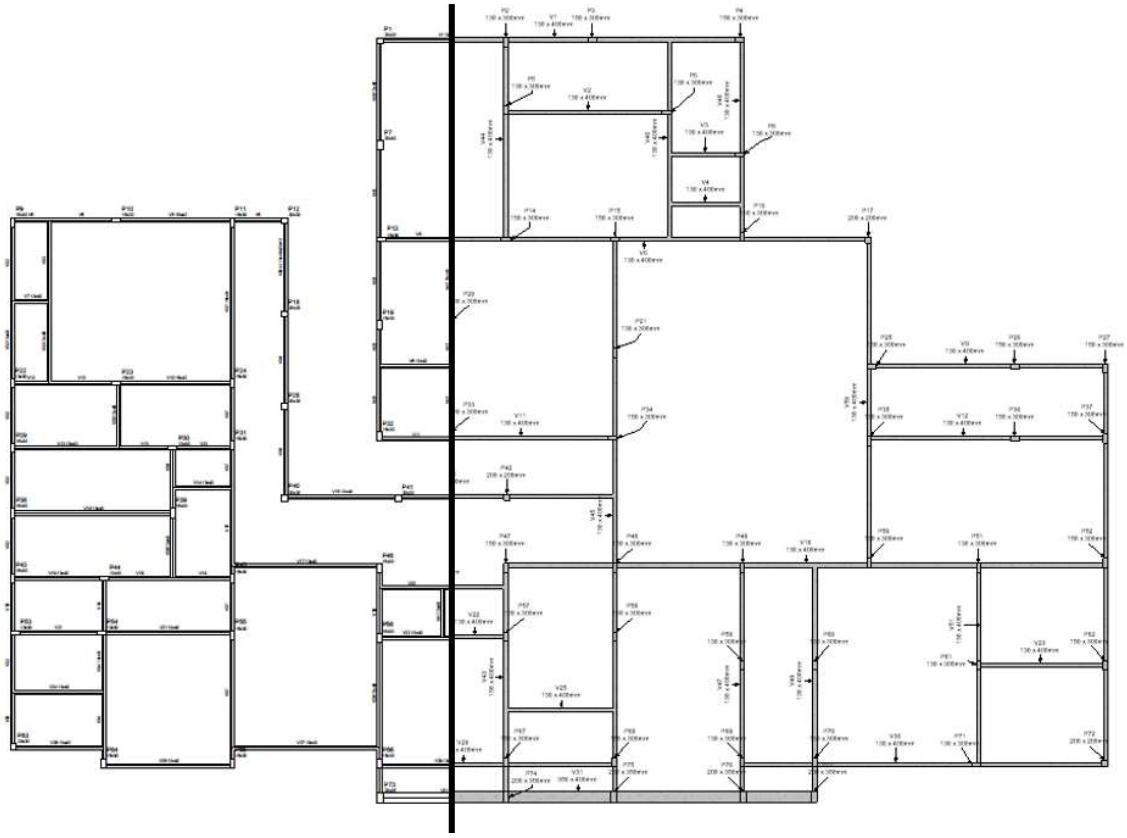
Ve-se pela comparação do Corte BB, que ocorreu um erro no corte do FNDE, onde o projeto deveria mostrar uma porta na Copa dos Funcionários, porém ela não é presente. Vale mencionar que, a ausência do madeirame no corte do Revit é devido ao fato de não ter sido modelado essa parte.Vale mencionar que para o modelo BIM, escolheu-se não modelar o solo abaixo da escola, assim devido a isso, ele não é presente no corte.

Assim pode-se ver que para a representação gráfica, o software Revit é mais confiável, visto que uma vez modelado, o software não esquecerá de elementos, além da facilidade de retrabalho.

5.2.1.2. Representação Projeto Estrutural

Para a representação do projeto estrutural tem-se resultados muito semelhantes, visto a simplicidade dos elementos de concreto. Pode-se ver claramente na Figura 31 a semelhança do projeto no Revit (a direita) com o do FNDE (a esquerda).

Figura 31 - Comparativo de vigas baldrames, a esquerda FNDE, a direita Revit.

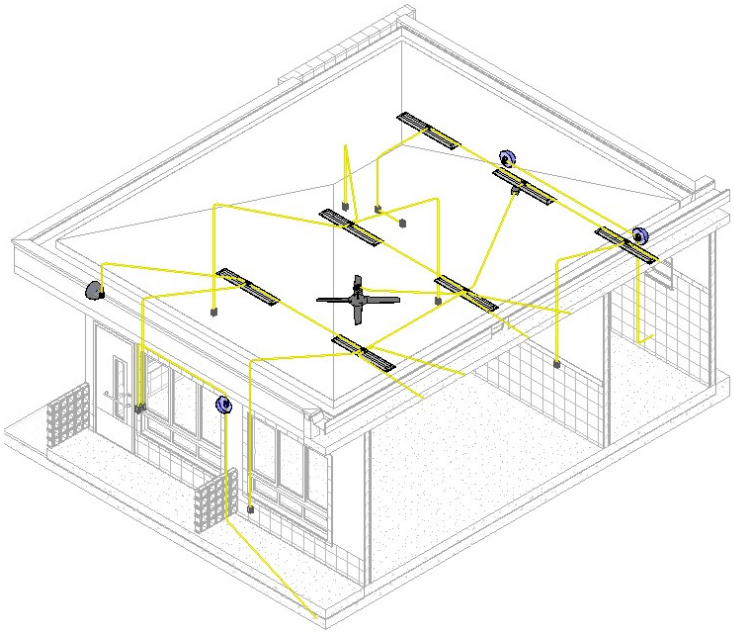


Fonte: Autor (2020).

5.2.1.3. Representação Projeto Elétrico

Para o projeto elétrico, as representações mais interessantes são as plantas baixas e a possibilidade de criar isométricos do projeto. Na Figura 32 tem-se tal representação do isométrico elétrico na região Pré-Escola e Banheiro Masculino

Figura 32 - Isométrico do modelo elétrico na região Pré-Escola e Banheiro Masculino.



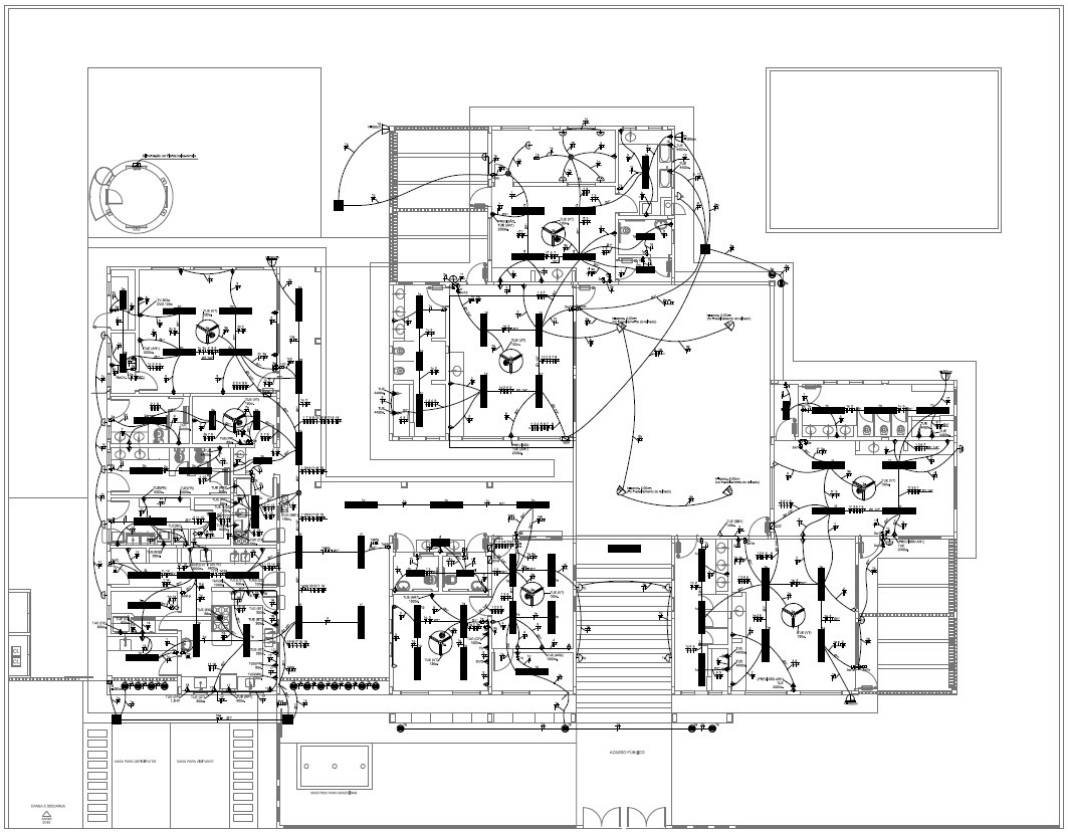
Fonte: Autor (2020).

Em relação a planta baixa, tem-se a Figura 33 que demonstra o resultado fornecido pelo Revit.

Figura 33 - Planta baixa projeto elétrico Revit.

Fonte: Autor (2020).

Figura 34 - Planta baixa projeto elétrico FNDE.



Fonte: Autor (2020).

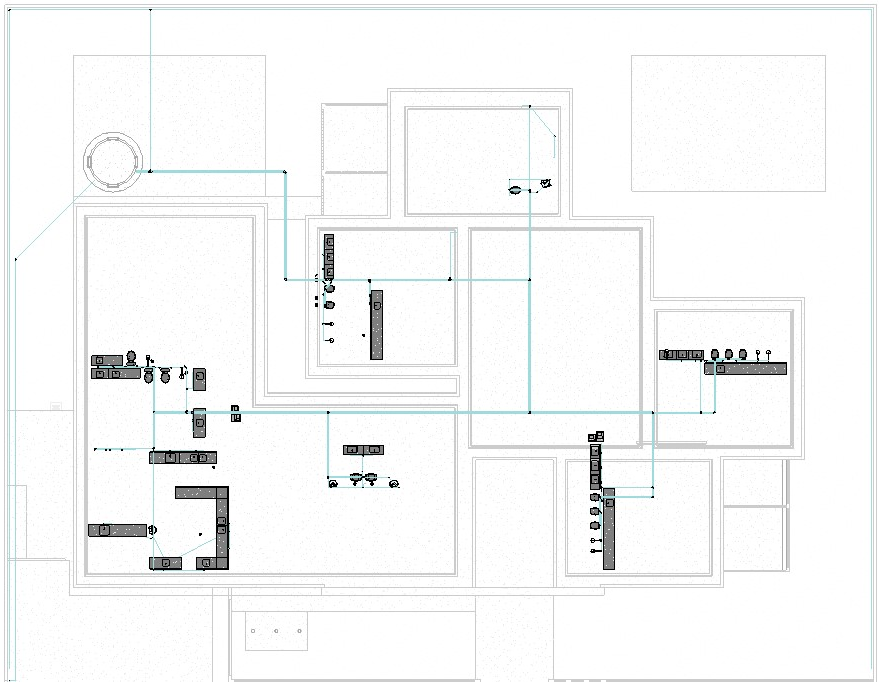
Pode-se ver pelas imagens acima, que o Revit consegue gerar uma modelagem e visualizações que se aproximam aos do método convencional, porém pela falta de eletrodutos flexíveis, tem-se ainda uma distinção, representado pela Figura 34. Também deve-se mencionar que devido a essa diferença dos eletrodutos, as análises de quantitativos e compatibilizações no BIM sofrem perda de qualidade devido a não reprezentação exata do projeto.

Outra dificuldade existente na tecnolgoia BIM é a necessidade de modelar e preparar toda a simbologia e sistemas para se ter uma representação mais detalhada do sistema, aumentando significativamente o trabalho inicial necessário para alcançar o mesmo resultado que no AutoCAD.

5.2.1.4. Representação Projeto Hidrossanitário

De modo semelhante com o projeto elétrico, as representações gráficas do projeto hidrossanitário são compostas pelas plantas e pelos isométricos. A Figura 35 mostra a disposição do projeto hidrossanitário em planta baixa.

