

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ARTHUR CARVALHO DE AZEVEDO

**MODELAGEM BIM 4D DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE PADRÃO ALTO:
ESTUDO DE CASO.**

Delmiro Gouveia

2022

ARTHUR CARVALHO DE AZEVEDO

**MODELAGEM BIM 4D DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE PADRÃO ALTO:
ESTUDO DE CASO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Alverlando Silva Ricardo

Delmiro Gouveia

2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

A994m Azevedo, Arthur Carvalho de

Modelagem BIM 4D de uma residência unifamiliar de padrão alto:
estudo de caso / Arthur Carvalho de Azevedo. – 2022.
91 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Alverlando Silva Ricardo.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas.
Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2022.

1. Construção civil. 2. Planejamento de obra. 3. Modelagem BIM. 4.
5. Building Information Modeling - BIM. 6. Modelagem 3D. 7. Mode-
lagem 4D. 8. Modelagem de Informação da Construção. I. Ricardo,
Alverlando Silva. II. Título.

CDU: 624.012.3

Folha de Aprovação

ARTHUR CARVALHO DE AZEVEDO

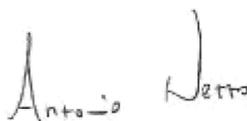
MODELAGEM BIM 4D DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE PADRÃO ALTO: ESTUDO DE CASO.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão e aprovado em 04 de março de 2022.

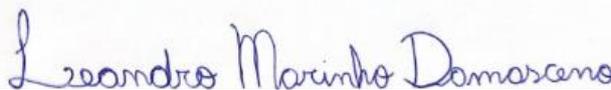


Prof. Prof. Dr. Alverlando Silva Ricardo, UFAL – Campus Sertão (Orientador)

Banca examinadora:



Prof. Dr. Antônio Pedro de Oliveira Netto, UFAL – Campus Sertão (Avaliador Interno)



Eng. Leandro Marinho Damasceno, UFAL – Campus Sertão (Avaliador Externo)

Dedico aos meus pais, Dalmo e Rosilda, e à minha
irmã, Elizabeth.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que sempre Se fez presente na minha vida, principalmente nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, que sempre me deram apoio incondicional e nunca mediram esforços para me ajudar a alcançar meus objetivos.

À Mariana, que sempre me ajudou nos momentos em que eu mais precisei e desde o princípio foi uma grande fonte de incentivo e motivação.

Aos meus amigos Lucas, Cecília e James, grandes parceiros nessa jornada, que sempre dividiram o fardo comigo.

À Vanina, que dedicou empenho para que eu encontrasse forças e chegasse até o fim.

À Thayanne, que prontamente disponibilizou o projeto arquitetônico para que fosse feito este estudo.

A todos os meus professores, grandes mestres que compartilharam comigo um pouco de seus conhecimentos e experiências.

Ao meu orientador, Alverlando, pela paciência, dedicação e disposição em me ajudar.

RESUMO

A tecnologia de Modelagem de Informação da Construção (*Building Information Modeling*) é uma forma inteligente de criar modelos que contém informações multidisciplinares. Essa tecnologia possibilita que todas as informações criadas ou coletadas sobre uma construção, possam ser acessadas por todos os agentes envolvidos em qualquer etapa da construção. Existem diversas ferramentas de BIM que podem ser empregadas nas diferentes disciplinas, e seus dados podem ser armazenados e integrados. Essa integração de dados permite que sejam detectadas incompatibilidades na modelagem do projeto. Há várias dimensões de modelagem BIM, que fornecem informações sobre diferentes aspectos do planejamento e controle de obras. Na dimensão 3D é realizada a modelagem autoral do projeto, ou seja, a criação e visualização inicial de cada disciplina. A dimensão 4D é obtida ao incluir no modelo os dados referentes ao cronograma da obra, o que permite que seja feita a simulação das etapas construtivas. O presente trabalho teve como objetivo realizar a modelagem BIM 4D de uma residência unifamiliar de 337,24 m² de área construída, com o auxílio de ferramentas computacionais que utilizam a tecnologia BIM. Para tanto, inicialmente, foi feita a modelagem computacional 3D dos elementos de infraestrutura e superestruturas, das instalações elétricas e hidrossanitárias. A seguir, foi feita a detecção de incompatibilidades de projeto e o cronograma de execução foi atrelado ao modelo 3D (dimensão 4D). Por meio da modelagem 4D foi possível fazer a previsão temporal da execução do projeto e visualizar a sequência construtiva do modelo virtual da obra.

Palavras chaves: Tecnologia BIM. Modelagem 3D. Modelagem 4D. Planejamento e controle de obras. Incompatibilidades de projeto. Sequência construtiva.

ABSTRACT

Building Information Modeling technology is an intelligent way to create models that contain multidisciplinary information. This technology enables all information created or collected about a building to be accessed by all agents involved in any stage of construction. There are several BIM tools that can be employed in different disciplines, and their data can be stored and integrated. This data integration allows incompatibilities in project modeling to be detected. There are several BIM modeling dimensions, which provide information on different aspects of planning and construction control. In the 3D dimension the authoring modeling of the project is carried out, that is, the creation and initial visualization of each discipline. The 4D dimension is obtained by including in the model the data referring to the construction schedule, which allows the simulation of the construction stages. The present work aimed to perform the 4D BIM modeling of a single-family residence with 337.24 m² of built area, with the help of computational tools that use BIM technology. To do so, initially, the 3D computer modeling of the infrastructure elements and superstructures, electrical and plumbing installations was done. Next, design incompatibilities were detected and the execution schedule was linked to the 3D model (4D dimension). Through the 4D modeling it was possible to forecast the project's execution time and visualize the construction sequence of the virtual model.

Key words: BIM technology. 3D Modeling. 4D Modeling. Construction planning and control. Design incompatibilities. Construction sequence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Níveis de maturidade BIM	20
Figura 2: Arquitetura de modelo IFC.	22
Figura 3: Comparativo entre o uso da tecnologia CAD e BIM: a) Tempo gasto com a elaboração de projetos. b) Tempo gasto para a alteração de projetos. c) Custos de projeto.	24
Figura 4: Esquema geral de ISO 12006-2.....	26
Figura 5: Relação entre a ABNT NBR 15965 e ISO 12006-2.....	28
Figura 6: Cinco diferentes níveis de LOD publicados pela AIA	30
Figura 7: Dimensões do BIM e seus respectivos <i>stakeholders</i>	33
Figura 8: Oportunidade de alteração do projeto em função do tempo.	36
Figura 9: Exemplo de Estrutura Analítica de Projetos (EAP).....	37
Figura 10: Exemplo de gráfico de Gantt no Project.....	39
Figura 11: Representações gráficas desenvolvidas a partir de cronograma de projetos. a) Curva S da distribuição teórica de Hh (Hora-homem) por mês. b) Histograma de mão de obra de pedreiros.	40
12 – Perspectivas 3D do modelo arquitetônico desenvolvido no Revit.	42
Figura 13 – Etapas do estudo.	43
Figura 14: Detalhes da fachada da casa.....	48
Figura 15: Vista 3D frontal do projeto estrutural.....	48
Figura 16: Detalhes de furos previstos em viga e lajes.	49
Figura 17: 3D do projeto estrutural no Eberick.	49
Figura 18: Detalhe em 3D de armaduras no Eberick.	50
Figura 19 - 3D geral das instalações hidrossanitárias e de águas pluviais no QiBuilder.	51
Figura 20: Detalhe das instalações da piscina no QiBuilder.	51
Figura 21: Detalhe das instalações dos reservatórios no QiBuilder.	52
Figura 22: 3D geral das instalações elétricas.....	53
Figura 23: Detalhe de pontos de tomadas duplas.	53
Figura 24: Quantitativo de materiais de paredes.....	54
Figura 25: Análise de interferências pelo “verificar colisões” de softwares da AltoQi.	55
Figura 26: Análise de interferência pelo “clash detective” do Navisworks.....	55

Figura 27: Relatório apontando interferência entre tubulação de esgoto e viga.	56
Figura 28: Detalhe mostrando previsão de furos em laje e viga para tubulação de esgoto.	56
Figura 29: Diagrama de Gantt mostrando as tarefas críticas (barras em vermelho).	59
Figura 30: Sequência construtiva da execução dos serviços: a) Primeiro mês. b) Segundo mês. c) Terceiro mês.	60
Figura 31: Sequência construtiva da execução dos serviços: a) Quarto mês. b) Quinto mês. c) Sexto mês.....	61
Figura 32: Sequência construtiva da execução dos serviços: a) Sétimo mês. b) Oitavo mês. c) Nono mês.	62
Figura 33: Interface da função TimeLiner do Navisworks.	63
Figura 34: Detalhes da função TimeLiner do Navisworks.	64
Figura 35: Vista imersiva da sala de jantar.	64
Figura 36: Vista imersiva da cozinha.....	65
Figura 37: Detalhes de bancada, aparelhos hidrossanitários e pontos de tomadas.	65
Figura 38: Vista imersiva da área de serviço.....	66
Figura 39: Vista imersiva da garagem.....	66
Figura 40: Vista imersiva da região da piscina.....	67
Figura 41: Vista imersiva da área gourmet.....	67
Figura 42: Perspectivas da sala de TV.....	68
Figura 43: Vista imersiva da varanda da sala.....	69
Figura 44: Visualização de detalhes de pontos de tomada e de TV.....	69
Figura 45: Vista imersiva do banheiro da suíte master.	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Benefícios do uso do BIM em cada fase do ciclo de vida da construção ..	23
Tabela 2: Normas Brasileiras publicadas.	27
Tabela 3: ABNT NBR 15965.	27
Tabela 4: Fases de implementação BIM do Decreto 10.306.....	29
Tabela 5 - Ferramentas BIM por disciplina.....	32
Tabela 6: Benefícios da modelagem 4D	34
Tabela 7: Estrutura Analítica do Projeto.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
4D	Quatro Dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	American Institute of Architects
BDS	Building Description System
BIM	Building Information Modeling
BR	Informante Brasileiro
CAD	Computer-aided Design
CREA	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Organization for Standardization, ou Organização Internacional para Padronização, em português
LOD	Level of Development
MS	Microsoft
NBIMS	National BIM Standards Committee
NBR	Norma Brasileira
VDC	Virtual Design and Construction

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	OBJETIVO GERAL	16
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	BIM	18
2.1.1	HISTÓRICO	18
2.1.2	CONCEITO	19
2.1.3	INTEROPERABILIDADE	21
2.1.4	BENEFÍCIOS	22
2.1.5	NORMATIZAÇÃO BIM	25
2.1.6	LOD - NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO	29
2.1.7	USOS E FERRAMENTAS BIM	30
2.1.8	DIMENSÕES DO BIM	33
2.1.9	BIM 4D	34
2.2	PLANEJAMENTO DE OBRAS	35
2.2.1	ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP)	36
2.2.2	CRONOGRAMA DE PROJETOS	38
3	METODOLOGIA	41
3.1	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	41
3.2	ETAPAS DO ESTUDO	42
4	RESULTADOS E ANÁLISES	47
4.1	MODELAGEM 3D	47
4.1.1	PROJETO ESTRUTURAL	47
4.1.2	PROJETO HIDROSSANITÁRIO	50
4.1.3	PROJETO ELÉTRICO	52
4.2	QUANTITATIVO DE MATERIAIS	53
4.3	ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS	54
4.4	MODELAGEM 4D	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	72
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS		78
	ANEXO I – PROJETO ARQUITETÔNICO BASE PARA AS DEMAIS DISCIPLINAS.	
	78	
APÊNDICES		80
	APÊNDICE I – QUANTITATIVOS DE MATERIAIS	80
	APÊNDICE II – RELATÓRIOS PLANEJAMENTO DE OBRA NO MS PROJECT	86

APÊNDICE III – SÍNTESE DO PLANEJAMENTO DA OBRA	91
--	----

1 INTRODUÇÃO

A redução de custos é fundamental para a competitividade e a viabilidade de qualquer empreendimento. As tecnologias mais recentes, particularmente aquelas da área de informática, têm permitido que o planejamento de um empreendimento se torne cada vez mais próximo da realidade enfrentada por ocasião da sua execução. Com isso, problemas podem ser evitados, bem como prejuízos financeiros.

Na área da engenharia civil, o desenvolvimento de softwares para a elaboração de projetos, proporcionou um significativo avanço para o setor. A produção de projetos ganhou agilidade, reduzindo assim os custos na etapa de elaboração de projetos. Nesse contexto, a tecnologia CAD merece reconhecimento, pois possibilitou o desenho de projetos por computador (DIETRICH, 2014). Porém, o CAD apresenta algumas limitações, o que implicava na necessidade de elaboração de documentos que complementassem o desenho. As limitações do CAD foram superadas com o desenvolvimento do conceito de Modelagem de Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM). O BIM promoveu uma verdadeira transformação digital no setor da arquitetura, engenharia e construção civil, uma vez que possibilita que os dados das várias disciplinas que compõem um projeto sejam integrados. Dessa maneira, incompatibilidades e inconsistências podem ser detectadas antes da execução do projeto, o que se traduz na redução de prejuízos. Além disso, o BIM pode ser utilizado para o acompanhamento da execução do empreendimento em todas as suas etapas.

A difusão do BIM no Brasil é considerada estratégica pelo Governo Federal o qual promulgou o decreto 9.983, de 2019, por meio do qual provê a estratégia para difusão do BIM no Brasil (DOU, 2019), e o decreto 10.306, de 2020, que trata da utilização do BIM nas obras públicas (DOU, 2020). Com a implementação do BIM, o Governo Federal espera reduzir os custos das obras públicas, bem como a elevação do PIB na construção civil.

Várias ferramentas BIM estão disponíveis no mercado com aplicações para as diferentes disciplinas (NAIM, 2018), dentre as quais arquitetura, engenharia geral, estrutural, instalações, análise e compatibilização, visualizadores.

Os modelos BIM podem ter múltiplas dimensões (EASTMAN et al., 2011). Na dimensão 3D é feita a criação e visualização de cada disciplina do projeto. A dimensão

4D inclui o componente temporal da obra, ou seja, o cronograma físico, possibilitando que seja feita a simulação das etapas construtivas.

Este trabalho teve como objetivo realizar a modelagem BIM 4D de uma residência unifamiliar para que se possa obter a sequência construtiva mais detalhada e próxima do real de uma residência unifamiliar de padrão alto. Para tanto, foram utilizadas ferramentas computacionais que utilizam a tecnologia BIM.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral a realização da modelagem BIM 4D de uma residência unifamiliar de 337,24 m² de área construída, com o auxílio de ferramentas computacionais que utilizam a tecnologia BIM.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desse estudo são os seguintes:

- Aprendizagem de ferramentas computacionais que utilizam a tecnologia BIM, bem como a metodologia necessária para projetar utilizando essa tecnologia.
- Modelagem computacional BIM 3D dos elementos de infraestrutura e superestruturas de uma residência, das instalações elétricas e hidrossanitárias, de forma a obter quantitativos de materiais.
- Utilização do *software* Microsoft Project para a elaboração do cronograma da obra.
- Utilização do *software* Navisworks para a detecção de incompatibilidades entre as disciplinas de projeto e elaboração do cronograma da obra.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho foi dividido em cinco capítulos e possui a seguinte estrutura:

Capítulo 1 (INTRODUÇÃO), onde é apresentada uma síntese do trabalho e uma abordagem sobre os objetivos gerais e específicos do estudo.

Capítulo 2 (REFERÊNCIAL TEÓRICO), que contém os principais conceitos, definições e aplicações da tecnologia BIM e planejamento de obras.

Capítulo 3 (METODOLOGIA), apresentando as etapas do processo da elaboração desse trabalho.

Capítulo 4 (RESULTADOS E DISCUSSÕES), que traz os resultados de cada etapa do trabalho e ponderações a respeito do processo.

Capítulo 5 (CONCLUSÕES), apresentando as conclusões acerca dos objetivos do estudo e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BIM

2.1.1 HISTÓRICO

Em meados dos anos 50 a tecnologia computacional passou a ser utilizada para elaboração de projetos. Máquinas específicas foram desenvolvidas para auxiliarem na área de redes elétricas. Essas máquinas foram bases para a criação de softwares de projetos. Surgiu, então, a tecnologia CAD, que do termo em inglês, *computer-aided design*, significa desenho auxiliado por computador. (DIETRICH, 2014)

Embora o CAD tenha trazido mais facilidade e velocidade na elaboração dos projetos, os desenhos produzidos com essa tecnologia não continham algumas informações pertinentes a respeito da obra, sendo necessário a elaboração de documentos complementares para o correto entendimento do projeto. O conceito de BIM surgiu para inserir informações da edificação ao projeto, como as especificações técnicas e quantitativos dos materiais usados em obra, como eles devem ser executados e detalhes a respeito de manutenção ao longo do ciclo de vida da edificação. (GONÇALVES, 2018)

A metodologia mais usualmente utilizada em projetos, o CAD 2D, tem diversas limitações e desvantagens. Um dos maiores problemas advindos do uso dessa tecnologia é o gasto de tempo que se leva até conseguir extrair informações relevantes para a análise da viabilidade do projeto. Somente ao final da fase de projeto é possível obter informações sobre a estimativa de custo, estruturas e diversos outros dados pertinentes à execução da obra. Nesse momento, o projeto já está avançado demais para que sejam feitas alterações significativas que poderiam trazer melhores resultados. O uso do CAD 2D também possui problemas relacionados ao armazenamento de toda a documentação gerada e do grande número de pessoas necessárias para desenvolverem esses arquivos, que vão desde a elaboração dos projetos até a elaboração de documentos complementares necessários para a correta execução de um empreendimento. Sendo necessário anexar informações adicionais aos projetos desenvolvidos em CAD, mudou-se o foco para os dados ao invés dos desenhos (SACKS et al., 2021).

Segundo Leusin (2021), o conceito de BIM foi apresentado pela primeira vez na década de 1970 por Chuck Eastman, embora na época tenha sido apresentado por ele como BDS - *Building Description System*. A terminologia BIM como conhecida atualmente foi apresentada por F. Tolman em dezembro de 1992.

2.1.2 CONCEITO

BIM, do inglês “*Buildin Information Modeling*” (Modelagem da Informação da Construção), é definido por Sacks et al. (2021) como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”. BIM é uma forma inteligente de criar modelos que contém informações multidisciplinares que possibilitam a elaboração digital de uma construção em todo o seu ciclo de vida.

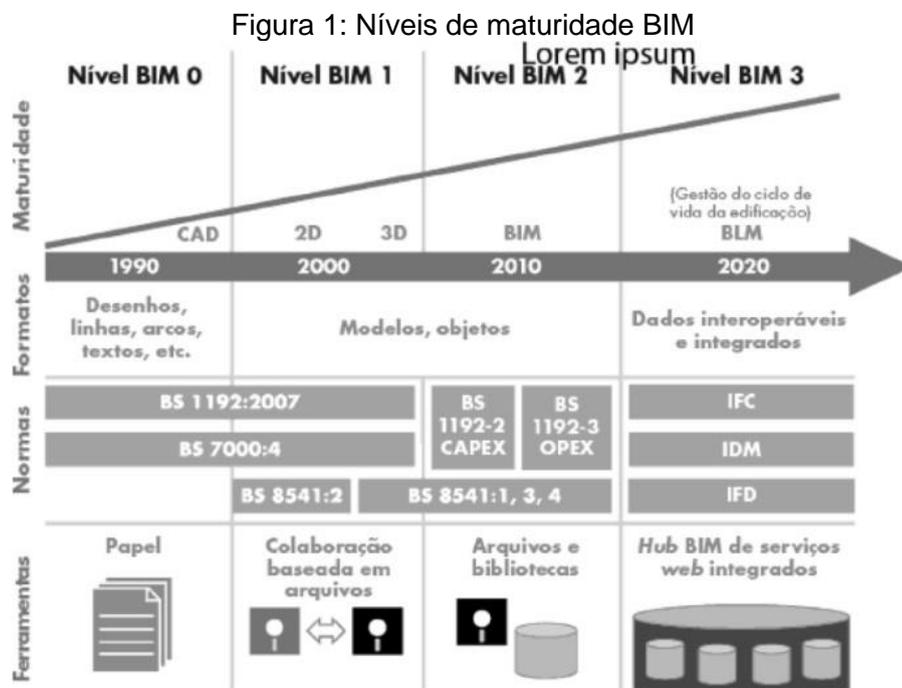
O NBIMS (*National BIM Standard*) define BIM como:

(...) Um processo aprimorado de planejamento, projeto, construção, operação e manutenção usando um modelo padronizado de informações, legível por máquinas, de cada construção, seja ela nova ou preexistente, e que contém todas as informações apropriadas, criadas ou coletadas, sobre aquela construção em um formato utilizável por todos, durante todo o seu ciclo de vida (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES, 2005).

O Decreto 9.983 define BIM como “conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção.” (BRASIL, 2018).

Para Sacks et al. (2021), BIM também pode ser visto como uma jornada da tecnologia aplicada a projetos, iniciada no uso do CAD (Figura 1). Assim, BIM pode ser definido, também, quanto aos seus diferentes níveis, conceito adotado pelo Governo do Reino Unido. A tecnologia BIM passou por quatro níveis ao longo da sua evolução, desde o Nível BIM 0 até o BIM 3. Além disso, a tecnologia BIM pode ser vista como uma tecnologia que possui camadas, que são nomeadas como

dimensões. Atualmente, existem 7 dimensões BIM, e a 8 dimensão já está sendo desenvolvida (GONÇALVES, 2018).



Fonte: Sacks et al. (2021).

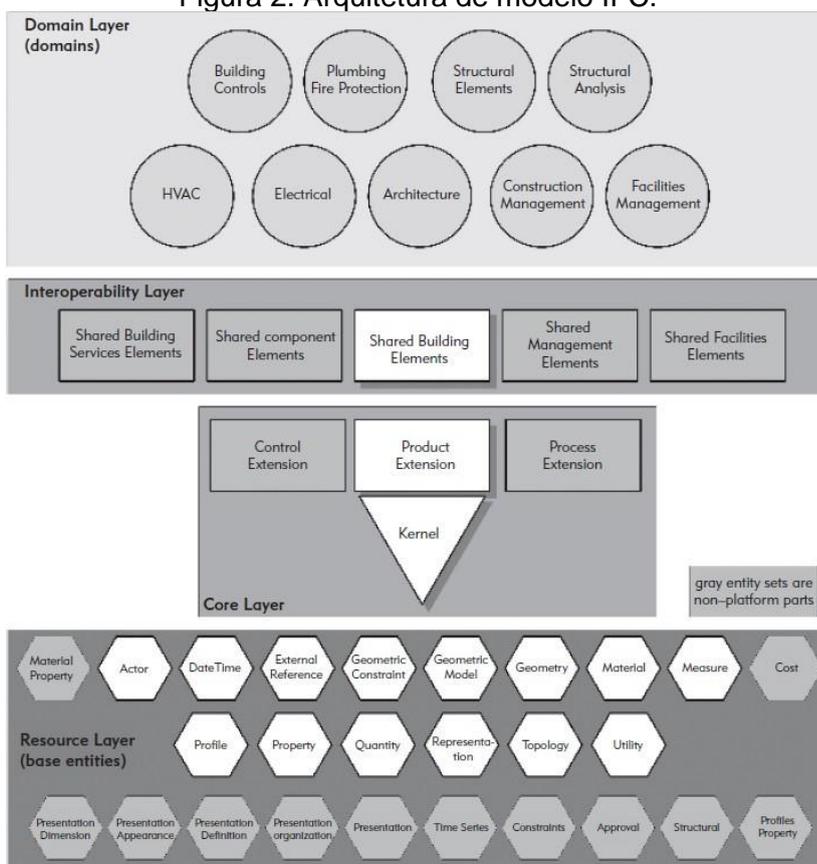
O Nível BIM 0 é a parte mais básica do projeto, o CAD 2D. Trata-se de projetos apresentados no papel, ou em arquivos digitais em formato pdf, com poucas informações de projeto. Já o Nível BIM 1, além de utilizar o 2D para elaboração de documentos importantes, também faz uso do CAD 3D. O Nível BIM 2 insere o conceito de trabalho colaborativo. Nesse nível, os responsáveis pelo projeto trabalham em modelos 3D individuais, mas que possuem um formato de arquivo em comum. Dessa forma é possível fazer o compartilhamento de informações e gerar um modelo BIM federado, onde será feita a compatibilização entre as disciplinas. Por fim, o nível BIM 3, ampliando o conceito de trabalho colaborativo, traz o conceito que é conhecido por Open BIM, ou BIM Aberto. É utilizado um único modelo de projeto que pode ser editado por todos os envolvidos. O modelo único é armazenado em um só local e todas as disciplinas podem ser acessadas e editadas ao mesmo tempo (SACKS et al., 2021).

2.1.3 INTEROPERABILIDADE

Para que seja possível o compartilhamento de dados através de modelos BIM, deve haver a interoperabilidade entre diferentes modelos. Para Leusin (2021), a interoperabilidade é comunicação entre os arquivos compartilhados entre os responsáveis pelo projeto, sem que seja necessário a realização de traduções de informações contidas nos modelos.