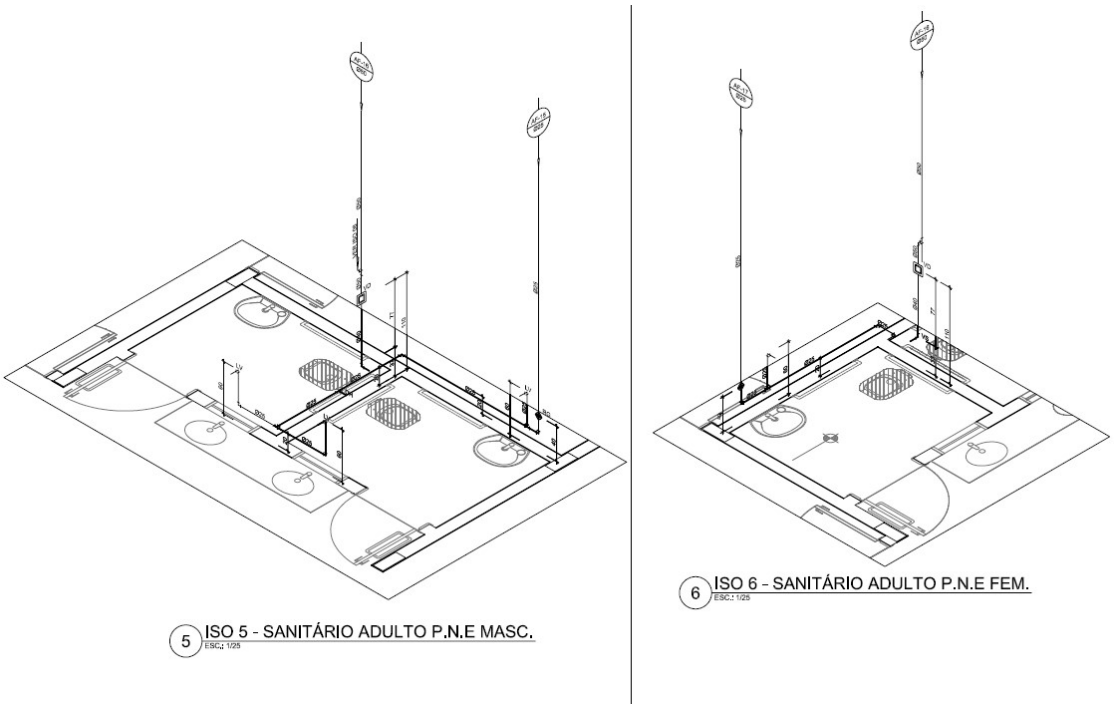
Figura 35 - Disposição global da tubulação de Água Fria.



Fonte: Autor (2020).

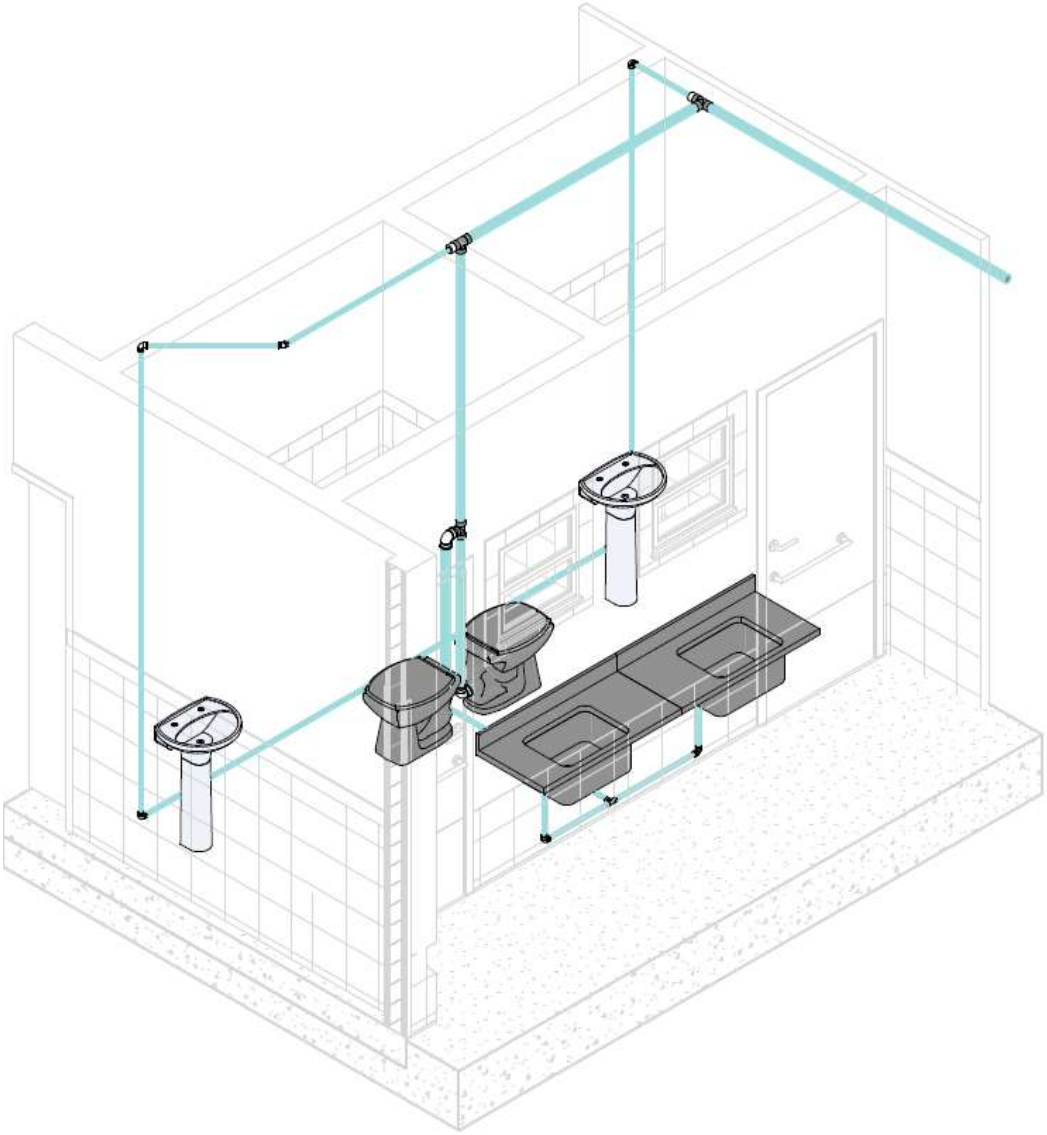
Na Figura 36 vê-se também uma representação isométrica fornecida pelo FNDE e na Figura 37 uma gerada pelo Revit.

Figura 36 - Isométrico dos sanitários adultos P.N.E. masculinos e femininos FNDE.



Fonte: FNDE (2013).

Figura 37 - Isométrico de Sanitários Adulto P.N.E. Masculino e Feminino



Fonte: Autor (2020).

Pode-se ver que o Revit trabalhando com objetos 3D tem ganho de visibilidade no isométricos e de passagem de informações entre os diferentes atores de projeto, uma vez que trabalha com objetos volumétricos e não somente com linhas.

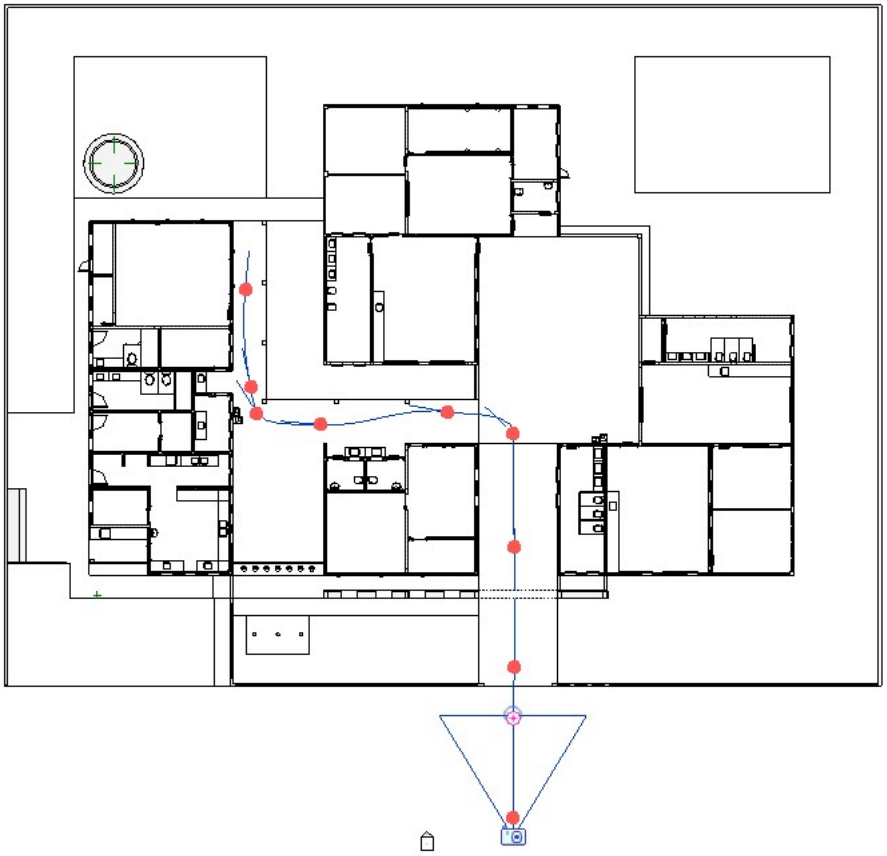
De modo semelhante ao projeto elétrico, os projetos hidrossanitários têm muito a ganhar com a implementação da tecnologia BIM, podendo gerar tanto vistas isométricas quanto plantas baixas de modo simples e rápido.

5.2.1.5. Visita Virtual

A partir do modelo Revit, definindo o trajeto no plano 2D o software criou a visita virtual. O trajeto é representado pela Figura 38 e mostra, em azul, o plano o trajeto que será

tomado pela câmera virtual, sendo os pontos vermelhos quadros-chaves. Para a visita, escolheu-se simular um dos fluxos previstos, onde um pedestre, vindo externamente da escola se direciona a sala de multiuso e informática.

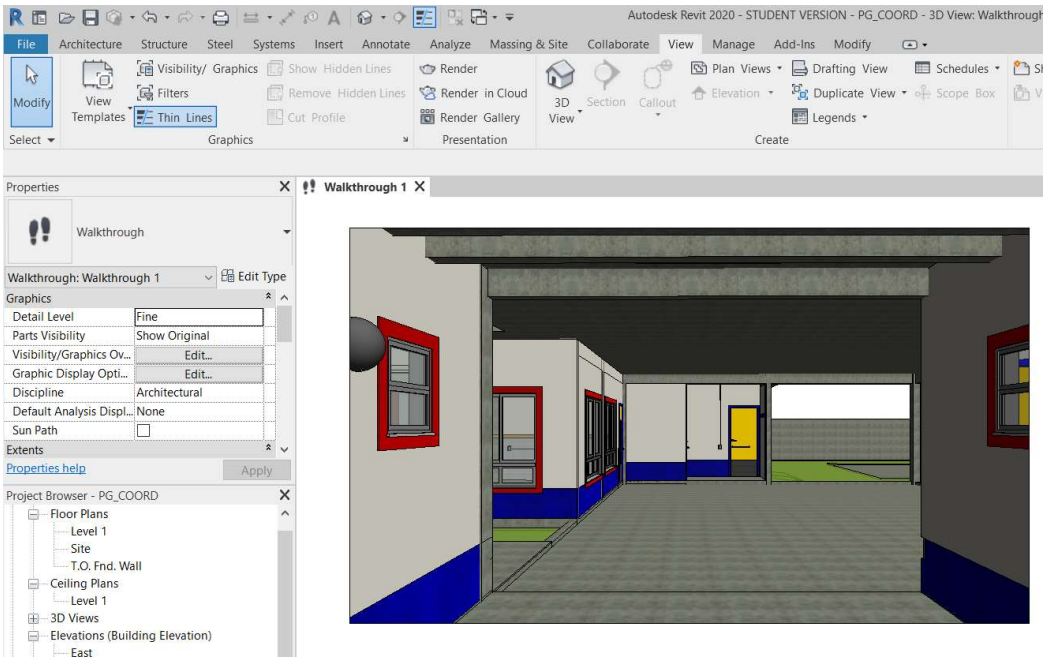
Figura 38 - Traçado da visita.



Fonte: Autor (2020).

O arquivo resultante da visita sendo um vídeo encontra-se disponível por código QR (Figura 40) e tem-se a Figura 39 para apresentar a visualização.

Figura 39 - Representação no Revit da visita virtual.



Fonte: Autor (2020).

Figura 40 - QR Code da visita virtual.

Fonte: Autor (2020).

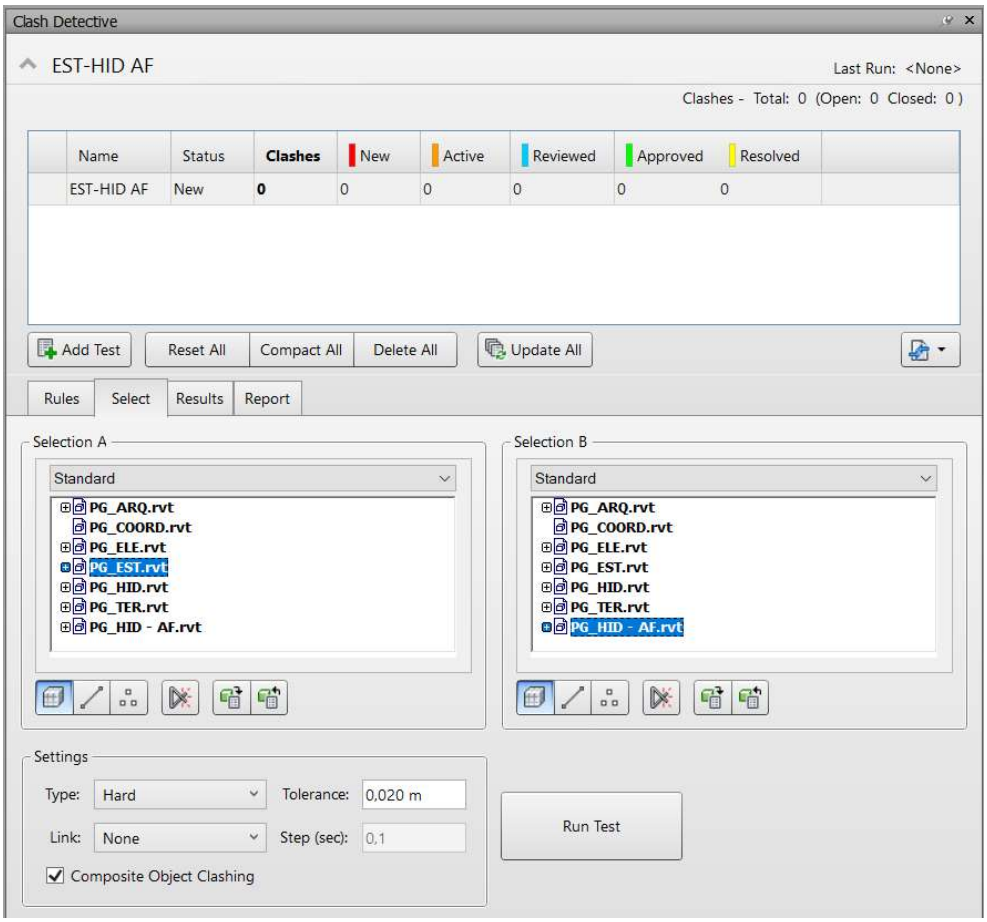
Por essa visualização vê-se uma vantagem da tecnologia, simulando o comportamento dos usuários, a equipe de projeto pode, em fases de concepção, fazer correções do projeto que o tornem mais esteticamente atraente e funcional, possibilitando assim o aumento da eficiencia nos fluxos de pessoas e materiais.

5.2.2. Compatibilização (2ª Análise Comparativa)

A próxima análise comparativa feita foi a de compatibilização de projetos. Após a modelagem no Revit, fez-se a importação dos modelos arquitetônicos e de água fria ao software Navisworks.

Dentro da interface Navisworks, usou-se da ferramenta *Clash Detective* (Detetive de Conflito) para fazer a análise. Na Figura 41 tem-se ilustração da interface. Criou-se um novo teste e foi configurado para avaliar os conflitos entre os projetos estruturais e o de água fria. Para os parâmetros de análise, usou-se de *hard clash*, onde elementos ou subsistemas entram em contato direto e com tolerância de 2 cm.

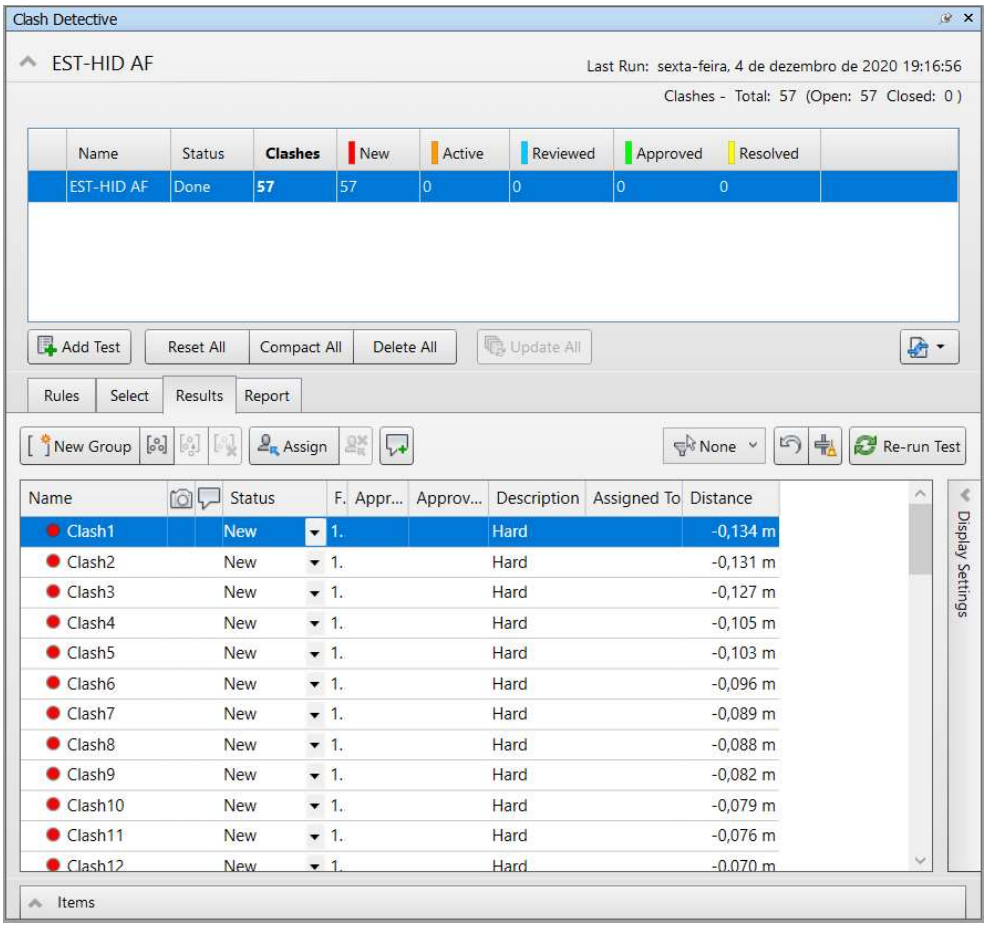
Figura 41 - Interface Clash Detective.



Fonte: Navisworks (2020).

Uma vez configurado os projetos que serão compatibilizados, tem-se uma apresentação do relatório de conflitos, ilustrado pela Figura 42.

Figura 42 - Interface de relatório de conflitos.



Fonte: Autor (2020).

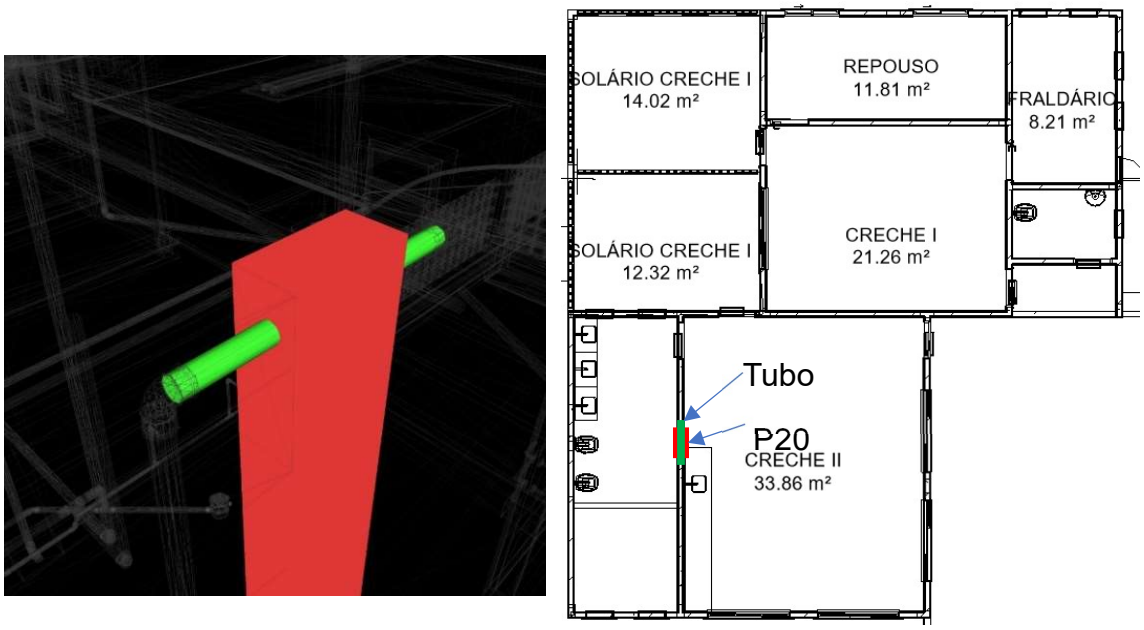
Com os relatórios de conflitos, chega-se ao total de cinquenta e sete interferências entre o projeto estrutural e o hidrossanitário (água fria). Isso deve-se, na maioria dos casos, ao conflito causado pela passagem de tubulação pelas vigas e pilares estruturais de concreto.

Para exemplificação, será mostrado no texto dois dos conflitos encontrados. A Figura 43, mostra um exemplo da tubulação hidráulica passando pela viga de concreto e a Figura 44, mostra uma outra tubulação passando por um pilar.

Figura 43 - Clash 1, conflito viga V57 com tubulação hidráulica, Relatório EST-HID AF.

Fonte: Autor (2020).

Figura 44 - Clash 20, conflito entre pilar P20 com tubulação hidráulica, Relatório EST-HID AF



Fonte: Autor (2020).

Assim vê-se que na execução desse projeto teria a necessidade de quebrar elementos de concretos em cinquenta e sete locais diferentes para fazer a passagem das

tubulações hidráulicas. Tais conflitos encontrados na fase de concepção de projeto podem ser facilmente corrigidos com desvios da tubulação ou com preparação dos elementos estruturais com passagens, ao invés de necessitar quebra de elementos de concreto durante a realização da obra.