O principal modelo padrão que permite o compartilhamento de dados para construção civil é o *Industry Foundation Classes* - IFC. Sacks et al. (2021) define IFC como “um esquema desenvolvido para definir um conjunto extensivo de representações de dados consistentes de informações da construção para intercâmbio entre aplicações de software de AEC”. O IFC foi desenvolvido com uma arquitetura em diferentes camadas, como pode ser visto na figura 2. Um modelo IFC é constituído por entidades, conjuntos de propriedades e diferentes categorias de dados. Assim é formado um modelo que possui informações parametrizadas relacionadas a elementos da construção civil, permitindo, assim, um fluxo de trabalho colaborativo entre modelos de diferentes disciplinas (SACKS et al., 2021).

Figura 2: Arquitetura de modelo IFC.



Fonte: Eastman et al (2011).

2.1.4 BENEFÍCIOS

O BIM permite que sejam desenvolvidos modelos digitais que resultem numa fiel replicação de uma construção, possibilitando uma redução de riscos e melhoria na qualidade da obra. Além disso, uma das aplicações do BIM é o conceito de Projeto e Construção Virtuais - VDC (*Virtual Design and Construction*), que é a utilização do BIM como primeiro estudo de uma construção. VDC permite que projetistas e construtores possam testar virtualmente todos os processos da construção antes da sua execução. Os benefícios podem ser verificados em todo o ciclo de vida de um empreendimento, a cada parte envolvida em uma determinada construção (Tabela 1). Tanto o proprietário, como construtores e fabricantes se beneficiam de um processo todo integrado com a utilização do BIM (SACKS et al., 2021).

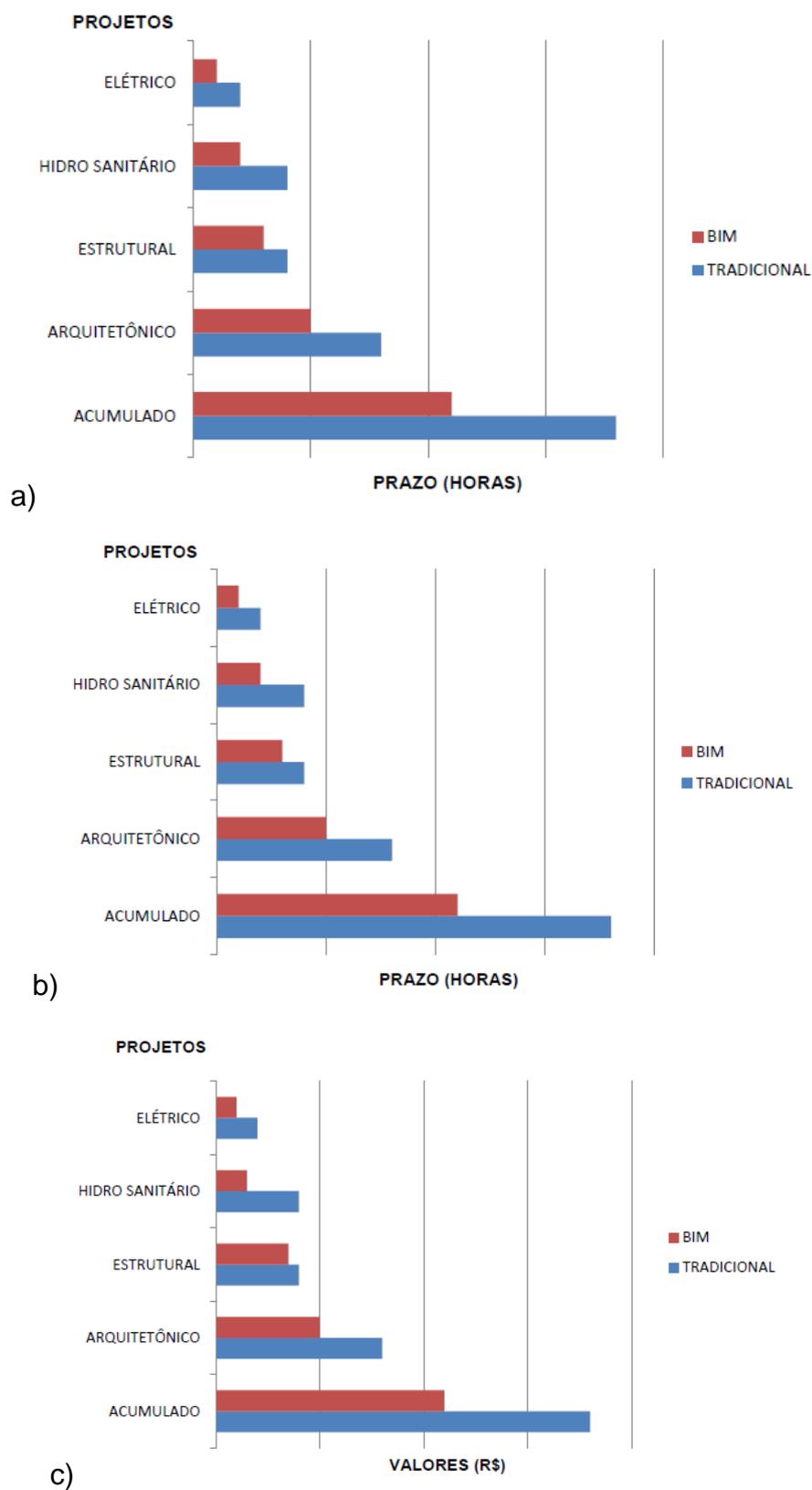
Tabela 1: Benefícios do uso do BIM em cada fase do ciclo de vida da construção

Fases	Benefícios
Pré-construção	<ul style="list-style-type: none"> Conceito do projeto. Viabilidade do projeto. Aumento da qualidade. Aumento do desempenho. Melhoria da colaboração.
Projeto	<ul style="list-style-type: none"> Entrega de projeto integrado. Visualização antecipada. Visualização mais precisa. Correções automáticas. Desenhos 2D precisos. Desenhos 2D consistentes. Colaboração antecipada entre as disciplinas. Verificação da consistência de projeto. Estimativa de custos. Incrementação da eficiência energética. Incrementação da sustentabilidade.
Construção	<ul style="list-style-type: none"> Alterações rápidas no projeto. Descoberta de erros antes da construção. Sincronização entre projeto e planejamento. Melhor implementação de construção enxuta. Conformidade entre projeto e construção na compra de materiais.
Pós-construção	<ul style="list-style-type: none"> Melhor entrega de informações sobre a edificação. Melhor administração da edificação. Melhor operação da edificação. Integração com sistemas de operação. Gerenciamento de facilidades.

Fonte: Adaptado de SACKS et al. (2021).

De acordo com Nunes (2015), a utilização do CAD gera uma demanda maior de tempo e custos para elaboração de projetos. A Figura 3a) mostra o comparativo de tempo gasto para elaboração de cada projeto entre o CAD e o BIM. A Figura 3b) mostra o comparativo de tempo que cada metodologia demanda para fazer alterações em projetos. A figura 3c) mostra o comparativo de custo com a utilização do CAD e BIM.

Figura 3: Comparativo entre o uso da tecnologia CAD e BIM: a) Tempo gasto com a elaboração de projetos. b) Tempo gasto para a alteração de projetos. c) Custos de projeto.



Fonte: Nunes (2015).

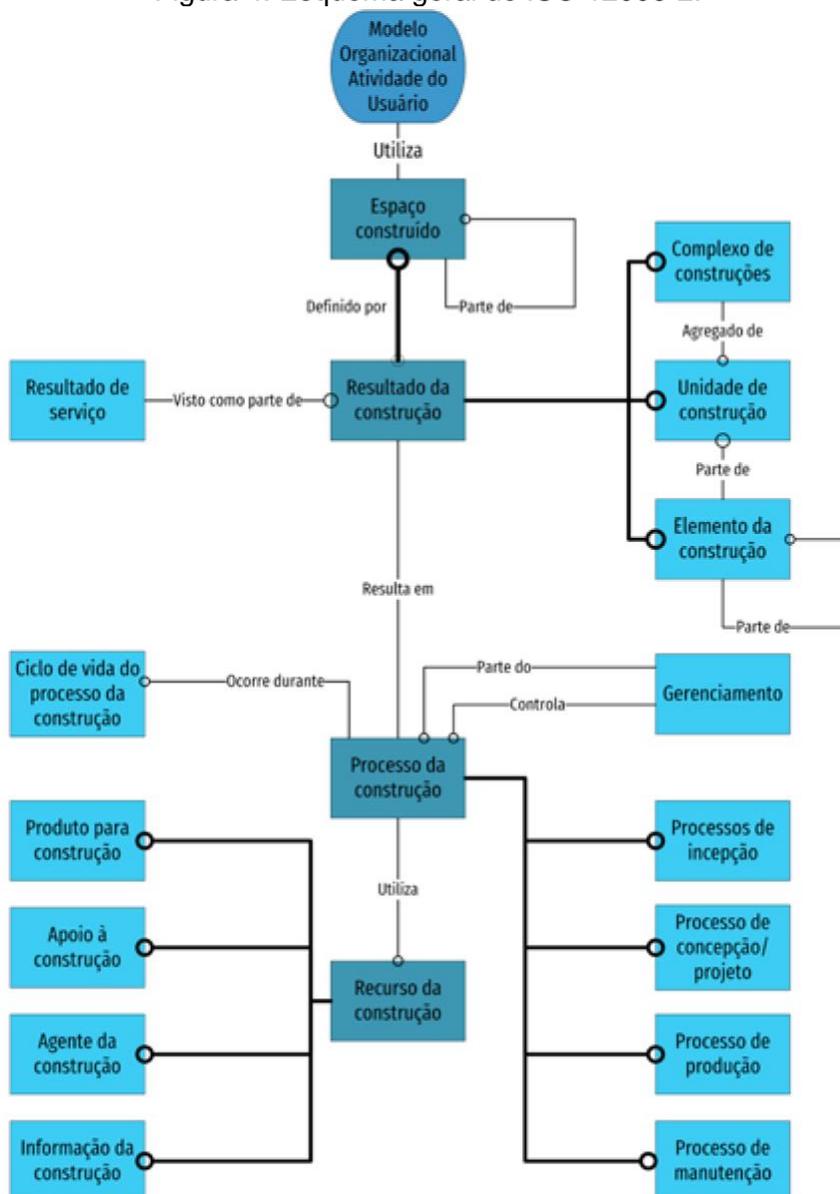
Segundo Fratel (2020), o emprego da plataforma BIM, pode reduzir o tempo de elaboração de projetos em 10 a 15%, o que representa uma redução de custos indiretos que pode chegar a 40% em projetos arquitetônicos. Essa redução de custos é prevista também para a etapa de execução do projeto, uma vez que por meio da plataforma BIM, erros e conflitos podem ser detectados antes da execução da obra. Por esse motivo, para os empreendimentos do Governo Federal, é exigida a elaboração de projetos em BIM. O governo prevê, por meio da estratégia BIM BR, ter uma redução de custos da ordem de 9,7% nas obras públicas, e um aumento do PIB no setor da construção civil de 28,9% até 2028 (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2021).

2.1.5 NORMATIZAÇÃO BIM

A construção civil possui uma grande quantidade de processos e profissionais envolvidos, cada qual com suas técnicas e maneiras de trabalhar. Para que seja possível ter um nível satisfatório de interoperabilidade, devem ser feitas caracterizações na modelagem BIM. Dessa forma, foram estabelecidas normas brasileiras, baseadas em outras normas utilizadas no mundo, que foram adaptadas para melhor se adequarem às técnicas de trabalho, materiais de construção e aos sistemas construtivos encontrados no Brasil (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2017b).

Em 2010 foi publicada a ABNT NBR ISO 12006-2, que é uma tradução de ISO 12006-2 já usada no exterior e com atualização em 2015. Essa norma traz um modelo genérico para sistemas de classificação da construção. A Figura 4 mostra um esquema que resume a ISO 12006-2 (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2017b).

Figura 4: Esquema geral de ISO 12006-2.



Fonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2017).

Para colaborar com a normatização do BIM aqui no Brasil, a ABNT designou um grupo de pesquisadores para que fosse elaborada a NBR 15965. Os estudos para o desenvolvimento da norma começaram por volta de 2010 (BARROS; MELO, 2020). A NBR 15965 foi baseada na ISO 12006-2 e contará com sete partes, das quais cinco delas já foram publicadas (tabela 2). A tabela 3 mostra um resumo do que se trata cada parte da NBR 15965. O esquema mostrado na figura 5 traz um esquema geral

da relação entre a ABNT NBR 15965 e ISO 12006-2 (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2017b).

Tabela 2: Normas Brasileiras publicadas.

Norma	Título	Ano de publicação
ABNT NBR ISO 12006-2	Construção da edificação - Organização de informação da construção Parte 2: Estrutura para classificação de informação.	2010.
ABNT NBR 15965 -1	Sistema de classificação informação da construção Parte 1: Terminologia da estrutura.	2011.
ABNT NBR 15965 -2	Sistema de classificação informação da construção Parte 2: Características dos objetos da construção.	2012.
ABNT NBR 15965 -3	Sistema de classificação informação da construção Parte 3: Processos da construção.	2014.
ABNT NBR 15965 -4	Sistema de classificação informação da construção Parte 4: Recursos da construção.	2021.
ABNT NBR 15965 -7	Sistema de classificação informação da construção Parte 7: Informação da construção.	2015.

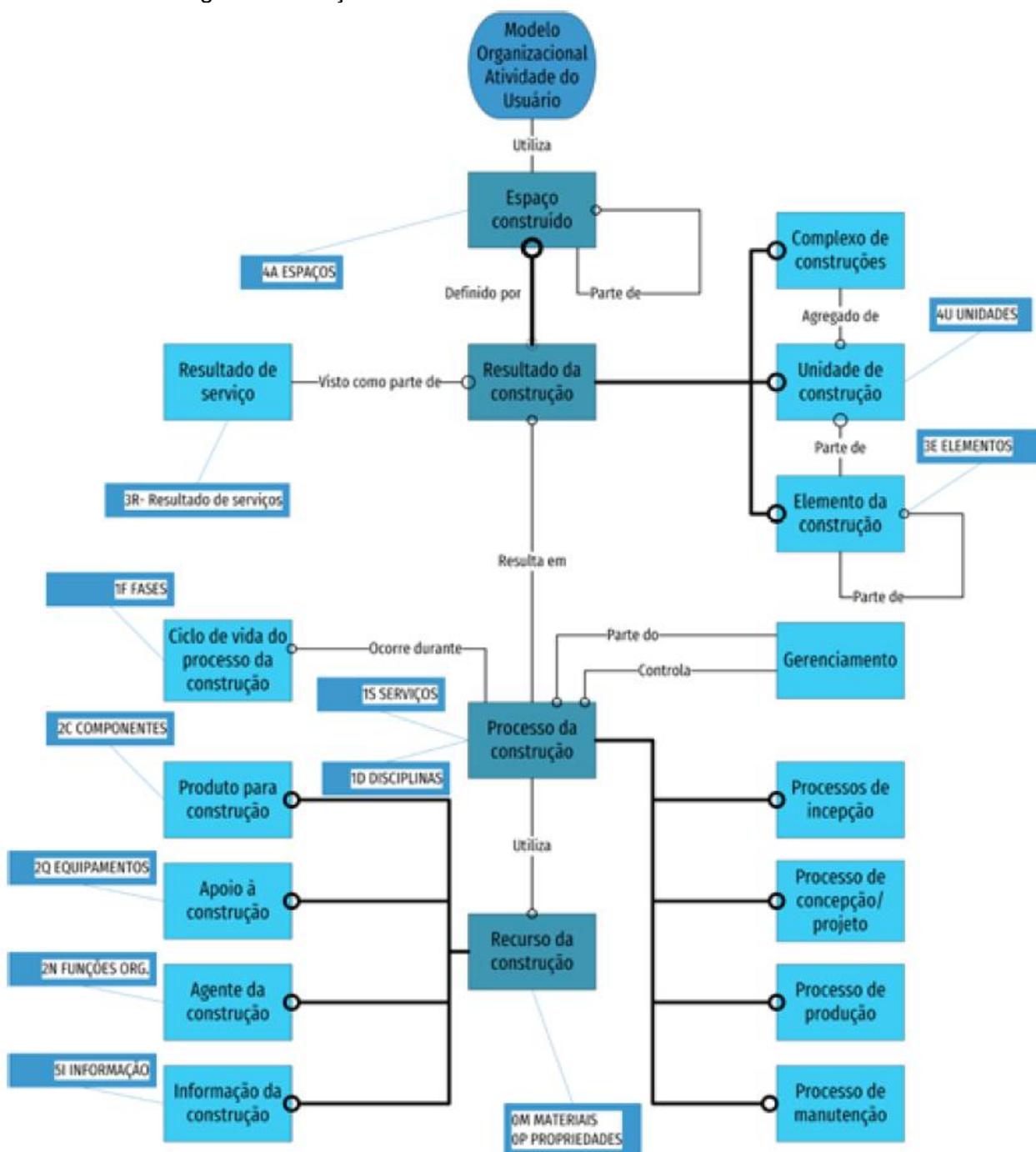
Fonte: Adaptado de ABDI (2017).

Tabela 3: ABNT NBR 15965.

Parte 1	Terminologia da estrutura
Parte 2	Características dos objetos da construção
Parte 3	Processos da construção
Parte 4	Recursos da construção
Parte 5	Resultados da construção
Parte 6	Unidades e espaços da construção
Parte 7	Informação da construção

Fonte: Adaptado de ABDI (2017).

Figura 5: Relação entre a ABNT NBR 15965 e ISO 12006-2.



Fonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2017).

Como incentivo à difusão do BIM no Brasil, foi criado o Decreto 9.377 (BRASIL, 2018), posteriormente revogado pelo Decreto 9.983 (BRASIL, 2019). O Decreto 9.983 trata da estratégia que será utilizada para difundir o BIM no Brasil e do impulsionamento de um cenário apropriado ao investimento do uso dessa tecnologia. Além disso, foi criado o Decreto 10.306 (BRASIL, 2020) que trata da utilização do BIM

em obras públicas através de três fases. A tabela 4 mostra um resumo das fases de implementação BIM em obras públicas e as datas em que cada fase entra em vigor.

Tabela 4: Fases de implementação BIM do Decreto 10.306

Fase de Implementação	Utilização	Vigência
Primeira fase	Desenvolvimento de projetos.	1º de janeiro de 2021.
Segunda fase	Execução de projetos.	1º de janeiro de 2024.
Terceira fase	Desenvolvimento de projetos e gerenciamento de obras.	1º de janeiro de 2028.

Fonte: Adaptado de Brasil (2020).

2.1.6 LOD - NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO

Segundo Catelani (2016), a abreviação LOD foi originalmente apresentada como *Level of Detail* ou Nível de Detalhamento. O termo foi utilizado para estabelecer a quantidade de detalhes incluída nos elementos de um modelo BIM. Posteriormente LOD passou a ser atribuído ao *Level of Development*, traduzido como Nível de Desenvolvimento, tornando-se mais abrangente em relação ao seu conceito inicial.

Atualmente o LOD representa o “Nível de Confiança que usuários podem ter nas informações incorporadas em um Modelo BIM” (CATELANI, 2016). Segundo Kensek (2018), a designação LOD do modelo facilita a comunicação e a colaboração entre as equipes envolvidas no desenvolvimento do projeto. A autora afirma também que o LOD serve como padrão de confiabilidade e referência para elaboração de contratos firmados entre profissionais da tecnologia BIM.

Em geral, o LOD é caracterizado em níveis a partir do 100 e pode ser interpretado de formas diferentes pelos órgãos e entidades do setor da construção civil. Segundo Azhar (2011), o *American Institute of Architects* (AIA) apresentou níveis de LOD que servem como referência internacional para o plano de desenvolvimento do BIM e o estabelecimento de “requisitos de autoria”. A Figura 6 abaixo ilustra os cinco diferentes níveis de LOD publicados pela AIA.

Figura 6: Cinco diferentes níveis de LOD publicados pela AIA



Fonte: Catalani (2016).

A padronização do LOD criada pelo AIA foi adaptada ao padrão de desenvolvimento de projetos brasileiro, mantendo-se os princípios fundamentais de diferenciação por níveis, do mais simples ao mais elaborado: o LOD 100 apresenta o projeto conceitual; o LOD 200 exhibe a representação genérica e esquemática do modelo; o LOD 300 acrescenta informações mais precisas dos materiais; o LOD 400 reúne as informações completas dos elementos construtivos; o LOD 500 equivale ao *'as built'*, ou seja, apresenta o projeto como deve ser executado de fato (CATELANI, 2016).

É possível que um mesmo modelo possua níveis diferentes de LOD para seus elementos. Espera-se também que os modelos evoluam para um nível superior, mais detalhado, de acordo com o desenvolvimento das etapas dos projetos em BIM.

2.1.7 USOS E FERRAMENTAS BIM

Para Catelani (2016), a indústria da construção civil no Brasil possui um ritmo lento de inovação tecnológica em comparação às outras indústrias do país (como a de manufatura, por exemplo). Segundo o autor, em países como Reino Unido, Cingapura e Chile, o uso do BIM é considerado uma estratégia nacional de aumento da produtividade do setor.

Diversas ferramentas (softwares e aplicativos), podem ser utilizadas para o desenvolvimento de empreendimentos em BIM. Estas ferramentas podem ser utilizadas para criar, analisar e gerenciar modelos BIM, armazenando todas as informações em uma base de dados. Outro aspecto crucial das ferramentas BIM é a interoperabilidade, que consiste na possibilidade de troca de informações sem que para isso sejam necessários softwares ou aplicativos. Há uma grande quantidade de ferramentas BIM disponíveis atualmente, cada qual com características aplicáveis para as diferentes disciplinas e funções dentro da tecnologia BIM (Tabela 5) (NAIM, 2018).

Tabela 5 - Ferramentas BIM por disciplina.

Disciplina	Software	Empresa
Arquitetura	ArchiCAD	Graphisoft
	Allplan Architecture	Allplan
	Revit LT	Autodesk
	VectorWorks	Nemetschek
Engenharia Geral (arquitetura, instalações e estrutura)	Revit	Autodesk
	OpenBuildings	Bentley
	Allplan Engineering (*Exceto arquitetura)	Allplan
	Allplan BimPlus	Allplan
Estrutural	CypeCad	Cype
	TQS	TQS
	Tekla Structures	Trimble
	Eberick	AltoQI
Instalações	QiBuilder	AltoQI
	DDS-CAD	Nemetschek
	Multi-Bim	Multiplus
Iluminação	AGi32	LightingAnalyst
	DIALux evo 9	DIALux
	ReluxCAD for Revit	Relux
Simulação Energética	EnergyPlus Pro	Energy
	PlusCYPETHERM Eplus	Cype
Análise e Compatibilização	Navisworks	Autodesk
	Synchro	Bentley
	SOLIBRI	Nemetschek
	BIM 360	Autodesk
Ferramentas de colaboração para projetos na nuvem	Bim 360 Design	Autodesk
	Dalux FIELD	Dalux
	Trimble Connect	Trimble
	BIM Track	Bim Track
	Bim Collab	BimCollab
	Tekla Model Sharing	Trimble
Visualizadores BIM	US.BIM Viewer+	Acca Software
	Dalux BIM Viewer	Dalux
	BIMx	Graphisoft
	Bimcollab Zoom	BimCollab

Fonte: Adaptado de Thórus Engenharia (2020).

2.1.8 DIMENSÕES DO BIM

Segundo Eastman et al. (2011), os modelos BIM podem assumir “múltiplas dimensões” conforme a finalidade requerida durante o planejamento e o controle de obras. Em geral, existem cinco dimensões principais. Na dimensão 3D é realizada a modelagem autoral do projeto, ou seja, a criação e visualização inicial de cada disciplina. A dimensão 4D é obtida ao incluir no modelo os dados referentes ao cronograma da obra (componente “Tempo”), proporcionando a simulação das etapas construtivas. Obtém-se o BIM 5D a partir da integração do fator “Custo” ao modelo, possibilitando a criação de quantitativos e estimativa orçamentarias.

Na Figura 7 são apresentadas as partes mais interessadas, chamadas de *stakeholders*, em cada dimensão do modelo BIM, durante o ciclo de vida da obra. Nas dimensões acima do 5D, são acrescentadas ao modelo informações necessárias à etapa de manutenção e operação do empreendimento.

Figura 7: Dimensões do BIM e seus respectivos *stakeholders*.

Dimensão do desenvolvimento	Descrições	Impacto do stakeholder
3D	Consiste dos dados bi ou tridimensionais dos projetos das edificações. BIM 3D pode ser definido como "apresentação geométrica, descrições paramétricas e normativas legais associadas com a construção de um edifício"	Equipe de Projeto, Fornecedor
4D (3D +Tempo)	Conecta a informação relacionada à programação/tempo aos elementos do modelo 3D de forma sequenciar o processo da construção ao longo do tempo	Construtor, Sub-empregado
5D(3D+Custo)	Adiciona informação relacionada a custo aos elementos do modelo 3D. Isto permite agilizar a extração de quantidades e orçamento diretamente do modelo 3D	Levantador de Quantidades
6D (3D + FM)	Integra a informação de FM e ciclo de vida. 6D está relacionada com a informação do ativo útil para os processos de FM, mas após 5D não existe consenso nas dimensões alcançadas na literatura	Facility Manager, Proprietário
nD (3D + ... nD)	Outras dimensões possíveis associadas com modelo BIM	Pode ser relacionado a qualquer stakeholder citado

Fonte: ABDI (2017), adaptado de Lee (2015).