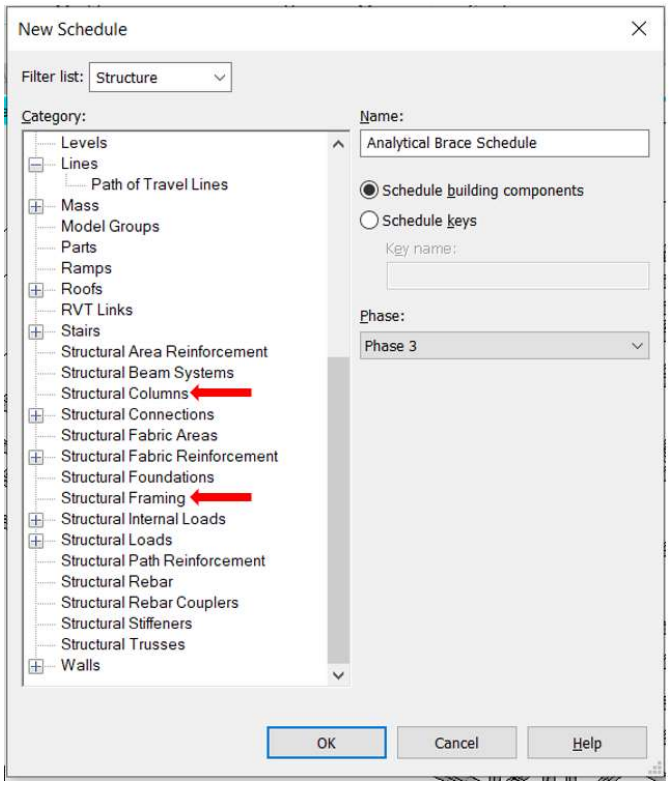
5.2.3. Quantitativos (3ª Análise Comparativa)

A próxima análise comparativa realizada foi através do quantitativo automático do Revit. Para realizar essa análise, teve-se uma preparação dos materiais e famílias usadas.

5.2.3.1. Projeto Estrutural

o projeto estrutural, será gerado uma da metragem dos pilares e outra das vigas estruturais e vigas baldrames. O software Revit contendo quantitativos específicos para vigas e pilares, indicados pelas setas vermelhas na Figura 45, permitiu o uso das famílias genéricas de pilares e vigas sem grandes alterações.

Figura 45 - Interface Revit seleção de quantitativos.



Fonte: Revit (2020).

Após selecionado o tipo de quantitativo a gerar, escolheu-se também as informações que serão presentes na tabela, apresentada pela Figura 46. Para os pilares escolheram-se as seguintes informações:

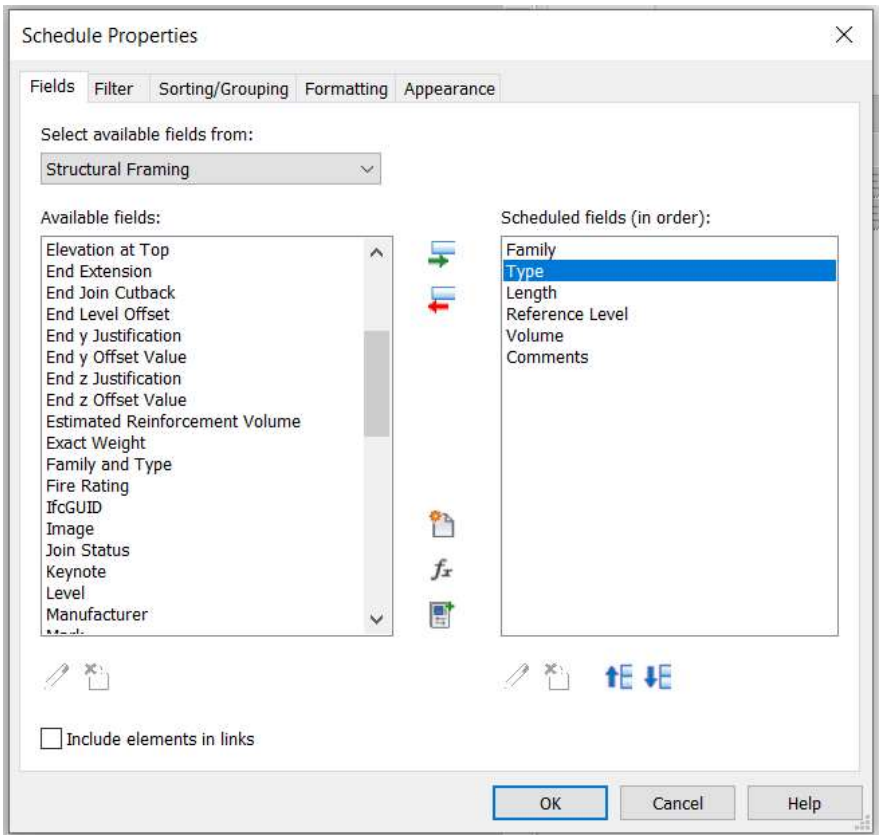
1. Família: indica qual tipo de pilar o elemento é;
2. Tipo: indica as dimensões da seção do pilar;
3. Comprimento: indica o comprimento vertical do elemento;
4. Volume: indica o volume de concreto usado por elemento;
5. Comentário: indica o nome do pilar.

Para as vigas e vigas baldrames foram escolhidas as seguintes informações:

1. Família: indica qual tipo de viga o elemento é;
2. Tipo: indica as dimensões da seção da viga;
3. Comprimento: indica o comprimento horizontal do elemento;
4. Plano de Referência: Indica qual nível do projeto o elemento se encontra;
5. Volume: indica o volume de concreto usado por elemento;
6. Comentário: indica o nome da viga.

Todas as informações, mencionadas acima, são geradas de forma automatizada pelo Revit durante a criação dos objetos e podem ser organizadas na tabela da forma que o usuário preferir, dando significativa flexibilidade ao resultado de saída.

Figura 46 - Interface Revit, preparação de quantitativos.



Fonte: Revit (2020).

Vale mencionar que escolheu-se indicar o volume de concreto usado em cada elemento de forma separada para se ter disponível mais informações na hora da construção e no final da tabela tem-se o cálculo total de concreto.

No Revit as tabelas se apresentam como mostra as Figura 47 e Figura 48, respectivamente de pilares e vigas. Foi feito uma descontinuidade na imagem devido ao tamanho e para que fosse legível no relatório.

Figura 47 - Representação do Revit de quantitativos de pilares estruturais.

<TABELA PILARES ESTRUTURAIS>				
A	B	C	D	E
Family	Type	Length	Volume	Comments
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P1
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P2
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P3
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P4
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P5
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P71
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200m	3.34 m	0.13 m³	P72
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 350mm	3.34 m	0.23 m³	P73
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 350mm	3.34 m	0.23 m³	P74
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 350mm	3.34 m	0.23 m³	P75
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 350mm	3.34 m	0.23 m³	P76
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 350mm	3.34 m	0.23 m³	P77
TOTAL: 77			11.43 m³	

Fonte: Autor (2020).

Figura 48 - Representação do Revit de quantitativos de vigas e vigas baldrames.

<TABELA DE VIGAS E VIGAS BALDRAMES>					
A	B	C	D	E	F
Family	Type	Length	Reference Level	Volume	Comments
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	12.07 m	Level 1	0.61 m³	V1
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	5.26 m	Level 1	0.27 m³	V2
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.34 m	Level 1	0.11 m³	V3
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.41 m	Level 1	0.12 m³	V4
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	9.00 m	Level 1	0.52 m³	V5
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.68 m	Level 2	0.36 m³	V72-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	10.86 m	Level 2	0.52 m³	V73-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.40 m	Level 2	0.12 m³	V74-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.67 m	Level 2	0.31 m³	V75-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	13.26 m	Level 2	0.72 m³	V76-S
Grand total: 128				48.15 m³	

Fonte: Autor (2020).

Uma vez com os relatórios gerados do projeto estrutural, pode-se fazer uma comparação com os valores proporcionados pelo FDNE. Assim, tem-se na Tabela 4 os resultados da comparação. Vale mencionar que o delta na tabela (Δ) foi calculado como a variação percentual entre o valor do FNDE e o encontrado.

Tabela 4 - Tabela de comparativos de concreto

COMPARATIVOS DE QUANTITATIVOS - FNDE & REVIT					
Projeto Estrutural - Concreto					
	FNDE		REVIT		Δ
Elementos	Valor	Unidade	Valor	Unidade	
Pilares	12,30	m³	11,43	m³	8%
Vigas Baldrames	20,00	m³	21,36	m³	-6%
Vigas	28,30	m³	26,71	m³	6%

Fonte: Autor (2020).

Pode-se ver pela tabela, que os valores encontrados pelo Revit são parecidos com os valores disponibilizados pelo FNDE. As variações encontradas podem ser explicadas por margens de erro inseridas no projeto ou por expectativas de perdas durante a execução.

5.2.3.2. Paredes e Alvenarias Arquitetônicas

Em seguida foi feito o quantitativo das paredes e alvenarias do projeto arquitetônico. Para a parte das alvenarias, como se desejava fazer a análise dos materiais utilizados não das paredes em si, fez-se um levantamento pela opção de materiais no Revit e depois foi feito uma filtragem para os materiais desejados.

Após a seleção do tipo de quantitativos a gerar, o de materiais, escolheu-se os seguintes campos para compor a tabela:

1. Nome do Material: para identificação;
2. Volume do Material: o cálculo do volume total de cada material;
3. Área do Material: superfície de aplicação do material.

Nesse caso, diferentemente do quantitativo de estruturas, escolheu-se não distinguir os materiais utilizados por elemento de parede devido ao grande número deles.

Fez-se também uma especificação do chapisco e reboco, pois a tabela de quantitativos do FNDE separa o chapisco e reboco dedicado a platibanda e a agrupa com outras partes do projeto que não foram consideradas nessa análise. Vale mencionar também que no Revit foi feito a distinção do azulejo 10x10 cm nas duas

cores que ele aparece, vermelho e azul, distinção que não se verifica tabela FNDE. Assim apresenta-se o quantitativo das paredes, ilustrada pela Figura 49.

Figura 49 - Representação do Revit de quantitativos das paredes.

<QUANTITATIVO DE MATERIAIS>		
A	B	C
Material: Name	Material: Volume	Material: Area
.PG_AZULEJO AZUL	0.84 m³	84.03 m²
.PG_AZULEJO BRANCO 30X40	5.89 m³	589.23 m²
.PG_AZULEJO VERMELHO	0.25 m³	55.22 m²
.PG_CHAPISCO	14.92 m³	1493.60 m²
.PG_CHAPISCO PLATIBANDA	1.73 m³	172.77 m²
.PG_EMBOÇO	16.65 m³	1666.37 m²
.PG_REBOCO	8.19 m³	820.34 m²
.PG_REBOCO PLATIBANDA	1.73 m³	172.77 m²
.PG_TIJOLO CERAMICO 19cm	74.93 m³	833.20 m²
.PG_TINTA BRANCO GELO	0.00 m³	904.72 m²

Fonte: Autor (2020).

Após os relatórios gerados, passou-se para análise comparativa entre os resultados e os valores disponibilizados pelo FNDE. Assim tem-se a Tabela 5 que resume os resultados.

Tabela 5 - Tabela de comparativos das alvenarias

COMPARATIVOS DE QUANTITATIVOS - FNDE & REVIT (BIM)					
Projeto Arquitetônico					
	FNDE		REVIT		Δ
Elementos	Valor	Unidade	Valor	Unidade	
Cerâmica 10x10 (Azul e Vermelha)	220,01	m²	139,00	m²	58%
Cerâmica 30x40	701,95	m²	590,64	m²	19%
Tijolo Cerâmico	860,64	m²	819,11	m²	5%
Chapisco	956,40	m²	1493,53	m²	-36%
Emboço	921,96	m²	1666,30	m²	-45%
Reboco	956,40	m²	1141,19	m²	-16%

Fonte: Autor (2020).

Para o quantitativo dos elementos de vedações, com exceção da alvenaria em si, chegou-se a resultados significativamente distintos. A diferença das cerâmicas vermelhas e azul pode ser explicada pela ausência do pórtico de entrada no modelo arquitetônico para o cálculo. As diferenças encontradas entre o chapisco, emboço e reboco podem ser explicas devido a uma desassociação dos métodos de representação gráfica tradicional e de quantitativos, onde erros ou imprecisões em uma etapa não implicam obrigatoriamente erros na outra, enquanto que na tecnologia BIM tais métodos são interligados. Assim o BIM requer maior clareza das espessuras e composição dos materiais para se ter um quantitativo representativo e fiel ao que será realizado.

5.3. TABELA RESUMO

Concluindo o capítulo de resultados, pode-se montar a Tabela 6 com as principais vantagens e desvantagens encontradas na utilização do software e metodologia BIM.

Tabela 6 - Tabela de vantagens e desvantagens.

VANTAGENS E DESVANTAGENS BIM	
Vantagens	Desvantagens
Melhor visibilidade.	Dependência de famílias e templates.
Facilidade de gerar vistas isométricas.	Necessidade de cursos ou formações.
Retrabalhos automatizados.	É importante definir o nível de detalhamento do modelo. Tal definição decorrerá em função das informações que se pretendem extrair. A falta de definição ocasionará perda temporal e arquivos sobrecarregados.
Cortes e fachadas simples de serem geraradas.	Dificuldade na modelagem do projeto elétrico.
Visitas virtuais.	
Antecipação de conflitos.	
Possibilidade de incorporar noções de análises nD.	

Fonte: Autor (2020).

6. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a metodologia BIM possui inúmeras vantagens e desvantagens no contexto da construção civil. Uma melhor capacidade de representação gráfica dos elementos graças a modelagem 3D permite uma melhor comunicação entre os diferentes atores da construção e do projeto. Também como todos os elementos são vinculados, modificações na modelagem fazem automaticamente as correções nas vistas, cortes, quantitativos e outros no projeto, o que reduz significativamente o retrabalho requerido dos arquitetos e engenheiros.

Porém, toda tecnologia tem suas desvantagens e o BIM não contraria a regra. Como o processo trabalha com modelos virtuais dos elementos e não somente com “linhas”, ele requer uma quantidade de informações mais minuciosa desde o início da modelagem. Cada objeto incorporado já requer um grau de detalhe mais elevado do que simples “blocos” no AutoCAD, assim famílias de objetos mais complexos são difíceis de achar disponibilizados na internet e mais complicados ainda para ser feitos as modelagens individualmente. A mesma crítica é direcionada aos templates de projeto, ferramentas necessárias e que contribuem para o processo de modelagem. Os templates disponibilizados nem sempre são os mais adequados, sendo necessário adaptações para atender especificidades de projeto. Vale mencionar que tanto as famílias e templates podem ser reutilizados, facilitando a modelagem do segundo projeto em diante que as utilizem, sendo assim uma desvantagem inicial de projeto, mas que é solucionado a longo prazo.

No aspecto dos quantitativos deve-se também prestar atenção especial durante a modelagem para garantir que um quantitativo fiel ao modelo seja feito, prestando atenção aos materiais e as sobreposições de elementos. Outra desvantagem importante da tecnologia é a dificuldade de modelar eletrodutos flexíveis, elementos fundamentais aos projetos elétricos no Brasil. Assim deve-se achar uma alternativa, optando por usar eletrodutos rígidos como substituto na construção ou fazer uma aproximação no modelo. No quesito dos quantitativos vê-se que essa ferramenta tem o potencial de ser de fundamental ajuda aos engenheiros no controle das obras, e que para isso deve-se ter uma modelagem que preste particular atenção ao fato, para

garantir que os valores encontrados sejam representantes e os mais próximos possíveis dos reais.

Vale mencionar que essa tecnologia possuem uma outra vantagem. Para projetos e construções padronizados, se disponibilizado um modelo BIM, auxiliará o todo o processo público de construção, trazendo maior clareza aos processos de licitações, maior transparência em concursos e vigilancia para com o projeto final.

Assim, pode-se constar que, embora a tecnologia BIM tenha suas dificuldades de implementação, ela se mostra como um grande aliado ao engenheiro e arquiteto do futuro, agilizando e simplificando tarefas complexas.

7. BIBLIOGRAFIA

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução.** ABNT. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho.** ABNT. Rio de Janeiro, 2013.

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, **Processo de Projeto BIM**

Brasília: ABDI, 2017.

AsBEA. **Guia AsBEA**: Boas Práticas em BIM Fascículo II, 2015. Disponível em: http://asbea.org.br/userfiles/manuais/d6005212432f590eb72e0c44f25352be.pdf. Acesso em: 22 jun. 2020.

BARNES, Peter; DAVIES, Nigel. **BIM in Principle and in Practice**. Westminster, London: ICE Publishing, 2014.

BIM BR. **Estratégia BIM BR:** Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – BIM, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (2018).

BIMFORUM, **Level of Developtment (LOD) Specification part I & commentary** for Building Information Models and Data, BIMForum, 2019.

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da metodologia BIM para a contabilização de projetos.** Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

CREA-SC. **BIM em Santa Catarina**: o estado da metodologia, 2020. Disponível em https://portal.crea-sc.org.br/bim-em-santa-catarina-o-estado-da-metodologia/. Acesso em: 25 jun. 2020.

NBS. **NBS National BIM Report 2019**, London: RIBA Enterprises Ltd., 2019.

NBS. **NBS International BIM Report 2013**, London: RIBA Enterprises Ltd., 2013.

Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment. **Le développement du BIM:** Benchmark Européen. Disponível em: https://c653dd2f-63a5-46a6-85f5-e4505c5c9b1b.filesusr.com/ugd/c8227c_844d596fb77e418cbf02972ab1e1d565.pdf. Acesso em: 7 mai. 2020.

Prefeitura de Florianópolis. **Na Tapera, Escola do Futuro vira realidade, 2020.** Disponível em: http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/educa/index.php?pagina=notpagina&noti=22021. Acesso em: 25 jun. 2020.

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles; LEE, Ghang; TEICHOLZ, Paul. **BIM Handbook:** A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. Third edition. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2018.

Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística**. Caderno BIM:** Coletânea cadernos orientadores: caderno de especificações técnicas para contratação e projetos BIM. Curitiba, PR: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística, 2018.

SILVEIRA, Thalita de Andrade. **Aplicação do sistema BIM para projeto de habitação.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Infraestrutura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

SMITH, Peter. **BIM Implementation – Global Strategies**. Procedia Engineering 85, Prague, p.482-492, jun. 2014.

SUCCAR, Bilal. **Building information modelling framework:** A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 18, p. 357-375, out. 2009