2.1.9 BIM 4D

De acordo com Di Donato e Abita (2019), a modelagem BIM 4D é caracterizada pela inserção da dimensão tempo ao modelo 3D. A principal contribuição identificada em uma modelagem BIM 4D é a geração de recursos para o planejamento e gerenciamento da construção. A Tabela 6 lista os benefícios e aplicações mais comuns do BIM 4D, segundo a pesquisa divulgada pela AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (2017a).

Tabela 6: Benefícios da modelagem 4D

Planejamento visual da Obra (do canteiro à obra finalizada)
Planejamento de Fases de Construção
Levantamento de Quantitativos
Análise de Construtibilidade (viabilidade financeira)
Estudos de logística e organização de canteiro
Definição de Planos de Ataques
Apresentações comparativas do avanço real versus planejamento
Otimização da Construção (redução de retrabalhos e falhas executivas)
Controle do Projeto
Melhora na comunicação entre os proprietários e fornecedores

Fonte: Adaptado de ABDI (2017).

Conforme apresentado no item 3.4, a tecnologia BIM possui diferentes dimensões (3D, 4D, 5D, etc.) que variam de acordo com o uso e a etapa de desenvolvimento do projeto. Para Eastman et al. (2011), compete às equipes responsáveis pelo planejamento de cada setor, a escolha do software BIM adequado para a sua área. Deste modo, conhecer as ferramentas disponíveis no mercado possibilita aos usuários listar as vantagens e limitações de cada opção e identificar o software compatível com a tarefa a ser executada.

Conforme pesquisa realizada por Silva, Crippa e Scheer (2019), na área de gerenciamento e planejamento de projetos, o software mais utilizado atualmente é o Navisworks da Autodesk, preterido por 62,5% dos entrevistados. Os demais softwares citados na pesquisa correspondem, cada um deles, a 6,25% apenas. A seção 3.1.7 do presente trabalho apresenta os programas mais comuns para cada uso do BIM.

2.2 PLANEJAMENTO DE OBRAS

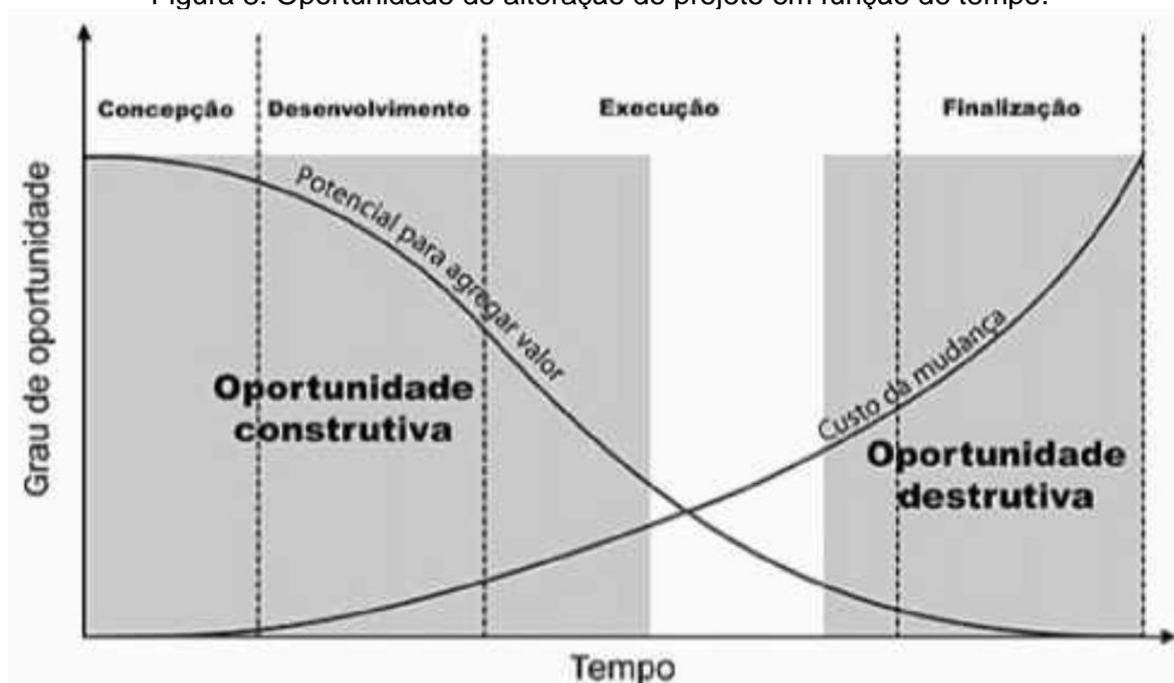
Goldman (2004) afirma que a etapa de planejamento impacta diretamente no sucesso dos empreendimentos. Na construção civil, o setor interliga-se às demais áreas da empresa, seja ela arquitetura, contábil ou execução de obras.

Segundo LAUFER e TUCKER (1987), o planejamento pode ser descrito como “um processo de tomada de decisão, realizado para antecipar uma desejada ação futura, utilizando para isso meios eficazes para concretizá-la”.

No gerenciamento de projetos, deve-se analisar três processos fundamentais: tempo, custo e alocação de recursos. Considera-se que as principais subatividades deste processo devem incluir a identificação da dependência entre as atividades do projeto, a estimativa da duração das atividades e a elaboração do cronograma (sucedida pelos programas de controle e manutenção da obra). Para atender a abordagem apresentada no estudo de casos a seguir, o gerenciamento de tempo será enfatizado obtendo-se como produto principal o cronograma do projeto (BARCELLOS, 2003).

A figura 8 ilustra o comportamento padrão dos projetos durante o ciclo de vida de um empreendimento. Conforme (MATTOS, 2010), o custo das alterações é menor durante as etapas iniciais, em que ocorre a concepção, e aumenta com o passar do tempo. Durante a fase de execução da obra e após sua finalização, o custo das mudanças ocasionadas por mal planejamento pode ser considerado inviável financeiramente.

Figura 8: Oportunidade de alteração do projeto em função do tempo.



Fonte: Mattos (2014).

A antecipação de situações desfavoráveis é parte das responsabilidades do idealizador estratégico de projetos. O profissional responsável por esta atividade deve adquirir pleno conhecimento sobre as características do empreendimento, das equipes envolvidas e das condições do local de execução. Como resultado, os documentos produzidos deverão guiar as fases subsequentes de execução e manutenção da obra. (MATTOS, 2010).

2.2.1 ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP)

A Estrutura Analítica de Projetos (EAP), também conhecida como *Work Breakdown Structure* (WBS), tem como finalidade a subdivisão das etapas de projetos, iniciando pelos macro serviços, maiores pacotes de trabalho, até os componentes mais simples, e mais facilmente gerenciáveis (PMI, 2018). Esta tarefa envolve um processo investigativo com a equipe de obras e os responsáveis técnicos da edificação.

Conforme o nível de detalhamento dos serviços o planejamento pode ser classificado como médio, longo e curto prazos. A Figura 9 exibe um exemplo de EAP de uma edificação genérica. Na imagem é possível identificar a decomposição de

tarefas em serviços menores. Alguns autores denominam pedagogicamente como “tarefas mães” e “tarefas filhas”.

Figura 9: Exemplo de Estrutura Analítica de Projetos (EAP).

Atividade	
0	Casa
1	1 Infraestrutura
2	1.1 Escavação
3	1.2 Sapatas
4	2 Superestrutura
5	2.1 Paredes
6	2.1.1 Alvenaria
7	2.1.2 Revestimento
8	2.1.3 Pintura
9	2.2 Cobertura
10	2.2.1 Madeiramento
11	2.2.2 Telhas
12	2.3 Instalações
13	2.3.1 Instalação Elétrica
14	2.3.2 Instalação Hidráulica

Fonte: Mattos (2014).

É essencial para a construção eficaz de uma EAP a definição dos períodos de realização das atividades. Atualmente existem inúmeros softwares destinados a atender esta demanda, destaca-se entre eles o MS Project.

Segundo (LIMA, 2013), o MS Project foi inaugurado em 1985 e atualmente é o software mais utilizado no mundo. Através da interface gráfica do programa (Figura 9) é possível sequenciar as atividades, determinar a duração e a sequência das atividades, alocar recursos e desenvolver cronogramas e orçamentos. Além disto, o software gera inúmeros relatórios importantes para o planejamento de obras e proporciona a customização de Macros (automatização de tarefas).

2.2.2 CRONOGRAMA DE PROJETOS

Segundo LIMMER (1996), o cronograma representa a estruturação das atividades listadas em um projeto, seguindo uma sequência lógica, pré-ordenada, conforme prazos e condições determinadas por um grupo de profissionais habilitados. O processo de montagem do cronograma deve ser feito visando o menor tempo de obra possível, considerando que a duração da execução das tarefas impactará diretamente no orçamento final do projeto.

Para (LIMMER, 1996), o cronograma de projetos pode ser apresentado das seguintes formas:

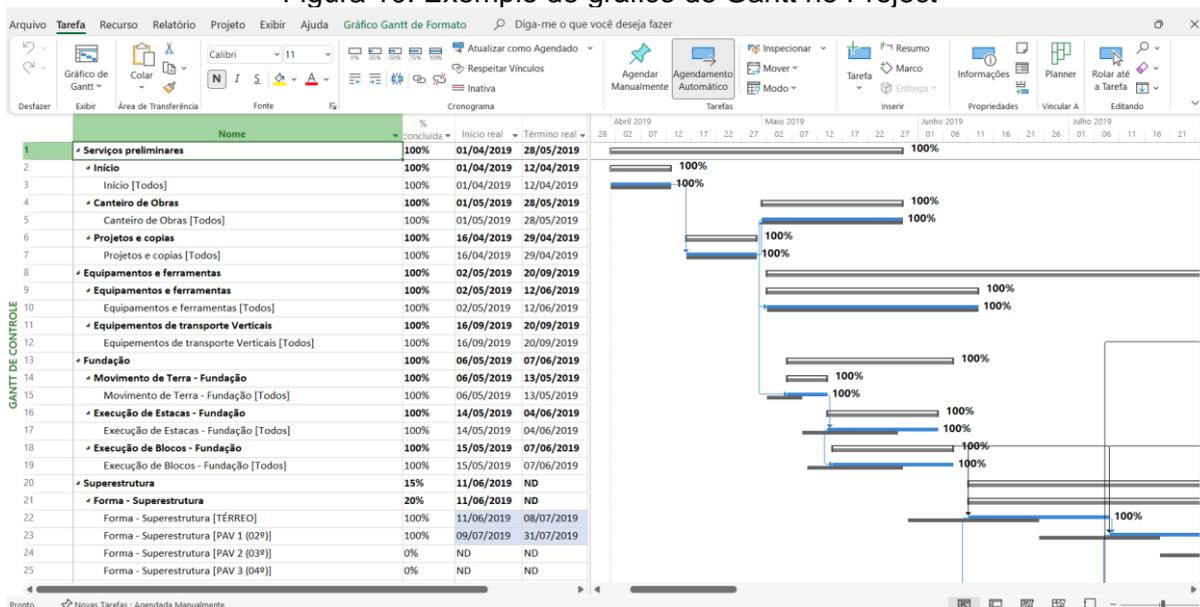
- I. Rede de Atividades ou Rede Pert/CMP/Roy
- II. Barras ou Gantt
- III. Cronograma de Mão de Obra
- IV. Cronograma de Materiais
- V. Cronograma de Equipamentos
- VI. Cronograma Físico-Financeiro

Dentre os possíveis formatos supracitados, o diagrama de Gantt (Figura 10) destaca-se entre os demais pela facilidade de visualização das atividades. O esquema apresenta-se em forma de barras organizadas em uma escala de tempo, o que favorece a determinação da hierarquia, das datas para início e término e da duração dos serviços (MATTOS, 2010).

Ao incluir informações sobre as folgas das equipes e o “caminho crítico” do planejamento, obtém-se ainda o cronograma integrado, chamado de Gantt-PEFt/COM (MATTOS, 2010).

Segundo (LIMMER, 1996), através das barras é possível prever as equipes de trabalho adequadas para cada serviço. O diagrama permite que sejam feitas correções importantes no fluxo de execução, como reprogramação de tarefas em casos de superposição de equipes de mão de obra ou replanejamento de materiais e equipamentos sublocados.

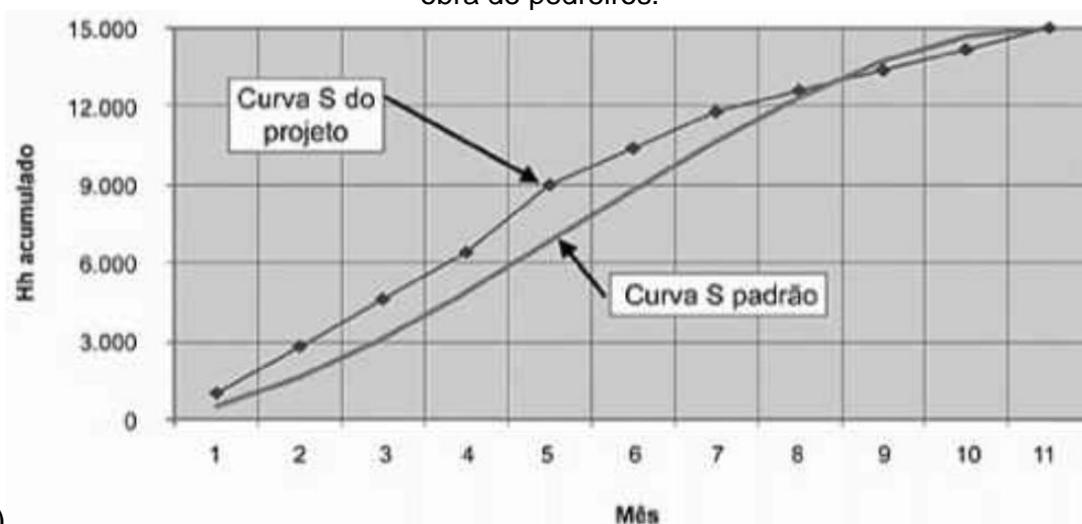
Figura 10: Exemplo de gráfico de Gantt no Project



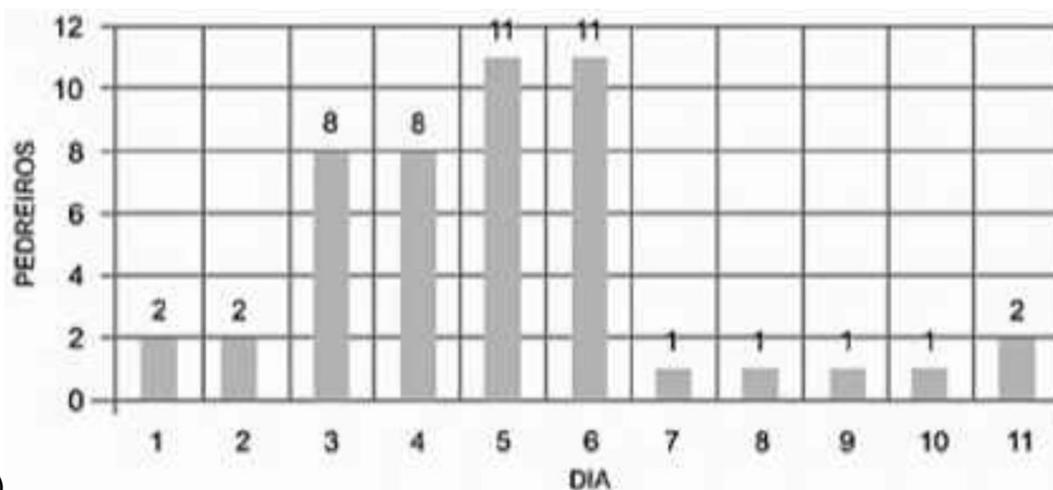
Fonte: Autor (2022).

Para a análise dos dados obtidos através do cronograma, (LIMMER, 1996) destaca duas representações gráficas: Curva S e Historiograma. Na Figura 11a), a seguir, as duas curvas S delineadas evidenciam a evolução de um projeto no decorrer do tempo. Esta ferramenta também viabiliza o controle “previsto vs realizado” do projeto e a visualização da concentração de trabalho por etapa. Na Figura 11b), o Historiograma apresentado representa a quantidade requerida de pedreiros por unidade de tempo. Este gráfico favorece a detecção de grandes oscilações dos recursos durante seu planejamento.

Figura 11: Representações gráficas desenvolvidas a partir de cronograma de projetos. a) Curva S da distribuição teórica de Hh (Hora-homem) por mês. b) Histograma de mão de obra de pedreiros.



a)



b)

Fonte: Mattos (2014).

3 METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

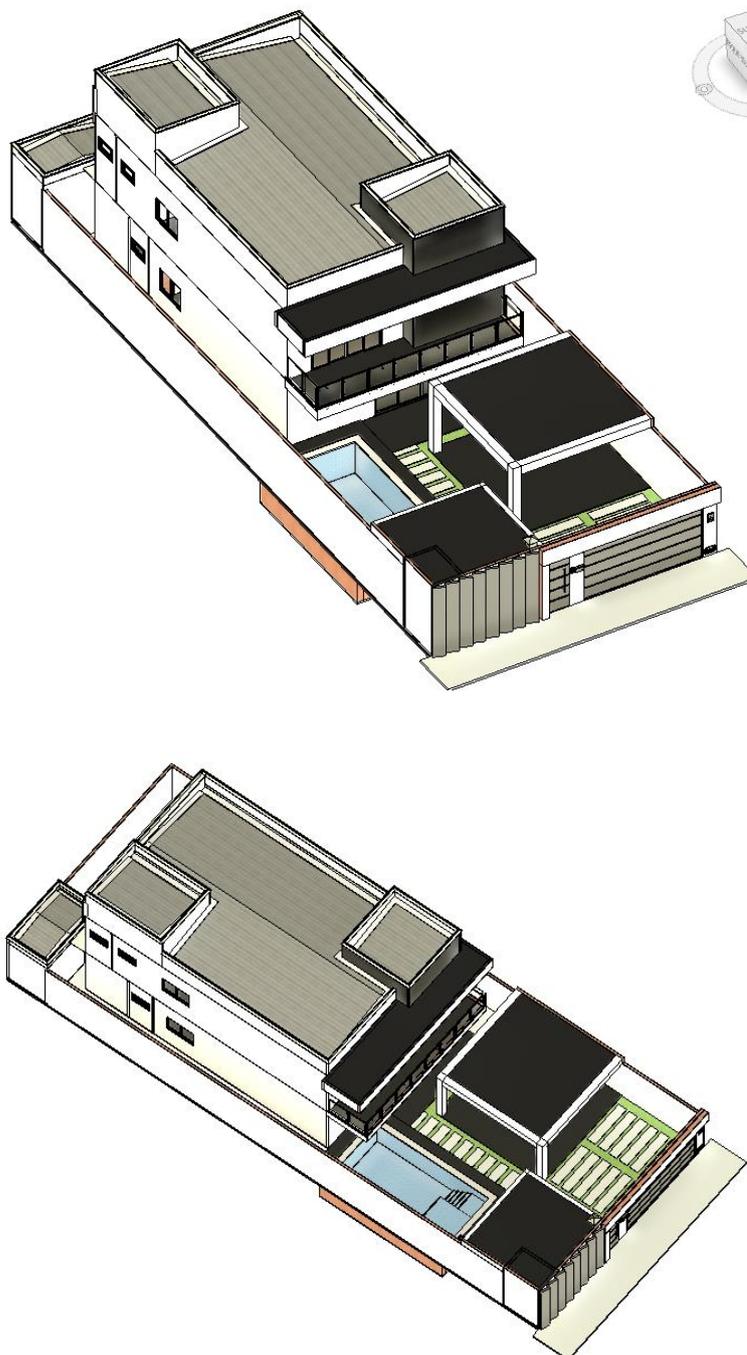
O empreendimento utilizado para esse estudo foi de um projeto real, sendo uma residência unifamiliar, que vai ser construída no município de Delmiro Gouveia – AL. Essa casa será construída utilizando recursos do financiamento habitacional da Caixa Econômica Federal. O terreno possui uma área de 360 m² e a área construída será de 337,24 m².

A Figura 12 apresenta o projeto Arquitetônico desenvolvido no Revit. O modelo reuniu detalhes importantes para a visualização das características do empreendimento durante a concepção dos projetos complementares (Estrutural, Elétrico e Hidrossanitário).

Como já mencionado no referencial teórico no Capítulo 2, uma modelagem BIM pode ter diferentes LODs. O profissional responsável pelo projeto vai determinar qual nível será utilizado de acordo com a necessidade da obra. Sendo assim, em algumas situações serão dispensadas as modelagens de alguns elementos. O Apêndice I menciona quais foram os elementos não modelados desse projeto e seus respectivos quantitativos.

O profissional pode também optar por não modelar determinados itens pela falta de informações prévias, como por exemplo a não realização do estudo topográfico do terreno, ou demais ensaios necessários para obtenção de informações a respeito do solo.

12 – Perspectivas 3D do modelo arquitetônico desenvolvido no Revit.



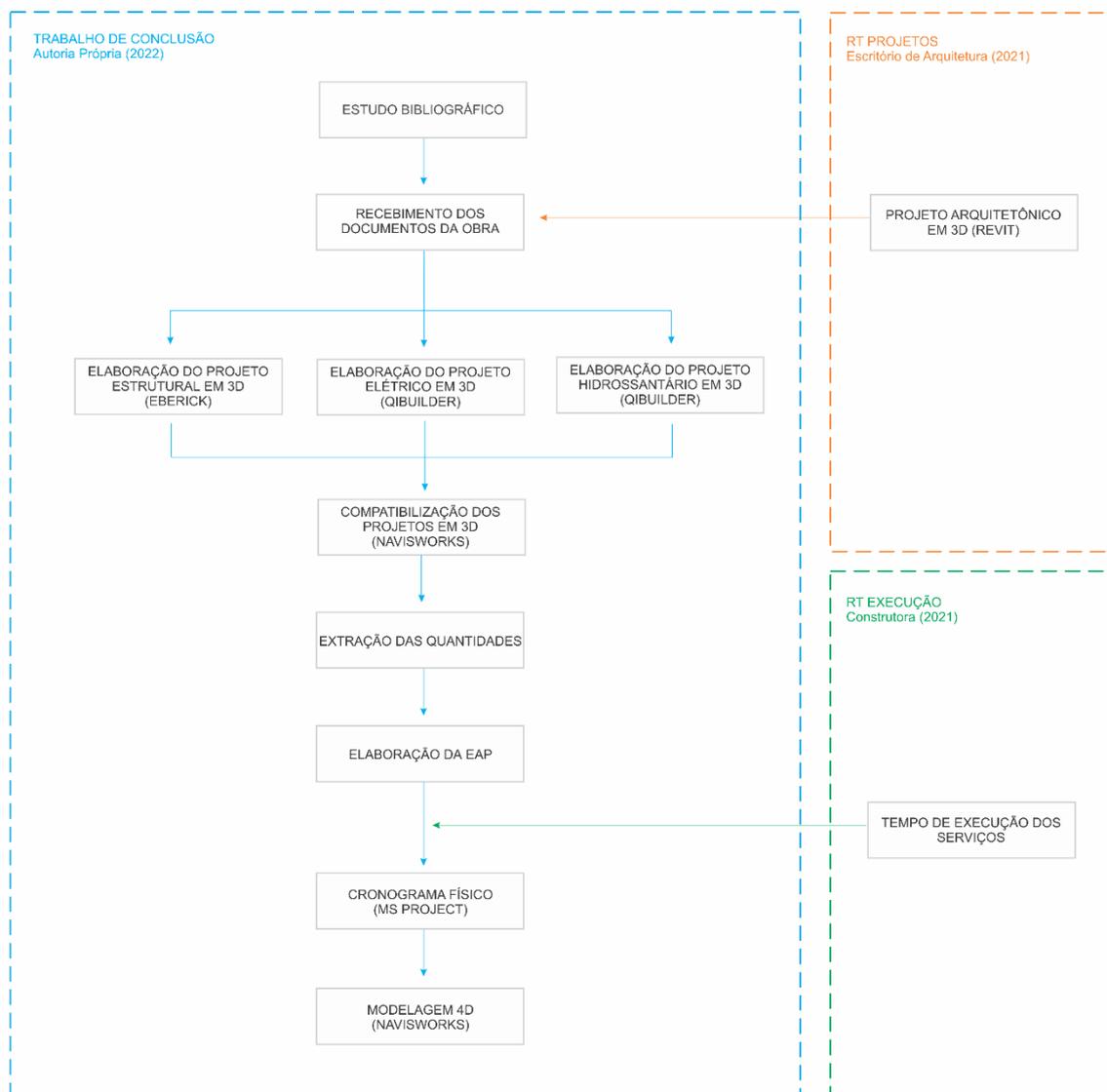
Fonte: Souza (2021).