APÊNDICE

APÊNDICE A

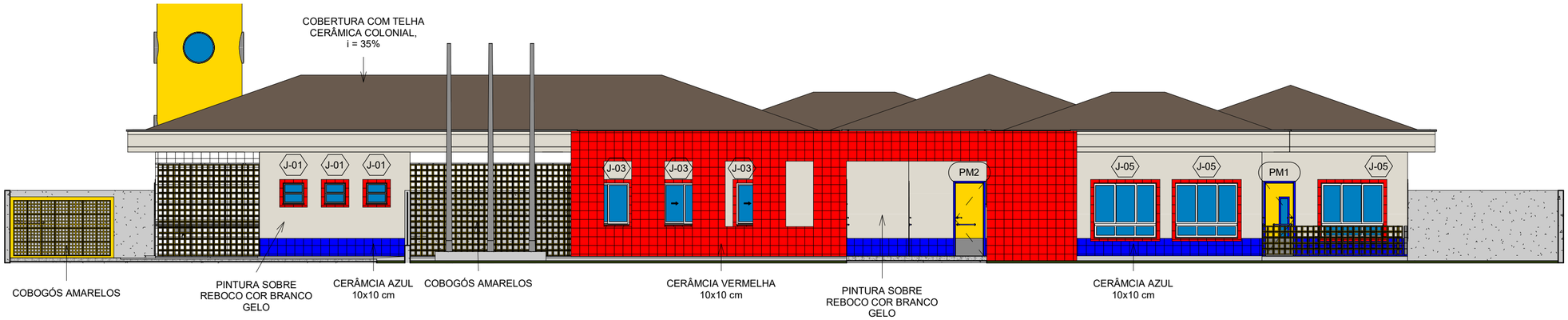
ARQ PLANTA BAIXA

1 Level 1

1 : 100

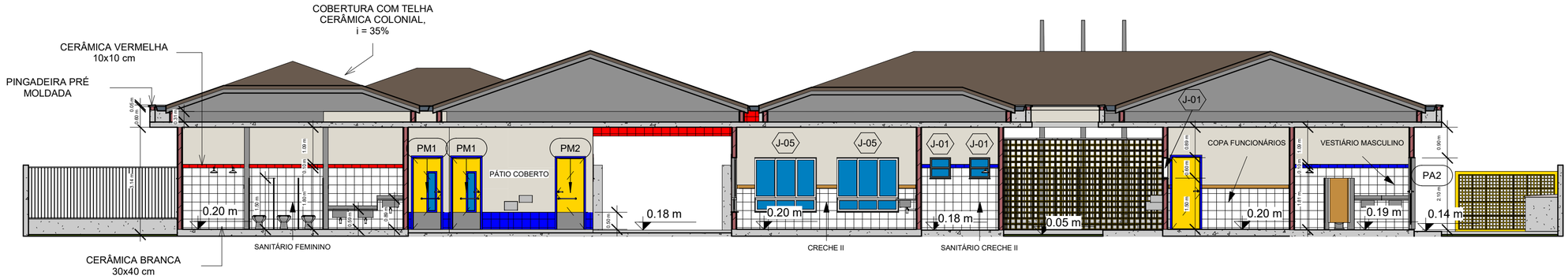
APÊNDICE B

FACHADA 1 E CORTE BB



1 FACHADA 1

1 : 100

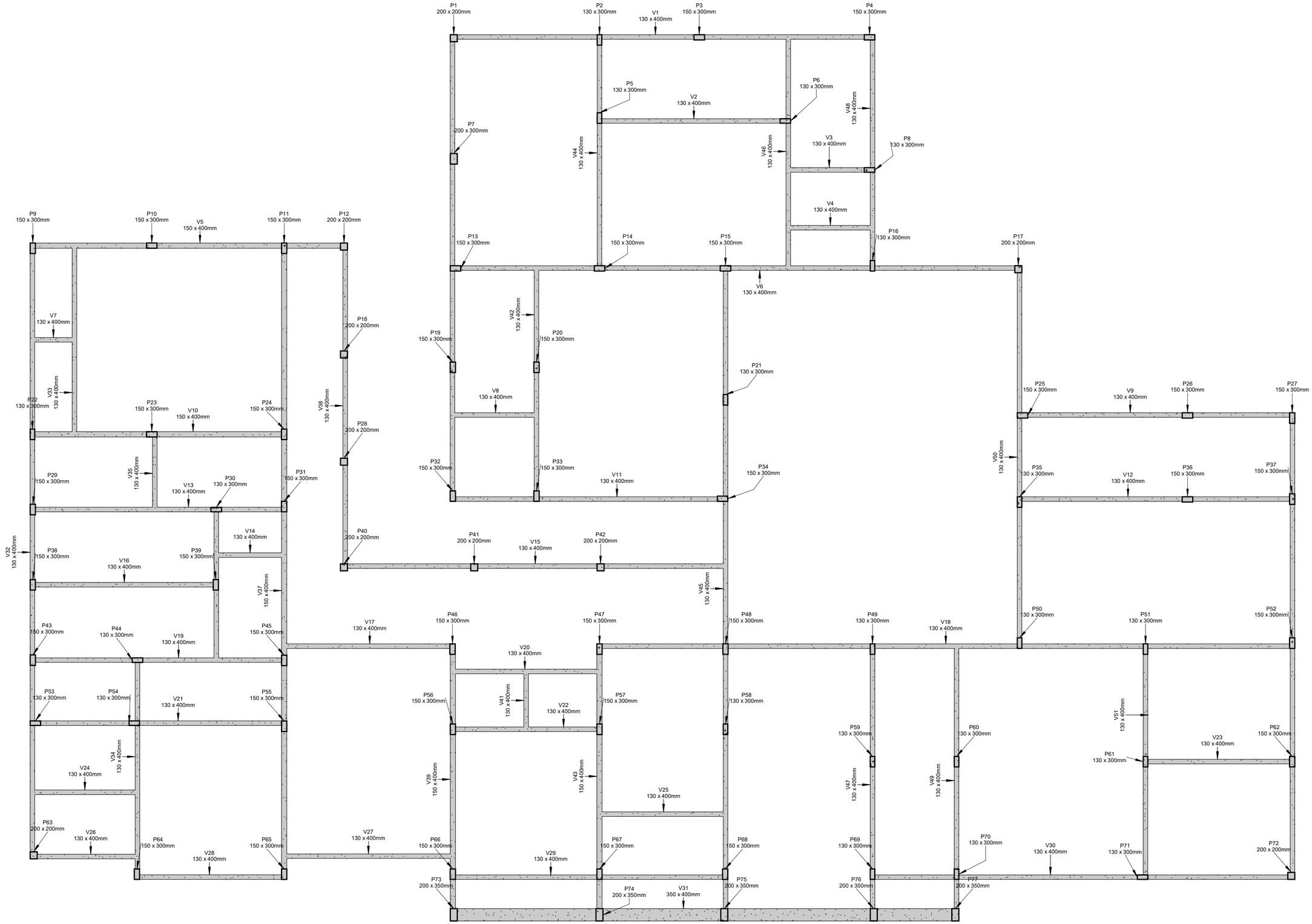


2 CORTE BB

1 : 100

APÊNDICE C

PLANTA BAIXA EST



APÊNDICE D

TABELA DE QUANTITATIVOS - PILARES ESTRUTURAIS

TABELA PILARES ESTRUTURAIS				
Family	Type	Comprimento	Volume	Comments
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P1
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P2
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P3
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P4
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P5
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P6
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 300mm	3.34 m	0.20 m³	P7
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P8
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P9
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P10
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P11
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P12
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P13
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P14
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P15
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P16
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P17
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P18
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P19
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P20
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P21
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P22
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P23
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P24
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P25
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P26
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P27
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P28
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P29
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P30
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P31
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P32
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P33
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P34
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P35
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P36
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P37
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P38
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P39

TABELA PILARES ESTRUTURAIS				
Family	Type	Comprimento	Volume	Comments
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P40
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P41
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P42
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P43
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P44
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P45
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P46
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P47
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P48
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P49
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P50
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P51
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P52
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P53
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P54
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P55
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P56
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P57
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P58
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P59
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P60
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P61
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P62
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P63
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P64
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P65
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P66
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P67
M_Concrete-Rectangular-Column	150 x 300mm	3.34 m	0.15 m³	P68
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P69
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P70
M_Concrete-Rectangular-Column	130 x 300mm	3.34 m	0.13 m³	P71
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 200mm	3.34 m	0.13 m³	P72
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 350mm	3.34 m	0.23 m³	P73
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 350mm	3.34 m	0.23 m³	P74
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 350mm	3.34 m	0.23 m³	P75
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 350mm	3.34 m	0.23 m³	P76
M_Concrete-Rectangular-Column	200 x 350mm	3.34 m	0.23 m³	P77
TOTAL: 77			11.43 m³	

APÊNDICE E

TABELAS QUANTITATIVOS - VIGAS E VIGAS BALDRAMES

TABELA DE VIGAS E VIGAS BALDRAMES

Family	Type	Length	Reference Level	Volume	Comments
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	12.07 m	Level 1	0.61 m³	V1
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	5.26 m	Level 1	0.27 m³	V2
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.34 m	Level 1	0.11 m³	V3
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.41 m	Level 1	0.12 m³	V4
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	9.00 m	Level 1	0.52 m³	V5
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	16.27 m	Level 1	0.81 m³	V6
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	1.20 m	Level 1	0.06 m³	V7
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.40 m	Level 1	0.12 m³	V8
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.74 m	Level 1	0.39 m³	V9
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	7.05 m	Level 1	0.42 m³	V10
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.87 m	Level 1	0.40 m³	V11
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.80 m	Level 1	0.39 m³	V12
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.33 m	Level 1	0.36 m³	V13
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	1.94 m	Level 1	0.09 m³	V14
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	10.86 m	Level 1	0.56 m³	V15
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	5.08 m	Level 1	0.26 m³	V16
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.82 m	Level 1	0.25 m³	V17
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	19.94 m	Level 1	1.00 m³	V18
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.18 m	Level 1	0.36 m³	V19
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.27 m	Level 1	0.21 m³	V20
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.20 m	Level 1	0.35 m³	V21
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.20 m	Level 1	0.22 m³	V22
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.12 m	Level 1	0.21 m³	V23
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	3.00 m	Level 1	0.15 m³	V24
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	3.60 m	Level 1	0.19 m³	V25
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	3.00 m	Level 1	0.15 m³	V26
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.82 m	Level 1	0.24 m³	V27
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.12 m	Level 1	0.21 m³	V28
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.65 m	Level 1	0.39 m³	V29
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	12.07 m	Level 1	0.61 m³	V30
M_Concrete-Rectangular Beam	350 x 400mm	14.39 m	Level 1	1.98 m³	V31
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	17.45 m	Level 1	0.87 m³	V32
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	5.39 m	Level 1	0.27 m³	V33
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.20 m	Level 1	0.31 m³	V34
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.07 m	Level 1	0.10 m³	V35
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.37 m	Level 1	0.21 m³	V36
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	18.11 m	Level 1	1.04 m³	V37
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	9.23 m	Level 1	0.47 m³	V38
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	7.68 m	Level 1	0.43 m³	V39
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	13.20 m	Level 1	0.66 m³	V40
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	1.65 m	Level 1	0.08 m³	V41
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.66 m	Level 1	0.32 m³	V42
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	7.57 m	Level 1	0.42 m³	V43

TABELA DE VIGAS E VIGAS BALDRAMES

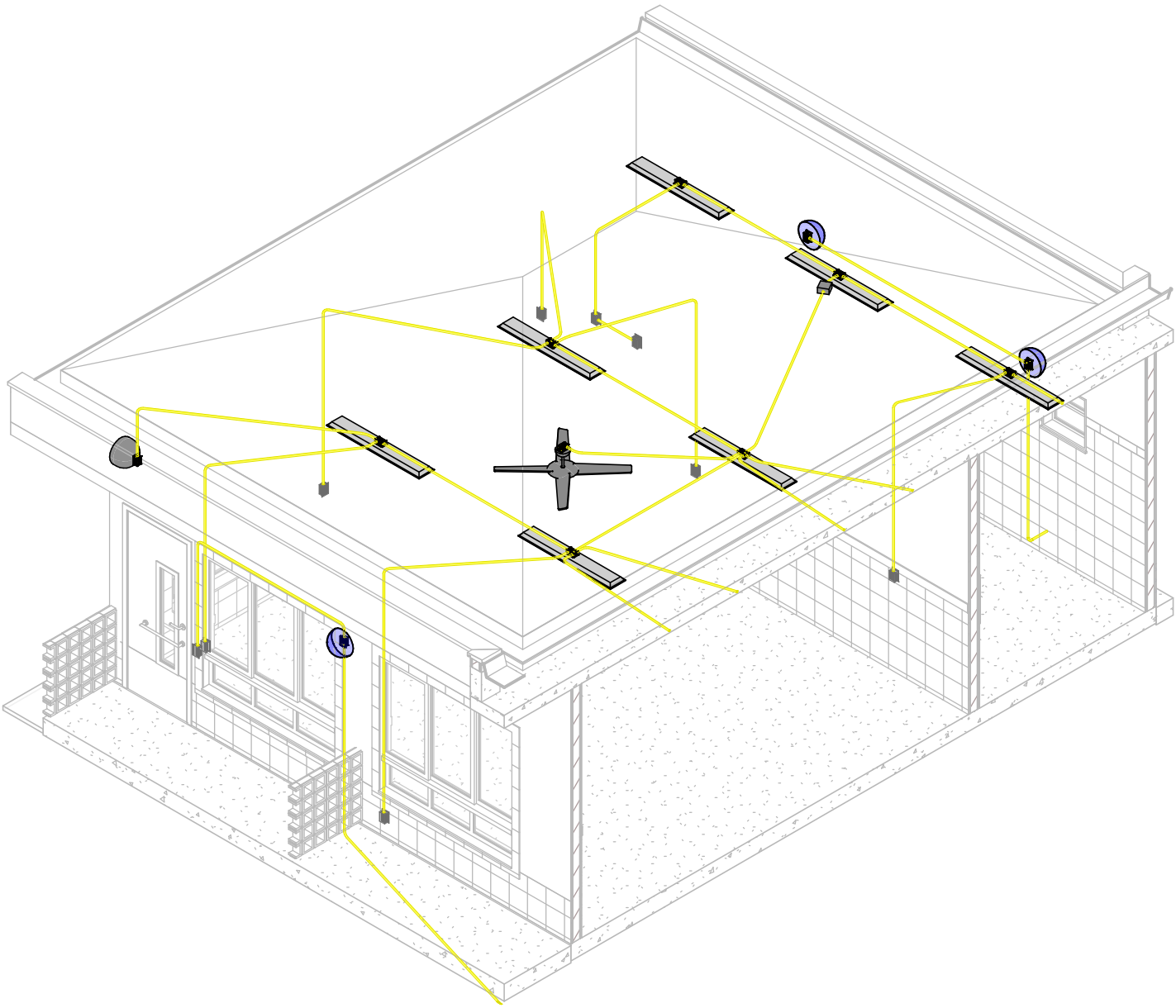
Family	Type	Length	Reference Level	Volume	Comments
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.75 m	Level 1	0.33 m³	V44
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	18.29 m	Level 1	0.90 m³	V45
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.54 m	Level 1	0.33 m³	V46
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.79 m	Level 1	0.37 m³	V47
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.60 m	Level 1	0.33 m³	V48
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.68 m	Level 1	0.37 m³	V49
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	10.86 m	Level 1	0.55 m³	V50
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.67 m	Level 1	0.33 m³	V51
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	13.26 m	Level 1	0.66 m³	V52
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	12.07 m	Level 2	0.67 m³	V1-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.17 m	Level 2	0.24 m³	V2-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.17 m	Level 2	0.24 m³	V3-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	5.26 m	Level 2	0.26 m³	V4-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.07 m	Level 2	0.24 m³	V5-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.34 m	Level 2	0.11 m³	V6-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.17 m	Level 2	0.24 m³	V7-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.41 m	Level 2	0.12 m³	V8-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	9.00 m	Level 2	0.50 m³	V9-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	16.27 m	Level 2	0.91 m³	V10-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	1.19 m	Level 2	0.06 m³	V11-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	2.39 m	Level 2	0.14 m³	V12-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	7.74 m	Level 2	0.43 m³	V13--S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	7.05 m	Level 2	0.40 m³	V14-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.87 m	Level 2	0.38 m³	V15-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	7.80 m	Level 2	0.44 m³	V16-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.33 m	Level 2	0.35 m³	V17-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	1.94 m	Level 2	0.09 m³	V18-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	1.61 m	Level 2	0.08 m³	V19-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	10.86 m	Level 2	0.56 m³	V20-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	5.08 m	Level 2	0.26 m³	V21-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.82 m	Level 2	0.24 m³	V22-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	19.94 m	Level 2	0.99 m³	V23-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.18 m	Level 2	0.35 m³	V24-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.19 m	Level 2	0.24 m³	V25-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.20 m	Level 2	0.25 m³	V26-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.20 m	Level 2	0.25 m³	V27-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.19 m	Level 2	0.24 m³	V28-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.20 m	Level 2	0.34 m³	V29-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.20 m	Level 2	0.24 m³	V30-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.13 m	Level 2	0.24 m³	V31-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.20 m	Level 2	0.25 m³	V32-S

TABELA DE VIGAS E VIGAS BALDRAMES

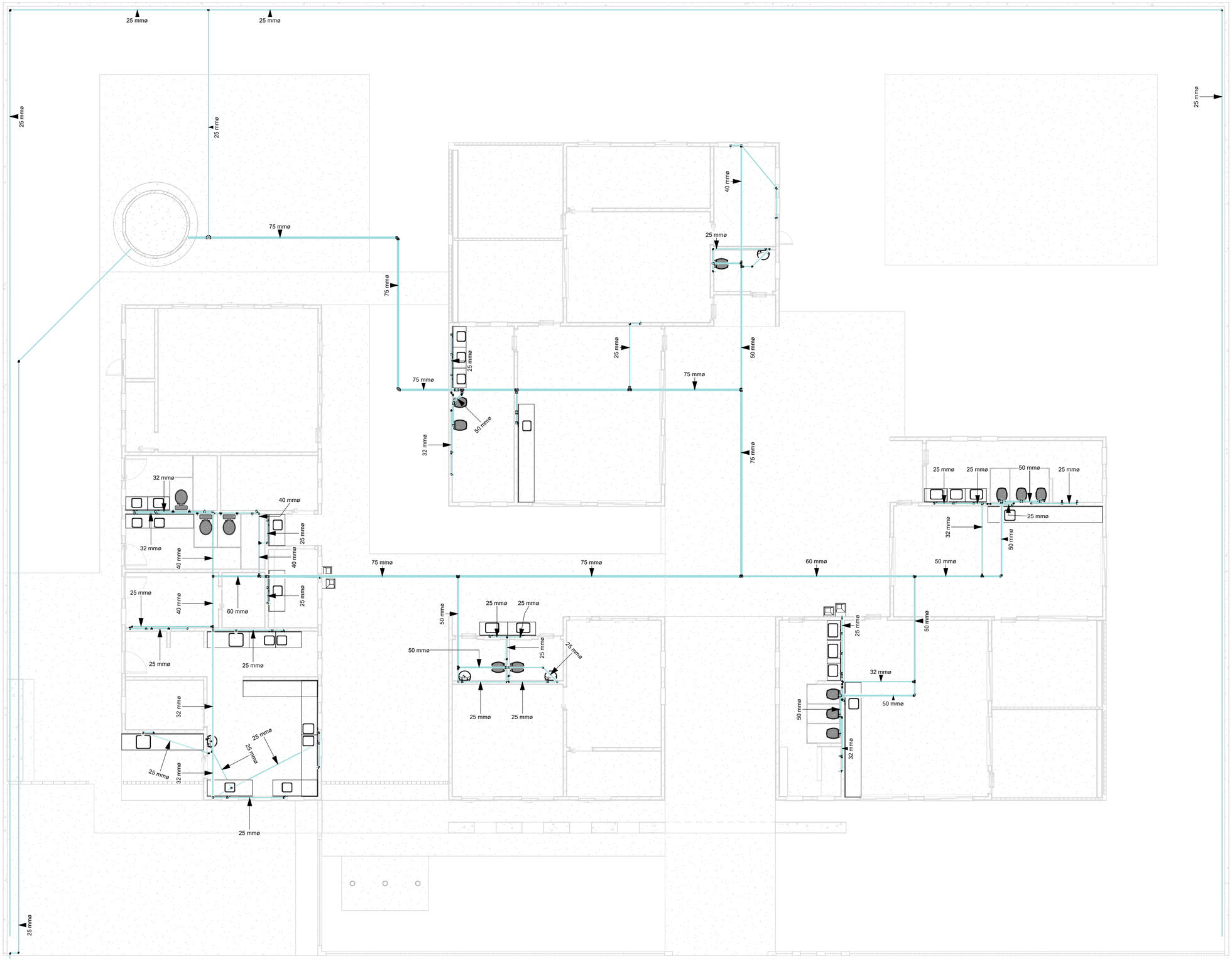
Family	Type	Length	Reference Level	Volume	Comments
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.12 m	Level 2	0.21 m³	V33-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.20 m	Level 2	0.25 m³	V34-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.99 m	Level 2	0.15 m³	V35-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.20 m	Level 2	0.25 m³	V36-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.19 m	Level 2	0.24 m³	V37-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	3.60 m	Level 2	0.18 m³	V38-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.20 m	Level 2	0.24 m³	V39-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.20 m	Level 2	0.25 m³	V40-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.19 m	Level 2	0.24 m³	V41-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	3.00 m	Level 2	0.15 m³	V42-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.82 m	Level 2	0.24 m³	V43-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.21 m	Level 2	0.25 m³	V44-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.12 m	Level 2	0.21 m³	V45-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.65 m	Level 2	0.39 m³	V46-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.07 m	Level 2	0.24 m³	V47-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	12.07 m	Level 2	0.59 m³	V48-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	4.20 m	Level 2	0.25 m³	V49-S
M_Concrete-Rectangular Beam	350 x 400mm	14.39 m	Level 2	1.89 m³	V50-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	17.45 m	Level 2	0.95 m³	V51-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	5.39 m	Level 2	0.31 m³	V52-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.20 m	Level 2	0.30 m³	V53-S
M_Concrete-Rectangular Beam	200 x 400mm	5.24 m	Level 2	0.42 m³	V54-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.07 m	Level 2	0.10 m³	V55-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.37 m	Level 2	0.20 m³	V56-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	18.11 m	Level 2	0.98 m³	V57-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	9.23 m	Level 2	0.47 m³	V58-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	7.68 m	Level 2	0.40 m³	V59-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	6.59 m	Level 2	0.36 m³	V60-S
M_Concrete-Rectangular Beam	200 x 400mm	6.61 m	Level 2	0.49 m³	V61-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	1.65 m	Level 2	0.09 m³	V62-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	6.66 m	Level 2	0.35 m³	V63-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	7.57 m	Level 2	0.40 m³	V64-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.75 m	Level 2	0.31 m³	V65-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	7.91 m	Level 2	0.45 m³	V66-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	4.23 m	Level 2	0.22 m³	V67-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.51 m	Level 2	0.32 m³	V68-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.60 m	Level 2	0.33 m³	V69-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.79 m	Level 2	0.35 m³	V70-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.60 m	Level 2	0.32 m³	V71-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	7.68 m	Level 2	0.36 m³	V72-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	10.86 m	Level 2	0.52 m³	V73-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	2.40 m	Level 2	0.12 m³	V74-S
M_Concrete-Rectangular Beam	130 x 400mm	6.67 m	Level 2	0.31 m³	V75-S
M_Concrete-Rectangular Beam	150 x 400mm	13.26 m	Level 2	0.72 m³	V76-S
Grand total: 128				48.15 m³	