3.2 ETAPAS DO ESTUDO

Para facilitar a compreensão, a figura 13 mostra o esquema com todas as etapas deste estudo. Inicialmente foram realizados cursos para a correta utilização de

softwares que utilizam a tecnologia BIM. Os softwares utilizados para a modelagem de todo o projeto, bem como o planejamento do cronograma físico, foram o Revit, Navisworks, QiBuilder, Eberick, MS Project.

Figura 13 – Etapas do estudo.



Fonte: Autor (2022).

Para entender melhor sobre BIM, suas aplicações e a correta utilização dos softwares, a primeira etapa desse estudo consistiu em uma pesquisa bibliográfica a respeito dos principais conceitos da tecnologia BIM aplicada a obras residenciais, das técnicas utilizadas para elaboração de construções virtuais utilizando-se dessa

tecnologia, das principais ferramentas utilizadas e a respeito de planejamento de obras. Todos esses conceitos foram apresentados no referencial teórico no Capítulo 2.

O projeto arquitetônico foi disponibilizado pronto. Em seguida, foram elaboradas as modelagens dos projetos complementares: estrutural, hidrossanitário e elétrico. Foram utilizados softwares especializados adequados a cada disciplina. A base comum para os projetos foi o modelo IFC do arquitetônico.

O projeto estrutural foi feito utilizando o software AltoQi Eberick, um software especializado e feito dentro das normas vigentes brasileiras, tais quais: NBR 6118 (2014), NBR 6120 (2019), NBR 8681 (2003), NBR 6123 (1988), NBR 6122 (2019), NBR 12655 (2015), NBR 14931 (2004), NBR 15200 (2014) e NBR 15575 (2013). O modelo IFC do projeto arquitetônico foi importado para o arquivo do Eberick. Desse modo, a criação do modelo estrutural foi com base em informações contidas no modelo de arquitetura, tais quais os níveis dos pavimentos e a origem do projeto.

O software Eberick permite a criação de cortes do modelo 3D do projeto arquitetônico. Assim, foi possível ter uma representação em planta mais detalhada dos materiais e elementos contidos no projeto arquitetônico facilitando a modelagem do projeto estrutural.

Após modelados os elementos estruturais, foi possível realizar uma detecção prévia de interferência com a disciplina de arquitetura de forma visual através do 3D. Também foi possível detectar interferências utilizando a função “verificar colisões”, que gerou um relatório de problemas de compatibilização entre as duas disciplinas. Finalizados os ajustes de compatibilização entre estrutural e arquitetônico, foi exportado o modelo IFC estrutural.

Os projetos de instalações hidrossanitárias e elétricas foram desenvolvidos utilizando o software QiBuilder, da AltoQi. Esse software possui diferentes plataformas especializadas em vários tipos de instalações. Assim, a elaboração do projeto hidrossanitário foi feita utilizando a plataforma QiHidrossanitário e o projeto elétrico foi desenvolvido utilizando a plataforma QiElétrico.

O projeto hidrossanitário foi feito de acordo com as seguintes normas: NBR 5626 (1998), NBR 8160 (1999), NBR 10844 (1989) e NBR 10339 (2018). Da mesma forma que o Eberick, o QiBuilder permite que seja criado um modelo em função de

outros modelos externos em IFC. Assim, as mesmas informações sobre níveis e origem dos projetos foram inseridas ao modelo facilitando a compatibilização.

Ao modelo do projeto Hidrossanitário foram importados os arquivos em IFC do projeto arquitetônico e estrutural. Os cortes base para a modelagem foram criadas automaticamente pelo software utilizando o 3D do arquitetônico e estrutural. Portanto, elementos estruturais e detalhes da arquitetura puderam ser visualizados nas plantas base para a modelagem do hidrossanitário.

Ao final da modelagem, foi possível verificar possíveis interferências de maneira visual pelo 3D e pela função “verificar colisões” do QiBuilder. Finalizados todos os ajustes pertinentes, o arquivo IFC do modelo hidrossanitário foi gerado.

Em seguida, o projeto elétrico foi elaborado de acordo com as normas: NBR 5410 (2004) e a NBR 14136 (2012). Seguindo o mesmo fluxo para a construção do modelo, os arquivos em IFC das demais disciplinas foram inseridas e os cortes gerados automaticamente. Dessa forma toda a modelagem das instalações elétricas foi feita de forma a evitar as interferências com as demais disciplinas. Também puderam ser analisadas as incompatibilidades entre os projetos de forma visual pelo 3D e pela função “verificar colisões” do QiBuilder.

Os modelos em IFC de cada disciplina foram inseridos no software Navisworks, que permite fazer a verificação da incompatibilização entre as disciplinas e o planejamento da obra.

A ferramenta “*Clash Detective*” foi utilizada para analisar a possível presença de incompatibilidades não percebidas nas etapas anteriores. O relatório gerado foi analisado e foram feitos os ajustes pertinentes.

Finalizado todo o processo de compatibilização entre as disciplinas, foram geradas automaticamente planilhas com quantitativos de materiais em arquivo .xlsx de cada disciplina. Em seguida, as planilhas foram ajustadas de forma padronizada para melhor compreensão e visualização das informações contidas nelas.

Foi elaborada a EAP (Estrutura Analítica do Projeto) da obra e enviada para a construtora de forma a obter o tempo de execução de cada serviço. A EAP, junto com a duração de cada serviço, foi estruturada no MS Project onde foi desenvolvido o cronograma de avanço da obra.

Depois de pronto o cronograma no MS Project, o arquivo foi importado para o modelo do Navisworks, o qual continha todas as disciplinas. Cada serviço do

cronograma foi anexado aos elementos do modelo 3D, resultando, assim, no modelo 4D que possibilitou a visualização do avanço da construção virtual ao longo do tempo.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Conforme apresentado no Capítulo 3, para a modelagem 3D da edificação foram utilizados os softwares Revit, Eberick e Qibuidier. A modelagem 4D foi desenvolvida com o auxílio dos programas MS Project e Navisworks.

Na análise dos resultados a seguir, foram utilizados os conceitos abordados na fundamentação teórica deste trabalho.

4.1 MODELAGEM 3D

4.1.1 PROJETO ESTRUTURAL

No projeto estrutural foram dimensionadas 70 vigas, 31 pilares, 32 lajes maciças, uma escada do tipo plissada com dois lances e dois patamares e uma piscina em concreto armado, conforme a NBR 6118:2014. Foram adotadas sapatas como solução para as fundações, sendo um total de 30, dimensionadas conforme a NBR 6122:2019. As demais normas utilizadas para o dimensionamento de toda a estrutura foram mencionadas na seção 3.2.

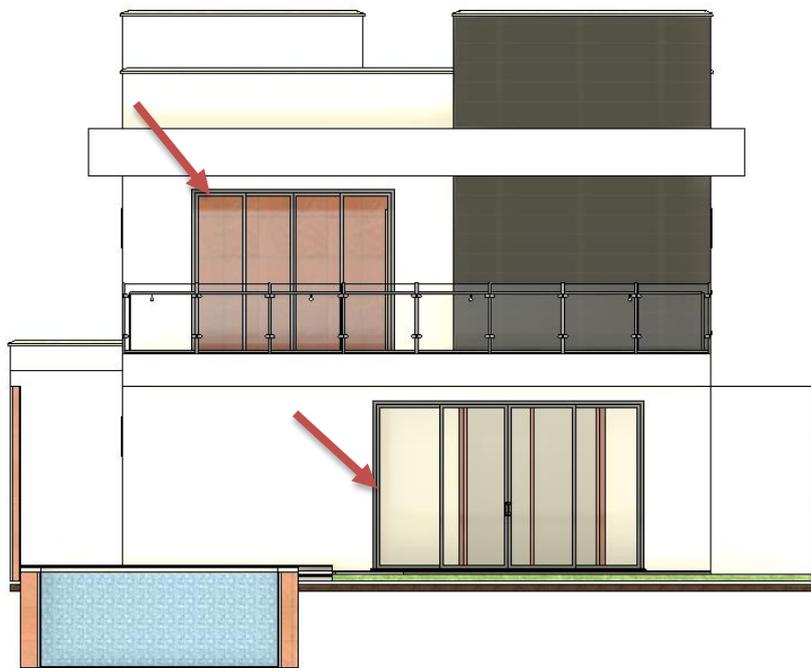
Foram necessários 109 m³ de concreto C-25, um total de 6.967 Kg de aço e 1.113,2 m² de forma. O Apêndice I mostra detalhes a respeito dos quantitativos de materiais.

As principais dificuldades no desenvolvimento dessa disciplina se deram pela falta de estudo prévio do solo, para se obter as características a respeito da resistência e do tipo de solo, e informações sobre a topografia do terreno. Como forma viável de solução, foi necessário que a construtora responsável pela obra, já experiente na região, disponibilizasse algumas informações suficientes para a elaboração do projeto. Sendo a segurança o fator de maior preocupação, optou-se por considerar, no dimensionamento das fundações, a situação mais favorável considerando o tipo de solo informado pela construtora.

Ao analisar a arquitetura, observou-se que seria necessário alterar alguns elementos de fachada, como por exemplo a porta de entrada da casa ou da varanda da suíte master (figura 14), devido ao fato de que essas esquadrias, na posição em que estavam, impossibilitarem que fosse executado um pilar contínuo até o pavimento de cobertura. No entanto preferiu-se manter os elementos de arquitetura como

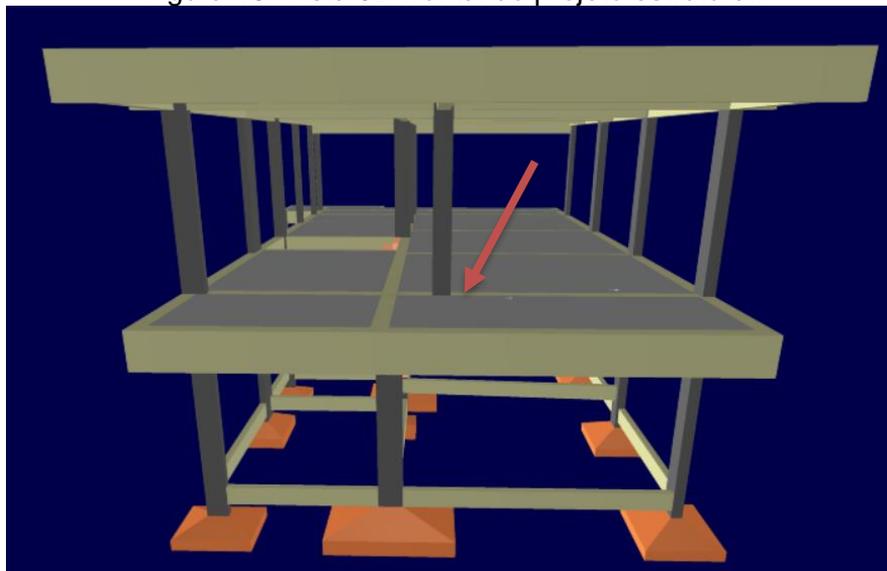
estavam e a solução para a estrutura foi a utilização de viga de transição (figura 15).

Figura 14: Detalhes da fachada da casa.



Fonte: Souza (2021).

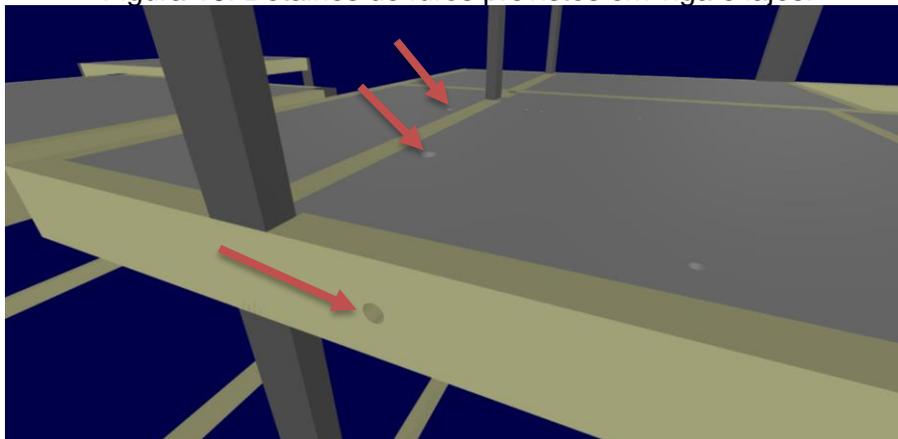
Figura 15: Vista 3D frontal do projeto estrutural.



Fonte: Autor (2022).

Na falta da previsão de *shafts* para as tubulações, houve a necessidade de prever furos nos elementos estruturais. Para que a segurança fosse garantida, o dimensionamento foi realizado levando em conta esses furos (figura 16).

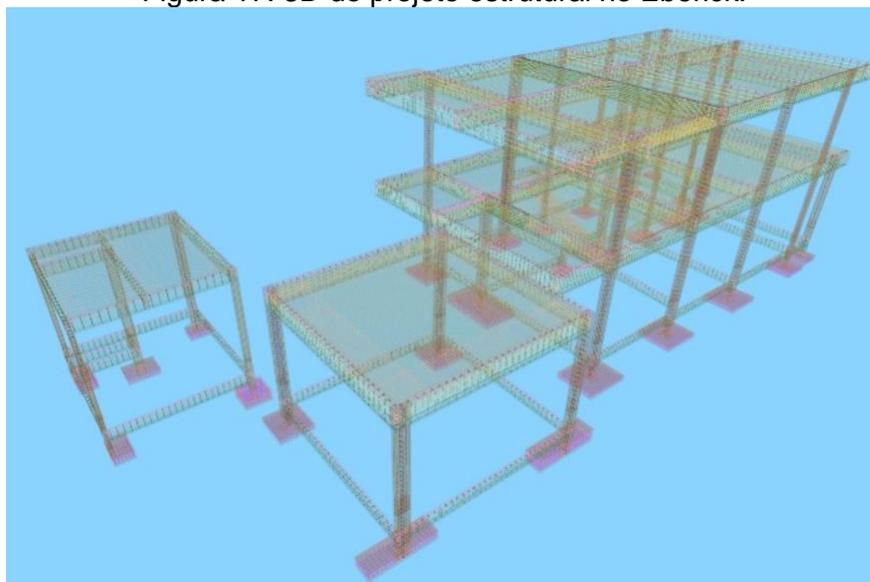
Figura 16: Detalhes de furos previstos em viga e lajes.



Fonte: Autor (2022).

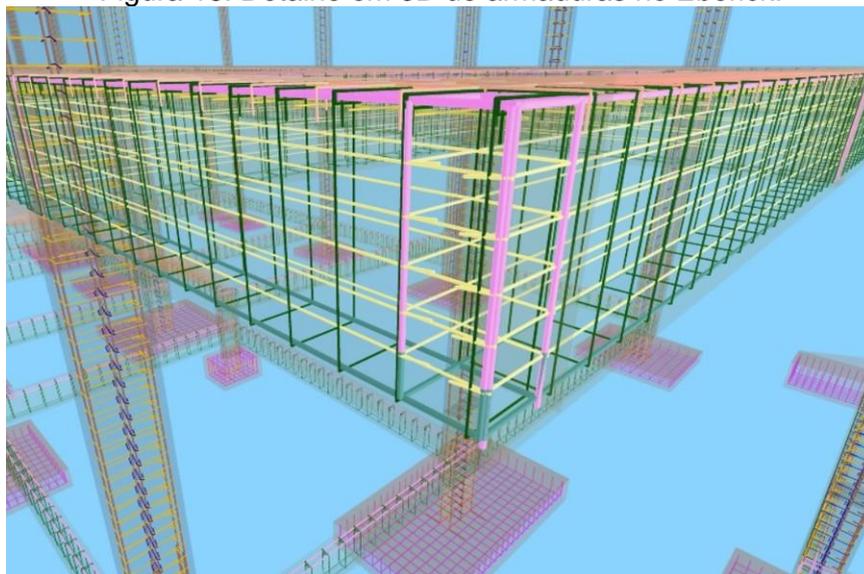
As figuras 17 e 18 mostram detalhes do projeto estrutural desenvolvido através do Eberick.

Figura 17: 3D do projeto estrutural no Eberick.



Fonte: Autor (2022).

Figura 18: Detalhe em 3D de armaduras no Eberick.



Fonte: Autor (2022).

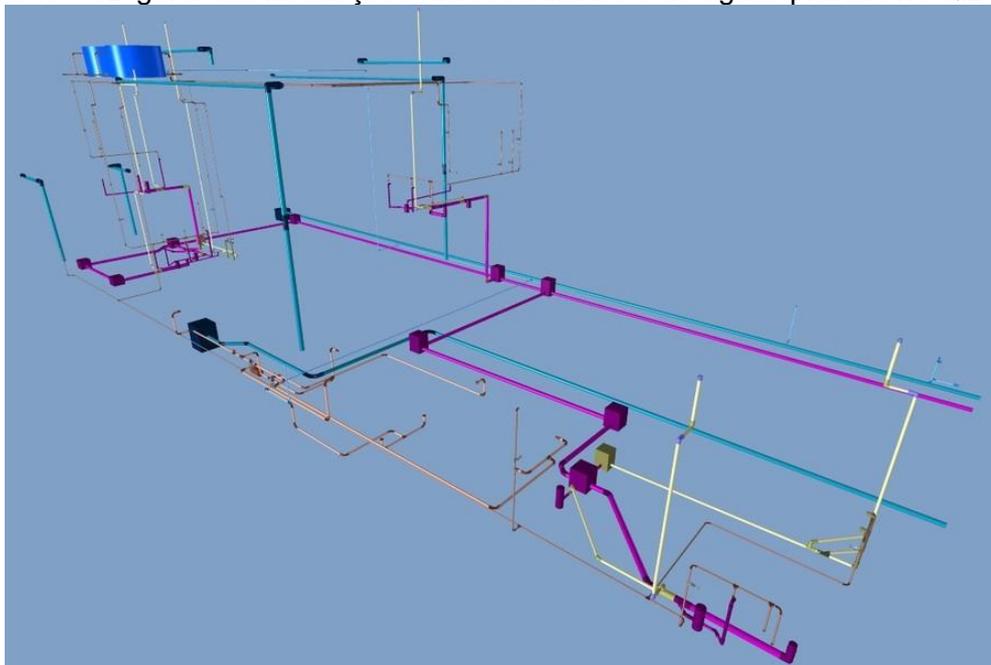
4.1.2 PROJETO HIDROSSANITÁRIO

Como mencionado na seção 3.2, o projeto hidrossanitário foi feito de acordo com as normas NBR 5626:1998, NBR 8160:1999 e a NBR 10844:1989. Para o dimensionamento das instalações hidráulicas da piscina, foi utilizada a NBR 10339:2018. Foram dimensionadas as tubulações de água fria, de esgoto e de águas pluviais. Para as tubulações de água fria, de esgoto e de drenagem pluvial do terreno, foram utilizadas tubulações de PVC. Já as calhas e condutores verticais de águas pluviais foram feitos em material metálico. O Apêndice I mostra detalhadamente os quantitativos de materiais resultantes desse dimensionamento.

Sendo um local onde existe rede pública de esgoto, dispensou-se o dimensionamento de unidades de tratamento de esgoto, como tanques sépticos, filtros e sumidouros. Isso foi um fator positivo, pois devido ao fato do solo ser altamente impermeável na região, a solução para a infiltração do esgoto tratado ao solo teria que ser por intermédio de valas de infiltração. No entanto, seria necessária uma área considerável do terreno para a execução dessas valas, causando um incômodo aos usuários da edificação. Não sendo necessário a utilização de unidades de tratamento locais, a rede de esgoto da casa foi prevista para ser conectada à rede pública de esgoto.

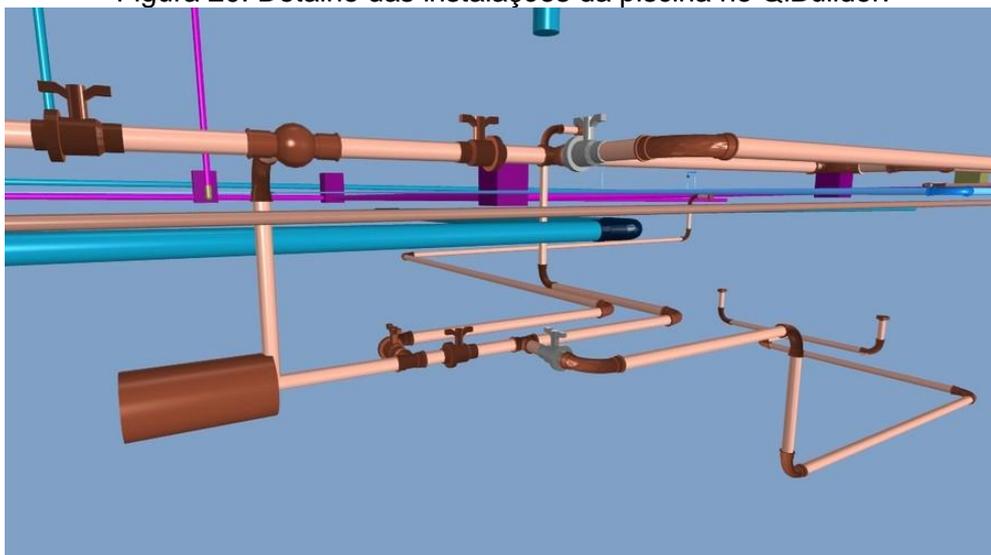
As figuras 19, 20 e 21 mostram a modelagem em 3D do projeto hidrossanitário elaborado no software QiBuilder.

Figura 19 - 3D geral das instalações hidrossanitárias e de águas pluviais no QiBuilder.



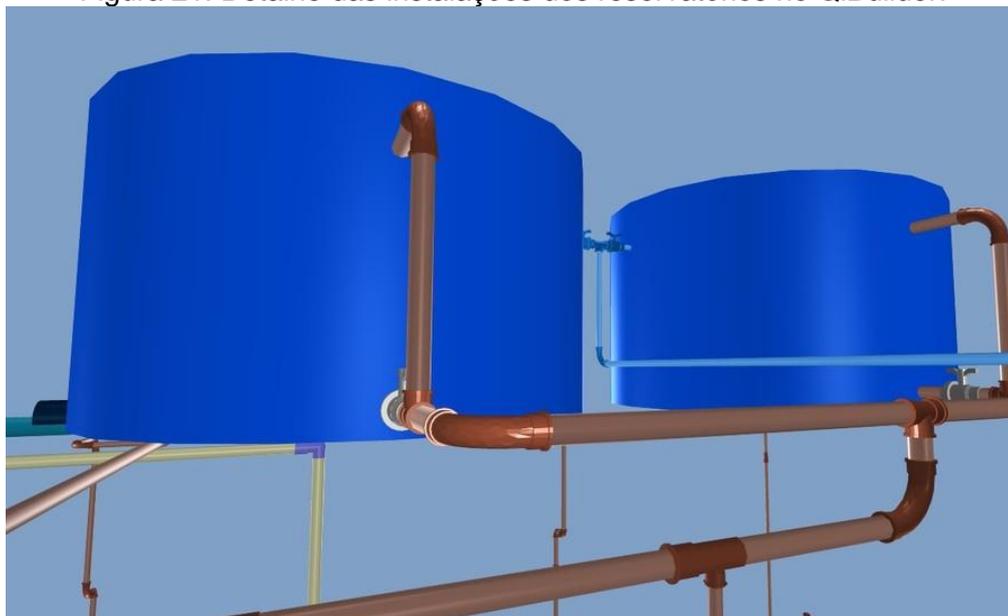
Fonte: Autor (2022).

Figura 20: Detalhe das instalações da piscina no QiBuilder.



Fonte: Autor (2022).

Figura 21: Detalhe das instalações dos reservatórios no QiBuilder.



Fonte: Autor (2022).

4.1.3 PROJETO ELÉTRICO

O projeto elétrico foi feito de acordo com a NBR 5410:2004 e a NBR 14136:2012. O padrão de entrada adotado foi o trifásico, dentro dos padrões da norma técnica NT.001 da equatorial, concessionária de fornecimento de energia em Alagoas.

Os dispositivos de segurança adotados foram os seguintes: os disjuntores, os dispositivos de proteção contra surtos e os interruptores diferencial residual. Além disso, a região das proximidades da piscina e dentro dela precisaram de proteção extra, um transformador de proteção para piscinas, que converte a tensão de 220V para 12V.

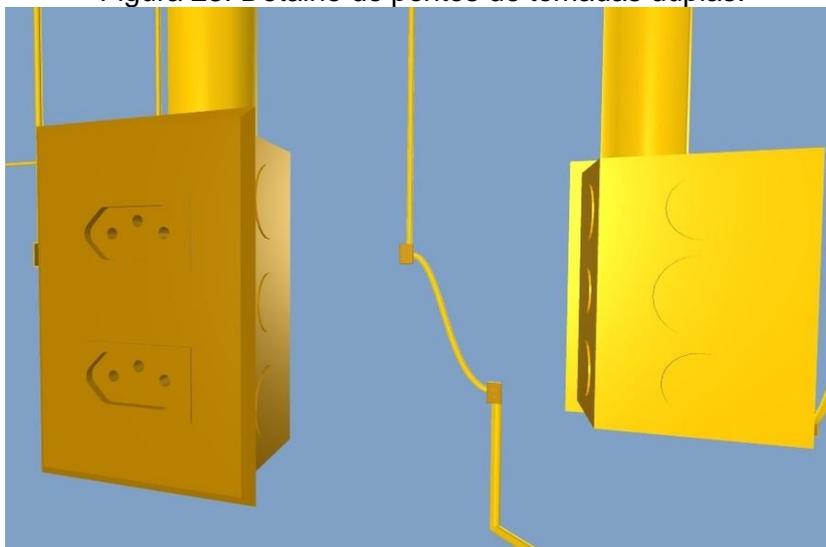
As figuras 22 e 23 mostram o 3D e alguns detalhes das instalações elétricas desenvolvidas no QiBuilder.

Figura 22: 3D geral das instalações elétricas.



Fonte: Autor (2022).

Figura 23: Detalhe de pontos de tomadas duplas.



Fonte: Autor (2022).

4.2 QUANTITATIVO DE MATERIAIS

Uma das características de modelagem de projetos em BIM é a possibilidade de extrair informações que estão atreladas ao desenho. O quantitativo de materiais é um exemplo de informação contida num modelo BIM. De um software BIM é possível

extrair de forma automática planilhas com quantitativos de materiais. A figura 24 mostra os quantitativos de materiais de parede extraídos do modelo arquitetônico feito no Revit. Os quantitativos de todas as disciplinas do projeto estão discriminados no Apêndice I.

Figura 24: Quantitativo de materiais de paredes.

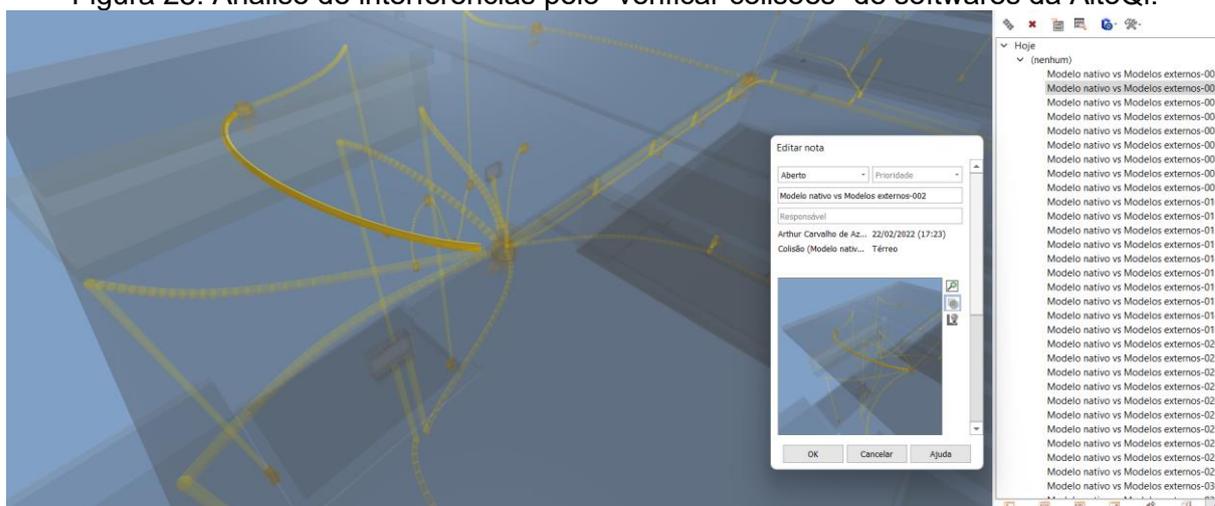
Descrição Revit	Quantidade (m²)
Alvenaria - Bloco cerâmico 9x19x29cm	456,48
Argamassa	886,78
Cerâmica 0.30 x 0.30 - BWC	45,28
Revestimento Piscina	36,29
Pintura	819,18
Porcelanato 28,8 x 119 cm - CEUSA FRISADO	56,21
Alvenaria - Bloco cerâmico 9x19x29cm	317,02
Argamassa	631,9
Cerâmica 0.30 x 0.30 - BWC	69,36
Pintura	505,77
Alvenaria - Bloco cerâmico 9x19x29cm	23,2
Argamassa	46,16
Pintura	46,09

Fonte: Autor (2022).

4.3 ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS

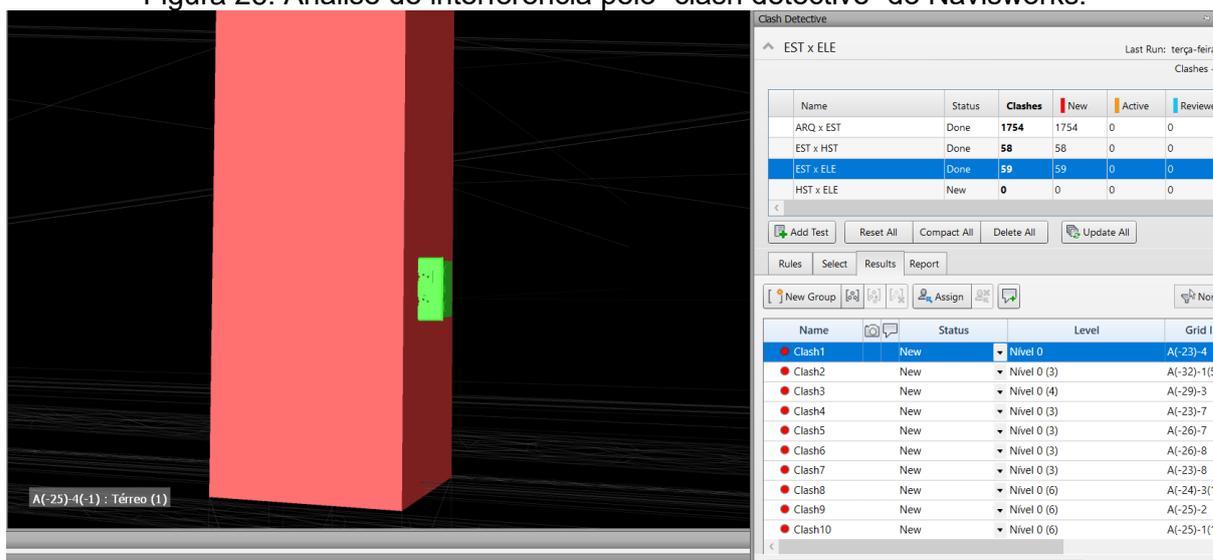
As incompatibilidades foram analisadas em três etapas. A primeira foi de caráter visual, analisando o 3D da disciplina em desenvolvimento em comparação com as disciplinas já modeladas. Em seguida foi feita a análise de interferência no próprio software de modelagem da disciplina, utilizando a função “verificar colisões” existente nos softwares da AltoQi. A figura 25 mostra o exemplo da utilização desse recurso, onde o software encontrou incompatibilização entre uma laje e um eletroduto das instalações. Por fim, uma terceira análise ocorreu no Navisworks, onde todas as disciplinas foram inseridas num só modelo, através da função “Clash Detective”. A figura 26 mostra o exemplo de uma incompatibilidade entre um ponto de tomada e um pilar.

Figura 25: Análise de interferências pelo “verificar colisões” de softwares da AltoQi.



Fonte: Autor (2022).

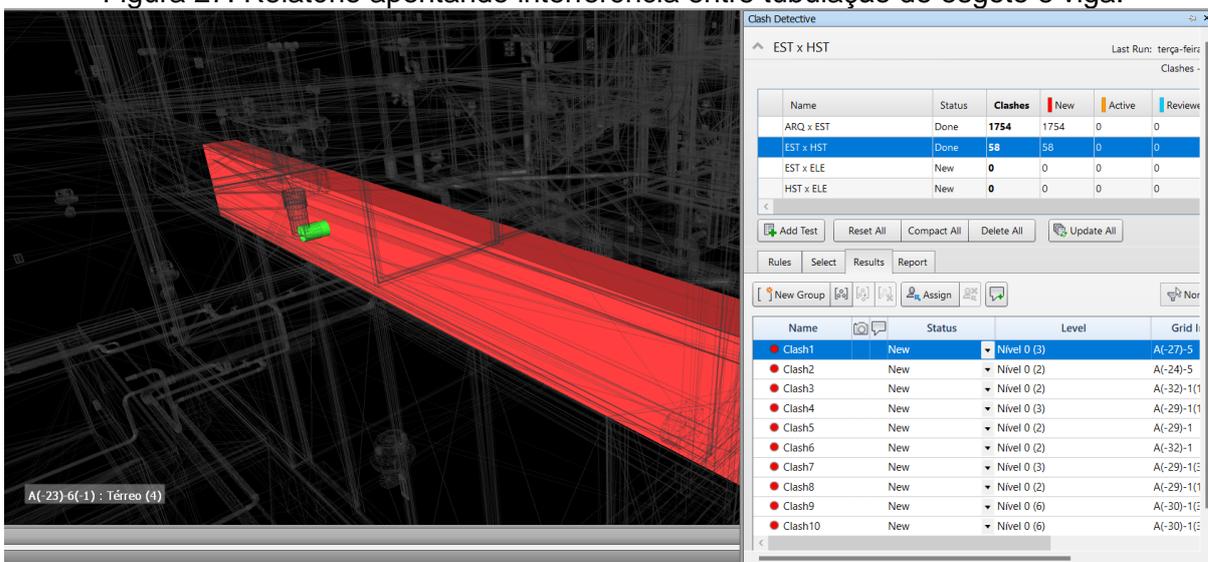
Figura 26: Análise de interferência pelo “clash detective” do Navisworks.



Fonte: Autor (2022).

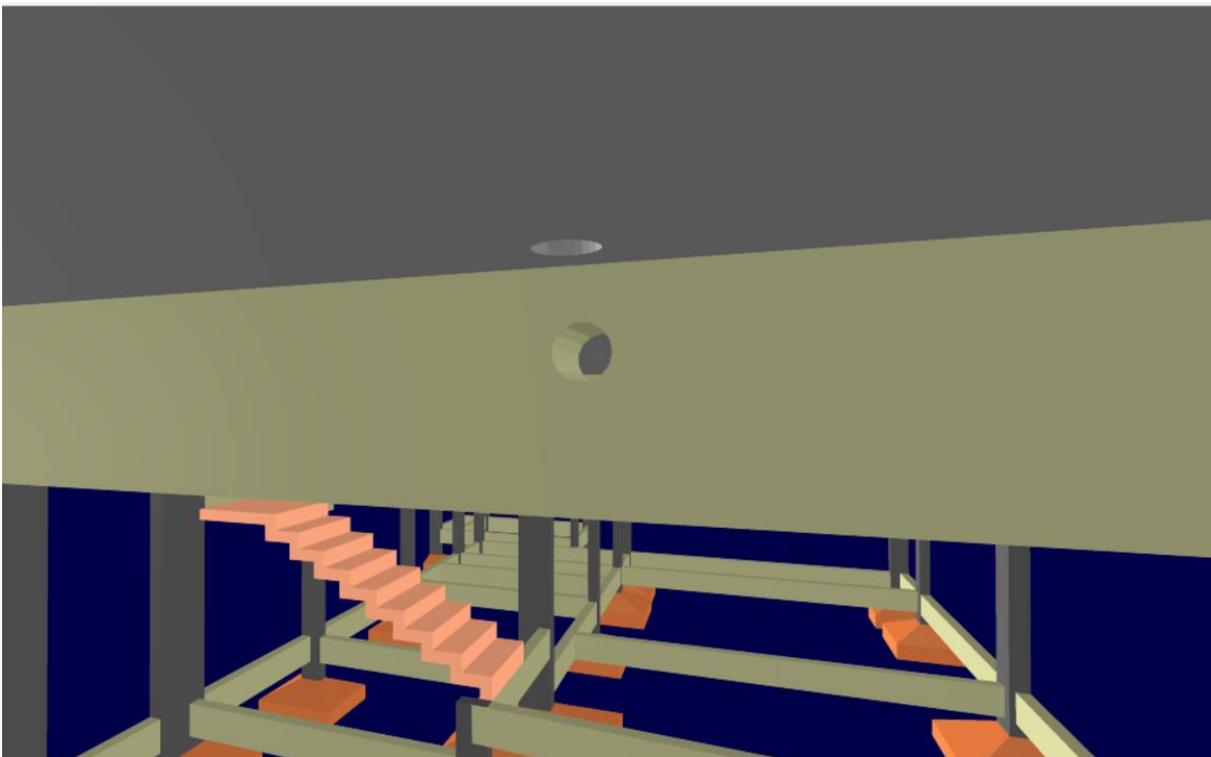
As duas últimas etapas são geradas de forma automatizada pelos softwares. Vale ressaltar que a experiência do profissional é de fundamental importância, visto que em alguns casos as interferências foram previstas para ocorrerem. Por exemplo, a figura 27 mostra o relatório de interferência entre uma tubulação de esgoto e uma viga. No entanto o modelo estrutural já tinha a previsão de furo para esse elemento (figura 28).

Figura 27: Relatório apontando interferência entre tubulação de esgoto e viga.



Fonte: Autor (2022).

Figura 28: Detalhe mostrando previsão de furos em laje e viga para tubulação de esgoto.



Fonte: Autor (2022).

4.4 MODELAGEM 4D

Para o planejamento BIM 4D foram utilizados os programas e MsProject e Navisworks.

A forma convencional de se fazer a representação do cronograma físico de uma obra é através de um gráfico de Gantt. Com a EAP desenvolvida para o projeto em estudo (tabela 7), junto com o tempo de execução dos serviços fornecidos pela construtora responsável pela obra, foi possível representar o avanço construtivo como mostrado no Apêndice II.

Tabela 7: Estrutura Analítica do Projeto.

Serviços preliminares	Serviços iniciais
	Fechamento muro
	Movimento de terra
Fundação e enterrados	Serviços
	Sapata
	Viga baldrame
	Caixas de inspeções, de gordura, de areia e de passagem
	Sanitário e drenagem pluvial térreo
	Hidráulico 01
Superestrutura, vedação e telhado	Pilares térreo
	Escada
	Vigas térreo
	Contrapiso térreo
	Lajes térreo
	Pilares superior
	Vigas superior
	Lajes superior
	Paredes térreo
	Hidráulico térreo
	Elétrico Térreo
	Paredes superior
	Hidráulico superior
	Sanitário superior
	Elétrico Superior
	Estrutura Caixas d'água
	Piscina (estrutura)
	Hidráulico piscina
	Elétrica piscina

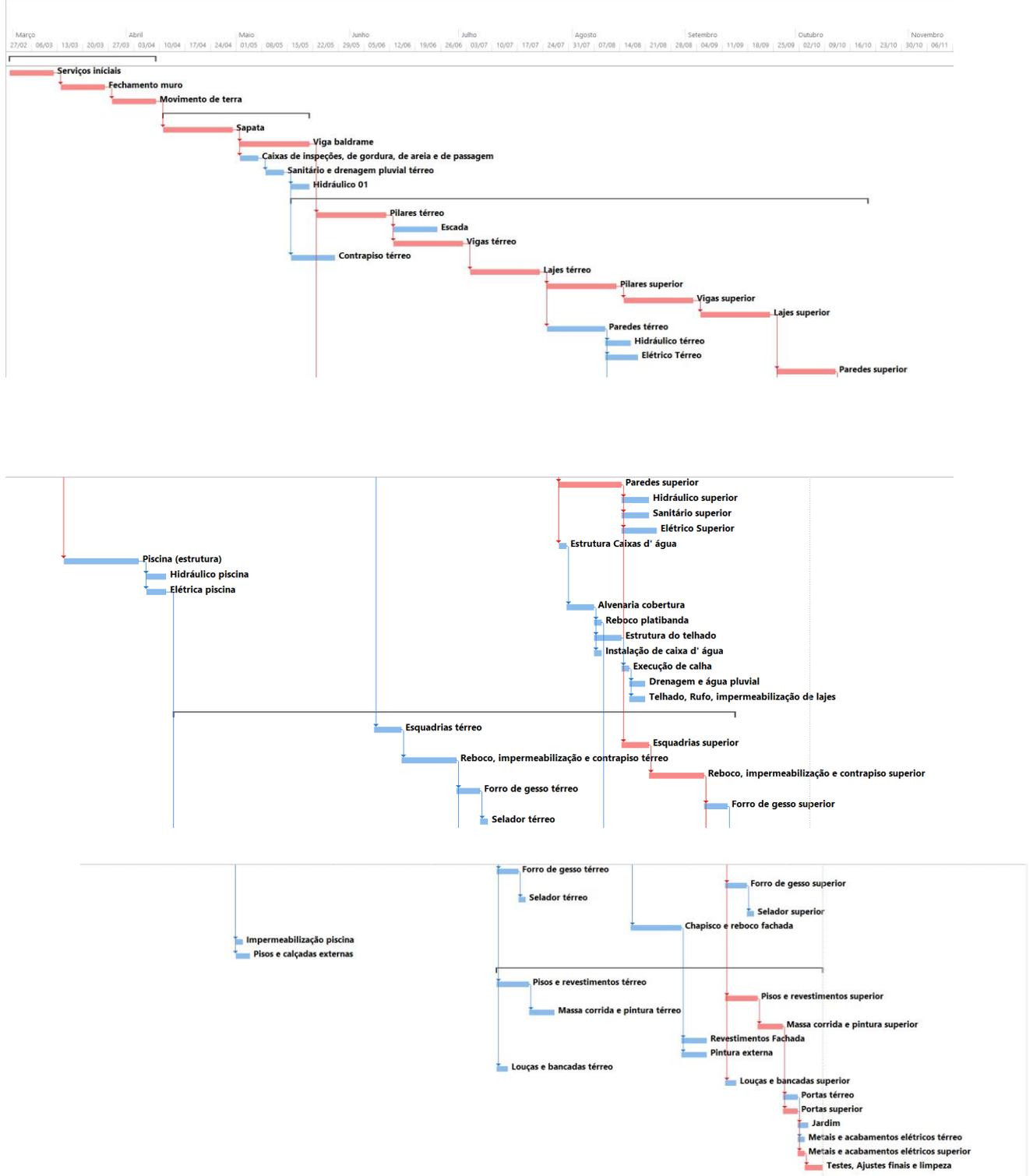
	Alvenaria cobertura Reboco platibanda Estrutura do telhado Instalação de caixa d' água Execução de calha Drenagem e água pluvial Telhado, Rufo, impermeabilização de lajes
Acabamento Grosso	Esquadrias térreo Esquadrias superior Reboco, impermeabilização e contrapiso térreo Reboco, impermeabilização e contrapiso superior Forro de gesso térreo Forro de gesso superior Selador térreo Selador superior Chapisco e reboco fachada Impermeabilização piscina Pisos e calçadas externas
Acabamento Fino	Pisos e revestimentos térreo Pisos e revestimentos superior Massa corrida e pintura térreo Massa corrida e pintura superior Revestimentos Fachada Pintura externa Louças e bancadas térreo Louças e bancadas superior Portas térreo Portas superior Jardim Metais e acabamentos elétricos térreo Metais e acabamentos elétricos superior Testes, Ajustes finais e limpeza

Fonte: Autor (2022).

O desenvolvimento inicial do planejamento de obra no MS Project permite que sejam visualizadas as tarefas críticas, que são as barras vermelhas mostradas no diagrama de Gantt na figura 29. Além disso, ao inserir informações adicionais a respeito do andamento da obra, é possível gerar relatórios que comparam o que foi

previsto ao que foi realizado. Desse modo o profissional pode continuamente ajustar o planejamento ao longo de todo o processo de execução da obra.

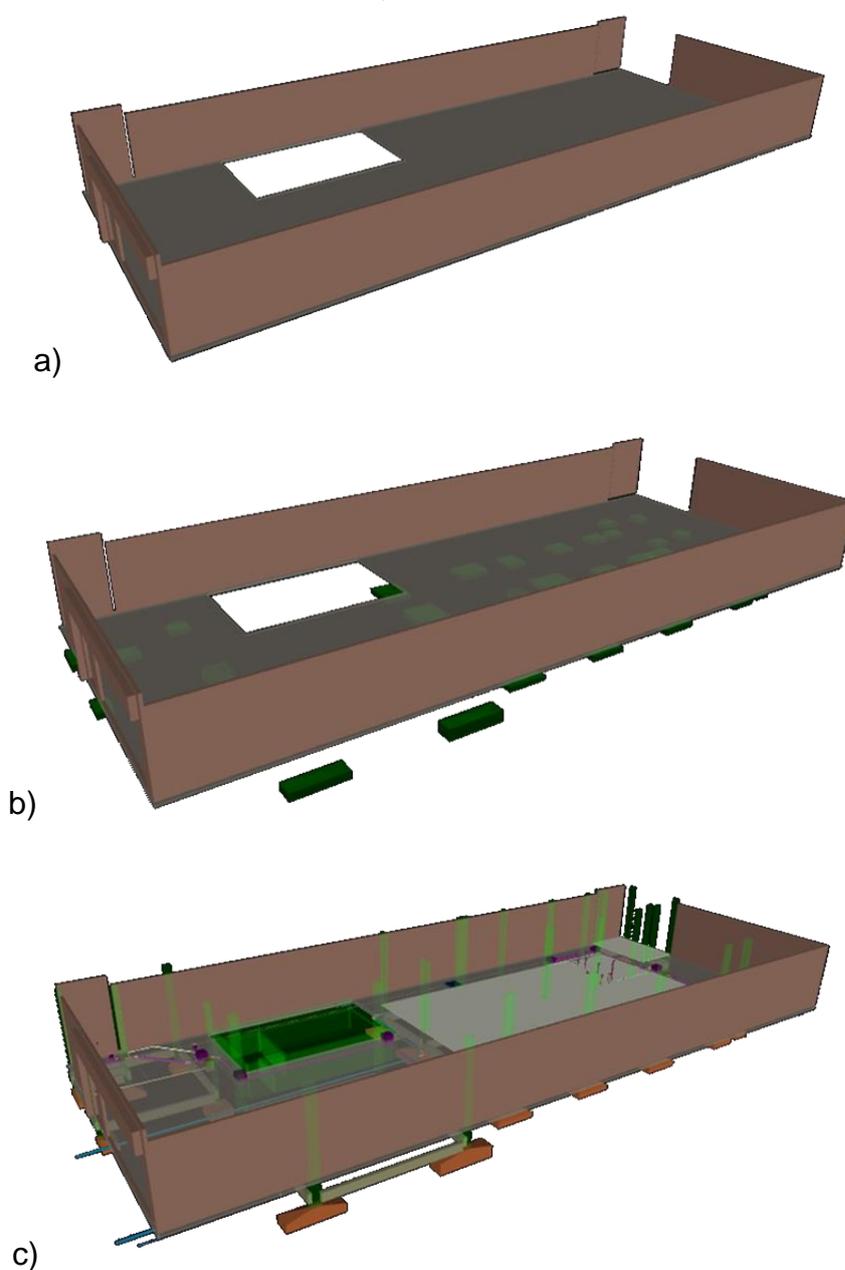
Figura 29: Diagrama de Gantt mostrando as tarefas críticas (barras em vermelho).



Fonte: Autor (2022).

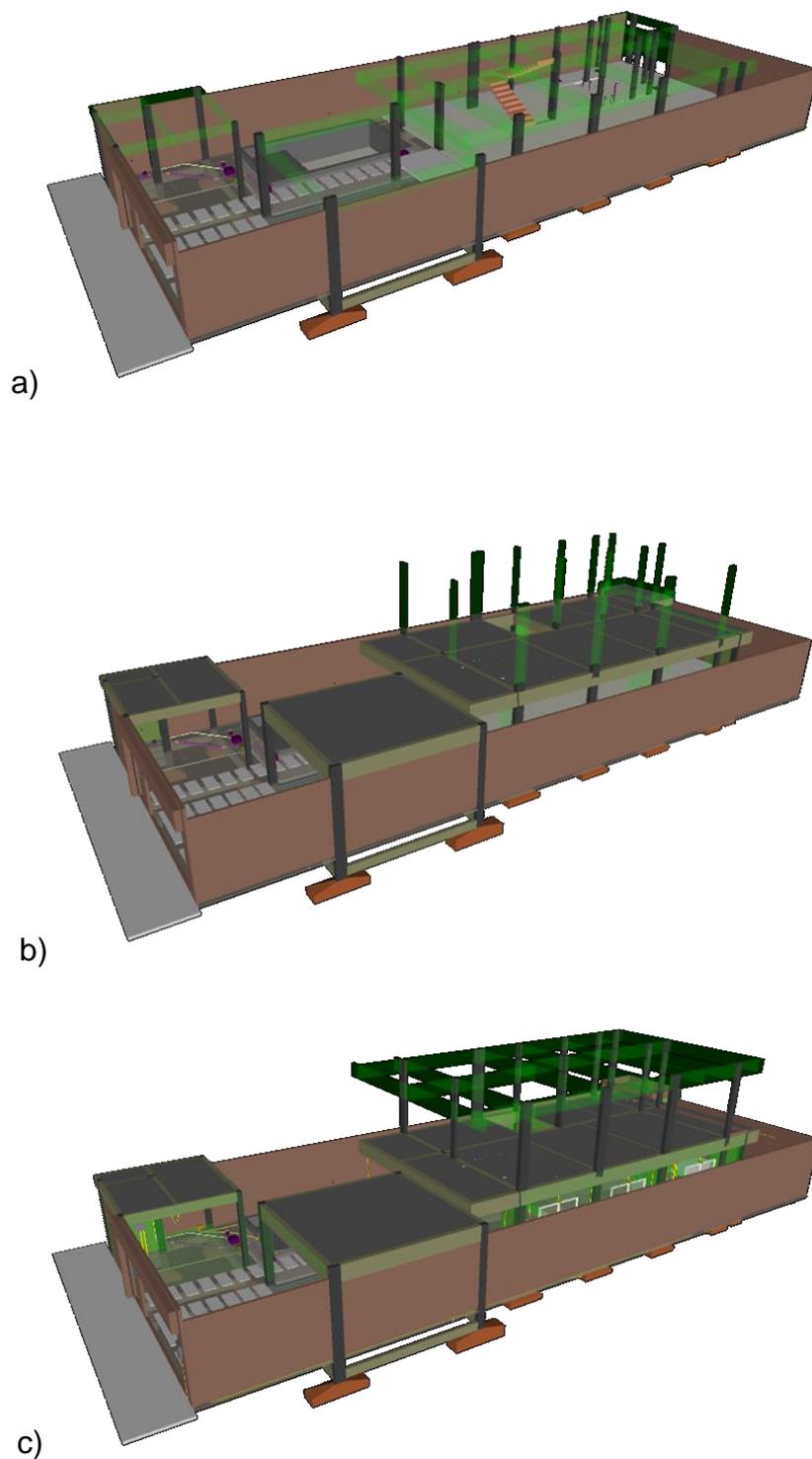
Ao fazer a modelagem BIM 4D, é possível unir a modelagem 3D ao cronograma físico inserindo o arquivo do MS Project ao Navisworks e anexando cada material ao período em que ele será executado. O resultado disso é a possibilidade de visualizar a sequência construtiva de forma mais realista como pode ser visto nas figuras 30 a 32. Dessa forma, fica muito mais fácil de interpretar o projeto e de perceber se algum serviço está fora de ordem. O Apêndice III mostra uma síntese do planejamento da obra.

Figura 30: Sequência construtiva da execução dos serviços: a) Primeiro mês. b) Segundo mês. c) Terceiro mês.



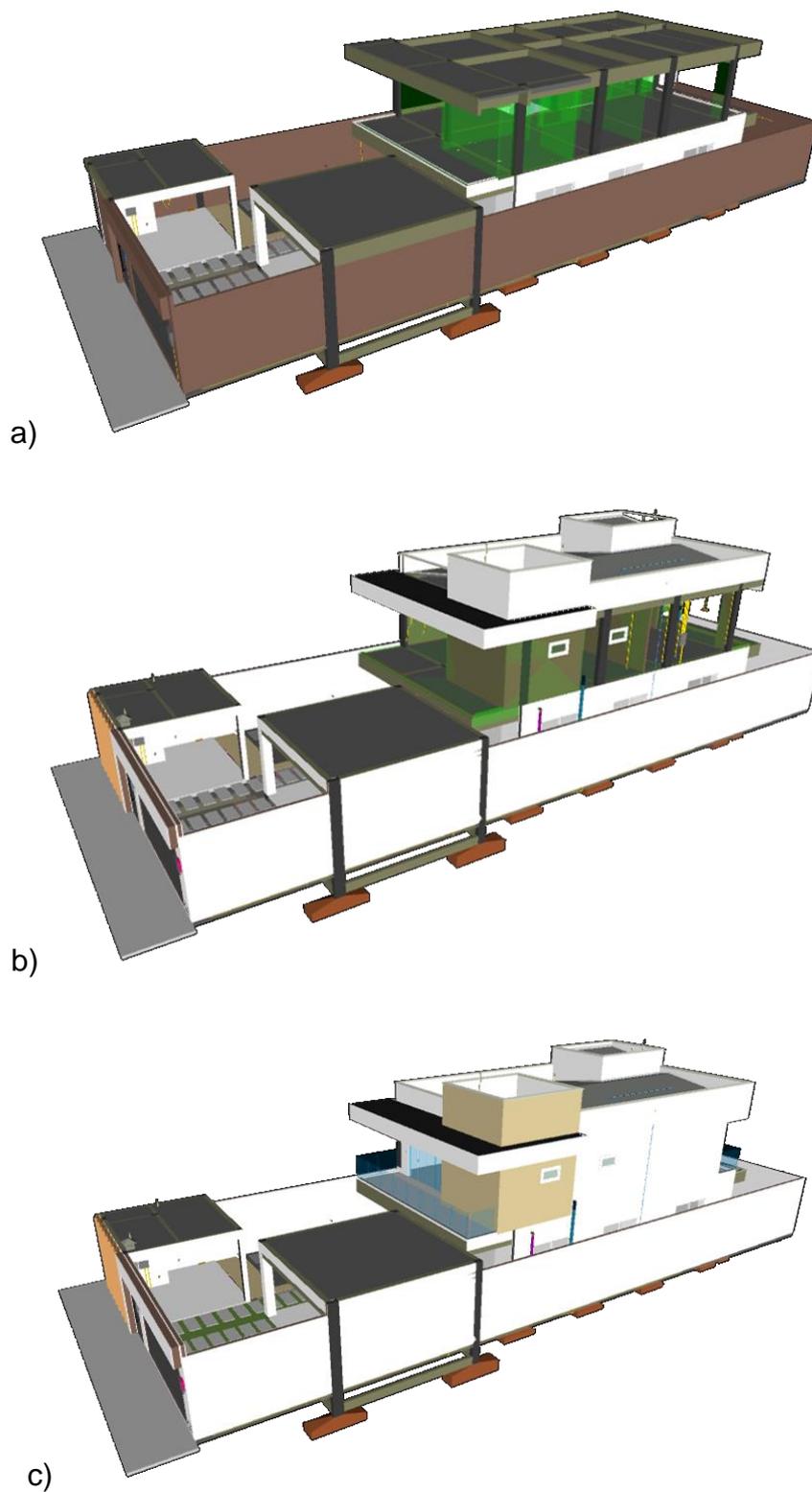
Fonte: Autor (2022).

Figura 31: Sequência construtiva da execução dos serviços: a) Quarto mês. b) Quinto mês. c) Sexto mês.



Fonte: Autor (2022).

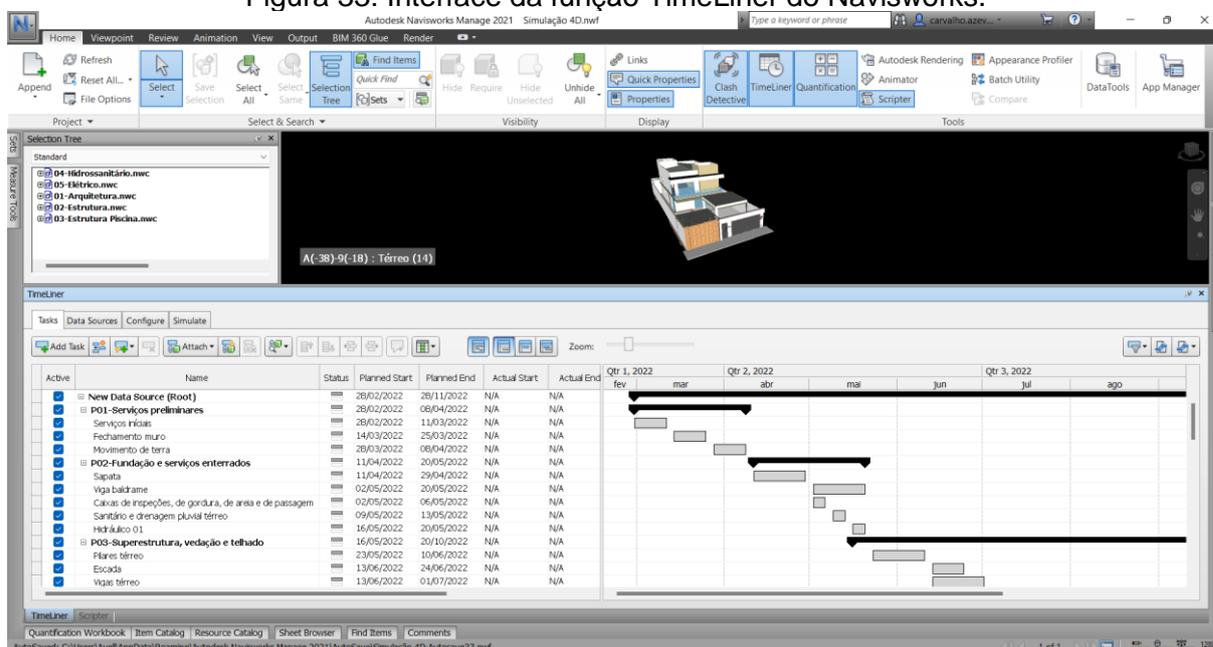
Figura 32: Sequência construtiva da execução dos serviços: a) Sétimo mês. b) Oitavo mês. c) Nono mês.



Fonte: Autor (2022).

Uma vez que o arquivo do cronograma feito no MS Project é inserido no Navisworks e o modelo é vinculado ao cronograma, é possível ter o controle da sequência de obra diretamente no Navisworks. Caso seja necessário fazer alguma alteração na sequência ou no tempo de execução de determinado serviço, as alterações podem ser feitas no modelo BIM. A figura 33 mostra a interface do Navisworks com a janela TimeLiner aberta. É nessa ferramenta onde o cronograma é importado e anexado ao modelo, e onde podem ser feitas as alterações. Ela também mostra o cronograma por meio de um gráfico de Gantt.

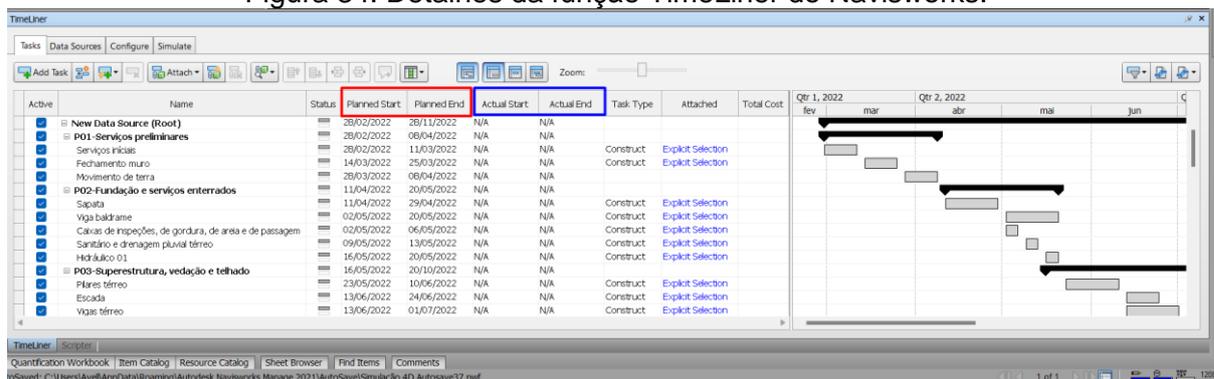
Figura 33: Interface da função TimeLiner do Navisworks.



Fonte: Autor (2022).

Também é possível fazer uma análise do cronograma previsto em comparação com o realizado. Como pode ser visto na figura 34, existem campos onde são inseridos os cronogramas planejados e os campos onde podem ser inseridos os realizados. Dessa forma, é possível aproximar ainda mais o modelo BIM da realidade e poder tomar decisões pertinentes ao avanço da construção.

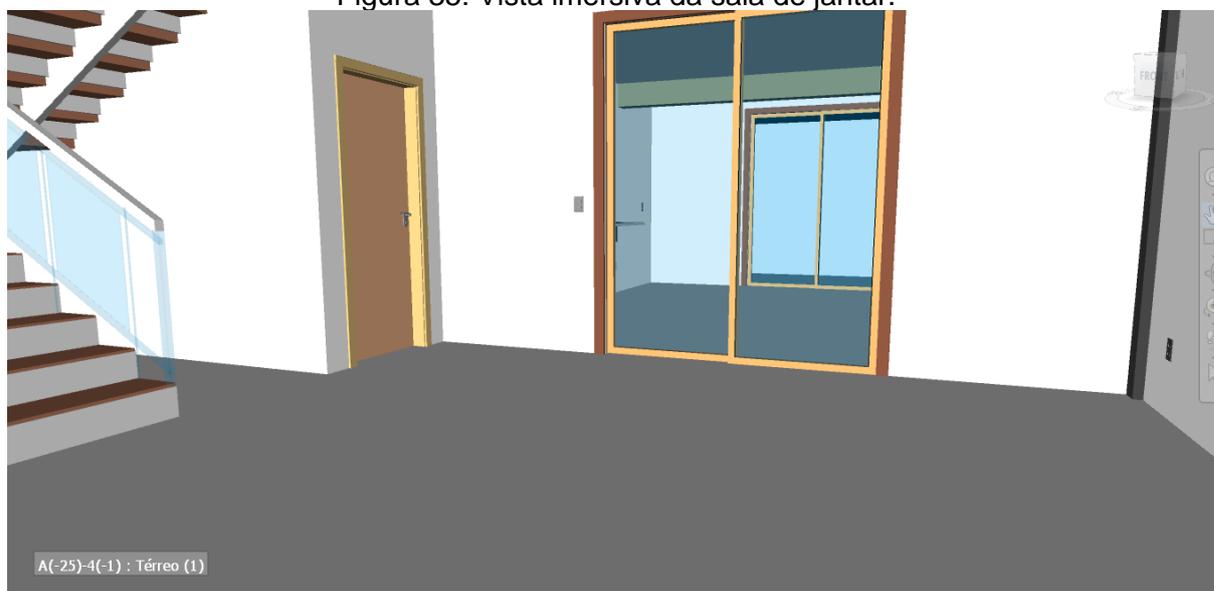
Figura 34: Detalhes da função TimeLiner do Navisworks.



Fonte: Autor (2022).

Também é possível visualizar todo modelo fazendo um passeio virtual (figuras 35 a 45). Esse recurso é útil tanto para uma análise visual de interferência quanto para facilitar a compreensão da obra, reduzindo, assim, o risco de erro pela má interpretação dos projetos.

Figura 35: Vista imersiva da sala de jantar.



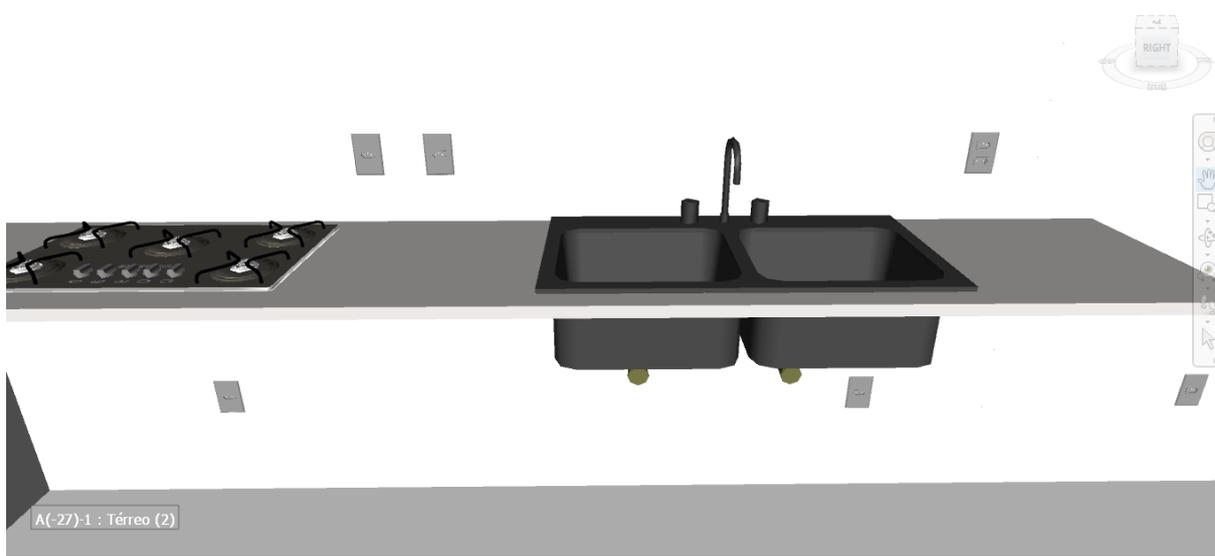
Fonte: Autor (2022).

Figura 36: Vista imersiva da cozinha.



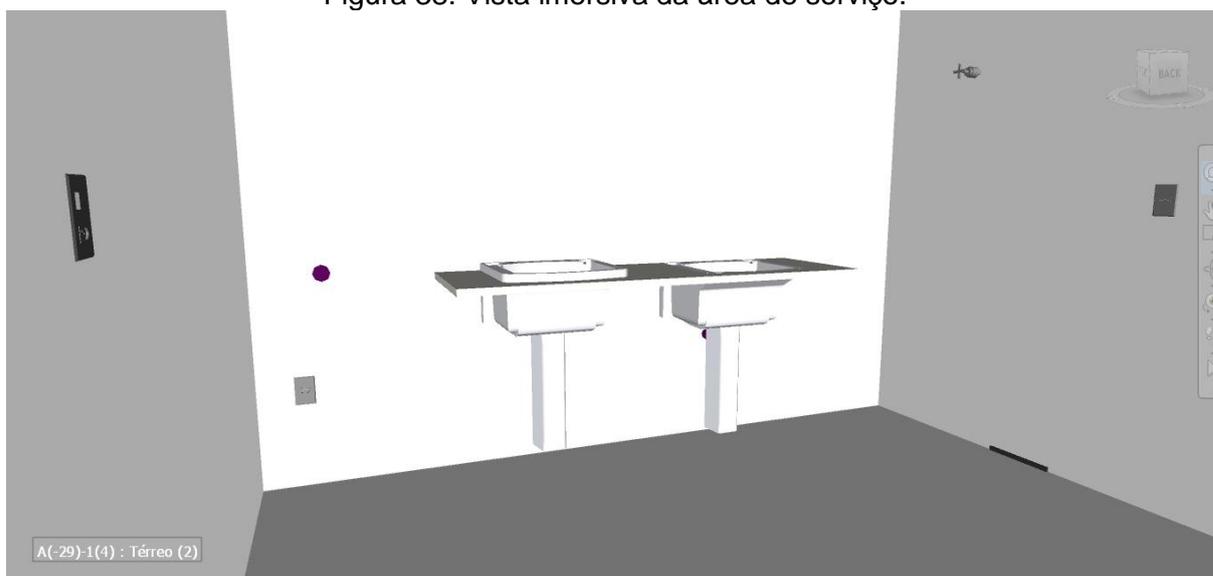
Fonte: Autor (2022).

Figura 37: Detalhes de bancada, aparelhos hidrossanitários e pontos de tomadas.



Fonte: Autor (2022).

Figura 38: Vista imersiva da área de serviço.



Fonte: Autor (2022).

Figura 39: Vista imersiva da garagem.



Fonte: Autor (2022).

Figura 40: Vista imersiva da região da piscina.



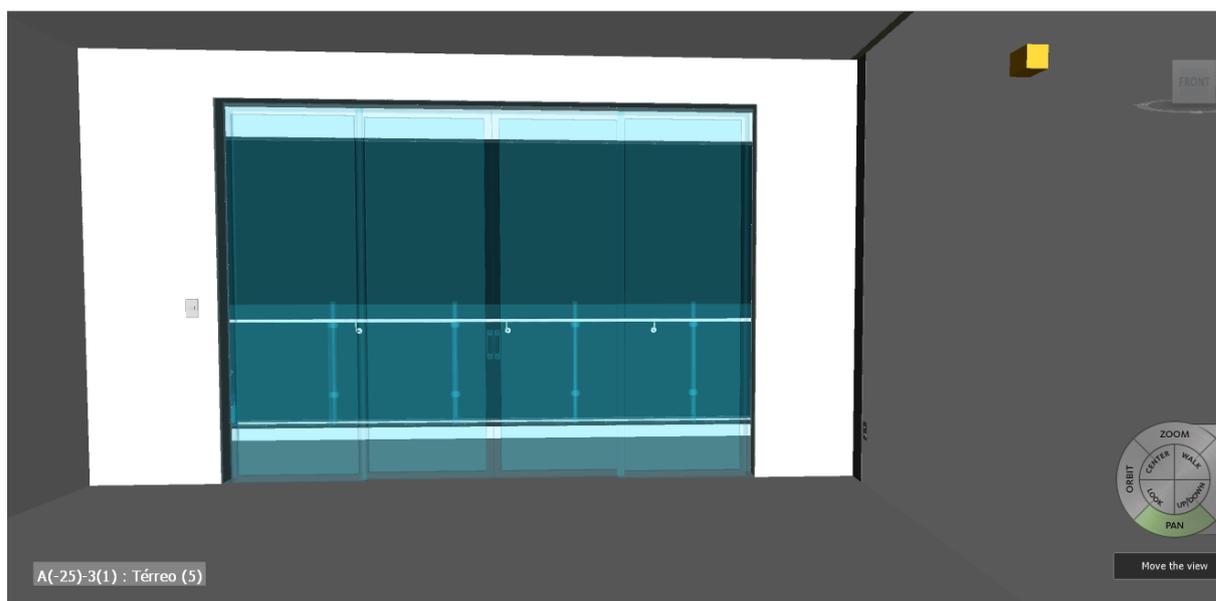
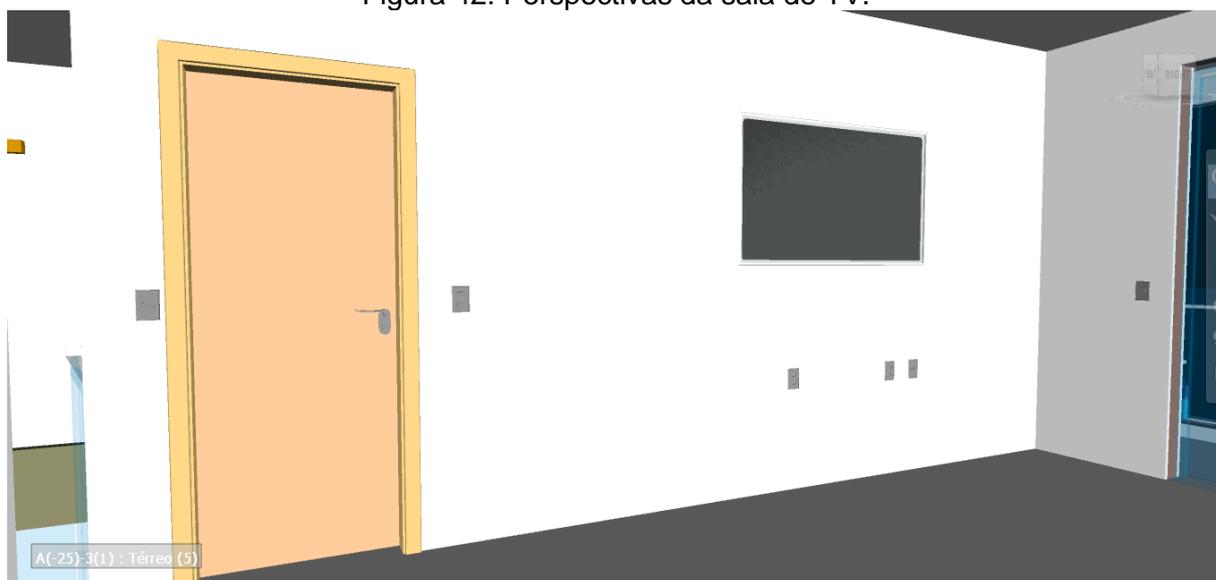
Fonte: Autor (2022).

Figura 41: Vista imersiva da área gourmet.



Fonte: Autor (2022).

Figura 42: Perspectivas da sala de TV.



Fonte: Autor (2022).

Figura 43: Vista imersiva da varanda da sala.



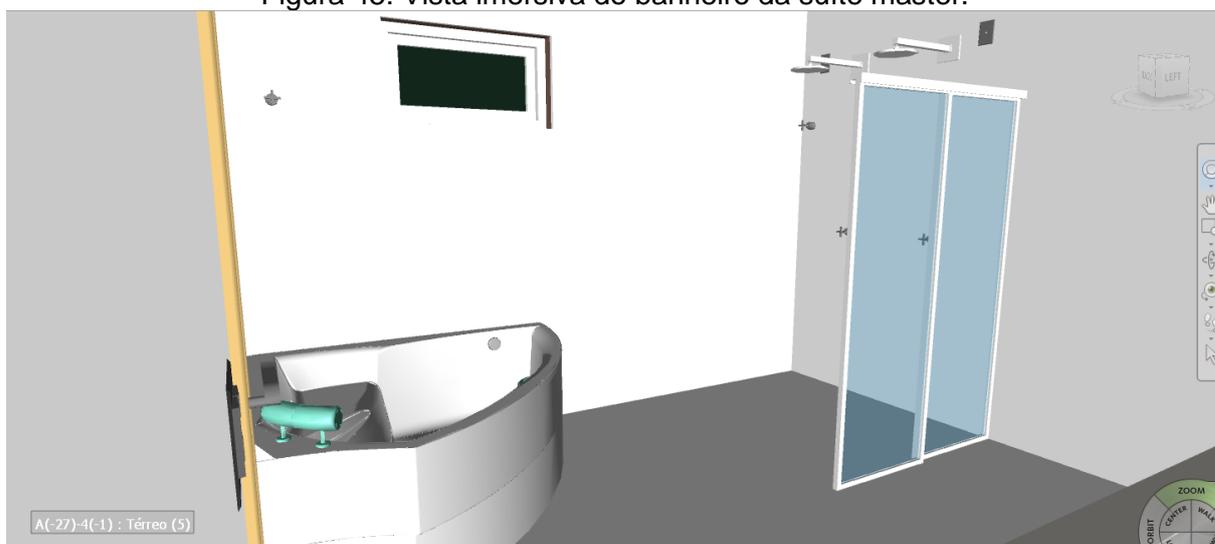
Fonte: Autor (2022).

Figura 44: Visualização de detalhes de pontos de tomada e de TV.



Fonte: Autor (2022).

Figura 45: Vista imersiva do banheiro da suíte master.



Fonte: Autor (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propôs-se a desenvolver a modelagem 4D de uma edificação residencial. Para o embasamento teórico do estudo de caso, foram reunidos resumos bibliográficos de autores consagrados da área de planejamento e de Building Information Modeling (BIM). Conforme Resultados e Análises, os objetivos gerais e específicos deste trabalho puderam ser alcançados, comprovando as vantagens do uso da metodologia para o gerenciamento de obras da construção civil.

A importância do detalhamento dos projetos foi evidenciada durante a elaboração do cronograma. Nota-se que as características e dimensões dos elementos construtivos podem impactar diretamente no planejamento estratégico da obra. Conforme apresentado, o gestor responsável pela alocação de recursos deve manter um banco de dados atualizado com índices de produtividade da construtora que fará a execução do empreendimento. Deste modo, os serviços poderão ser adequadamente organizados na Estrutura Analítica de Projetos (EAP).

Também foi possível observar uma maior produtividade na elaboração dos projetos e mais facilidade para fazer alterações nas modelagens, o que confirma o que foi apresentado por Nunes (2015) em sua comparação entre a utilização do CAD e do BIM para elaboração de projetos. Fratel (2020) também aponta que o uso do BIM reduz o tempo de elaboração de projetos, o que entra em acordo com o que pode ser visto neste trabalho.

Em conformidade com a literatura citada, foram identificadas vantagens relevantes no uso do BIM para a comunicação entre engenheiros, arquitetos, gestores e orçamentistas. Os envolvidos no projeto podem manter um fluxo contínuo de informações através dos softwares disponíveis atualmente no mercado. Os relatórios gerados podem ser vinculados à uma nuvem de informações online, facilitando o registro das revisões dos projetos.

Cabe ressaltar que a partir da realização do primeiro cronograma, é possível desenvolver *templates* para identificação de serviços a partir do modelo 3D da obra. Deste modo, o gestor de planejamentos pode automatizar seus processos internos e otimizar seu trabalho, conforme o amadurecimento em sua expertise profissional. Este recurso é fundamental em projetos mais complexos, com muitos serviços, por proporcionar maior celeridade à extração de quantitativos e geração de relatórios (como tabelas, cronogramas e diagramas).

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Através dos projetos disponibilizados em anexos e dos resultados apresentados neste trabalho, sugere-se o prosseguimento da abordagem prática da temática BIM. Sugestões para pesquisas futuras:

- I) Realizar comparativo entre o cronograma previsto e o realizado;
- II) Utilizar composições de bancos de dados como TCPO, SINAPI e ORSE;
- III) Dar continuidade à modelagem 5D, 6D, 7D, etc;
- IV) Utilizar outro software de planejamentos para estudo de caso, como QIVisus da AltoQI, ou Synchro da Bentley;
- V) Realizar estudo semelhante em edificações de maior porte.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção**: Coletânea GuiasBIM ABDI-MDIC. Brasília, DF: ABDI, 2017a.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Classificação da Informação no BIM**: Guia 2. Brasília, DF: ABDI, 2017b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14136**: Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada - Padronização. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15200**: Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.339**: Piscina - Projeto, execução e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019a.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019b.

AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. **Leadership and Management in Engineering**, v. 11, n. 3, p. 241 – 252, Julho 2011.

BARCELLOS, M. P. **PLANEJAMENTO DE CUSTOS EM AMBIENTES DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE ORIENTADOS À ORGANIZAÇÃO**. 2003. 208 p. Dissertação (Mestrado) — UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

BARROS, F. da C.; MELO, H. C. de. Estudo sobre os benefícios do BIM na interoperabilidade de projetos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 08, n. 01, Janeiro 2020. ISSN 2448-0959. Acesso em: 21/02/2020.

BRASIL. DECRETO No 9.377, DE 17 DE MAIO DE 2018. **Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling**, Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9377.htm>. Acesso em: 09 de fevereiro de 2022.

BRASIL. DECRETO No 9.984, DE 22 DE AGOSTO DE 2019. **Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e**

institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling, Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2022.

BRASIL. DECRETO Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020. **Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras** e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo **Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019**, Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10306.htm>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2022.

CATELANI, W. S. Fundamentos BIM - Parte 1. In: CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO C172F. **Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília, DF: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016.

DI DONATO, D.; ABITA, M. **LOW-COST 4D BIM MODELLING: A COMPARISON BETWEEN FREECAD AND COMMERCIAL SOFTWARE**. Strasbourg, France: 2019.

DIETRICH, G. L. V. **A História do CAD**. 2014. Disponível em: <<https://blog.render.com.br/cad-e-cae/a-historia-do-cad/>>. Acesso em: 02/02/2022.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 634 p.

FRATEL, D. **Como o BIM reduz os custos de construção de empreendimentos imobiliários**. 2020. Disponível em: <<http://www.revistaqualimovel.com.br/noticias/como-o-bim-reduz-os-custos-de-construcao-de-empreendimentos-imobiliarios>>. Acesso em: 13/02/2022.

GOLDMAN, P. **INTRODUÇÃO AO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE CUSTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA**. 4. ed. São Paulo: Pini, 2004. 176 p.

GONÇALVES, F. **BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia.** 2018. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/>>.

Acesso em: 02/02/2022.

LAUFER, A.; TUCKER, R.L. **Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process.** Construction Management and Economics, Vol. 5.,1987.

LEUSIN, S. **Gerenciamento e Coordenação de Projetos BIM: Um Guia de Ferramentas e Práticas Para o Sucesso de Empreendimentos.** 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021. 153 p.

LIMA, P. M. R. D. **UMA COMPARAÇÃO DA APLICABILIDADE DO PERT/CPM COM O MÉTODO DE CORRENTE CRÍTICA NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO DE LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.** 2013. 135 p. Dissertação (Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba.

LIMMER, C. V. **PLANEJAMENTO, ORÇAMENTAÇÃO E CONTROLE DE PROJETOS E OBRAS.** 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. 240 p.

MATTOS, A. D. **PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS.** São Paulo: Pini, 2010.420 p.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Minfra define critérios para utilização de metodologia BIM em obras de aeroportos regionais.** 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/2021/3/minfra-define-criterios-para-utilizacao-de-metodologia-bim-em-obras-de-aeroportos-regionais>>.

Acesso em:3/02/2022.

NAIM, A. A. **AN INVESTIGATION OF BUILDING INFORMATION MODELLING IMPLEMENTATION IN KSA.** 2018. 223 p. Tese (Doutorado) — University of Wolverhampton, Wolverhampton, UK.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **Charter for the National BuildingInformation Model (BIM) Standard.** 2005.

NUNES, G. H. **ESTUDO COMPARATIVO DE PROJETOS ENTRE O MÉTODO TRADICIONAL E O MÉTODO BIM, UTILIZANDO O SISTEMA CONSTRUTIVO MINHA CASA MINHA VIDA.** Universidade do Estado de Mato Grosso. Sinop, MT: 2015.

PMI. **Um Guia Do Conhecimento Em Gerenciamento de Projetos:** Guia Pmbok. 6. ed. Pensivânia: Project Management Institute, 2018. 756 p.

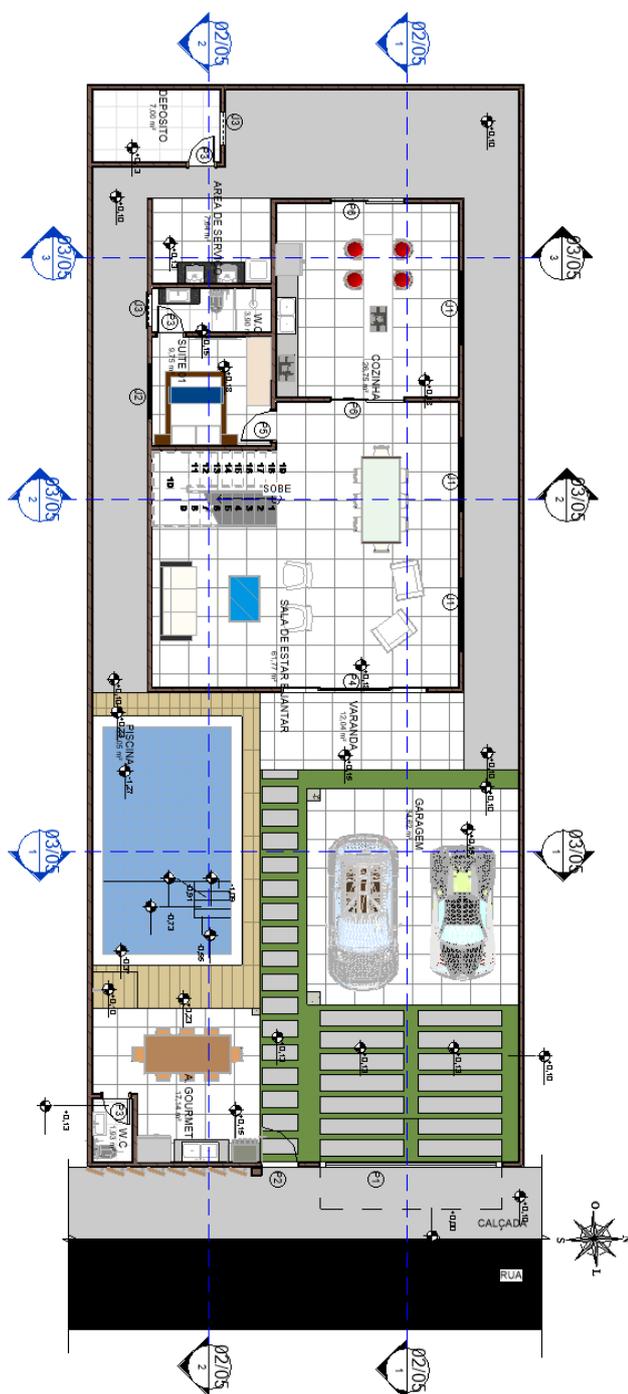
SACKS, R. *et al.* **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021. 565 p.

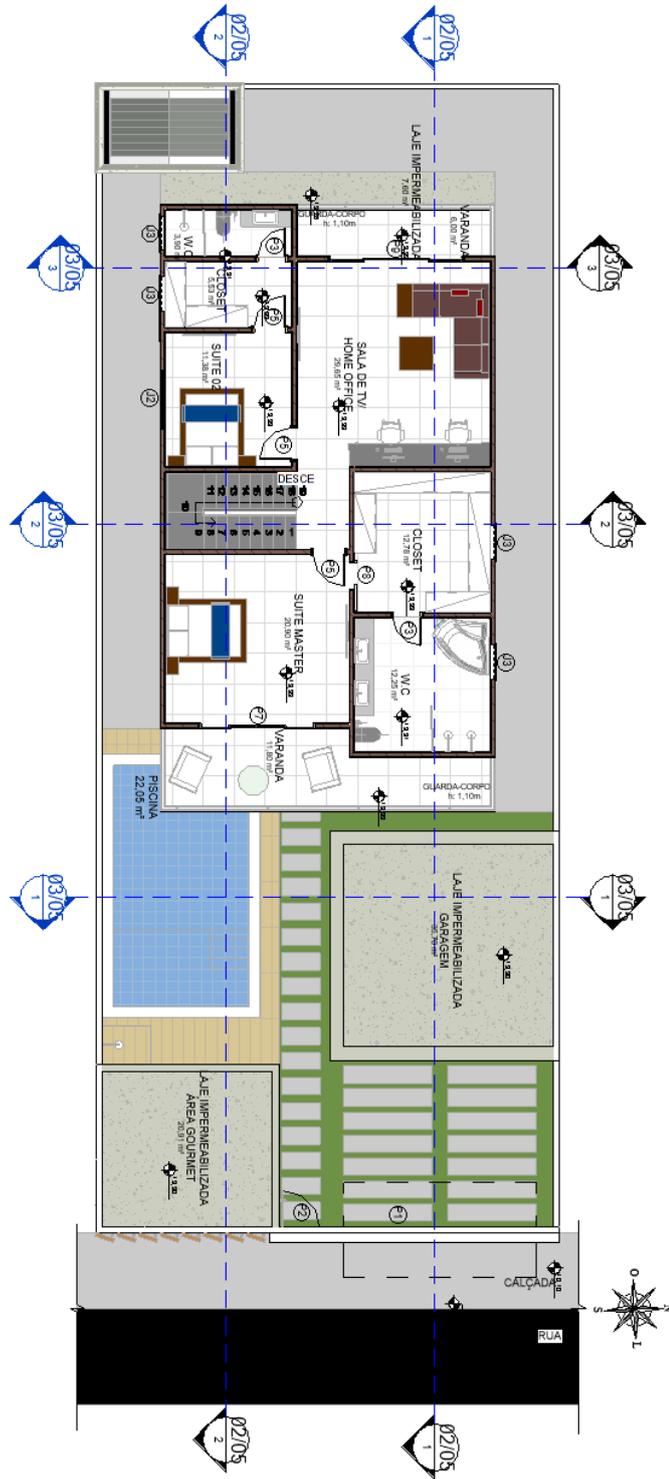
SILVA, P. H. da; CRIPPA, J.; SCHEER, S. **BIM 4D NO PLANEJAMENTO DE OBRAS: DETALHAMENTO, BENEFÍCIOS E DIFICULDADES.** PARC PESQUISA EMARQUITETURA E CONSTRUÇÃO, Campinas, SP, v. 10, 2019.
SOUZA, T. **Projeto Arquitetônico.** 2021.

THÓRUS ENGENHARIA. **Tudo sobre BIM: o que é, ferramentas e por onde começar.** 2020. Disponível em: <<https://thorusengenharia.com.br/o-que-e-bim/>>. Acesso em: 13/02/2022.

ANEXOS

ANEXO I – PROJETO ARQUITETÔNICO BASE PARA AS DEMAIS DISCIPLINAS.





APÊNDICES

APÊNDICE I – QUANTITATIVOS DE MATERIAIS.

Quantitativo de Itens Não Modelados	
SERVIÇOS INICIAIS	Quantidade
Placa de obra (m ²)	2,25
Limpeza Superficial da Camada Vegetal (m ²)	360
Barracão para depósito (m ²)	15
Locação Convencional De Obra (m ²)	232,99
Tapume (m ²)	184,8
FUNDAÇÃO	Quantidade
Escavação manual para Sapatas (m ³)	68,876
Escavação manual para valas - Viga baldrame (m ³)	33,25
Lastro com material granular - Viga baldrame (m ²)	2,28
Aterro manual de valas (m ³)	82,13
Impermeabilização de estruturas enterradas - Viga baldrame (m ²)	147,4956
Escavação piscina (m ³)	58,678
Impermeabilização piscina (m ²)	62,788
PAREDES	Quantidade
Contraverga (m)	27,8
Verga (m)	21
PEDRAS E BANCADAS	Quantidade
Peitoril de mármore (m ²)	27,8

Quantitativo Estruturas	
03.01 Levantamento de Concreto (C-25)	Quantidade (m³)
Vigas	38,2
Pilares	10,8
Lajes	36,6
Escadas	1,1
Fundações	12,4
Piscina	9,9
Total	109
03.02 Levantamento de Aço	Quantidade (kg)
CA50 6,3 mm	1203,6
CA50 8 mm	492,2
CA50 10 mm	955,6
CA50 12,5 mm	2043,8
CA60 5 mm	2271,8
Total	6967
03.03 Levantamento de Formas	Quantidade (m²)
Vigas	499,4
Pilares	190,6
Lajes	298,4
Escadas	14,7
Fundações	34,3
Piscina	75,8
Total	1113,2

Quantitativo Arquitetônico	
01.01 Levantamento do material de parede	Quantidade (m²)
Alvenaria - Bloco cerâmico 9x19x29cm	456,48
Argamassa	886,78
Cerâmica 0.30 x 0.30 - BWC	45,28
Revestimento Piscina	36,29
Pintura	819,18
Porcelanato 28,8 x 119 cm - CEUSA FRISADO VERTIC.	56,21
Alvenaria - Bloco cerâmico 9x19x29cm	317,02
Argamassa	631,9
Cerâmica 0.30 x 0.30 - BWC	69,36
Pintura	505,77
Alvenaria - Bloco cerâmico 9x19x29cm	23,2
Argamassa	46,16
Pintura	46,09
01.02 Levantamento do material do forro	Quantidade (m²)
Pintura Látex PVA	173,04
Pintura Látex PVA	126,11
Placa de Gesso Acartonado	173,04
Placa de Gesso Acartonado	126,11
01.03 Levantamento do material do piso	Quantidade (m²)
Grama	42,24
Contrapiso	157,92
Porcelanato 28,8 x 119 cm - CEUSA FRISADO	11,95
Porcelanato 80 x 80 cm - Ceusa	173,05
Argamassa - Regularização	189,13
Impermeabilizante	46,71
Porcelanato 60 x 60	9,43
Argamassa Colante	9,43
Contrapiso	173,82
Parede - Piscina	22,05
Porcelanato Branco - 60 x 60 cm	4,13
Contrapiso	267,85
Porcelanato 80 x 80 cm - Ceusa	105,6
Argamassa - Regularização	105,6
Impermeabilizante	18,96
Porcelanato 60 x 60	16,73
Argamassa Colante	16,73
Concreto	21,94
01.04 Tabela de Janela	Quantidade (Und)
CORRER 2 FOLHAS	4
MAXIM-AR	2
CORRER 2 FOLHAS	1
MAXIM-AR	4
01.05 Tabela de louças e metais	Quantidade (Und)
Coluna para Tanque	2
Tanque de lavar roupa	2
Chuveiro cromado	2
Pia da cozinha-Dupla: 100 x 53,5 cm	2
Box 1,16 m	1
Espelho: 0.65 x 0.35 cm	2
Conjunto Vaso Sanitário com caixa acoplada e ducha hi	2
Banheira de hidromassagem	1
Chuveiro cromado	3
Box 1,2 m	2
Espelho: 0.65 x 0.35 cm	3
Conjunto Vaso Sanitário com caixa acoplada e ducha hi	2
01.06 Tabela de Porta	Quantidade (Und)
ABRIR - MADEIRA - 0,70 x 2,10	3
ABRIR - MADEIRA - 0,80 x 2,10	1
ABRIR - ALUMÍNIO - 1,00 x 2,50	1
2 FOLHAS - 1 CORRER - 2,00 x 2,50	2
4 FOLHAS - 2 CORRER - 4,00 x 2,50	1
BASCULANTE - 5,00 x 2,50	1
ABRIR - MADEIRA - 0,70 x 2,10	2
CORRER EM TRILHO - ALUMÍNIO - 0,70 x 2,10	1
ABRIR - MADEIRA - 0,80 x 2,10	3
4 FOLHAS - 2 CORRER - 3,00 x 2,50	1
4 FOLHAS - 2 CORRER - 3,50 x 2,50	1
01.07 Tabela de guarda-corpo	Quantidade (m)
Corrimão com painel de vidro	15,52
Guarda-corpo com painel de vidro	18,62
01.08 Tabela de bancadas	Quantidade (m²)
Granito Branco Novo	0,77
AÇO INOX	1,51
Granito Branco Novo	1,11
01.09 Tabela de telhado	Quantidade m²
Telha Fibrocimento	6,27
Telha Fibrocimento	103,36

Quantitativo Instalações Hidráulicas	
05.01 Tubos	Quantidade (m)
Tubos 3/4"	0,28
Tubos 25 mm	58,24
Tubos 32 mm	0,5
Tubos 25 mm	93,64
Tubos 32 mm	15,27
Tubos 50 mm	24,97
Tubos 50 mm (piscina)	41,32
05.02 Conexões de Tubo	Quantidade (Und)
Colar de tomada em PVC 3/4"	1
Joelho 90 soldável c/ rosca 25 mm - 3/4"	4
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p registro 25 mm - 3/4"	4
Curva 90 soldável 25 mm	11
Joelho 90° soldável 25 mm	3
Tê 90 soldável 25 mm	3
União soldável 25 mm	1
Joelho 90° soldável com bucha de latão 25 mm - 3/4"	2
Luva de redução soldável 32 mm - 25 mm	1
Joelho de redução soldável c/ rosca 25 mm - 1/2"	4
Luva soldável c/ rosca 25 mm -3/4"	5
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p registro 25 mm - 3/4"	21
Bucha de redução sold. Longa 50 mm - 25 mm	1
Bucha de redução sold. Longa 50 mm - 32 mm	2
Curva 90 soldável 25 mm	32
Curva 90 soldável 32 mm	3
Curva 90 soldável 50 mm	20
Joelho 90° soldável 25 mm	3
Joelho 90° soldável 32 mm	2
Joelho de redução 90 soldável 32 mm - 25 mm	2
Luva de redução soldável 32 mm - 25 mm	1
Luva soldável 25 mm	1
Tê 90 soldável 25 mm	18
Tê 90 soldável 32 mm	2
Tê 90 soldável 50 mm	8
Tê de redução 90 soldável 50 mm - 25 mm	3
Tê de redução 90 soldável 50 mm - 32 mm	1
União soldável 25 mm	7
União soldável 32 mm	1
Joelho 90° soldável com bucha de latão 25 mm - 3/4"	9
Joelho de redução 90° soldável com bucha de latão 25 mm	11
Bucha de redução sold. Curta 60 mm - 50 mm	2
Curva 90 soldável 25 mm	2
Curva 90 soldável 50 mm	17
Tê 90 soldável 50 mm	2
União soldável 50 mm	2
Joelho 90° soldável com bucha de latão 25 mm - 3/4"	1
05.03 Peças Hidrossanitárias	Quantidade
Torneira de Jardim 25 mm x 3/4"	2
Eliminador de ar 3/4"	1
Banheira 25mm x 1/2"	1
Chuveiro 25mm x 3/4"	5
Ducha higiênica 25mm x 1/2"	4
Máquina de Lavar Roupa 25mm x 3/4"	1
Torneira de Jardim 25 mm x 1/2"	1
Torneira de Pia de Cozinha 25mm - 3/4"	1
Torneira de Tanque de Lavar 25mmx 3/4"	2
Torneira de lavatório 25 mm - 1/2"	5
Vaso Sanitário c/ cx. Acoplada 1/2"	4
Bica de banheira 1/2"	1
Polietileno 1500 L	2
Torneira de Pia de Cozinha 25mm - 3/4"	1
Dancor Recalque c/ pré-filtro - PF 17	1
Dispositivo de aspiração c/ tampão 50 mm - 1.1/2"	1
Dispositivo de retorno 50 mm - 1.1/2"	2
Dreno de fundo anti-turbilhão/anti-cabelo em ABS e tampa	2
Skimmer boca pequena c/ tampa 2x50mm c/ ladrão	1
Filtros para piscina Quartz - 4,0m³/h - 15 a 30micras (ref.	1
05.04 Tabela de acessório de tubo	Quantidade
Registro de esfera 3/4"	1
Registro esfera VS compacto soldável PVC 25 mm	3
Registro esfera borboleta bruto PVC 3/4"	1
Registro de gaveta c/ canopla cromada 3/4"	8
Registro de pressão c/ canopla cromada 3/4"	5
Registro esfera VS compacto soldável PVC 32 mm	2
Registro esfera VS compacto soldável PVC 50 mm	4
Engate flexível cobre cromado com canopla 1/2 - 30cm	4
Engate flexível plástico 1/2 - 30cm	5
Registro esfera VS compacto soldável PVC 50 mm	4

Quantitativo Instalações Sanitárias	
04.01 Tubos	Quantidade (m)
Tubo rígido c/ ponta lisa 100 mm - 4"	76,56
Tubo rígido c/ ponta lisa 40 mm	15,44
Tubo rígido c/ ponta lisa 50 mm - 2"	5,76
Tubo rígido c/ ponta lisa 75 mm - 3"	2,66
Tubo rígido c/ ponta lisa 50 mm - 2"	11,64
Calha semi-circular 150 mm	32,9
Circular metálico 125 mm	20,22
Tubo rígido c/ ponta lisa 100 mm - 4"	52,17
Tubo rígido c/ ponta lisa 50 mm - 2"	44,94
04.02 Conexões de Tubos	Quantidade (Und)
Adaptador p/ sifão 40mm - 1 1/4"	1
Bucha de Redução p/ esgoto secundário 40mm- 32mm	1
Curva 90 curta 100 mm	5
Curva 90 curta 40 mm	9
Curva 90 longa 100 mm	2
Joelho 45 100 mm	10
Joelho 45 40 mm	7
Joelho 45 50 mm	4
Joelho 45 75 mm	2
Joelho 90 100 mm	1
Joelho 90 40 mm	1
Joelho 90 50 mm	8
Joelho 90 c/anel p/ esgoto secundário 40 mm - 1.1/2"	7
Junção invertida 100 mm x 75 mm	1
Junção simples 100 mm - 50 mm	6
Junção simples 75 mm - 50 mm	1
Luva simples 100 mm	39
Luva simples 50 mm	6
Luva simples 75 mm	2
Redução excêntrica 75 mm - 50 mm	1
Tê 90 40 mm	1
Tê sanitário 100 mm - 50 mm	4
Tê sanitário 50 mm - 50 mm	2
Joelho 45 50 mm	2
Joelho 90 50 mm	8
Junção simples 50 mm - 50 mm	2
Luva simples 50 mm	10
Adaptador para bocal semi-circular 150 mm x 125 mm	6
Cabeceira semi-circular 150 mm	12
Esquadro externo semi-circular 150 mm	4
Curva 90 longa 100 mm	2
Joelho 45 100 mm	2
Luva simples 100 mm	2
Curva 45 longa 50 mm	2
Curva 90 curta 50 mm	15
Curva 90 longa 50 mm	3
Joelho 45 50 mm	3
Joelho 90 50 mm	5
Luva simples 50 mm	1
Terminal de ventilação 50 mm	6
Tê sanitário 100 mm - 50 mm	1
Tê sanitário 50 mm - 50 mm	7
04.03 Tabela de aparelhos e acessórios	Quantidade (Und)
Caixa de interligação CI - DN 100	9
Caixa sifonada 150x150x50	7
Ralo sifonado alt. reg. saída 40 100 mm - 40 mm	2
Sifão de copo p/ pia e lavatório 1" - 1.1/2"	5
Sifão flexível c/ Adaptador 1.1/2" - 1.1/2"	2
Válvula p/ lavatório e tanque 1"	5
Válvula p/ tanque 1 1/2"	2
Caixa de gordura PVC CG 30 cm	2
Sifão de copo p/ pia e lavatório 1" - 2"	4
Válvula p/ pia 1"	4
Caixa de areia pluvial com grelha CAG- 60x60cm	2

Quantitativo Instalações Elétricas	
02.01 Lista de Materiais - Componentes	Quantidade (Pç)
Abraçadeira tipo unha 1/2"	2
Caixa PVC 4x2"	119
Caixa PVC octogonal 3x3"	56
Caixa de Luz 4"x2"	20
Curva 90° PVC longa rosca 2"	10
Luva PVC rosca 2"	4
Bucha baquelite redonda 1/2"	1
Bucha de nylon S6	8
Parafuso cabeça quadrada 16x200mm	1
Parafuso fenda galvan. cab. Painel 4,2x32mm autoatarrachante	8
Alvenaria 300x300x300mm	6
Alvenaria Tampa 300x300x50mm	6
Aço pintada (ref Lukbox) 100x100x80 mm	11
Placa 2x4" - Interruptor intermediária - 1 tecla	1
Placa 2x4" - Interruptor paralela - 1 tecla	5
Placa 2x4" - Interruptor paralelo - 2 teclas	2
Placa 2x4" - Interruptor simples & paralelo - 2 teclas	1
Placa 2x4" - Interruptor simples - 1 tecla	5
Placa 2x4" - Interruptor simples - 2 teclas	4
Placa 2x4" - Interruptor simples - 3 teclas	2
Placa 2x4" - Placa c/ furo	9
Placa 2x4" - Placa p/ 1 função	18
Placa 2x4" - Placa p/ 2 funções	70
Placa 2x4" - Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10A	6
Placa 4x4" - Interruptor 3 teclas simples	2
S/ placa - Interruptor 1 tecla simples e tomada hexagonal (NBR14136)	5
S/ placa - Interruptor 2 teclas simples	2
S/ placa - Tomada hexagonal (NBR 14136) (2) 2P+T 10A	65
S/ placa - Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10A	5
S/ placa - Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 20A	7
Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 100A - 10 kA	1
Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 20 A - 3 kA	1
Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 50 A - 4,5 kA	1
Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 10 A - 3 kA	27
Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 16 A - 3 kA	4
Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C) 20 A - 3 kA	1
Disjuntor unipolar termomagnético (380 V/220 V) - DIN (Curva B) 13 A - 4,5 kA	2
Disjuntor unipolar termomagnético (380 V/220 V) - DIN (Curva B) 25 A - 4,5 kA	4
Interruptor bipolar DR (fase/neutro - In 30mA) - DIN 25 A	1
Interruptor bipolar DR (fase/neutro - In 30mA) - DIN 40 A	2
Interruptor bipolar DR (fase/neutro - In 30mA) - DIN 63 A	4
Interruptor tetrapolar DR (3 fases/neutro - In 30mA) - DIN 25 A	1
Dispositivo de Proteção Contra Surto Monopolar - Classe II - 275V - I _{max} =80kA; I _n =40kA	4
Braçadeira PVC encaixe 3/4"	8
Transformador de segurança instalações piscina TR1 - 220V para 12V	1
Bloco autônomo - aclaramento - Autonomia 3h - 600lm	6
Soquete base E 27	60
Classic A 10W	17
Classic A 21W	2
Classic A 7W	37
Classic B 3,5W	4
Unidade consumidora individual - Caixa de policarbonato para medição polifásica	1
Quadro de distribuição Barr. trif., - DIN (Ref. Hager) Cap. 12 disj. unip. - In Pente 100A	1
Quadro de distribuição Barr. trif., - DIN (Ref. Hager) Cap. 34 disj. unip. - In Pente 100A	2
Quadro de distribuição Sem barramento - DIN (Ref. Cemar) Cap. 8 disj. unipol.	1
Aparelho interfone	1
Central interfone	1
Caixa PVC 4x2"	4
Placa 2x4 - tomada TV/SAT	4
02.02 Lista de Materiais - Eletrodutos	Quantidade (m)
Eletroduto, vara 3/4"	3,5
Eletroduto leve 1"	530,72
Eletroduto pesado 1.1/2"	59,63
Eletroduto pesado 1.1/4"	7,45
Eletroduto pesado 2"	96,51
Eletroduto, vara 1/2"	1
Eletroduto, vara 2"	1
Eletroduto leve 1" (lógica)	4,5
Eletroduto leve 1" (TV)	16
02.03 Lista de Materiais - Fiação	Quantidade (m)
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1,5 mm ² - Amarelo	419,65
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1,5 mm ² - Azul claro	282,73
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1,5 mm ² - Branco	59,97
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1,5 mm ² - Preto	83,49
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1,5 mm ² - Verde-amarelo	53,1
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1,5 mm ² - Vermelho	84,73
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 10 mm ² - Azul claro	2,9
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 10 mm ² - Branco	2,9
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 10 mm ² - Preto	2,9
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 10 mm ² - Verde-amarelo	2,9
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 10 mm ² - Vermelho	2,9
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 16 mm ² - Verde-amarelo	29,03
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 2,5 mm ² - Amarelo	64,65
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 2,5 mm ² - Azul claro	617,44
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 2,5 mm ² - Branco	328,53
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 2,5 mm ² - Preto	145,13
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 2,5 mm ² - Verde-amarelo	452,19
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 2,5 mm ² - Vermelho	93,14
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 35 mm ² - Azul claro	29,33
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 35 mm ² - Branco	29,33
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 35 mm ² - Preto	29,33
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 35 mm ² - Vermelho	29,33
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 4 mm ² - Azul claro	85,2
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 4 mm ² - Branco	32,43
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 4 mm ² - Preto	59,74
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 4 mm ² - Verde-amarelo	85,2
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 4 mm ² - Vermelho	57,89

APÊNDICE II – RELATÓRIOS PLANEJAMENTO DE OBRA NO MS PROJECT

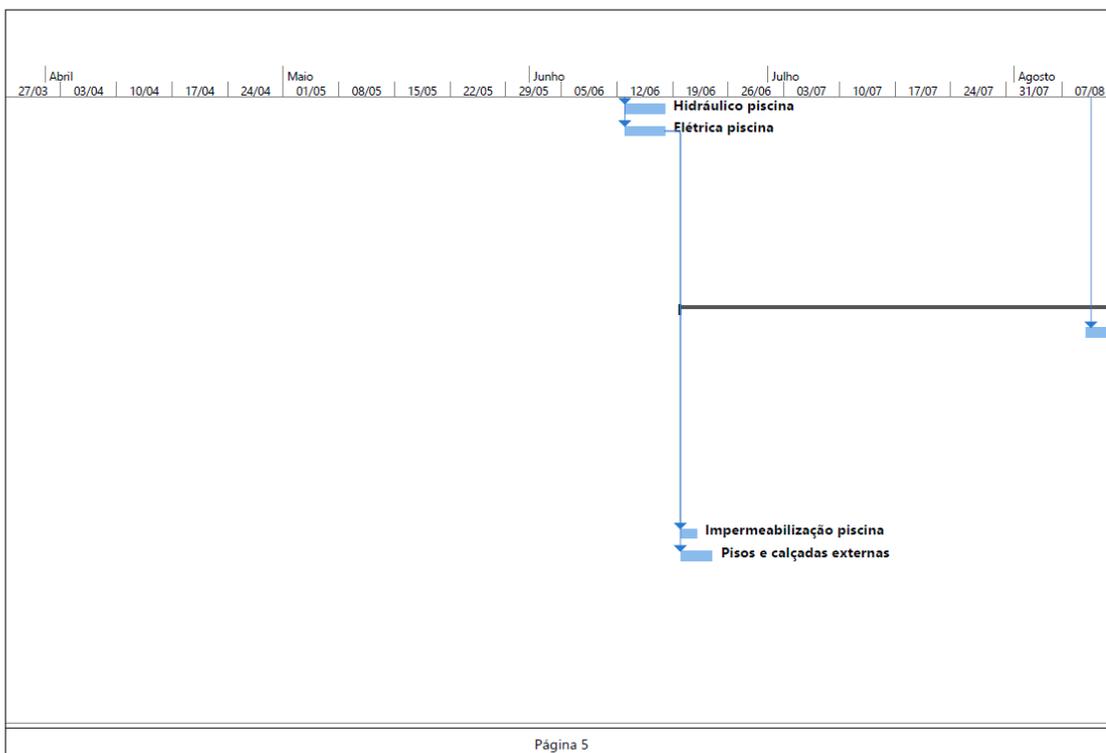
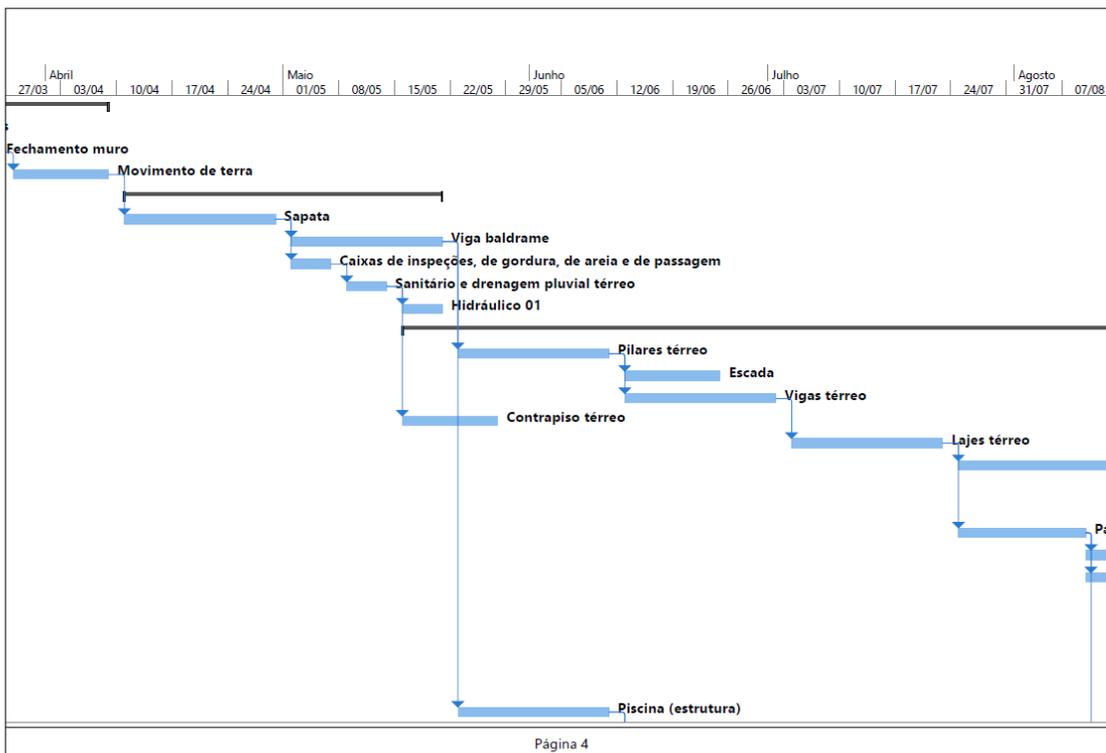
Id	Nível da estrutura de tópicos	Nome da Tarefa	Início	Término	Duração	
1	1	P01-Serviços preliminares	28/02/2022	08/04/2022	30 dias	
2	2	Serviços iniciais	28/02/2022	11/03/2022	10 dias	
3	2	Fechamento muro	14/03/2022	25/03/2022	10 dias	
4	2	Movimento de terra	28/03/2022	08/04/2022	10 dias	
5	1	P02-Fundação e serviços enterrados	11/04/2022	20/05/2022	30 dias	
6	2	Sapata	11/04/2022	29/04/2022	15 dias	
7	2	Viga baldrame	02/05/2022	20/05/2022	15 dias	
8	2	Caixas de inspeções, de gordura, de areia e de passagem	02/05/2022	06/05/2022	5 dias	
9	2	Sanitário e drenagem pluvial térreo	09/05/2022	13/05/2022	5 dias	
10	2	Hidráulico 01	16/05/2022	20/05/2022	5 dias	
11	1	P03-Superestrutura, vedação e telhado	16/05/2022	20/10/2022	114 dias	
12	2	Pilares térreo	23/05/2022	10/06/2022	15 dias	
13	2	Escada	13/06/2022	24/06/2022	10 dias	
14	2	Vigas térreo	13/06/2022	01/07/2022	15 dias	
15	2	Contrapiso térreo	16/05/2022	27/05/2022	10 dias	
16	2	Lajes térreo	04/07/2022	22/07/2022	15 dias	
17	2	Pilares superior	25/07/2022	12/08/2022	15 dias	
18	2	Vigas superior	15/08/2022	02/09/2022	15 dias	
19	2	Lajes superior	05/09/2022	23/09/2022	15 dias	
20	2	Paredes térreo	25/07/2022	09/08/2022	12 dias	
21	2	Hidráulico térreo	10/08/2022	16/08/2022	5 dias	
22	2	Elétrico Térreo	10/08/2022	18/08/2022	7 dias	
23	2	Paredes superior	26/09/2022	11/10/2022	12 dias	
24	2	Hidráulico superior	12/10/2022	18/10/2022	5 dias	
25	2	Sanitário superior	12/10/2022	18/10/2022	5 dias	
26	2	Elétrico Superior	12/10/2022	20/10/2022	7 dias	
27	2	Estrutura Caixas d' água	26/09/2022	27/09/2022	2 dias	
28	2	Piscina (estrutura)	23/05/2022	10/06/2022	15 dias	

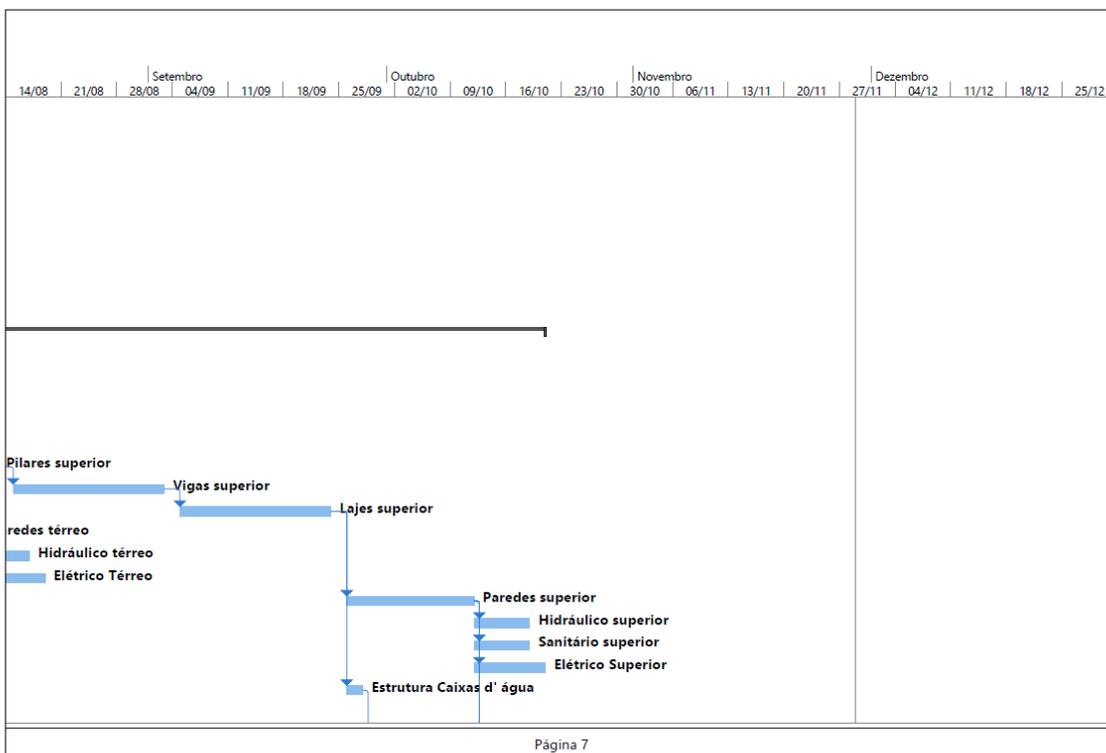
Id	Nível da estrutura de tópico	Nome da Tarefa	Início	Término	Duração						
						20/02	Março 27/02	06/03	13/03	20/03	27/03
29	2	Hidráulico piscina	13/06/2022	17/06/2022	5 dias						
30	2	Elétrica piscina	13/06/2022	17/06/2022	5 dias						
31	2	Alvenaria cobertura	28/09/2022	04/10/2022	5 dias						
32	2	Reboco platibanda	05/10/2022	06/10/2022	2 dias						
33	2	Estrutura do telhado	05/10/2022	11/10/2022	5 dias						
34	2	Instalação de caixa d' água	05/10/2022	06/10/2022	2 dias						
35	2	Execução de calha	12/10/2022	13/10/2022	2 dias						
36	2	Drenagem e água pluvial	14/10/2022	17/10/2022	2 dias						
37	2	Telhado, Rufo, impermeabilização de lajes	14/10/2022	17/10/2022	2 dias						
38	1	P04-Acabamento Grosso	20/06/2022	09/11/2022	103 dias						
39	2	Esquadrias térreo	10/08/2022	16/08/2022	5 dias						
40	2	Esquadrias superior	12/10/2022	18/10/2022	5 dias						
41	2	Reboco, impermeabilização e contrapiso térreo	17/08/2022	30/08/2022	10 dias						
42	2	Reboco, impermeabilização e contrapiso superior	19/10/2022	01/11/2022	10 dias						
43	2	Forro de gesso térreo	31/08/2022	05/09/2022	4 dias						
44	2	Forro de gesso superior	02/11/2022	07/11/2022	4 dias						
45	2	Selador térreo	06/09/2022	07/09/2022	2 dias						
46	2	Selador superior	08/11/2022	09/11/2022	2 dias						
47	2	Chapisco e reboco fachada	07/10/2022	20/10/2022	10 dias						
48	2	Impermeabilização piscina	20/06/2022	21/06/2022	2 dias						
49	2	Pisos e calçadas externas	20/06/2022	23/06/2022	4 dias						
50	1	P05-Acabamento Fino	31/08/2022	28/11/2022	64 dias						
51	2	Pisos e revestimentos térreo	31/08/2022	08/09/2022	7 dias						
52	2	Pisos e revestimentos superior	02/11/2022	10/11/2022	7 dias						
53	2	Massa corrida e pintura térreo	09/09/2022	15/09/2022	5 dias						
54	2	Massa corrida e pintura superior	11/11/2022	17/11/2022	5 dias						
55	2	Revestimentos Fachada	21/10/2022	27/10/2022	5 dias						
56	2	Pintura externa	21/10/2022	27/10/2022	5 dias						

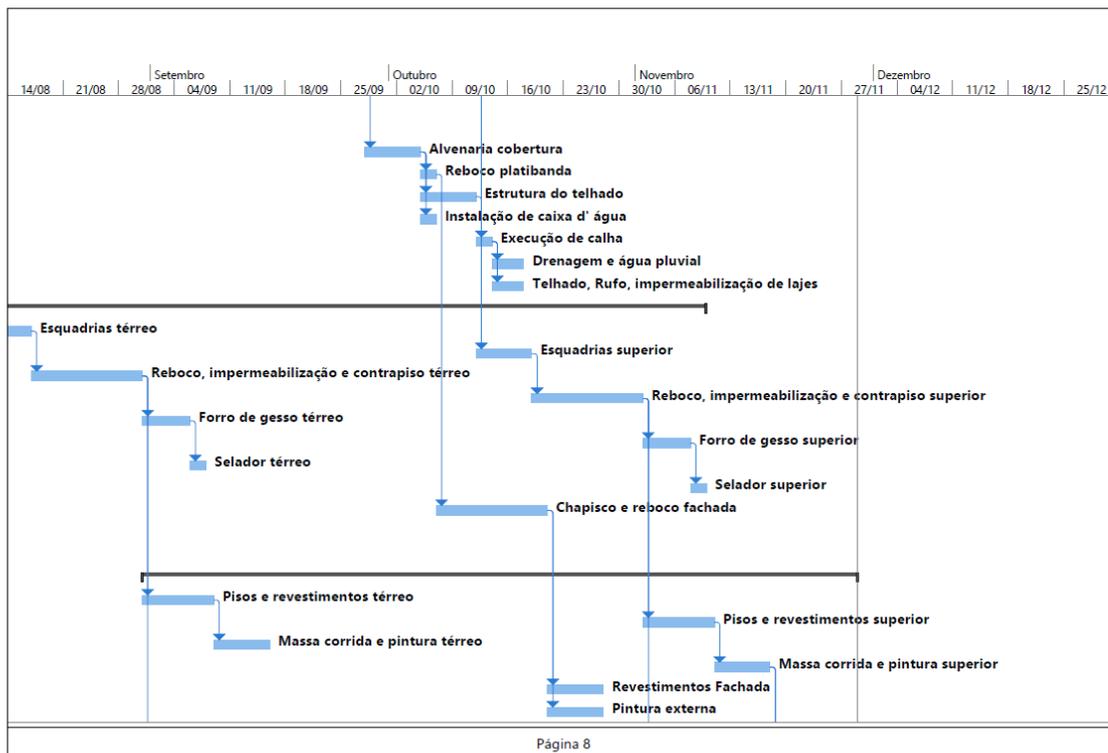
Página 2

Id	Nível da estrutura de tópico	Nome da Tarefa	Início	Término	Duração						
						20/02	Março 27/02	06/03	13/03	20/03	27/03
57	2	Louças e bancadas térreo	31/08/2022	02/09/2022	3 dias						
58	2	Louças e bancadas superior	02/11/2022	04/11/2022	3 dias						
59	2	Portas térreo	18/11/2022	21/11/2022	2 dias						
60	2	Portas superior	18/11/2022	21/11/2022	2 dias						
61	2	Jardim	22/11/2022	24/11/2022	3 dias						
62	2	Metais e acabamentos elétricos térreo	22/11/2022	23/11/2022	2 dias						
63	2	Metais e acabamentos elétricos superior	22/11/2022	23/11/2022	2 dias						
64	2	Testes, Ajustes finais e limpeza	24/11/2022	28/11/2022	3 dias						

Página 3







APÊNDICE III – SÍNTESE DO PLANEJAMENTO DA OBRA