APÊNDICE F

ISOMÉTRICO Pré-Escola e Banheiro Masculino

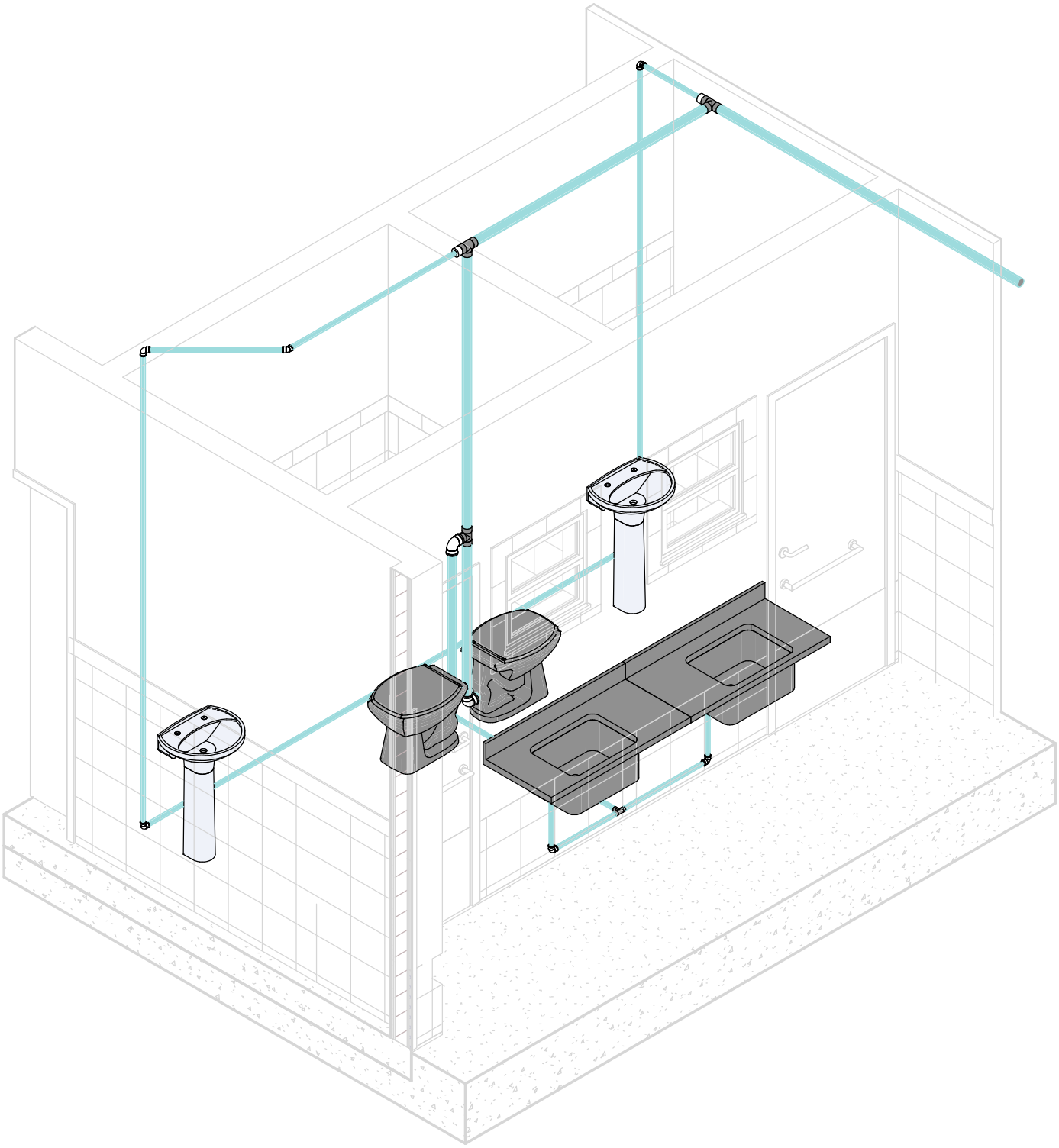


APÊNDICE G
PLANTA BAIXA ÁGUA FRIA



APÊNDICE H

Isométrico de Sanitários Adulto P.N.E. Masculino e Feminino

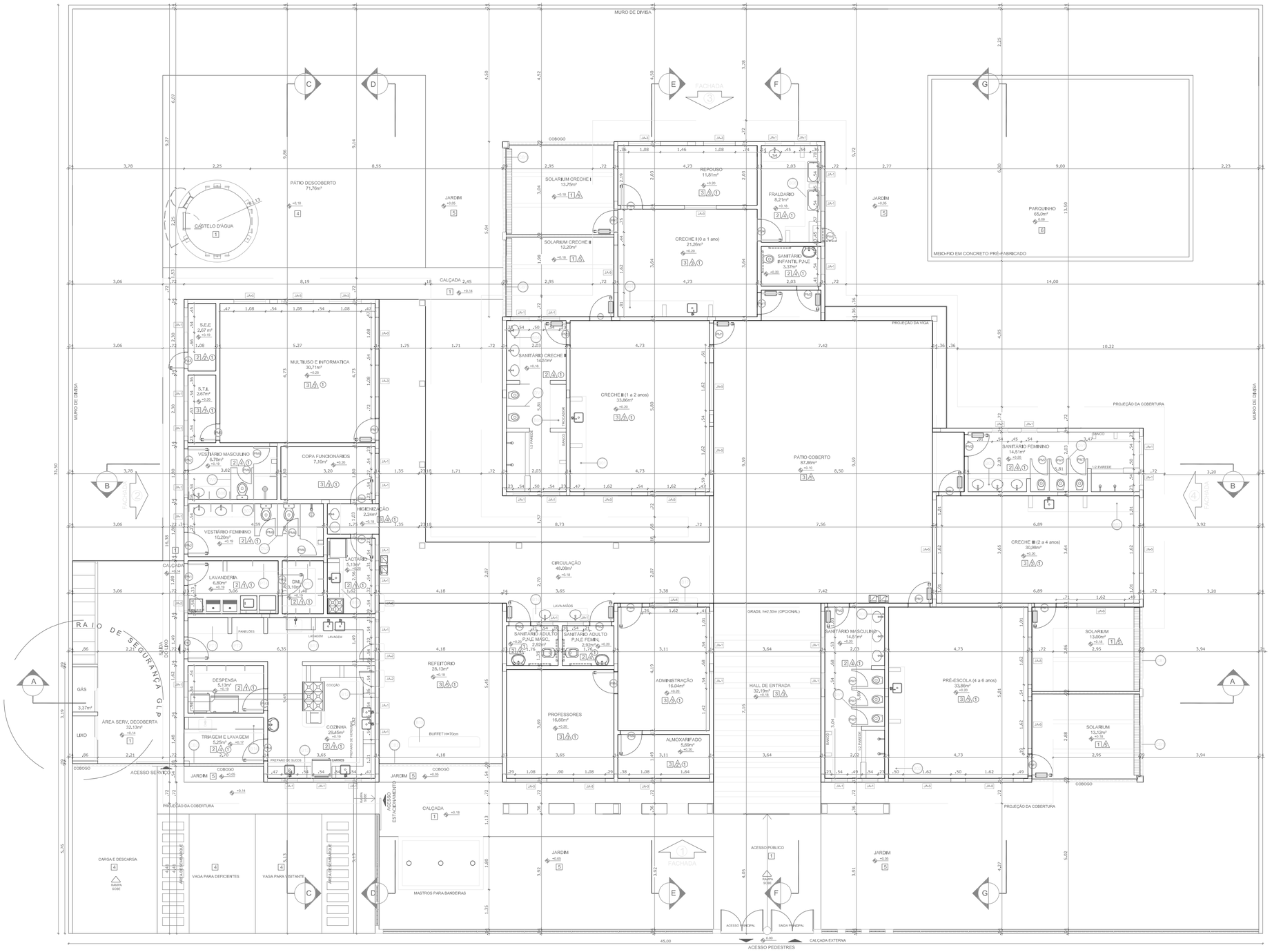


ANEXOS

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ANEXO A

PLANTA BAIXA PROJETO ARQUITETÔNICO



FNDE Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

Ministério da Educação

GOVERNO FEDERAL BRASIL PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Fonte: FNDE (2012)
Sem escala

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

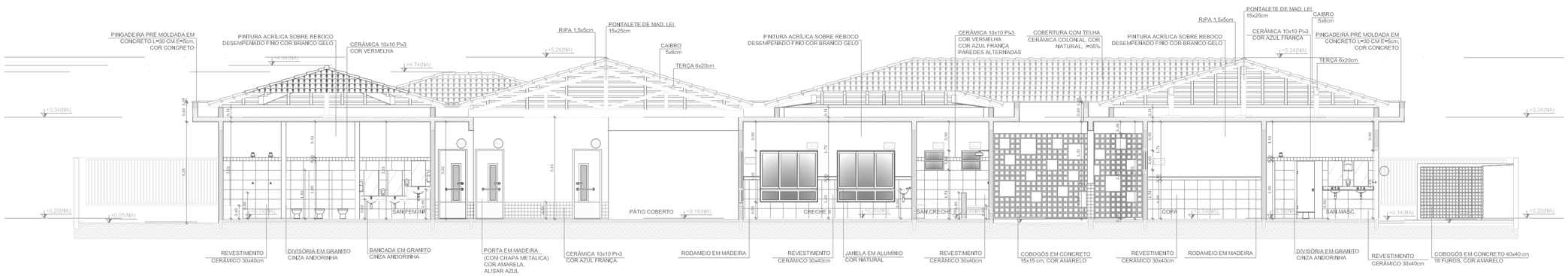
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ANEXO B

FACHADA 1



CORTE BB

FNDE Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

Ministério da Educação

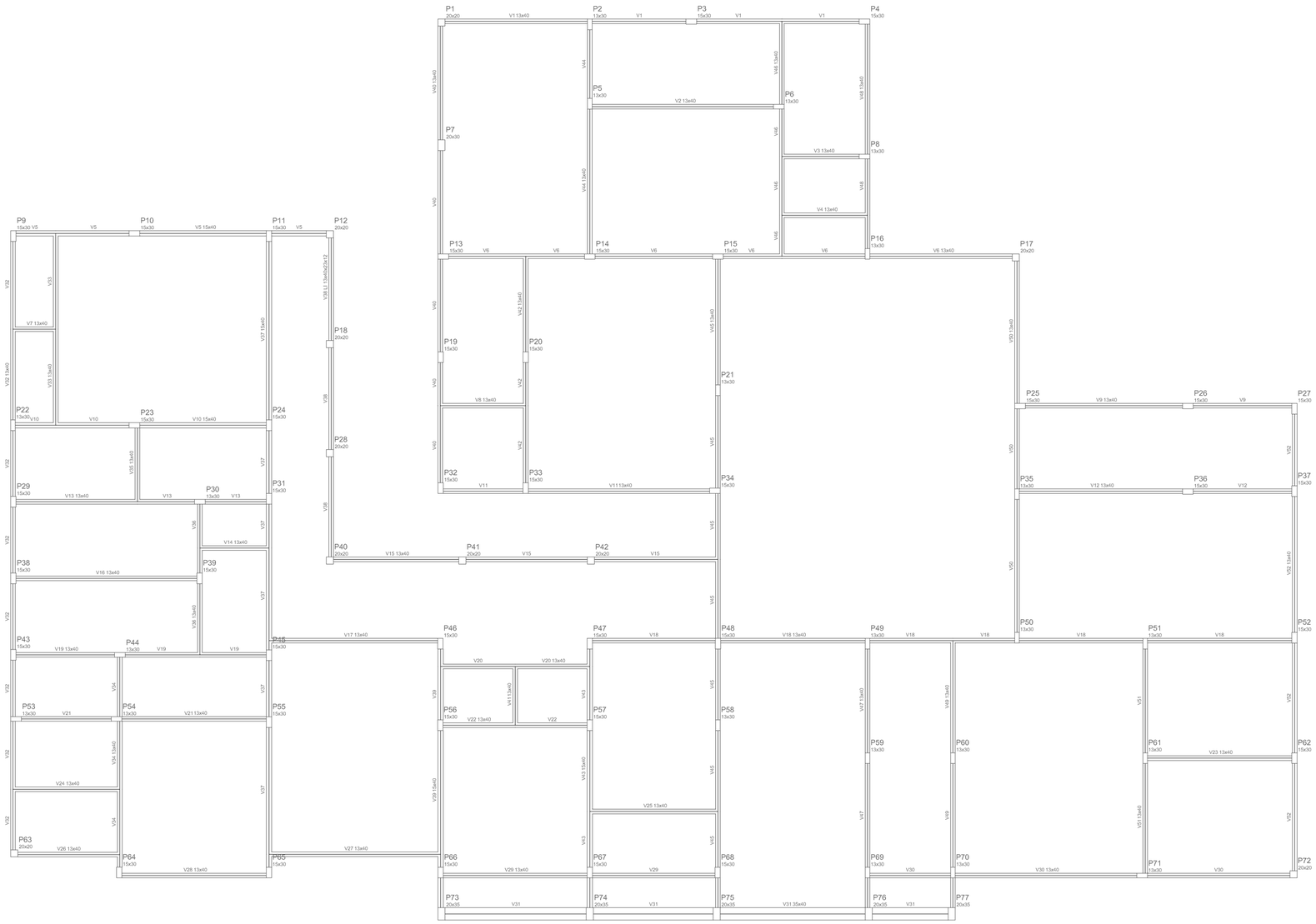
GOVERNO FEDERAL BRASIL PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Fonte: FNDE (2012)
Sem escala

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ANEXO C
PLANTA BAIXA PROJETO ESTRUTURAL



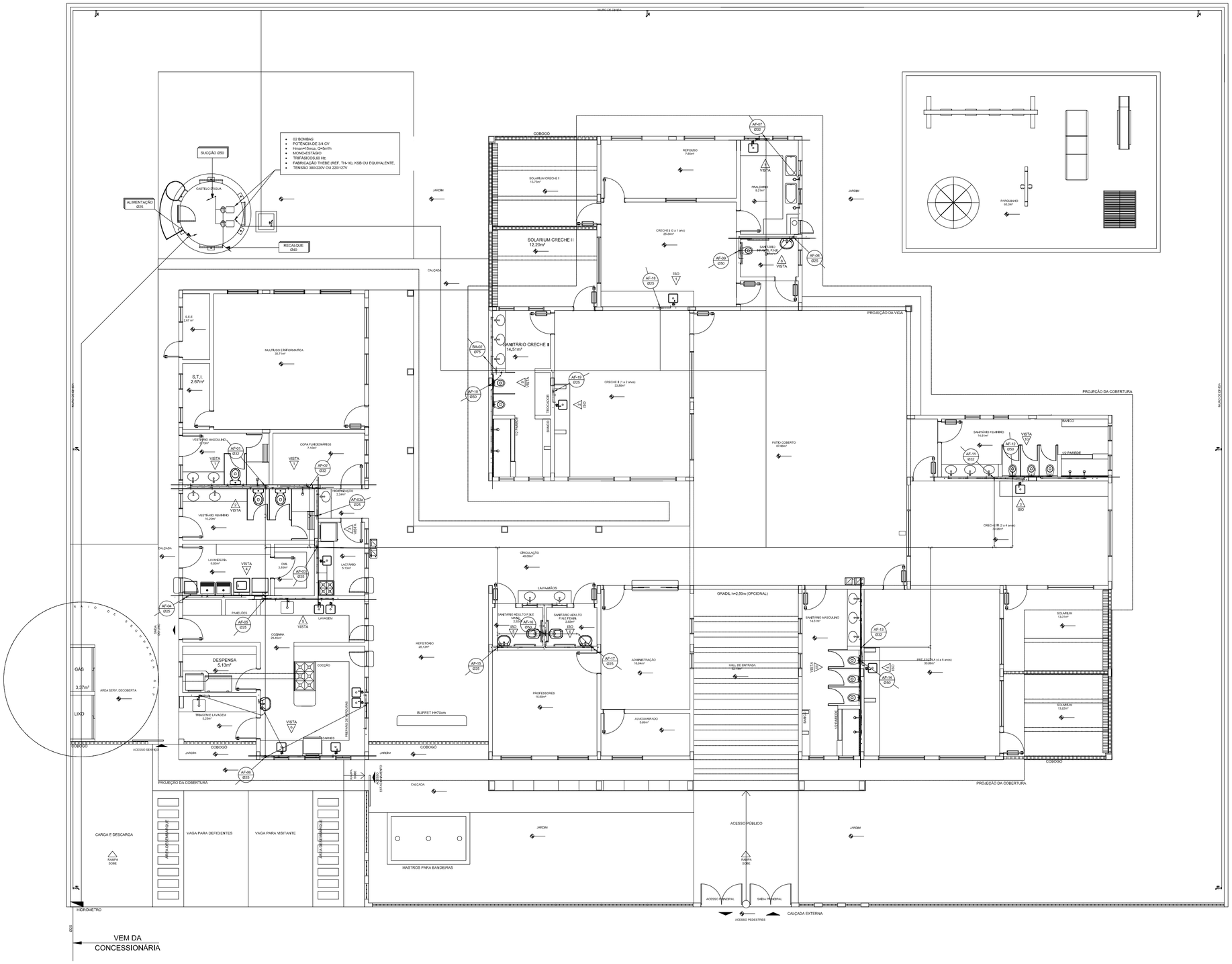
Fonte: FNDE (2012)
Sem escala

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ANEXO D

PLANTA BAIXA PROJETO ÁGUA FRIA



Fonte: FNDE (2012)
Sem escala

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION