



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**RAIGO LIMA DOS SANTOS**

**ANÁLISE QUALITATIVA DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ATRAVÉS DA  
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM. ESTUDO DE CASO: PROJETO ESCOLA  
SESI-AP**

**MACAPÁ-AP**

**2023**

**RAIGO LIMA DOS SANTOS**

**ANÁLISE QUALITATIVA DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ATRAVÉS DA  
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM. ESTUDO DE CASO: PROJETO ESCOLA  
SESI-AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do Curso Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MsC. Heldio José Carneiro de Souza

**MACAPÁ-AP**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Mário das Graças Carvalho Lima Júnior – CRB-2 / 1451

---

S237 Santos, Raigo Lima dos.

Análise qualitativa da compatibilização de projetos através da aplicação da metodologia Bim. Estudo de caso: projeto escola Sesi-Ap / Raigo Lima dos Santos. - Macapá, 2023.  
1 recurso eletrônico. 178 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2023.  
Orientador: Heldio José Carneiro de Souza.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Bim. 2. Compatibilização. 3. Revit. I. Souza, Heldio José Carneiro de, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 624

---

SANTOS, Raigo Lima dos. **Análise qualitativa da compatibilização de projetos através da aplicação da metodologia Bim. Estudo de caso:** projeto escola Sesi-Ap. Orientador: Heldio José Carneiro de Souza. 2023. 178 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Coordenação do Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

## **RAIGO LIMA DOS SANTOS**

### **ANÁLISE QUALITATIVA DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM. ESTUDO DE CASO: PROJETO ESCOLA SESI-AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do Curso Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MSc. Heldio José Carneiro de Souza

#### **BANCA EXAMINADORA**

**Aprovado em: 23/08/2023**

---

Prof. MSc. Heldio José Carneiro de Souza – Orientador  
(Banca examinadora)

---

Prof. MSc. Adenilson Costa de Oliveira  
(Banca examinadora)

---

Prof. MSc. Jair José dos Santos Gomes  
(Banca examinadora)

---

Prof. Dr. Jamil José Salim Neto  
(Banca examinadora)

**MACAPÁ-AP  
2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de tudo gostaria de agradecer ao Pai, ao Filho e ao Espírito Santo por ter chegado até aqui. Foram anos de luta, muito estudo e empenho. No percurso dessa estrada, foi construída uma estrutura de inúmeras experiências boas e ruins, mas que tiveram sua fundação estabelecida em terreno firme, proporcionando a certeza de dever cumprido para esse primeiro degrau de uma longa escada chamada Engenharia. Nessa jornada, inúmeros sacrifícios foram realizados ao longo do caminho que começou em 2016 e deveria ter findado em 2020, contudo em virtude de dois anos de pandemia (2020 - 2021), essa trajetória foi temporariamente interrompida. Todavia, esses dois anos de “pausa” da Universidade, agregaram muitas experiências de estágio e trabalho que, sem dúvidas, foram preponderantes no meu processo de formação como Engenheiro Civil.

Em escala de importância, agradeço imensamente a minha Mãe Maria Célia dos Santos Lima, pelo apoio incondicional ao longo de todos esses anos que sempre me proporcionou, pela força e garra de ser Mãe e Pai, pela mulher forte que é, muito obrigado por tudo! Gostaria de deixar registrado também a memória de meu amado pai Raimundo Saraiva dos Santos, que cedo partiu para glória, sem poder ver seu filho se formar, no entanto, tenho certeza que o dever foi cumprido diante de sua memória. Obrigado pela inspiração em sempre buscar fazer o melhor!

Deixo aqui também meus sinceros agradecimentos aos familiares pela compreensão, apoio e estímulo em todos os momentos dessa estrada. Aos colegas de turma, em especial ao meu amigo de estrada Marcos Sanches, pela presença constante, pela atenção e pela troca de informações que muito contribuíram, a fim de que alcançássemos juntos, os objetivos traçados. A todos os meus mestres e professores do colegiado de Engenharia Civil da UNIFAP, em especial aos professores Luís Henrique Rambo, Adenilson Oliveira e Heldio Carneiro, vocês têm sido uma influência significativa em minha vida e eu nunca vou esquecer o impacto positivo de cada ensinamento. Suas lições e conselhos não foram apenas sobre a matéria que ensinavam, mas também sobre a vida em geral, e eu realmente sou grato por isso. Gostaria de deixar registrado também meus agradecimentos a empresa Line Projetos e construções, pela oportunidade de ter feito parte da produção de vários projetos, inclusive o projeto que inspirou a produção deste trabalho.

## RESUMO

A produção de projetos, a construção de obras e o desenvolvimento de todo tipo de empreendimento através de processos BIM (*Building Information Modelling*), proporcionou grandes avanços para a construção civil e todas as etapas que fazem parte do ciclo de vida de um empreendimento. O BIM, foi se estruturando tecnologicamente ao longo das décadas, principalmente por meio da parametrização de suas ferramentas e, na conjuntura atual, vem substituindo todos os processos tradicionais de projetos CAD e, com isso, vem trazendo soluções concretas e validadas para os velhos gargalos anteriores dos processos tradicionais, entre os quais se destaca a compatibilização de projetos. No Brasil, já existe um forte incentivo a adoção do BIM, por meio de Leis, Decretos e Normas que vem sendo produzidos com esse objetivo. Entre tais incentivos, destaca-se o Decreto de Nº 10.306 de 02 de abril de 2020, no qual coloca como parte integrante dos processos de projeto a etapa de compatibilização, introduzida na parte b) em seu Art. 4, em que é referenciado a detecção de interferências físicas e funcionais. É evidente que o BIM possui um grande campo de aplicabilidade, no entanto, o trabalho em questão se restringirá a avaliar qualitativamente o processo de compatibilização de projetos por meio de um estudo de caso de um projeto desenvolvido com o uso da metodologia BIM, no ano de 2022, pela Empresa Line Projetos e Construções, situada no município de Macapá, capital do estado do Amapá. O projeto ponderado foi rotulado como Escola Sesi – Ap, caracterizado como uma edificação de dois pavimentos, com 2490 m<sup>2</sup>, tendo todos os sistemas desenvolvidos, modelados e compatibilizados por meio do software Revit da Autodesk em um fluxo de trabalho com o BimCollab. Nesse processo de projeto foi aplicado a coordenação vertical, na figura do coordenador como principal interventor, e a coordenação horizontal, na figura dos colaboradores. Os principais resultados alcançados com essa abordagem foram a assertividade no processo de modelagem de cada sistema envolvido; a alta produtividade para a produção dos projetos; a integração em tempo real de todos os modelos desenvolvidos; a comunicação síncrona e bidirecional entre os intervenientes envolvidos; a diminuição expressiva das incompatibilidades entre os sistemas projetados; os registros das informações, bem como das tomadas de decisão e rastreabilidade das soluções adotadas ao longo do projeto.

Palavras chaves: Bim. Compatibilização. Revit. BimCollab. Parametrização.

## **ABSTRACT**

The production of projects, the construction of works and the development of all types of projects through BIM (Building Information Modeling) processes, provided great advances for civil construction and all the stages that are part of the life cycle of an enterprise. BIM has been technologically structured over the decades, mainly through the parameterization of its tools and, in the current situation, it has been replacing all the traditional processes of CAD projects and, with that, it has been bringing concrete and validated solutions to the old bottlenecks traditional processes, among which the compatibility of projects stands out. In Brazil, there is already a strong incentive to adopt BIM, through Laws, Decrees and Standards that have been produced with this objective. Among such incentives, Decree No. 10,306 of April 2, 2020 stands out, in which it places the compatibility stage as an integral part of the design processes, introduced in part b) of its Art. 4, in which the detection of physical and functional interference is referenced. It is evident that BIM has a wide field of applicability, however, the work in question will be restricted to qualitatively evaluating the project compatibility process through a case study of a project developed using the BIM methodology, in the year of 2022, by the Company Line Projetos e Construções, located in the municipality of Macapá, capital of the state of Amapá. The pondered project was labeled Sesi School - Ap, characterized as a two-story building, with 2490 m<sup>2</sup>, with all systems developed, modeled and made compatible through Autodesk's Revit software in a workflow with BimCollab. In this design process, vertical coordination was applied, in the figure of the coordinator as the main intervenor, and horizontal coordination, in the figure of the collaborators. The main results achieved with this approach were assertiveness in the modeling process of each system involved; high productivity for project production; real-time integration of all developed models; synchronous and bidirectional communication between the actors involved; the expressive decrease of the incompatibilities between the projected systems; records of information, as well as decision-making and traceability of solutions adopted throughout the project.

Keywords: BIM. Parameterization. Compatibility. Revit. BimCollab.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenho frontal e lateral de um templo. Ghorab, Egito, XVIII Dinastia.....	23
Figura 2 - A elevação de Sansedoni .....	24
Figura 3 - Produção de projetos em papel vegetal.....	26
Figura 4 - Canetas com tinta nanquim .....	27
Figura 5 - Elementos básicos de um modelo B-rep.....	29
Figura 6 - Peça de mancal – Eng. Mecânica.....	29
Figura 7 - Formas primitivas e operadores para a geometria sólida construtiva .....	30
Figura 8 - CSG E B-rep .....	31
Figura 9 - Projeto assistido por computador - CAD .....	33
Figure 10 - Projetos na prancheta .....	33
Figura 11 - Incompatibilidade EST x HID .....	35
Figure 12 - Incompatibilidade EST x ELE.....	35
Figura 13 - Projetos em 2D sobrepostos.....	36
Figura 14 - Dimensões fundamentais do BIM .....	41
Figura 15 - 01 Ciclo de vida de um empreendimento.....	41
Figura 16 - 02 Ciclo de vida de um empreendimento.....	44
Figura 17 - Os 25 casos de usos BIM, localizados nas grandes fases do ciclo de vida de um empreendimento, publicados pela PennState .....	45
Figura 18 - Usos do BIM para projeto, construção, operação e manutenção .....	46
Figura 19 - Componentes 3D do modelo agregados de informação .....	50
Figura 20 - 01 Simulação 4D com as ferramentas Synchro Control e a Plataforma iTwin, .....	51
Figura 21 - 02 Simulação 4D com as ferramentas Synchro Control e a Plataforma iTwin .....	52
Figura 22 - Aplicação do 5D, usando o QI Visus, software de Orçamentação BIM 5D da AltoQ .....	53
Figura 23 - Workflow de projetos em CAD .....	56
Figura 24 - Workflow de colaboração no processo BIM .....	57
Figura 25 - Documentos validados no modelo Federado.....	58
Figura 26 - Exemplo do projeto arquitetônico com instalações incluídas .....	59
Figura 27 - Interfaces de trabalho do Revit 2022 .....	66
Figura 28 - Interfaces de trabalho do Revit 2022 .....	67

Figura 29 - AutoCAD Civil 3D para Revit .....	68
Figura 30 - Revit para o Autodesk Inventor .....	68
Figura 31 - Revit associado ao LANDCADD .....	68
Figura 32 - Demonstração do OrçaBIM no Revit.....	69
Figura 33 - Interação entre Revit e Navisworks.....	69
Figura 34 - Alguns formatos de arquivos que o Revit suporta.....	70
Figure 35 - Implantação e construção da edificação Escola Sesi-Ap.....	71
Figura 36 - Colaboradores da Empresa Line Projetos e Construções .....	72
Figura 37 - Projeto de implantação da edificação Escola Sesi-Ap .....	74
Figure 38 - Layout do pavimento térreo .....	75
Figura 39 - Isometria 3D do pavimento térreo e especificação de alguns materiais .	76
Figura 40 - 01 Estrutura das alvenarias e divisórias internas de Drywall do térreo ...	76
Figura 41 - Layout do pavimento superior .....	77
Figura 42 - Isometria 3D do pavimento superior e especificação de alguns materiais .....	78
Figura 43 - 02 Estrutura das alvenarias e divisórias internas de Drywall do superior	78
Figura 44 - Elevações frontal e de fundo.....	79
Figure 45 - Elevações laterais .....	79
Figura 46 - Dimensões das salas de aula .....	80
Figura 47 - Dimensões de pé direito e forro das salas de aula .....	81
Figura 48 - Todos os projetos modelados no Revit .....	84
Figura 49 - Projeto de Arquitetura .....	84
Figura 50 - Projeto Estrutural de concreto armado, Estrutura Metálica e Fundações .....	85
Figure 51 - Projeto de esgoto Sanitário.....	85
Figura 52 - Projeto de água fria e Reutilização .....	86
Figura 53 - Projeto de drenagem e captação de águas pluviais.....	86
Figura 54 - Projeto Elétrico de baixo e média tensão.....	87
Figura 55 - Projeto de Cabeamento Estruturado.....	87
Figura 56 - Projeto de SPDA.....	88
Figura 57 - Projeto Luminotécnico.....	88
Figura 58 - Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio e Pânico (PPCIP).....	89
Figura 59 - Projeto de AVAC.....	89
Figura 60 - Projeto de Acessibilidade .....	90

Figura 61 - Projeto de Interiores.....	90
Figura 62 - Projetos Integrados (Modelo Federado dentro do Revit) .....	91
Figura 63 - Modelos integrados (Visão interna).....	92
Figura 64 - Exemplo de rede local.....	94
Figure 65 - Exemplo de organização das pastas .....	96
Figura 66 - 1º e 2º passo no processo da criação do modelo central.....	98
Figura 67 - 3º passo no processo da criação do modelo central.....	98
Figura 68 - 4º passo no processo da criação do modelo central.....	99
Figura 69 - 5º e 6º passo no processo da criação do modelo central.....	99
Figura 70 - 7º e 8º passo no processo da criação do modelo local de trabalho .....	100
Figura 71 - Modelo local de trabalho .....	101
Figura 72 - 1º, 2º, 3º, 4º e 5º passo no processo para a vinculação do modelo .....	104
Figura 73 - 3D e vista superior do modelo vinculado .....	105
Figura 74 - Etapas de modelagem dos elementos estruturais .....	106
Figura 75 - 01 Locação dos elementos estruturais.....	107
Figura 76 - 02 Locação dos elementos estruturais.....	108
Figura 77 - 03 Locação dos elementos estruturais.....	109
Figura 78 - 04 Locação dos elementos estruturais.....	110
Figura 79 - Separação no data center de cabos trançados e de energia blindados	111
Figura 80 - Coordenação vertical (Etapa de compatibilização) .....	113
Figura 81 - Vínculo dos modelos a serem analisados.....	114
Figura 82 - 01 Clash Detection do Revit entre vínculos e elementos modelados....	115
Figura 83 - 02 Clash Detection do Revit entre vínculos e elementos modelados....	115
Figura 84 - 03 Clash Detection do Revit entre vínculos e elementos modelados....	116
Figura 85 - Detecção das interferências e registro no BIMcollab .....	117
Figura 86 - Registro no BIMcollab com especificações e possíveis orientações.....	118
Figura 87 - 01 Novos registros com base no último relatório .....	118
Figura 88 - 02 Novos registros com base no último relatório .....	119
Figura 89 - Salvar os registros no formato BCF .....	120
Figura 90 - Abrindo o modelo da disciplina envolvida .....	121
Figura 91 - Modelo aberto .....	121
Figura 92 - Vinculando a disciplina envolvida nas interferências detectadas.....	122
Figura 93 - Trabalhando com o plugin BIMcollab para abrir os arquivos BCF's.....	123
Figura 94 - Identificando e corrigindo as incompatibilidades.....	124

Figura 95 - Workflow de resolução de incompatibilidades devidamente aplicado...	125
Figura 96 - Fluxo de trabalho com BIMcollab e o Revit (Coordenação horizontal)..	125
Figura 97 - 01 Corte 3D e a integração entre os sistemas complementares.....	126
Figura 98 - 01 Corte 3D e a integração entre os sistemas complementares e a Arquitetura.....	127
Figura 99 - 02 Corte 3D e a integração entre os sistemas complementares e a Arquitetura.....	127

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Incompatibilidades.....	37
Tabela 2 - Frequência de usos BIM .....	48
Tabela 3 - Dimensões do BIM.....	54
Tabela 4 - Ambientes do pavimento térreo.....	75
Tabela 5 - Ambientes do pavimento superior .....	77

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ACC	Autodesk Construction Cloud
AEC	Arquitetura, Engenharia e construção
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modelling
B-rep	boundary representation
CAD	Computer Aided Design
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEE	Comissão de Estudo Especial
CSG	constructive solid geometry
IFC	Industry Foundation Classes
ISSO	International Organization for Quality
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MIC	Modelagem da informação da construção
NBR	Norma técnica brasileira
nD.	Dimensão em BIM
NIBS	National Institute of Building Sciences
PExBIM	Plano de Execução BIM
PPCIP	Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio e Pânico
SPDA	Sistemas de proteção contra cargas atmosféricas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS GERAIS.....	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
1.3 JUSTIFICATIVAS.....	18
1.4 PROBLEMA .....	19
1.5 HIPÓTESE .....	20
1.6 METODOLOGIA.....	20
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>22</b>
2.1 EVOLUÇÃO DOS PROJETOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO .....	22
2.2 HISTÓRICO DOS PROJETOS DIGITAIS E A PARAMETRIZAÇÃO .....	27
2.3 DA PRANCHETA AO CAD E A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	32
2.4 O BIM .....	39
2.5 OS PRINCIPAIS USOS DO BIM .....	44
2.6 DIMENSÕES DO BIM .....	49
2.7 NOÇÕES DE PROJETOS EM BIM.....	55
2.8 AS PRINCIPAIS FERRAMENTAS BIM DE COMPATIBILIZAÇÃO .....	60
<b>2.8.1 Plataformas BIM</b> .....	<b>60</b>
<b>2.8.2 Aplicativos de revisão de projetos</b> .....	<b>61</b>
2.9 A INTEROPERABILIDADE NA COMPATIBILIZAÇÃO.....	64
2.10 REVIT DA AUTODESK .....	66
<b>3 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>71</b>
3.1 METODOLOGIA DE COMPATIBILIZAÇÃO COM O REVIT .....	83
<b>3.1.1 Organização do Workflow de modelagem em rede local</b> .....	<b>93</b>
<b>3.1.2 Criação do modelo Central de cada disciplina No Revit</b> .....	<b>97</b>
<b>3.1.3 Georreferenciamento da Arquitetura como vínculo do modelo central</b> ..	<b>102</b>
<b>3.1.4 Workflow de detecção de interferências com o BIMCOLLAB</b> .....	<b>111</b>
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	128
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>131</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>133</b>
ANEXOS .....	141
ANEXO A – PRANCHAS DO PROJETO DE ARQUITETURA.....	141
ANEXO B – PRANCHAS DO PROJETO DE ESTRUTURAS .....	144

ANEXO C – PRANCHAS PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA.....	147
ANEXO D – PRANCHAS DO PROJETO DE ESGOTO SANITÁRIO.....	149
ANEXO E – PRANCHAS DO PROJETO DE ÁGUA FRIA .....	152
ANEXO F – PRANCHAS DO PROJETO DE DRENAGEM.....	155
ANEXO G – PRANCHAS DO PROJETO DE PPCIP .....	159
ANEXO H – PRANCHAS DO PROJETO ELÉTRICO-BT .....	162
ANEXO I – PRANCHAS DO PROJETO CABEAMENTO EST.....	165
ANEXO J – PRANCHAS DO PROJETO DE SPDA .....	167
ANEXO K – PRANCHAS DO PROJETO DE AVAC.....	169
ANEXO L – PRANCHAS DO PROJETO DE ELÉTRICO-MT.....	172
ANEXO M – PRANCHAS DO PROJETO LUMINOTÉCNICO.....	173
ANEXO N – PRANCHAS DO PROJETO DE PAISAGISMO.....	176
ANEXO O – PRANCHAS DO PROJETO DE ACESSIBILIDADE.....	177

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de projetos, a construção de obras e o desenvolvimento de todo tipo de empreendimento através de processos BIM (*Building Information Modelling*) ou MIC (*Modelagem da informação da construção*), tal como estabeleceu a ABNT – CEE – 134, apresentam significativas diferenças em relação aos processos convencionais de projetos e construções dentro da indústria da Arquitetura, Engenharia e construção (AEC). De acordo com a CBIC (V.1, p. 28, 2016), sabe-se, pois, que o processo convencional de desenvolvimento de projetos, ainda hoje, é realizado tendo como ferramentas principais algum tipo de CAD (*Computer Aided Design.*), ou seja, projetos e desenhos auxiliados por computador.

Segundo a Autodesk<sup>1</sup> “CAD é uma tecnologia para design e documentação técnica que substitui o desenho manual por um processo “automatizado”, sendo, portanto, comum a utilização dessas ferramentas por desenhistas técnicos, Arquitetos e Engenheiros. Entre as principais ferramentas que se notabilizaram nessa conjuntura, pode-se destacar o CAD 2D ou 3D, tal como o AutoCAD ou o AutoCAD LT. Tais ferramentas, possibilitaram o engendramento de processos de projetos mais eficientes e eficazes quando comparados aos processos anteriores, baseados majoritariamente em desenho feito à mão.

Entretanto, segundo Amorim (2021) vale destacar que os fluxos e processos de informações, bem como as etapas e seus produtos, são totalmente discrepantes dentro da metodologia BIM, quando comparado as metodologias tradicionais como o CAD e, com isso, exigem a obtenção de ferramentas mais sofisticadas para a realização das atividades de projetos, desde a concepção até os processos de comunicação. Nesse sentido, destaca-se o procedimento de compatibilização das disciplinas que compõem um projeto de Arquitetura e Engenharia que, em escala de processos, alcançou um novo patamar dentro da metodologia BIM.

Em se tratando da normalização do processo ou do uso da metodologia BIM em empreendimentos dentro da indústria da construção brasileira, salienta-se que já existe a obrigatoriedade concretizada por meio do chamado Decreto BIM (*Decreto Nº 10.306 de 02 de abril de 2020*), em especial para a aplicação em projetos para a esfera pública federal. De acordo com o decreto supracitado, existe o seguinte calendário:

- 1º) Etapa - Voltada à projetos, tendo início em 01 de janeiro de 2021;
- 2º) Etapa - Orçamentação, planejamento e controle da execução de obras, tendo início em 01 de janeiro de 2024;
- 3º) Etapa - Também voltada a projeto, gestão e controle, bem como o gerenciamento pós-obra, com início em 01 de janeiro de 2028.

Na primeira etapa, o Decreto, em seu artigo 4 traz as seguintes informações:

Art. 4º A implementação do BIM ocorrerá de forma gradual, obedecidas as seguintes fases:

I - Primeira fase - a partir de 1º de janeiro de 2021, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM, nos termos do disposto no art. 10, e abrangerá, no mínimo: a) a elaboração dos modelos de arquitetura e dos modelos de engenharia referentes às disciplinas de:

1. estruturas;
2. instalações hidráulicas;
3. instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado;
4. instalações elétricas;

b) detecção de interferências físicas e funcionais entre as diversas disciplinas e a revisão dos modelos de arquitetura e engenharia, de modo a compatibilizá-los entre si;

c) a extração de quantitativos; e

d) geração de documentação gráfica, extraída dos modelos a que se refere este inciso;" (Decreto Nº 10.306 de 02 de abril de 2020)

Dessa forma, percebe-se que o Decreto nº10.306, dentro da legislação brasileira, coloca como parte integrante dos processos de projeto a etapa de compatibilização, introduzida na parte b), na qual referencia a *detecção de interferências físicas e funcionais*. Além disso, é importante salientar a existência de outras legislações sobre o tema, tal como o Ato 56 da portaria Normativa Nº 56/GM-MD, de 6 de julho de 2020 e, mais recentemente a incorporação dos processos BIM, como preferência de adoção de acordo com a nova Lei de Licitações de nº 14.133, de 1º de abril de 2021, entre outras normas, tais como:

- ABNT NBR 15965 - 1: 2011 - Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura;
- ABNT NBR 15965 - 2: 2012 - Sistema de classificação da informação da construção Parte 2: Características dos objetos da construção;

- ABNT NBR 15965 - 3:2014 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 3: Processos da construção;
- ABNT NBR 15965 - 7: 2015 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 7: Informação da construção;
- ABNT NBR 16636 - 1: 2017 - Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos Parte 1: Diretrizes e terminologia;
- ABNT NBR ISO 12006 - 2: 2018 - Construção de edificação - Organização de informação da construção Parte 2: Estrutura para classificação;
- ABNT NBR ISO 16354: 2018 - Diretrizes para as bibliotecas de conhecimento e bibliotecas de objetos;
- ABNT NBR ISO 16757 - 1: 2018 - Estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais Parte 1: Conceitos, arquitetura e modelo;
- ABNT NBR ISO 16757 - 2: 2018 - Estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais Parte 2: Geometria;
- ABNT NBR 15965 - 4: 2021 - Sistema de classificação da informação da construção Parte 4: Recursos da construção;
- ABNT NBR ISO 19650 - 1: 2022 - Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção - Parte 1: Conceitos e princípios
- ISO 19650 - 2: 2022 - Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção - Parte 2: Fase de entrega de ativos;
- ABNT NBR 15965 - 5: 2022 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 5: Resultados da construção;
- PR1015 DE 06/2022: Ambiente comum de dados (CDE);
- ABNT NBR 15965 - 6: 2022 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 6: Unidades e espaços da construção;

Sendo assim, é válido dizer que todos esses arcabouços de documentos são fundamentais na notoriedade que a metodologia de projetos em BIM apresenta, visto que os ganhos são inúmeros. De acordo com o Sacks et al. (2021) com o desenvolvimento da tecnologia Bim, modelos virtuais precisam de uma determinada

edificação ou construção futura são modelados e construídos de forma digital. Tais modelos dão subsídios a todas as etapas de um projeto, ensejando análises e controles muito mais eficientes quando comparados com os procedimentos convencionais.

Uma vez realizado todo processo de projetos em BIM, os modelos computacionais produzidos apresentam geometria precisa, bem como as informações necessárias para a realização dos serviços de construção, fabricação e contratação, sendo estes pontos fundamentais para a construção, operação e manutenção do empreendimento.

Dentro desse contexto, Sacks et al. (2021) também destaca que uma vez implementado de maneira apropriada, o BIM promove uma integração do projeto com a construção, acarretando precisão, maior qualidade, redução de custos e prazos. Sabendo disso, segundo Amorim (2021) a proposta de funcionamento da metodologia BIM está atrelada a 4 condições fundamentais, a saber são o uso de tecnologias, recursos, procedimentos e pessoas.

Isso, portanto, significa um processo de capacitação contínua de todos os envolvidos e, em se tratando de projetos, destaca-se a equipe, na qual deve consolidar o conhecimento em boas práticas e procedimentos bem sedimentados. Já o uso de tecnologia está fundamentalmente ligado ao uso de computadores com alta capacidade de processamento, bons hardwares, softwares e todo tipo programas e aplicativos voltados ao uso de modelagem da informação. Esse último item (tecnologias) é onde justamente recai o condicionante financeiro, isto é, os recursos, no qual tende a ser rotulado como o um dos principais limitadores do uso da metodologia Bim em processos de projetos que envolve, por exemplo, as atividades de compatibilização.

É evidente que o Bim possui um grande campo de aplicabilidade, no entanto, o trabalho em questão se restringirá a avaliar qualitativamente o processo de compatibilização de projetos por meio de um estudo de caso de um projeto desenvolvido com o uso da metodologia Bim, pela Empresa Line Arquitetura e Engenharia, atualmente conhecida como Line Projetos e Construções, situada no município de Macapá, capital do estado do Amapá. O projeto ponderado foi rotulado como Escola Sesi – Ap, caracterizado como uma edificação de dois pavimentos, com 2490 m<sup>2</sup>, tendo todos os sistemas desenvolvidos, modelados e compatibilizados por meio do software Revit da Autodesk, conjuntamente com o plugin BimCollab.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Tendo em vista a necessidade de projetos otimizados dentro da Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção, o objeto geral deste trabalho é fazer uma avaliação qualitativa do processo de compatibilização das informações gráficas, funcionais e geométricas dos projetos que foram desenvolvidos para a nova escola Sesi – Ap, usando processos BIM, dentro de um fluxo de coordenação vertical e horizontal, nessa etapa de compatibilização.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A) Descrever o processo histórico do desenvolvimento de projetos na indústria da construção;
- B) Descrever acerca da transição entre as ferramentas de desenho, CAD e o BIM, no que tange o processo de compatibilização de projetos.
- C) Descrever o conceito da metodologia Bim, seus usos e a parametrização no processo de compatibilização de projetos.
- D) Destacar as principais ferramentas utilizadas para o processo de compatibilização em BIM;
- E) Descrever o processo de compatibilização, dentro da metodologia BIM;
- F) Realizar avaliações qualitativas da compatibilização dos projetos da Escola Sesi-Ap (dentro metodologia BIM de processos, tendo como ferramenta principal o REVIT da Autodesk em um fluxo de trabalho com o BimCollab).

## 1.3 JUSTIFICATIVAS

No processo convencional de compatibilização de projetos na Engenharia e Arquitetura, tem-se uma grande dificuldade em ajustar, de maneira clara e precisa,

todas as informações gráficas, funcionais e geométricas que envolvem os projetos de Arquitetura, Estruturas de Concreto armado, Estrutura Metálica, Estrutura de Madeira, Estruturas mistas, Sistema de Água fria, Sistema de Esgoto, Sistema Pluvial, Fundações, Sistema de Drenagem, Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio e Pânico (PPCIP), Sistemas de proteção contra cargas atmosféricas (SPDA), Instalações elétricas de alta, média e baixa tensão, Sistemas de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado), Cabeamento estruturado, Paisagismo, Sistemas luminotécnicos, Design de Interiores, Comunicação visual, Acessibilidade e demolição.

Por vezes, sabe-se que tais dificuldades estão atreladas ao fato de o processo convencional de compatibilização de projetos usar como premissa principal para essa atividade, a sobreposição de arquivos 2D de todos os projetos ou parte deles, para a realização da detecção de interferências. É justamente o que destaca Menegaro e Piccinini (2017), em que os mesmos apontam que a falta de integração entre projetos e designers aumentam as incompatibilidades dentro de um projeto, de tal forma que geram atrasos, retrabalho e custos acima do previsto. Dessa forma, tendo em vista o aumento da complexidade dos projetos, a abordagem tradicional do processo de design baseado em 2D perdeu eficiência para atender a projetos mais complexos, do ponto de vista da compatibilização de todos os sistemas que integram o projeto.

#### 1.4 PROBLEMA

Tendo em vista o contexto apresentado, chega-se à seguinte questão problema: Como compatibilizar de maneira clara e precisa, todas as informações gráficas, funcionais e geométricas que envolvem os projetos supracitados de uma edificação tal como uma escola com dois pavimentos, uma vez que a mesma apresenta um médio grau de complexidade?

## 1.5 HIPÓTESE

Diante da necessidade de aplicar uma nova metodologia de trabalho para o processo de compatibilização dos projetos atuais, muito em função da complexibilidade dos mesmos, a metodologia BIM, no que tange às suas diversas ferramentas para otimizar o processo de compatibilização de projetos, entra fortemente como candidato a solucionar o problema, trazendo conceitos e métodos mais otimizados e eficientes para se solucionar as interferências que ocorrem entre os sistemas que compõem um empreendimento, na sua etapa de projeto. Sob essa perspectiva, uma abordagem de trabalho alternativa seria a aplicação de processos de coordenação vertical e horizontal na etapa de compatibilização, dentro de um fluxo de trabalho com a ferramenta Revit da Autodesk e o plugin Bimcollab.

## 1.6 METODOLOGIA

Com o objetivo de esclarecer as questões inerentes ao processo de trabalho projetual dentro da metodologia BIM, especificamente aquelas relacionadas ao processo de compatibilização entre os sistemas envolvidos em um projeto, a abordagem do trabalho em questão será qualitativa aplicada sob a avaliação de um estudo de caso dos projetos que foram desenvolvidos para a escola Sesi - Ap. De acordo com Panasiewicz e Baptista (2013) a abordagem qualitativa apresenta as seguintes características:

(...) preocupa-se mais com a interpretação e a compreensão dos fenômenos e objetos, vê de forma mais articulada os diversos elementos da pesquisa, envolve mais o pesquisador no processo (participação), pode construir a própria teoria da pesquisa durante sua realização, dedica-se mais a qualidade do que à quantidade, busca as singularidades e não necessariamente as generalizações, é mais subjetiva. (Panasiewicz e Baptista, p. 92, 2013)

O trabalho desenvolvido apresenta a sua estrutura organizacional dividido em quatro capítulos. O primeiro deles é a introdução, na qual se organiza de maneira geral os principais aspectos do trabalho, apontando diretamente as questões envolvidas e, buscando assim, direcionar o tema. Neste capítulo, tem-se a exposição dos objetivos gerais que instigaram o desenvolvimento do trabalho em questão, bem como também são relacionados, em ordem crescente de importância, considerando a construção do raciocínio, os objetivos específicos do trabalho. Pode-se destacar ainda a apresentação da justificativa para o tema abordado, ressaltando as principais causas do problema. Além disso, tem-se ainda a questão problema a ser discutida e a proposta de uma possível solução para a questão problema apresentada e, por fim, no capítulo primeiro, também é abordada a metodologia e o método utilizado para o desenvolvimento do trabalho, bem como a sua organização. No capítulo dois, são destacadas as principais bases teóricas e práticas que se tem na referência biográfica acerca do tema tratado, sendo esse um capítulo central do trabalho. No capítulo três é desenvolvido o estudo de caso sobre o desenvolvimento de um projeto, no qual utilizou processos baseados na metodologia BIM para sua produção, especificando uma proposta de trabalho para a etapa de compatibilização entre os projetos envolvidos. Neste mesmo capítulo também serão apresentados os resultados e discussões sobre o projeto e, por fim, no capítulo quatro serão destacadas as considerações finais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 EVOLUÇÃO DOS PROJETOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

A modelagem das edificações tendo como referência a modelagem de sólidos 3D, teve o início de sua estruturação a partir do final de 1970 e nos primeiros anos de 1980, nesse contexto, é fundamental ressaltar que outras indústrias como a de manufatura e a aeroespacial já estavam inseridas nesse processo. (Eastman et al., 2014). Os sistemas CAD (Computed-Aided Design), genericamente chamado de *Projeto Assistido por Computador*, tal como RUCAPS (do qual mais tarde se tornou o sistema Sonata), TRICAD, Calma, GDS, bem como os diversos sistemas estabelecidos em pesquisas pela Universidade Carnegie-Mellon e pela Universidade de Michigan, foram capazes de engendrar ferramentas com as primeiras capacidades básicas em nível de projeto na indústria da construção. (DAY, 2002, Apud. Torth, B; Arch, B, 2017, pg. 37).

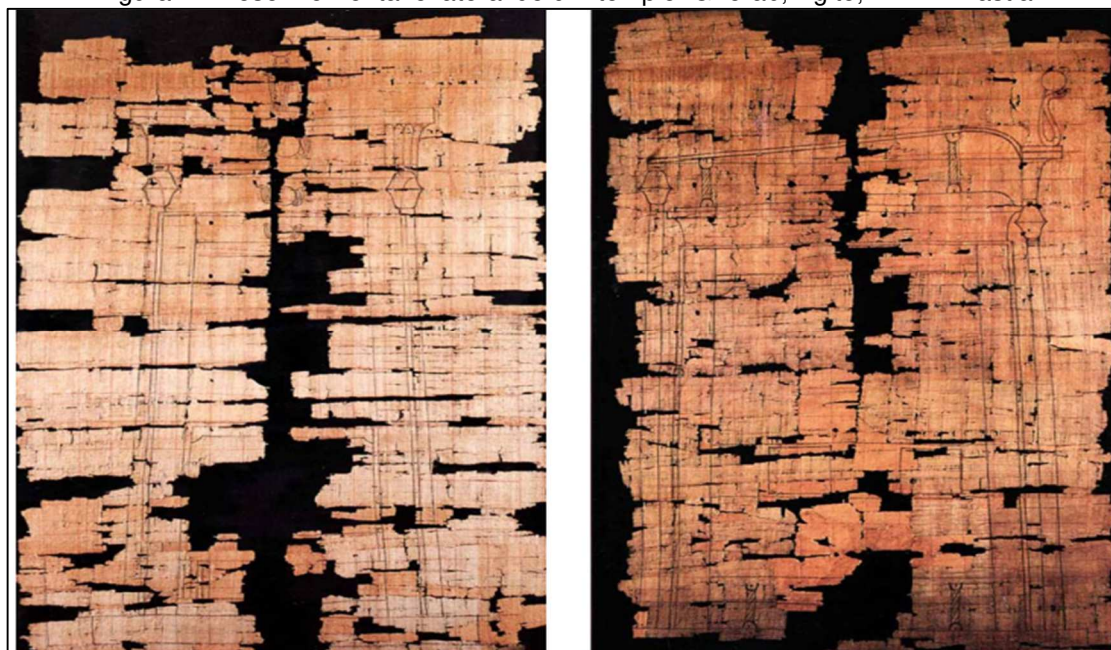
Até o presente momento, isto é, antes das décadas de 60 e 70, houve uma série de processos históricos e culturais para se alcançar o estado atual em que se encontram os projetos dentro da indústria da construção civil. É sob essa perspectiva que se faz necessário relatar os principais acontecimentos que contribuíram para essa evolução projetual.

De acordo com Batista (2010) o estabelecimento da ferramenta desenho foi um marco na arquitetura e na cultura na produção de projetos. O desenho ao longo da história apresentou duas vertentes essenciais, a cultural e a social, sendo essa relacionada ao meio de concepção do projeto, e aquela servindo de instrumento para a execução do projeto (representado pelo desenho), dando origem as interações sociais que a obra produz naturalmente.

É evidência notória que o desenho está presente desde os primórdios da vida humana, quando o homem realizava as suas primeiras representações em cavernas, através dos desenhos, durante o período Mesolítico. No Egito, já foram encontrados muitos indícios da aplicação de desenhos arquitetônicos, dos quais as plantas baseiam-se em malhas de formatos quadrados, croquis e uma gama de imagens de edificações. Encontra-se no museu Egípcio em Torino um desenho que ilustra o

projeto da tumba de Ramsés IV. Destaca-se também um desenho oriundo de Ghorab, no qual está localizado na Universidade de Londres, representando uma elevação frontal e lateral de um possível santuário, projetado sobre uma malha modular, tal como ilustra a figura 1 abaixo. (Millon; Lampugnani, 1994, p.19 Apud. Formigoni, 2005, p. 3).

Figura 1 - Desenho frontal e lateral de um templo. Ghorab, Egito, XVIII Dinastia



Fonte: FORMIGONI (2005, p. 3)

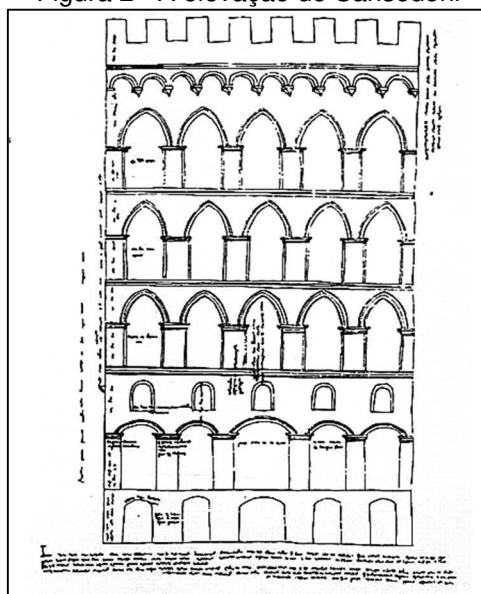
Acredita-se que tais desenhos tinham a função de orientar os funcionários durante as obras daquela época. Já na Grécia, todavia, os desenhos não eram usados como ferramenta para auxiliar os processos de construção, essa tarefa era executada diretamente com os trabalhadores, isto é, as orientações eram passadas in loco de forma verbal. Dessa forma, percebe-se que o desenho era visto como um instrumento secundário. (Robbins, 1994).

É relatado por Fonseca e Vizioli (2014) que, durante a idade média, a maioria das atividades pertencentes ao engenheiro, arquiteto, supervisor e construtor ficavam concentradas nas mãos do chamado Mestre de obra, fato esse que esclarece o motivo pelo qual o desenho, na forma de projeto, declinou durante esse período comparado as atividades da arquitetura durante a antiguidade.

Tendo como base os escritos de Branner (1961), a partir da arquitetura gótica, percebe-se uma alteração no contexto supracitado, visto que se inicia um período cujas construções são agora feitas tendo como base parâmetros de simetria e senso

de tamanho, subsidiadas por orientações através de desenhos. Exemplo disso destaca Harris (2011), no qual relata o corte feito por Palazzo Sansedoni Siena que, muito embora seja simples do ponto de vista das técnicas empregadas atualmente a nível de projeto, no entanto, é de fundamental importância uma vez que expressa uma maneira inovadora de se realizar esse tipo de trabalho, até então concentrado na figura do mestre construtor, agora passa a segmentar as atividades de construção e projeto. Na figura 2 abaixo pode-se verificar o desenho de Palazzo com características ortogonais, proveniente de escalas rudimentares, bem como anotações escritas para auxiliar o processo construtivo.

Figura 2 - A elevação de Sansedoni



Fonte: HARRIS (2011, p. 26)

Dessa forma, compreende-se que tal representação expressa a ideia do projetista, na figura do arquiteto, para uma inovação utilizando o desenho. Com isso, percebe-se o engendramento de um novo contexto profissional, através do estabelecimento de novos conceitos, tal como a autoria projetual, diferença entre as atividades intelectuais e as atividades de campo e, principalmente, o desenho como instrumento para simular a edificação antes mesmo do seu processo de construção. Dentro dessa conjuntura, foi notório os benefícios dessas novas práticas e inovações, pois era possível agora convencer, mais facilmente, aqueles que de fato iriam investir nas construções, bem como realizar várias concepções para as futuras edificações. Mas, pode-se ressaltar que a ruptura mais preponderante causada pelo desenho, nesse contexto, foi a possibilidade que as ideias, agora projetadas e representadas

por meio de desenhos, fossem repassadas aos mestres construtores, sem que o arquiteto precisasse está presente no canteiro de obras, fato esse que permitia que os projetistas se dedicassem aos outros projetos simultaneamente, durante o percurso das obras. Tudo isso encontrou campo fértil no período do Renascimento, fato que contribuiu para o seu crescimento e fortalecimento. (Batista, 2010).

No Renascimento (entre os séculos XIV e XVII) o desenho, como instrumento de projeto, ganha as características de perspectiva linear, estabelecimento de modelos artísticos e estilísticos, resgate das formas clássicas, o uso do tridimensional, por meio das maquetes, aplicação de proporções nos projetos, bem como a união entre a arte e a ciência, definida como a arquitetura da época. (Formigoni, 2005).

É destacado por Gomez e Pellerier (1992) a dificuldade que o arquiteto renascentista apresentava ao tentar mostrar a sua visão de mundo em escalas reduzidas, nesse caso, utilizando o 2D como principal ferramenta. No entanto, ainda assim, os desenhos renascentistas são considerados um ponto de ruptura acerca da concepção de mundo. Embora, naquela época, não fosse tão preponderante, do ponto de vista prático e técnico, tal como é nos dias de hoje, pois os desenhos eram muito mais autônomos do que o próprio processo de construção as edificações, além disso, as plantas, cortes e elevações não eram coordenadas em relação a estrutura da geometria descritiva.

Paralelamente a esse processo, surge, na Itália durante o século XV, a geometria projetiva junto com o Renascimento. A consequência principal disso, foi a introdução dos conceitos de ponto de fuga vinculado à perspectiva, fato que proporcionou aos artistas representar mais realismo para as suas obras. Entretanto, para que esses conceitos ganhassem estrutura matemática concreta e, com isso, serem utilizados de forma técnica, foram necessários cerca de dois séculos. Assim, em 1639, com o notável trabalho acerca da teoria *geométrica das cônicas*, o Broullion Projet, por meio de Girard Desargues (1591-1661) tais conceitos foram formalizados. (Auffinger e Valentim, 2003).

Dessa forma, após o século XIX, tendo em vista a sistematização dos métodos de desenho, baseado no avanço da geometria descritiva, tornou-se possível, descomplicado e eficiente o processo de transformar os desenhos em edificações. Nesse panorama, a geometria descritiva apresentava, como principal característica, a conversão dos objetos tridimensionais em projeções 2D. Esse fato, foi imprescindível durante o processo de revolução industrial, uma vez que permitia o trabalho de

planejamento dos produtos com precisão e controle, fazendo com que essa ferramenta conceitual de desenho fosse disciplina obrigatória para arquitetos e engenheiros. (Batista, 2010).

Essa abordagem histórica do surgimento da noção contemporânea de projeto, subsidiada pelo desenho, faz-se necessária para compreender que, apesar de parecer algo natural dentro da indústria da construção, a utilização dos desenhos em projetos da forma na qual estamos habituados, é um processo recente e foi desenvolvida paulatinamente ao longo da história.

De acordo com Esteio (2008), nos anos de 1970, imperavam os projetos de engenharia e arquitetura representados por meio do desenho manual. Muitas empresas e organizações que trabalhavam com projetos, nesse período, contratavam desenhistas que utilizavam a prancheta como principal ferramenta de trabalho. Nelas, eram detalhadas todas as informações necessárias para um projeto, especificamente sobre o *papel vegetal*. As muitas canetas utilizadas e, com inúmeras espessuras, eram compostas por tinta *nanquim*. Além disso, havia também os chamados normógrafos, ferramentas usadas para a inclusão de letreiros nos desenhos, conjugado as régulas de normógrafo em diversos tamanhos. As figuras 3 e 4 abaixo podem mostrar um pouco dessa rotina e material usado.

Figura 3 - Produção de projetos em papel vegetal



Fonte: Sachs (2023)

Figura 4 - Canetas com tinta nanquim



Fonte: Cleide (2023)

## 2.2 HISTÓRICO DOS PROJETOS DIGITAIS E A PARAMETRIZAÇÃO

A grande maioria dos artesãos que apresentam domínio do seu ofício, conhecem todas as características e peculiaridades de suas ferramentas, sejam elas automatizadas, proveniente do aparato tecnológico, ou baseada no parâmetro manual propriamente dito, típico do trabalho de artesanato.

Todas as ferramentas atuais que estão disponíveis para a realização de trabalhos, a nível de projeto, em todas as indústrias, tais como a automobilística, aeroespacial e a da construção, levaram em torno de quatro décadas de desenvolvimento e pesquisa para alcançar resultados satisfatórios. O produto da evolução de tais ferramentas engendrou o que se conhece hoje como computação para objetos 3D interativos e modelagem paramétrica baseada em objetos. (Sacks et al., 2021).

Historicamente, a modelagem da geometria 3D vem sendo desenvolvida desde a década de 1960, contribuindo para o avanço de muitas áreas, como por exemplo os projetos de Arquitetura e Engenharia, os jogos eletrônicos e o cinema. De acordo com Figueiredo (2011) a capacidade técnica de representar composições de formas poliédricas para visualização, teve resultado já no final da década de 60 e, com isso, possibilitou, em anos subsequentes, a criação do primeiro filme utilizando computação

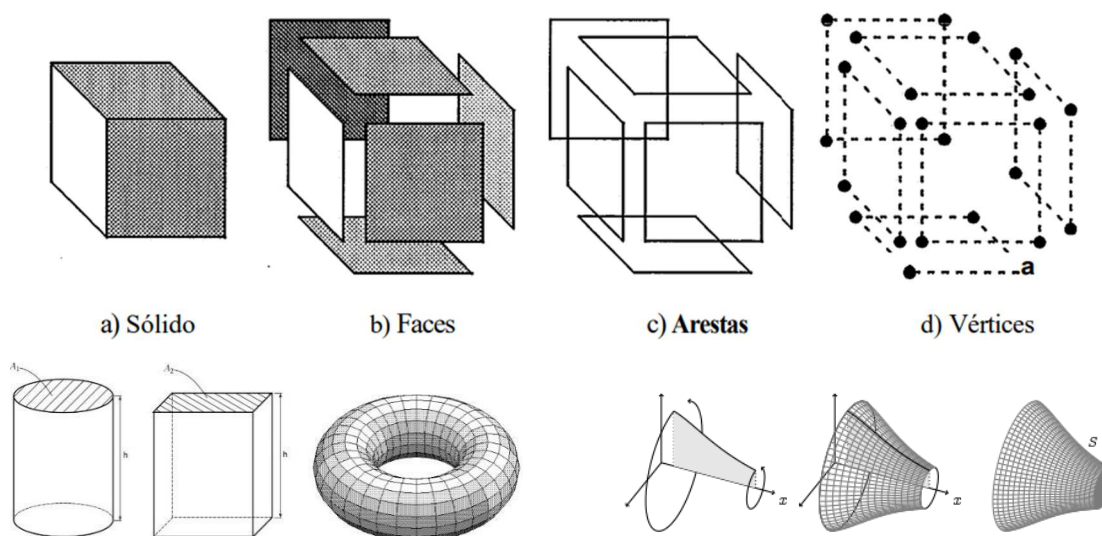
gráfica, *Tron* em 1987. Os formatos poliédricos primários, isto é, os pioneiros nesse processo, apresentavam as seguintes características: eram organizados em uma imagem com um conjunto limitado de formatos parametrizados e escaláveis, no entanto, qualquer que seja o projeto, a premissa principal de trabalho é a capacidade de alterar formas complexas de maneira simples.

Assim, segundo Eastman (1999) tal premissa foi alcançada no ano de 1973, onde 3 grupos distintos de trabalho foram desenvolvidos para esse fim, a saber: Ian Braid, na Universidade de Cambridge; Bruce Baumgart em Stanford; e Ari Requicha e Herb Voelcker, na Universidade de Rochester. A partir desses trabalhos, tornou-se possível a edição de formatos 3D sólidos arbitrários que definem volumes, procedimento esse que ficou rotulado como *modelagem de sólidos*, no qual caracterizou a criação da primeira geração de ferramentas práticas de projeto para esse fim.

Nesse cenário, é destacado por Requicha (1980) onde houve o surgimento de duas maneiras em que tais sólidos poderiam ser modelados, sendo uma delas a chamada *abordagem de representação por fronteira* [B-rep, *boundary representation – representação de fronteira*] e a outra foi denominada como sendo a *abordagem da geometria sólida construtiva* [CSG, *constructive solid geometry – geometria sólida construtiva*].

A abordagem de representação por fronteira destacava a representação das formas diversas como sendo conjuntos fechados e orientados de superfícies delimitadas. Diversas funções computacionais foram criadas e, assim, tornou-se possível dentro do B-rep a formulação de paralelepípedos, cones, esferas, pirâmides parametrizadas, bem como extrusões e objetos de revolução, tal como se percebe na figura 5 abaixo.

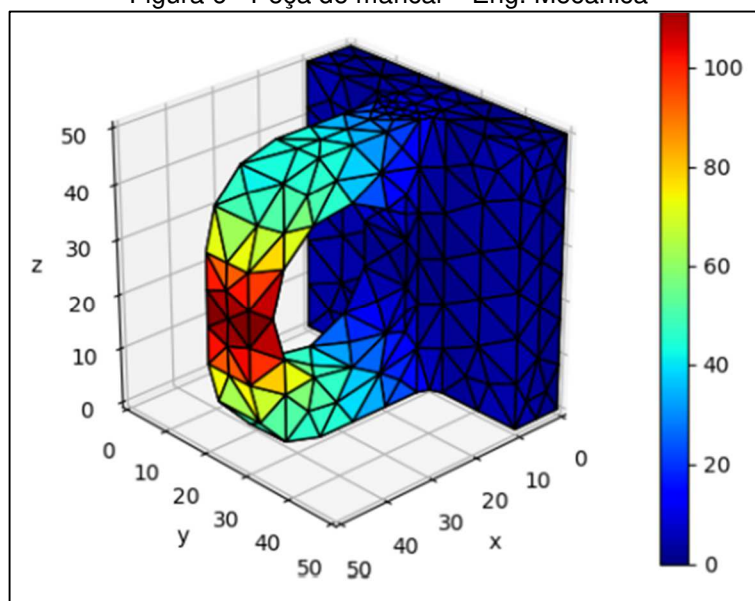
Figura 5 - Elementos básicos de um modelo B-rep



Fonte: Adaptado de Hottum (1992)

Basicamente, o sistema B-rep trabalhava com operações de edição baseado nessas formas que poderiam ser posicionadas uma em relação às outras ou, até mesmo, em muitos casos com a superposição dessas formas por meio da *operação de união, intersecção e subtração espacial, denominadas de operações Booleanas.* (Hottum, 1992). Tais operações permitiam a produção de formatos complexos, tal como se verifica na figura 6 abaixo.

Figura 6 - Peça de mancal – Eng. Mecânica

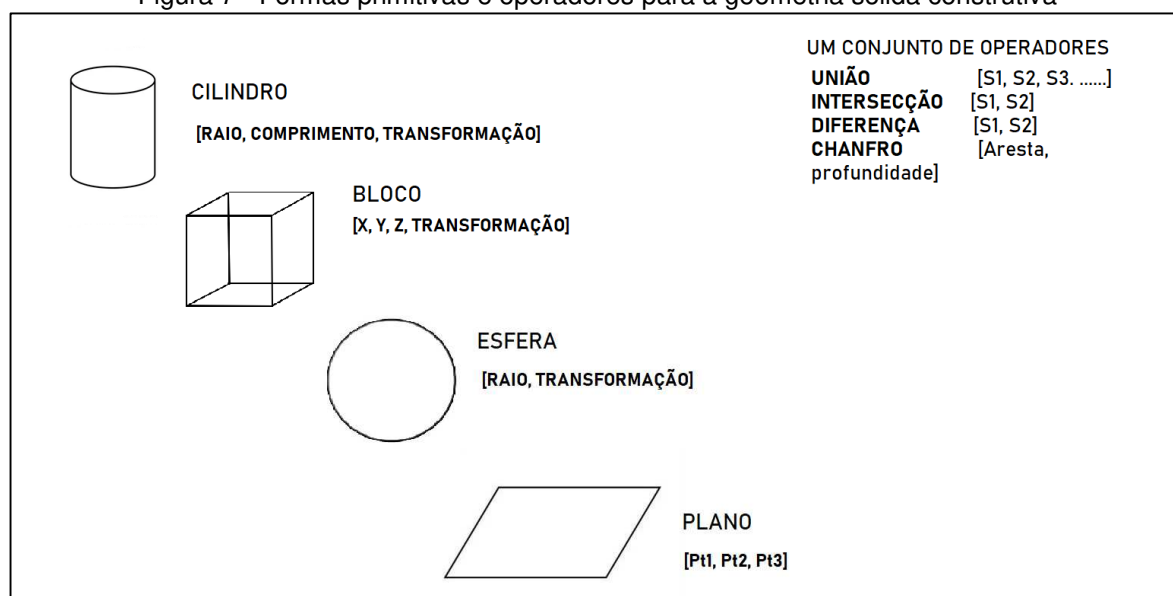


Fonte: Buzogany (2017)

Tais sistemas, tanto o de criação como o de edição dessas formas, proporcionaram a criação de formas volumétricas bem delimitadas, dando origem a edição de formas por meio do computador. (Sacks et al., 2021). Esse fato, engendrou, nas décadas seguintes, a possibilidade de compatibilização de vários sistemas que compõem um projeto, baseando-se em no conceito de parametrização.

Em se tratando da abordagem CSG, a principal característica desse tipo de modelagem de sólidos era a representação da forma como um conjunto de funções dos quais definem os poliedros primitivos, característica essa que pode ser verificada na figura 7 abaixo, similares aos formatos supracitados para o B-rep da figura 5.

Figura 7 - Formas primitivas e operadores para a geometria sólida construtiva

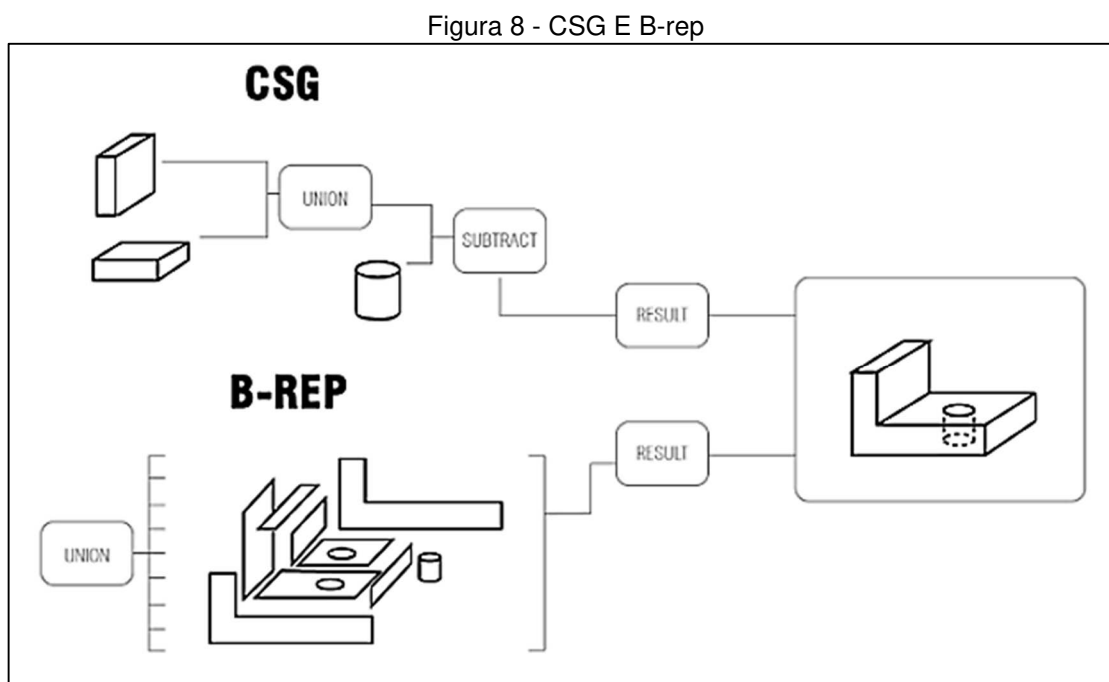


Fonte: Adaptado de Teicholz (2021)

No geral, essas funções são trabalhadas de formas combinadas por meio de expressões algébricas, bem como utilizando o recurso das operações Booleanas, tal como se percebe na figura acima na parte direita chamada de *CONJUNTO DE OPERADORES*. Todavia, a metodologia CGS também tem como base vários métodos para a ponderação da forma final, estabelecida em uma *expressão algébrica*. De maneira simples, pode-se explicar isso ao se verificar que ao ser, hipoteticamente, desenhada em um monitor gráfico um formato aleatório qualquer, ainda assim, não seria possível gerar um conjunto de superfícies delimitadas.

Dessa forma, tem-se que as principais diferenças entre o B-rep e a CSG, é que essa armazena os parâmetros do objeto para definir os componentes de sua forma, por meio de uma fórmula algébrica para formá-los conjuntamente. Já o B-rep tem

como característica predominante o armazenamento dos resultados das sequências de operações, bem como dos argumentos dos objetos que compõem a forma dos componentes gerados. Para situações simplificadas, ambos os métodos poderiam chegar no mesmo resultado, tal como se verifica na figura 8 abaixo.



Fonte: Gasperin (2021)

Segundo Scott (1993) esses dois métodos, a princípio, trabalhavam para mostrar qual seria o mais eficiente. No entanto, logo percebeu-se que ambos deveriam ser combinados, contribuindo para a edição dentro da árvore CSG, genericamente rotulada de *forma não avaliada* e, com o B-rep para a visualização e interação dentro do processo de edição, fato que proporciona a composição de formas, portanto denominada de *forma avaliada*. Como consequência desse processo, atualmente, a maioria esmagadora das ferramentas modernas de modelagem paramétrica, bem como todos os modelos digitais de edificações, tem como base ambas as representações, com a atuação da CSG para a edição e a B-rep para visualização, medição, identificação de conflitos (hoje, rotulado como processo de compatibilização), assim como outros usos que fogem ao parâmetro de edição.

De acordo com Eastman (1975); Requicha (1980) as ferramentas computacionais que formaram a primeira geração, suportavam apenas o tipo de modelagem de objetos 3D facetados, arredondados e cilíndricos, todos com atributos associados, fato esse que tornou possível que tais objetos fossem compostos em

conjunto de engenharia, como protótipos de motores, plantas industriais ou de edifícios. Com isso, tem-se a abordagem híbrida precursora da modelagem paramétrica moderna, muito utilizada dentro do conceito contemporâneo de projetos.

De acordo com NBR 13531, no qual trata acerca da elaboração de projetos e edificações, estabelece o processo de modelagem de um projeto, seus requisitos gerais, específicos e todos os sistemas necessários e que compõem um empreendimento a ser construído. Além disso, ressalta todas as etapas que o projeto deve seguir, desde a etapa de levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, anteprojeto, projeto legal, projeto básico e projeto executivo. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995).

Dentro da indústria da construção, o conceito moderno de projeto, até então não abordava questões relacionadas às problemáticas que o processo de produção de projetos poderia suscitar, em especial as situações relacionadas a detecção de interferências entre os vários sistemas envolvidos para projetos ligados a empreendimentos de grandes complexidades. Projetos em pranchetas e no próprio CAD, já não eram mais suficientes, dentro da metodologia tradicional, para trazer soluções de compatibilização desses sistemas de forma assertiva, otimizada e eficiente. Dessa maneira, fazia-se necessária buscar novas soluções para esses impasses.

### 2.3 DA PRANCHETA AO CAD E A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

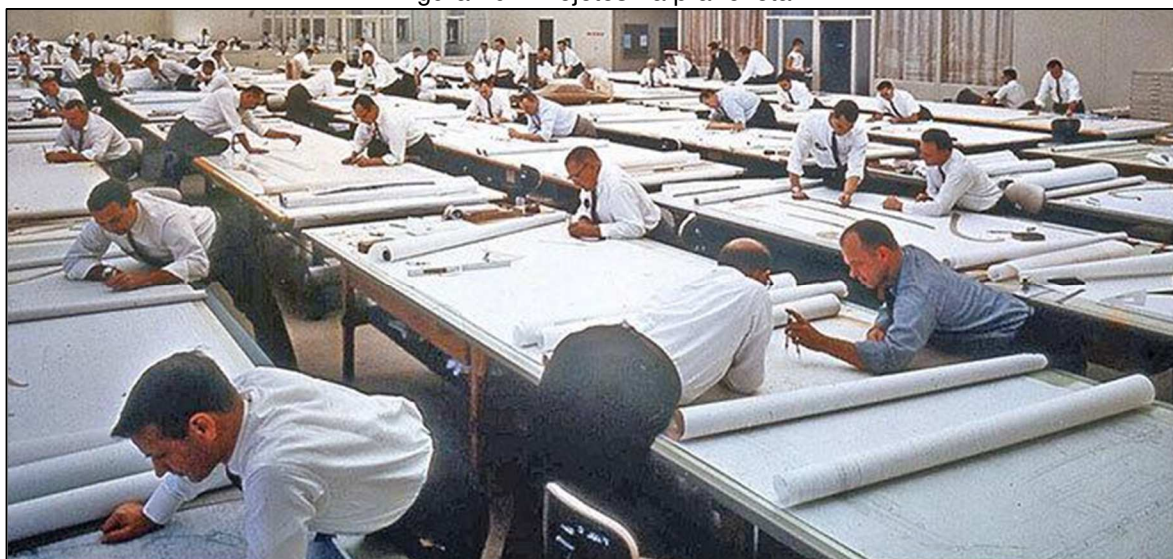
Em meio a esse processo, acontece a clássica transição entre o projeto feito em prancheta para o uso do CAD, ou seja, a digitalização do processo de desenho, no qual promove de maneira imediata o aumento da produtividade e a racionalização do método de projeto, tal como se verifica nas figuras 9 e 10 abaixo. (Nunes e Leão, 2018).

Figura 9 - Projeto assistido por computador - CAD



Fonte: Autodesk (2023)

Figura 10 - Projetos na prancheta



Fonte: Ferramental (2021)

Dentro desse contexto de transição, faz-se necessário salientar que, embora fosse nítido os benefícios trazidos pelo CAD nessa conjuntura, havia ainda uma clara limitação tecnológica em termos de processamento e armazenamento de informações, bem como a própria gestão dela quando comparado ao atual contexto de projeto contemporâneo. (Figueiredo e Filho, 2011; ABDI, V.1, 2017).

Esse fato tendia a restringir o avanço na metodologia de projetos, visto que ao se comparar a metodologia com o uso da prancheta, em relação ao CAD, certamente houve ganhos no que concerne ao número de profissionais trabalhando em um projeto, ou seja, outrora era necessário vários desenhistas técnicos para preparar

várias pranchas de determinado sistema, com o CAD bastava apenas 1 ou 2 especialistas da área para efetuar o trabalho, evidentemente que o tamanho do projeto influenciava nesse quantitativo de profissionais envolvidos. Havia ainda a questão custo no que tange a quantidade de materiais, tal como é supracitado por Esteio (2008) como as várias pranchetas, conjuntos de canetas especiais e etc. Além disso, pode-se destacar também o grande gasto de tempo para se simular várias tipologias projetuais de determinada solução com uso da prancheta, tempo esse que foi diminuído, vertiginosamente, com o CAD.

No entanto, de acordo Couto et al. (2021) a própria metodologia de projetos com o CAD apresentava limitações que causavam muitos impasses a nível de informações e incompatibilidades dos sistemas envolvidos, durante o processo de produção dos projetos, principalmente quando envolvia projetos de alta complexidade, uma vez que o método utilizado para compatibilizar vários sistemas complexos dentro de um projeto, era a simples superposição dos vários sistemas envolvidos. Esse trabalho de superposição de sistemas poderia ser realizado de duas formas: a superposição dos projetos impressos ou a superposição dos projetos com o uso do CAD, sendo essa mais comum que aquela.

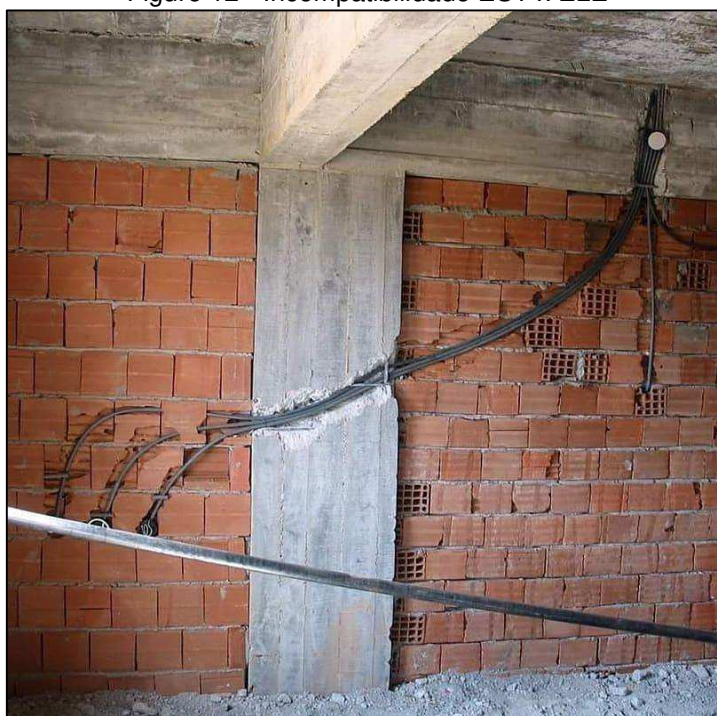
O objetivo desse procedimento era de encontrar as interferências que um sistema poderia causar sobre outro, por exemplo, interferências clássicas entre projeto hidráulico e estrutura de concreto armado, em situações onde as tubulações perfuram vigas e até pilares, mesmo nesse último caso sendo algo totalmente desfavorável do ponto de vista estrutural. Em outros casos, incompatibilidades até mesmo entre os sistemas estruturais e os eletrodutos do sistema elétrico, tal como se vê nos compilados da figura 11 e da figura 12 baixo.

Figura 11 - Incompatibilidade EST x HID



Fonte: Google Imagens

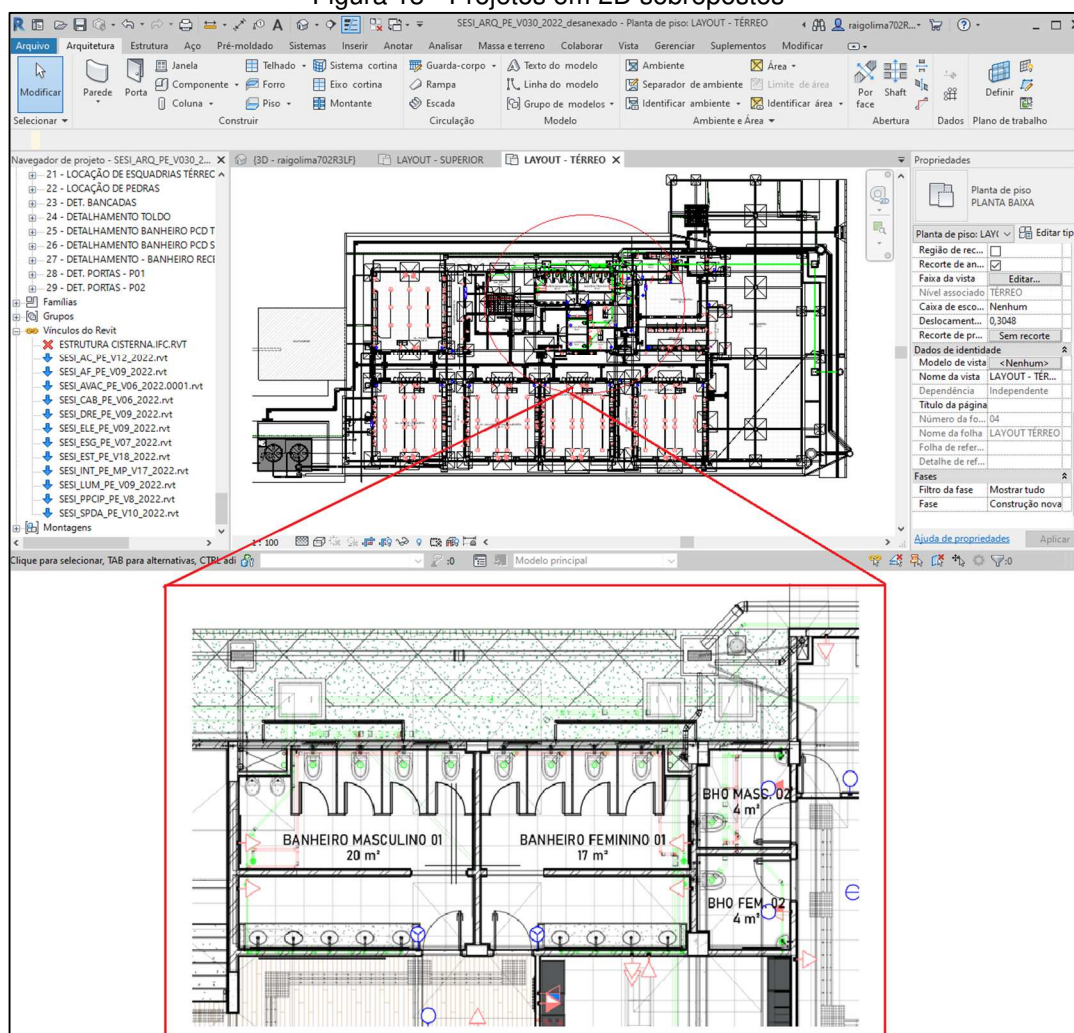
Figure 12 - Incompatibilidade EST x ELE



Fonte: Google Imagens

Geralmente essa tarefa era realizada por um profissional da arquitetura ou da engenharia, tendo um certo requisito de experiência, visto que identificar colisões entre os projetos só é possível, dentro dessa metodologia, com o uso do 2D apenas, quando se conhece a fundo os projetos e suas nuances, bem como os processos executivos de cada um dos sistemas. A figura 13 abaixo mostra uma etapa desse procedimento.

Figura 13 - Projetos em 2D sobrepostos



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

A figura mostra a superposição de projetos a nível 2D, isto é, com base na metodologia tradicional, usando-se os sistemas CAD, em que o principal deles, por ser o mais utilizado, foi o AutoCad da Autodesk. No entanto, na figura acima, essa sobreposição de projetos foi realizada em uma outra ferramenta, chamada de REVIT, cuja criadora também é a Autodesk, porém, essa será descrita com mais detalhes em tópicos a frente. O mais importante a se destacar nesse momento é que existe uma

evidente dificuldade de se ponderar as interferências que podem existir entre os projetos que são analisados a nível 2D, pois em função do aspecto de profundidade ser algo subjetivo e omissivo nesse processo, torna-se dispendioso e demorado esse tipo de trabalho que, embora possa ser possível quando um profissional experiente o executa, ainda assim fica sujeito a erros, naturais do trabalho humano. (Figueiredo et al. 2018).

Além disso, destaca-se ainda que em função da fragmentação do trabalho de projetos, é muito difícil que uma única empresa desenvolva todos os projetos sozinha, fato esse que torna ainda mais suscetível o surgimento de problemas de compatibilização. Nesse caso, a principal causa está atrelada justamente a uma falha na comunicação entre os envolvidos, no uso de sistemas e softwares distintos e que não trabalham colaborativamente, produzindo erros de informações nos projetos, nos memoriais descritivos e técnicos. Nesse sentido, Rodrigues destaca, de maneira mais ampla, que a indústria da construção vem demandando por mais tecnologia, visto que nas últimas décadas os muitos problemas estão diretamente vinculados com os seguintes fatores: “Inexistência de interoperabilidade; *Incompatibilidade de projetos*; mal planejamento; Levantamento de materiais deficitário; Orçamentação frágil; Ineficiência no gerenciamento e Atraso nas entregas de obras.” (Rodrigues et al, p. 226, 2017).

Em se tratando exclusivamente das incompatibilidades que ocorrem, Mazione (2021) destaca, na tabela 1 abaixo, as principais causas de colisões que ocorrem em projetos, segundo experts, em ordem de importância decrescente.

Tabela 1 - Incompatibilidades	
Causas dos problemas de compatibilização	
A	Falta de comunicação entre os membros da equipe de projetos
B	Prazos insuficientes de projeto
C	Erros de projeto
D	Complexidade dos projetos
E	Usos de projetos em 2D e em 3D
F	Projetos imprecisos (usos de placeholders)
G	Uso de nível de informação Inadequado (detalhamento)
H	Objetos com dimensões ou com formas inadequadas
I	Falta de conhecimento em BIM
J	Outras causas

Fonte: Adaptado de Akponeware e Adamu (2017) Apud Mazione (p. 68, 2021)

Dessa forma, tais problemas tinham seus efeitos e consequências sentidos no processo de execução das obras, com resultados muitas vezes catastróficos do ponto de vista do custo do orçamento das obras, atrasos no planejamento de execução desses empreendimentos e até mesmo impasses jurídicos por parte dos clientes, seja no setor privado ou no setor público. (Correia et al, 2017).

Dentro dessa conjuntura de impasses, pode-se destacar também o surgimento de patologias após a construção propriamente dita. É o que destaca Marciel e Melhado (1995), no qual analisou que cerca de 58% das patologias nas edificações são oriundas de inconformidades projetuais. Dessa maneira, a indústria da construção começa a voltar sua atenção para a importância de estudar metodologias de trabalhos, a nível de projetos, que fossem capazes de estabelecer com eficiência e otimização a compatibilização de tais sistemas, de forma que tais impasses fossem atenuados ou sanados. De acordo com Aleixo e Junior (2019), como consequência do bom processo de compatibilização se erra menos no canteiro de obras, diminuindo os retrabalhos, promovendo qualidade, desempenho, usos eficazes dos recursos e cumprimento do cronograma de obras.

Dessa forma, suscita a importância do conceito de *parametrização* dos projetos, no qual teve seu início justamente com o desenvolvimento dos sistemas de B-rep e CSG supracitados. Entretanto, devido a essa questão limitante de processamento e hardware, na conjuntura em que tal conceito foi apresentado, não foi possível que os benefícios da parametrização fossem alcançados. Somente após décadas de desenvolvimento tecnológico que o conceito de parametrização de projetos, dentro da indústria da construção, pode encontrar um campo fértil para mostrar o seu verdadeiro potencial. (Ellewanger et al. 2016).

E a partir disso, surge uma metodologia de trabalho que engloba todos os processos que envolvem a criação de um empreendimento, desde a concepção inicial, envolvendo a viabilidade, as questões jurídicas, ambientais, projetuais, a construção, bem como os métodos utilizados e a demolição do mesmo no fim de seu uso.

Todos esses pontos fazem parte do chamado ciclo de vida de um empreendimento, e o processo de compatibilização dos projetos, no qual está inserido na criação desse empreendimento na etapa de coordenação, é apenas uma das muitas etapas que compõem essa metodologia de trabalho que, genericamente, ficou rotulada como BIM, do acrônimo em inglês denominado de *Building Information Modelling* ou MIC (*Modelagem da informação da construção*). (Sacks et al., 2021).

Em suma, Ruschel et al. (2013) destaca que a compatibilização dos projetos pode ser entendida como uma atividade com o objetivo de gerenciar e integrar os projetos correlatos, tendo como consequência o ajuste entre os mesmos, de forma que se alcance os padrões de qualidade determinados para a obra. Segundo Solano (2005) o processo de compatibilização pode ser dividido em 5 esferas de atuação: a esfera estratégica do projeto, a esfera mercadológica, a esfera de viabilidade econômica, a esfera de construtibilidade e a esfera que trata do fluxo da operação.

Tais esferas são perfeitamente sintetizadas por Souza e Figueiredo (2021), em que os mesmos afirmam que a aplicação dessas pode ser entendida da seguinte forma:

No nível *estratégico*, temos características que devem ser respeitadas, como o cronograma proposto, os custos previstos, o foco na satisfação do cliente e o respeito à padronização do produto final. No nível *mercadológico*, temos características como o foco nos projetos para o cliente final, com representações gráficas e memoriais descritivos dos projetos atendendo aos requisitos do cliente. Sobre os aspectos de *viabilidade técnico-econômica*, é importante levar em consideração as análises de indicadores de consumo de materiais, de custos e de produtividade. Já em relação a aspectos de *construtibilidade*, é importante que seja atingido o objetivo da compatibilização do projeto que fora proposto. Por fim, em relação à esfera de *fluxo da operação*, é importante fazer cumprir os prazos dos cronogramas, dar divulgação por meio de processo compartilhado e não liberar desenhos com pendências. (Solano, 2005 Apud. Souza e Figueiredo, p. 34, 2021)

Com isso, percebe-se que o processo de compatibilização não se restringe apenas a uma análise de colisões e detecção de interferência entre sistemas que compõem um empreendimento, suas aplicações são muito mais amplas e estão integradas a várias etapas do ciclo de vida da edificação.

## 2.4 O BIM

Tendo em vista o que foi apresentado até o momento, torna-se fundamental estabelecer o conceito BIM à luz das principais referências nacionais e internacionais

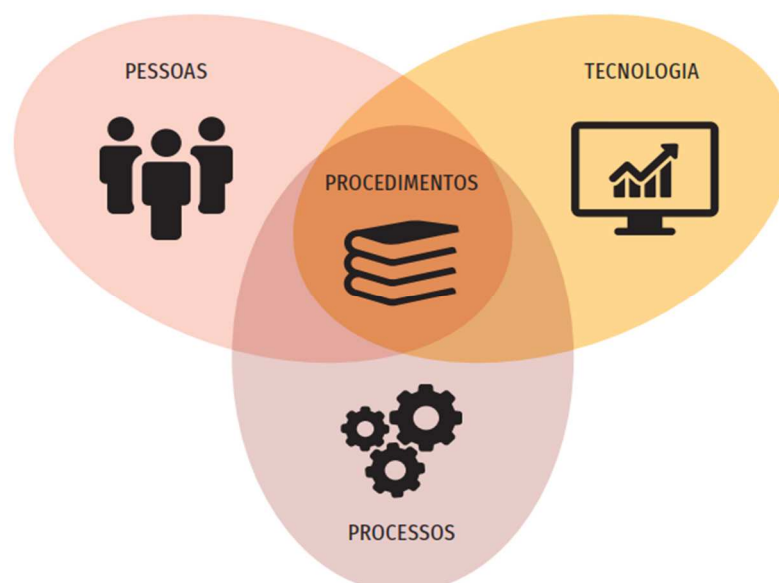
para que tal conceito seja bem estruturado e, com isso, possa-se alcançar os objetivos supracitados em questão.

De acordo com a coletânea da CBIC (V.1,2016, p. 22), o BIM do acrônimo *Building Information Modeling*, pode ser definido de três formas:

- A) sendo a primeira delas, como um arcabouço de *processos, políticas e tecnologias*, nos quais quando atuam de forma conjunta promovem uma metodologia de trabalho que pode ser aplicada no âmbito do projeto de empreendimentos ou instalações, possibilitando *simulações do desempenho* desses objetos, *gerenciamento das informações em vários níveis em todo o ciclo de vida da edificação*, utilizando, para tanto, *plataformas digitais*, sendo estas compostas pelos chamados objetos virtuais;
- B) A segunda definição diz que BIM é fundamentado por meio de um processo paulatino que envolve a *modelagem, o armazenamento, a consolidação, transferência e a facilidade de acesso ao arcabouço de informações* que compõe uma edificação ou sistemas de instalações que se almeja construir, gerenciar e operar;
- C) Já a terceira definição conceitua o BIM como uma inovadora plataforma de tecnologia da informação usada dentro da indústria da construção, na qual tem a sua materialização vista por meio de um conjunto de softwares, que podem ser distintos, trabalhando simultaneamente para um mesmo fim, proporcionando diversas funcionalidades, tal como a modelagem dos dados de um projeto, bem como suas especificações, possibilita que o processo tradicional de projetos, baseados apenas em documentos, sejam realizados de outras formas (com base nos modelos) muito mais eficazes.

De acordo com a coletânea da ABDI (V.1, 2017, p. 10), o BIM é entendido como uma inovação disruptiva, por promover grandes mudanças das técnicas tradicionais de projetos, criando novos mercados e promovendo uma nova cultura organizacional dentro da indústria da construção, sendo composto por três dimensões fundamentais: *tecnologia, pessoas e processos*, intimamente ligados entre si por meio de procedimentos, normas e boas práticas. A figura 14 abaixo mostra esses aspectos.

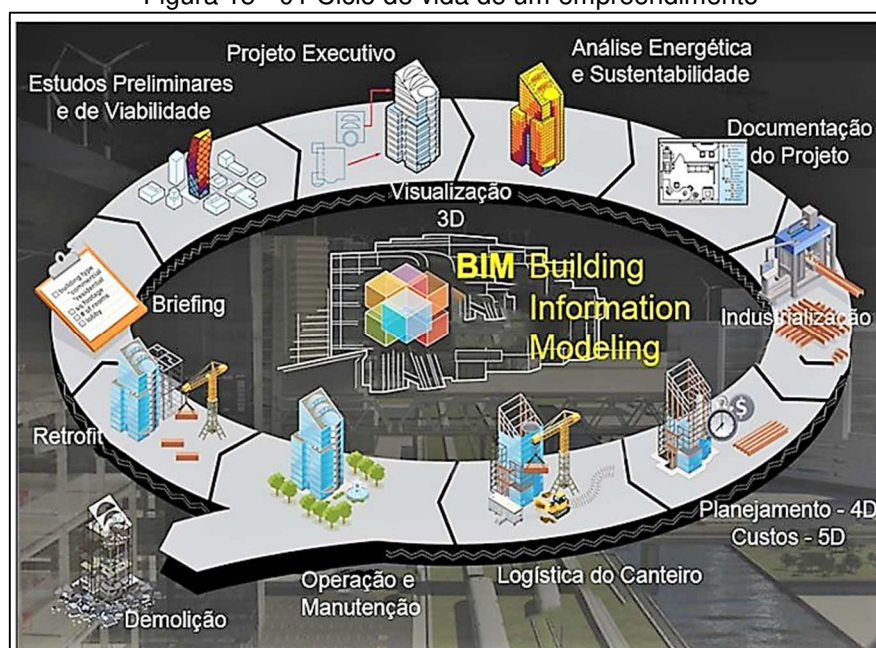
Figura 14 - Aspectos fundamentais do BIM



Fonte: ABDI (V.1, 2017)

Segundo o Caderno de especificações em projetos em BIM (2018) de Santa Catarina o conceito BIM tem como base uma metodologia de trabalho vinculada a troca e ao compartilhamento de informações que fazem parte do chamado ciclo de vida de um empreendimento, nas etapas relacionadas a viabilidade, projetos, construção, operação, manutenção e demolição, uma vez que proporciona explorar e analisar várias alternativas para um empreendimento. A figura 15 abaixo destaca esses aspectos.

Figura 15 - 01 Ciclo de vida de um empreendimento



Fonte: Caderno de especificações em projetos em BIM – SC (2018)

Já no Caderno BIM (2018) da coletânea de cadernos de especificações técnicas para contratação de projetos em BIM de Curitiba, conceitua BIM como um processo cuja principal característica é a colaboração de todos os envolvidos. Tal processo de trabalho é constituído por modelos geométricos dotados de informações que podem ser compartilhadas e gerenciadas durante o ciclo de vida de um empreendimento, com o objetivo de proporcionar metodologias de trabalho para processar essas informações em ambientes virtuais, com diferentes softwares atuando simultaneamente, de forma colaborativa, para propor as melhores soluções.

Uma outra definição na literatura nacional é a estabelecida no Caderno de projetos e de Gestão em Edificações em BIM (2020) de Brasília na qual estabelece que o conceito Bim se pode dá da seguinte forma:

A tecnologia BIM (Building Information Modeling – Modelagem de Informações da Construção), permite criar digitalmente um ou mais modelos virtuais precisos de uma construção. Eles oferecem suporte ao projeto ao longo de suas fases, permitindo melhor análise e controle do que os processos manuais. Quando concluídos, esses modelos gerados por computador contêm geometria e dados precisos necessários para o apoio às atividades de construção, fabricação e aquisição por meio das quais a construção é realizada. (Caderno de projetos e de Gestão em Edificações em BIM, p. 39, 2020).

Entre as normas internacionais acerca do BIM, a ISO 19650-1 que fala acerca da aplicação e implementação da modelagem de informação de construção (Building Information Modelling - BIM), é de fundamental importância, inclusive é referência para as normas brasileiras da ABNT. Em se tratando dessa ISO, Ribeiro et al. (2021) destaca que a mesma define o BIM com um processo de modelagem da informação da construção, no qual atua diretamente na gestão da informação, uma vez que determina a metodologia de estruturação da informação necessária para serem processadas pelos aparatos tecnológicos. Com isso, ao se aplicar a metodologia, pode-se alcançar eficiência no que concerne a diminuição de desperdícios/retrabalhos no processo de projeto, construção, operação e manutenção.

De acordo com o Padrão Nacional de Modelagem de Informações de Construção dos Estados Unidos, NIBS (2007), o BIM pode ser definido 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 pré-existente, 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.

E para finalizar essas definições, o manual BIM de Sacks; Eastman; Lee e Teicholz (2021), escrito pelos principais pesquisadores da área na atualidade, destaca a seguinte definição:

Para o propósito deste livro, definimos BIM como uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. BIM é o acrônimo de “Building Information Modeling” (Modelagem da informação da construção), refletindo e enfatizando os aspectos processuais, e não de “Building Information Model” (Modelo da informação da construção). Os objetos do processo BIM são modelos da construção, ou modelos BIM. (Sacks; Eastman; Lee e Teicholz, p. 14, 2021)

Portanto, percebe-se que o conceito BIM é amplo e, uma vez aplicado com o objetivo de se alcançar a construção de um empreendimento, envolve uma gama de fatores que perpassam desde os estudos de viabilidade, questões técnicas, orçamentárias, políticas, jurídicas, processuais, metodologias projetuais específicas para cada caso, tecnologia de trabalho, envolvimento e colaboração contínua e simultânea entre todos os envolvidos, desde os clientes (sejam públicos ou privados, na figura do contratante), a contratada, com seus colaboradores internos e externos, bem como com os fornecedores.

Dessa maneira, um dos principais objetivos do BIM é justamente estruturar todo esse arcabouço supracitado e materializá-lo virtualmente, e isso é o que se conhece como Modelagem da Informação da Construção, e não uma simples representação gráfica em 3D de uma edificação, mas engloba seus aspectos de concepção até o seu descomissionamento, sendo reutilizado ou demolido no final do seu ciclo, tal como se verifica na figura 16 abaixo. (ABDI, v. 1, 2017).

Figura 16 - 02 Ciclo de vida de um empreendimento



Fonte: ABDI (V.1, 2017)

## 2.5 OS PRINCIPAIS USOS DO BIM

No geral, os usos pretendidos para a aplicação da metodologia BIM são definidos no chamado plano de execução BIM (PExBIM), no qual é um documento que estabelece a participação e a responsabilidade de cada integrante ao longo do empreendimento, os objetivos e os produtos a serem alcançados, sendo tal documento incorporado nas questões contratuais entre os envolvidos. Em relação ao PExBIM, Mazione (2021) estabelece os principais pontos que esse documento deve considerar:

A identificação dos *objetivos e usos* da modelagem da informação da construção (BIM) no projeto em questão; A definição do processo de projeto com o uso da modelagem da informação da construção (BIM); O

detalhamento das trocas de informação necessárias ao processo de projeto com o uso da modelagem da informação da construção (BIM); A definição da infraestrutura necessária para o desenvolvimento do projeto considerado; O estabelecimento dos procedimentos de controle da qualidade dos modelos e documentos. (Mazione, p. 56, 2021)

A coletânea CBIC (V.1, p. 98, 2016) destaca que em dezembro de 2009 foi publicado um artigo na chamada Pennsylvania State University, localizada nos Estados Unidos, na qual estabeleceu 25 possíveis usos para o BIM. A figura 17 abaixo destaca esses usos organizados dentro das fases do ciclo de desenvolvimento.

Figura 17 - Os 25 casos de usos BIM, localizados nas grandes fases do ciclo de vida de um empreendimento, publicados pela PennState



Fonte: CBIC (V. 1, p. 98, 2016)

Segundo o Guia AsBEA (2013) a metodologia BIM apresenta uma série de aplicações em relação aos seus usos dentro do ciclo de desenvolvimento dos projetos, construção e operação de empreendimentos. Em se tratando de tais usos, é fundamental estabelecer a princípio quais são os objetivos que se deseja alcançar

com a metodologia BIM, seja no processo interno do escritório ou na disponibilização de outros serviços diferenciados. Assim, uma vez estabelecidos os objetivos, são determinados então os usos pretendidos, dos quais irão nortear a infraestrutura necessária, o arcabouço de treinamentos e os processos convenientes ao tipo de uso selecionado. Sendo assim, o guia AsBEA destaca os seguintes pontos em relação aos usos na figura 18 abaixo:

Figura 18 - Usos do BIM para projeto, construção, operação e manutenção



Fonte: GUIAAsBEA (p. 9, 2013)

Entre alguns autores com autoridade sobre o assunto, destaca-se Succar (2015), no qual estudou 125 possíveis usos para o BIM, dispostas e organizadas em

três tipos de categorias e nove tipos de séries, sendo grande parte dos usos atuais derivados desses.

Acerca dos usos pretendidos para o BIM, é sabido que cada modelo adotado possui diferentes tipos de dados, que são atribuídos de acordo com o uso específico. A exemplo disso, está a aplicabilidade de simulações energéticas que, para tanto, faz-se necessário incorporar aos componentes do modelo BIM dados e informações de transmitância térmica ou curva de distribuição luminosa. Em outras aplicações mais rotineiras ao processo de uso da metodologia Bim, tal como a extração de quantitativos, é importante que os componentes tenham sido desenvolvidos com a função de entregar esses quantitativos no processo. Entretanto, muitas vezes é comum que vários elementos não sejam modelados geometricamente no modelo, tal como parafusos, fechaduras, rodapés e etc., mas podem ser incluídos como uma informação textual vinculada ao modelo ou, em alguns casos, simplesmente representados como uma massa volumétrica nas etapas iniciais do projeto, podendo, ser virtualmente representados como elemento construtivo em fases mais maduras do projeto.

Nesse sentido, todo material produzido nas várias etapas do processo BIM, tende a se diversificar, como por exemplo no processo de projeto em que, de acordo com o seu desenvolvimento, há sempre o aumento de informações agregadas ao modelo, e isso também se aplica aos usos pretendidos. Dessa maneira, é fundamental estabelecer claramente os objetivos do projeto, alinhando a infraestrutura disponível, bem como a capacidade da equipe, de tal forma que não aconteçam surpresas em relação a usos pretendidos que não foram solicitados no início do processo, fazendo com que recursos, inicialmente não previstos, sejam gastos sem necessidade e, com isso, comprometam a **metodologia BIM adotada**.

**De acordo com Amorim (2021)**, pode-se utilizar o mesmo uso em diferentes níveis de evolução do projeto, diferenciando-se no nível de especificação e precisão do uso adotado. A exemplo disso, destaca-se a estimativa de quantitativos e determinação de conflitos entre os sistemas que acontecem tanto nas fases iniciais como em etapas mais evoluídas. Em relação às estimativas de custos, de início o escopo de quantitativos podem trabalhar com os pisos e fachadas, típicos dos estudos iniciais, tendo em vista que uma vez atrelados a parametrização de suas informações, é possível adquirir uma razoável precisão fazendo simulações de possíveis alterações para etapas mais avançadas. Já para as verificações de conflitos nas etapas iniciais,

é possível estabelecer uma prévia compatibilização entre arquitetura e estrutura, e nas etapas mais evoluídas propor espaços de montagem e acesso a materiais, bem como a coordenação dos sistemas complementares.

Dentre os muitos usos pretendidos para a metodologia BIM, a tabela 2 abaixo destaca os principais, adaptado de Ralph Kreider, John Messner, and Craig Dubler, Apud Amorim (2021, p. 27).

Tabela 2 - Frequência de usos BIM

Uso do BIM	Frequência
Na coordenação 3D de projetos	60%
Na revisão de projetos	54%
No desenvolvimento do projeto	42%
Projeto da solução construtiva	37%
Na modelagem de condições existentes	35%
No planejamento e controle 3D	34%
Aplicação em programação de serviços	31%
Planejamento 4D (Custos e prazos)	30%
Registro de montagem	28%
Utilização no Canteiro	28%
Análise do canteiro/implantação	28%
Análise estrutural	27%
Análise energética	25%
Orçamentação	25%
Avaliação de sustentabilidade LEED	23%
Análise de sistemas construtivos	22%
Gestão de espaços/monitoramento	21%
Análise mecânica	21%
Validação de regulamentos e legislação	19%
Análise lumínica	17%
Outras análises de engenharia	15%
Fabricação digital	14%
Gestão de ativos	10%
Programação de manutenção	5%
Planejamento de atendimento a desastres	4%

Fonte: Amorim (2021, p. 27)

Portanto, percebe-se que a conceituação dos usos do BIM não é algo tão simplório, visto que existe uma série de possibilidades de aplicações, no entanto, quando direcionado ao âmbito projetual específico, deixa de ser complexo, visto que passa a está equalizado com os objetivos do empreendimento, com a capacidade da

equipe, com as políticas e processos da empresa, com a infraestrutura necessária e com os recursos disponíveis. Todos esses pontos devem está devidamente descritos no plano de execução BIM (PExBIM).

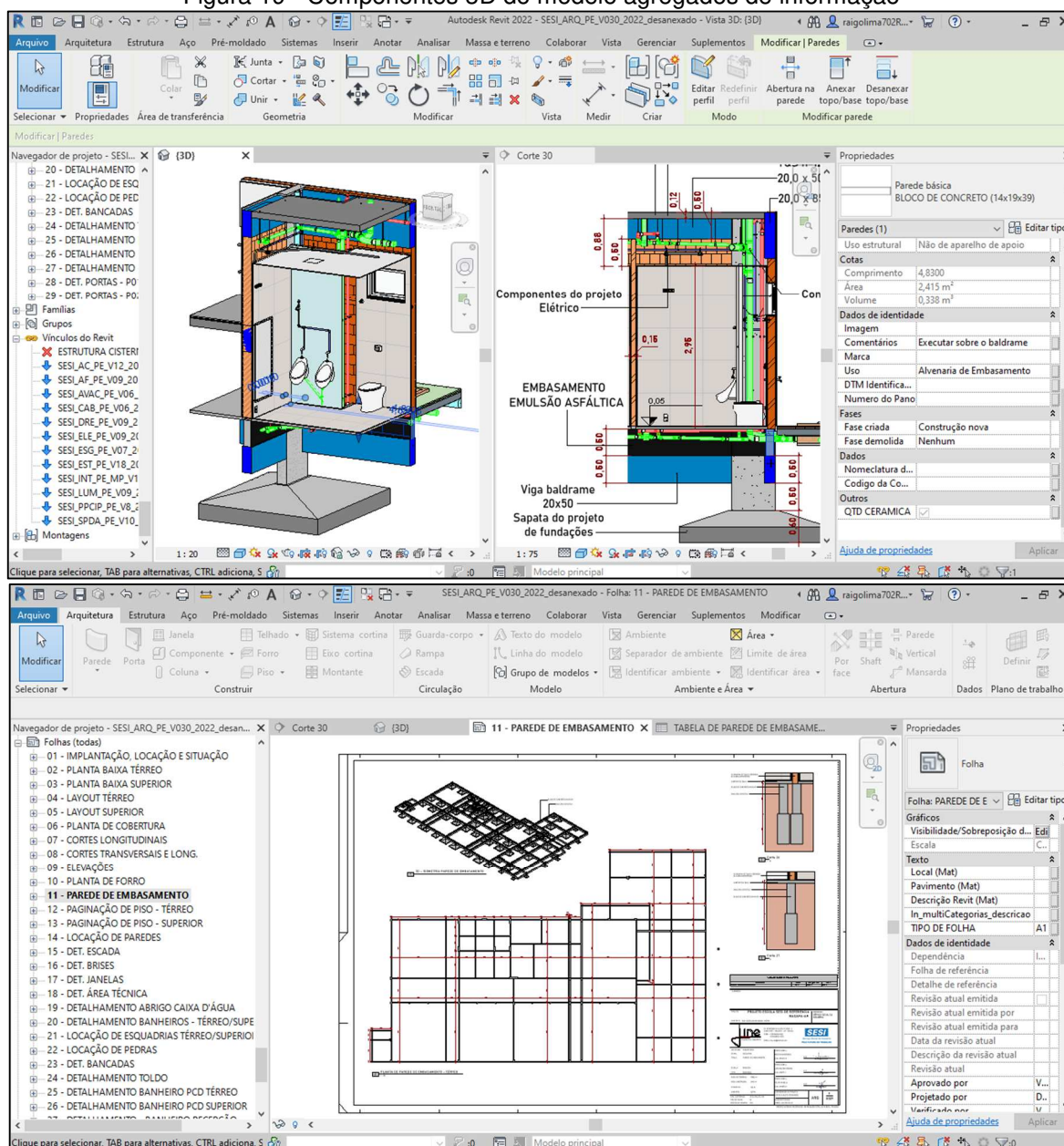
## 2.6 DIMENSÕES DO BIM

De acordo com Fisher Apud Rodrigues (p.237, 2017) no processo de modelagem em BIM, é possível que sejam incluídas aquilo que se conhece como dimensões em BIM, ou os chamados *nD's*. Essas dimensões estão relacionadas ao grande quantitativo de sistemas envolvidos em um projeto de engenharia, com isso, usa-se o processo de modelagem *nD.*, tendo em vista uma função específica, e assim seja possível ponderar o impacto de muitos aspectos do empreendimento de maneira holística e efetiva.

O conceito atual de dimensões do BIM está intimamente associado ao número de informações que é agregada ao modelo, com o objetivo de estudá-las, extraí-las e utilizá-las para algum fim específico durante todas as etapas que envolvem o empreendimento. (Monteiro, 2017)

Segundo Campestrini (2015) o BIM pode apresentar as dimensões 3D, 4D, 5D, 6D e *nD*, cada qual relacionado a uma atividade específica, ou seja, a uso específico, ou a um conjunto deles. Por exemplo, um modelo computacional atribuído de informações espaciais como elementos de fundação, vigas, pilares, lajes, paredes, portas, janelas, tubulações e etc., pode ser classificado como um modelo 3D. Desse modelo, pode-se extrair diversas informações sobre as especificações de materiais e acabamentos, quantitativo dos materiais, simulação de soluções para concepção, bem como auxílio no processo de compatibilização dos sistemas existentes. Além disso, do próprio modelo 3D são organizadas todas as pranchas técnicas relativas ao projeto. Tal como se vê na figura 19 abaixo, na qual retrata a extração de dados aplicados na produção de uma prancha.

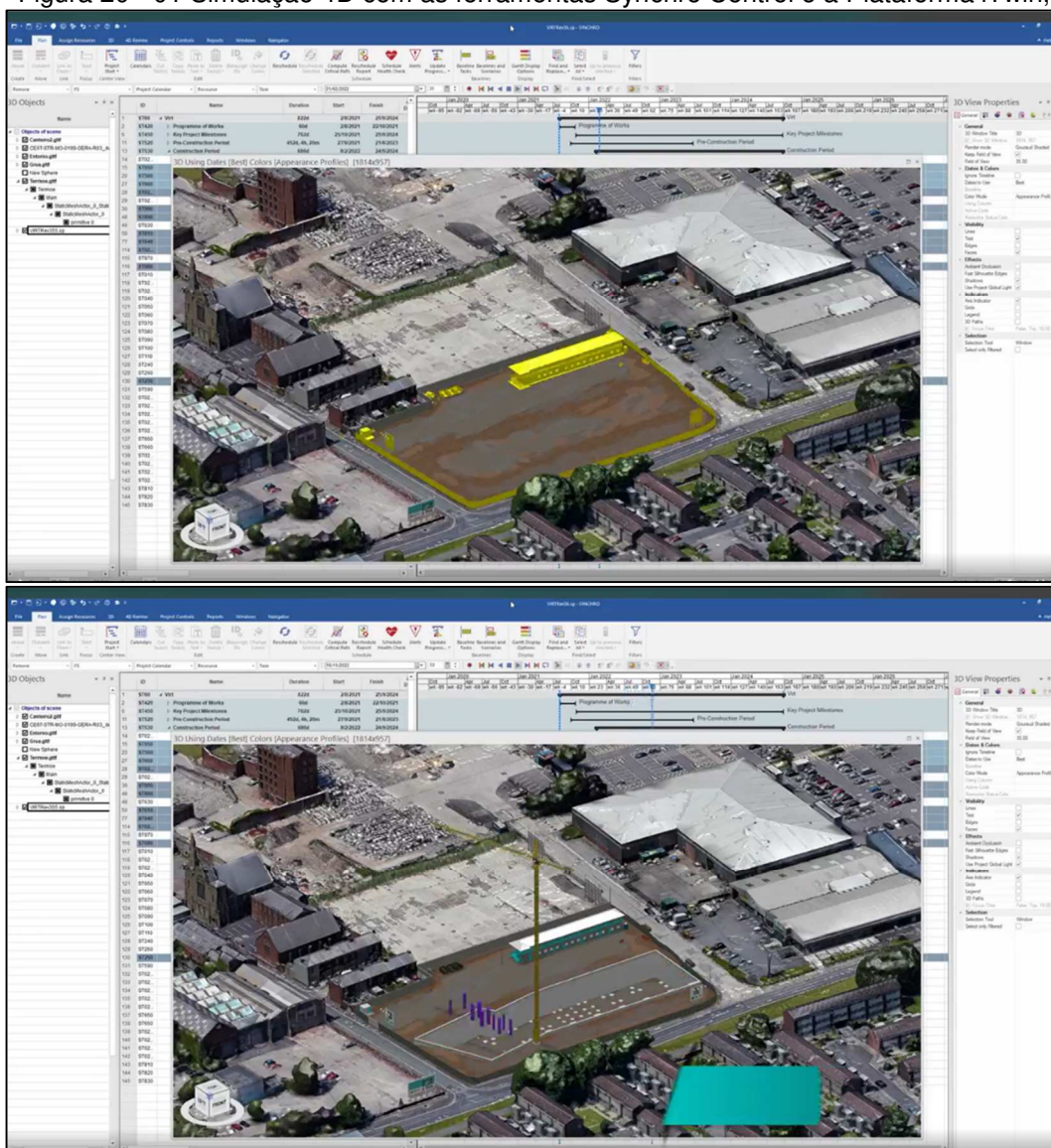
Figura 19 - Componentes 3D do modelo agregados de informação



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

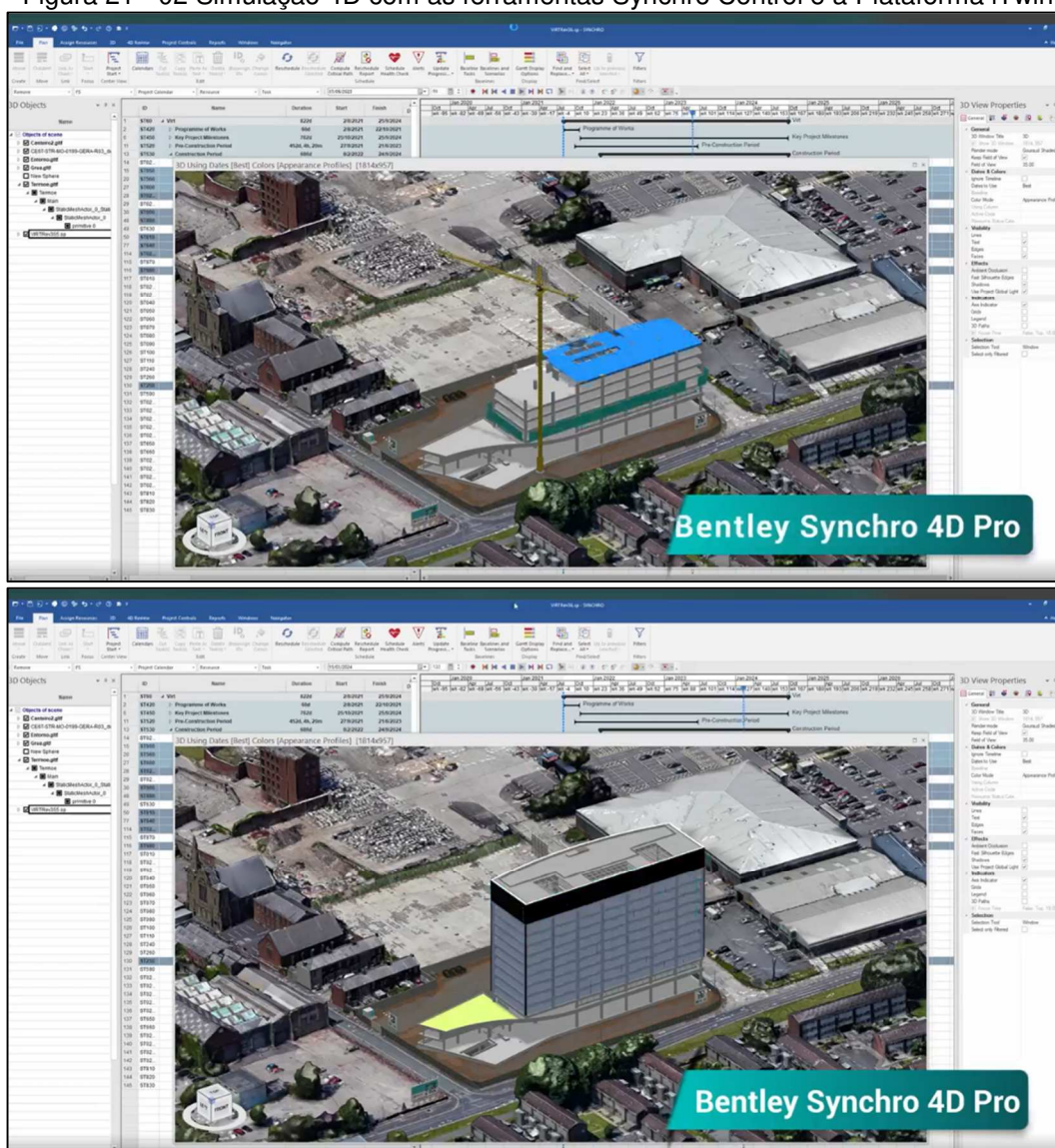
O mesmo autor destaca que ao organizar o fluxo de trabalho BIM, no workflow de projetos, para que o modelo receba informações de prazos, considerando, por exemplo, sequência construtiva do empreendimento, produtividade das equipes de produção e número de colaboradores por frente de serviço, então, tem-se o que se conhece como BIM 4D. Com este modelo em mãos é possível simular a organização do canteiro de obras, otimizar o fluxo de materiais, simular processo de montagens, otimizar o cronograma de obras, estabelecer o início e término de cada atividade e ritmo de produção. Tal como se vê nas figuras 20 e 21 abaixo destacada pela empresa Virtuart (2022), no qual publicou o poster em novembro de 2022 no LinkedIn.

Figura 20 - 01 Simulação 4D com as ferramentas Synchro Control e a Plataforma iTwin,



Fonte: Virtuart (2022)

Figura 21 - 02 Simulação 4D com as ferramentas Synchro Control e a Plataforma iTwin



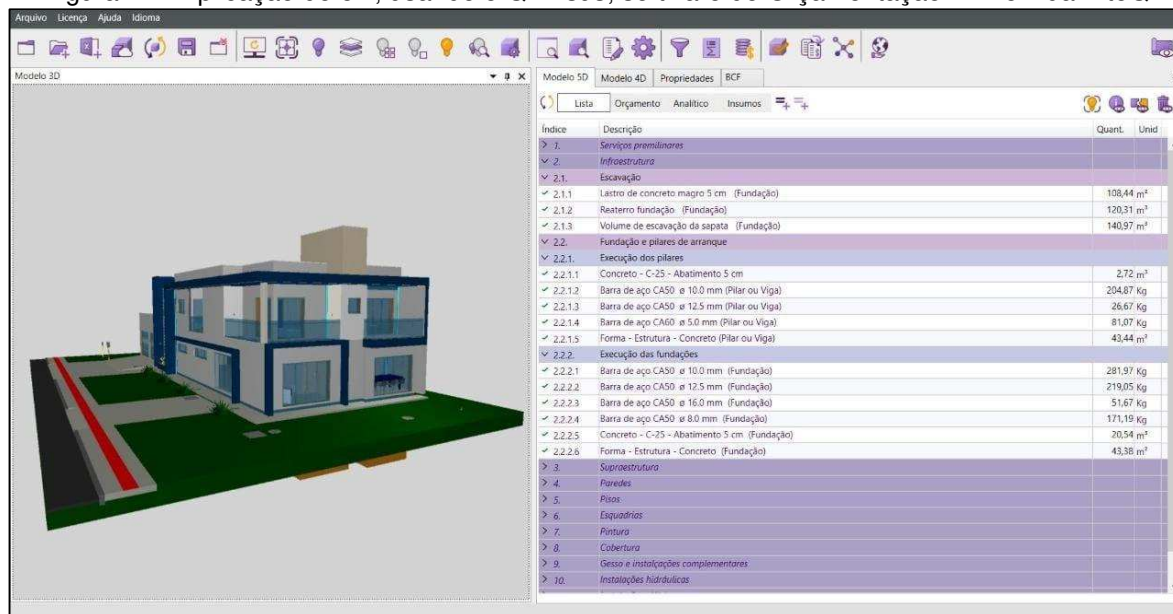
Fonte: Virtuart (2022)

A empresa em questão destaca que com o Synchro Control e a Plataforma iTwin, é possível simplificar o fluxo de trabalho exportando o modelo do Synchro 4D Pro diretamente para o Unreal Engine 5. É possível realizar animações complexas, interação virtual com qualidade no canteiro de obras, metodologias construtivas e logística.

Também é ressaltado por Campestrini (2015) que na ocasião onde o modelo é programado para receber informações de custo dos serviços, tais como o custo de materiais, mão de obra e equipamentos, despesas indiretas e diretas, e etc., o mesmo será rotulado como modelo BIM 5D, no qual é possível extrair informações como o custo das atividades da obra e as curvas ABC. Como exemplo de aplicação mais atual acerca da dimensão 5D, é destacado a publicação do Eng. Civil David Shinkai (2022),

no qual publicou o pôster em novembro de 2022 no LinkedIn, tal como se vê na figura 22 abaixo.

Figura 22 - Aplicação do 5D, usando o QI Visus, software de Orçamentação BIM 5D da AltoQ



Fonte: Shinkai (2022)

De acordo com o autor da publicação o uso dessa ferramenta QI Visus, traz uma série de benefícios, entre os quais se destacam a realização de um orçamento "vivo", atualizando os quantitativos após sincronização; a utilização de bases de referência como o Sicro, Sinap, Siurb, etc; a facilidade na exportação de informações de uma composição própria; a realização de quantificação paramétrica, conforme critérios de medições; possibilidade de criar regras, a partir da geometria do modelo, para levantamento de quantitativos de elementos não modelados; possibilidade de trabalhar através de arquivos IFC, por ser Open BIM e gerir o chamado BCF integrado que permite ao orçamentista interagir diretamente com as equipes de projeto.

Em se tratando do uso da informação do modelo empregado na operação da edificação, tem-se o chamado modelo BIM 6D, no qual pode ser utilizado para ponderar a validade dos materiais aplicados, os ciclos de manutenção, consumo de energia elétrica, o consumo de água e etc. Com isso, é possível obter os custos de manutenção e operação do empreendimento.

Em suma, é sabido que quanto maior o número de dimensões o modelo se propor a trabalhar, então maior será o quantitativo de informações que farão parte dos fluxos de trabalho, demandando mais tempo e aumentando a complexidade do modelo.

Nesse sentido, Lee (2005) apud ABDI (v. 3, p.27, 2017), ressalta os seguintes aspectos sobre essas últimas dimensões:

Na literatura não existe consenso sobre os usos a partir do 6D, conforme LEE (2015), havendo interpretações acerca de 7D como sendo modelos orientados para dar suporte a iniciativas de sustentabilidade e eficiência energética, assim como 8D inferindo a segurança no trabalho. Novamente salienta-se que se trata de tema que possui diversas interpretações e usos, que devem ser padronizados à medida que normas específicas forem criadas definindo regras claras e objetivas para tanto. (Lee 2005 apud ABDI, v. 3, p.27, 2017)

A tabela 3 abaixo destaca, de forma direta, uma sugestão para as dimensões do BIM.

Tabela 3 - Dimensões do BIM

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 (v. 3, p. 28, 2017)

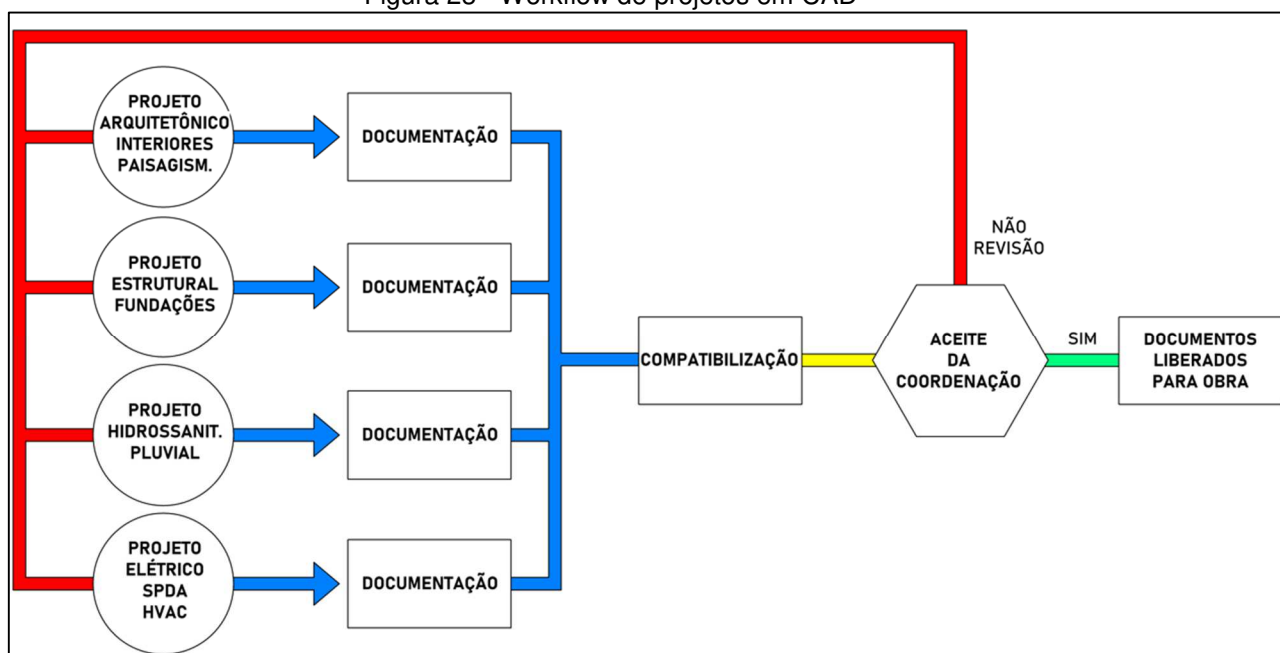
## 2.7 NOÇÕES DE PROJETOS EM BIM

Em se tratando de projetos em BIM, logo se tem a tendência de se associar o mesmo ao 3D, no entanto, tal como foi supracitado em vários tópicos deste trabalho, os processos Bim são bem mais complexos. O modelo BIM, deve cumprir muitas funções, das quais vão muito além do 3D, visto que é formado pelos chamados “objetos virtuais”, sendo esses rotulados como representações digitais que estruturam a geometria com inúmeras informações acerca do uso desse componente, e são compostos por regras paramétricas que organizam a sua aplicação nos projetos. Dessa forma, não é possível criar uma janela sem a presença de uma parede que a incorpore, sendo esse o chamado objeto hospedeiro. Com a utilização desses objetos virtuais é possível extrair relatórios de especificações, quantitativos associado a seus custos, visualizações coordenadas de qualquer ponto do modelo, assim como a possibilidade de criação de cronogramas, que vão auxiliar o controle da obra, bem como auxiliando na operação das edificações quando a mesma estiver construída. (SACKS et al., 2021).

No entanto, para que esse workflow de trabalho seja possível, é necessário que o processo de trabalho entre os profissionais envolvidos seja colaborativo, coordenado e simultâneo.

De acordo com a CBIC (v.4, 2016) no processo de projetos em CAD, o fluxo de informações está atrelado essencialmente à documentação gráfica. Nesse sentido, para simplificar e organizar esse fluxo são estabelecidas fases e etapas projetuais, com o objetivo de ponderar se as soluções adotadas em cada disciplina são compatíveis entre si, tal atividade de “compatibilização” pode ser verificada na figura 23 abaixo. **(CBIC, v. 4, 2016)**

Figura 23 - Workflow de projetos em CAD

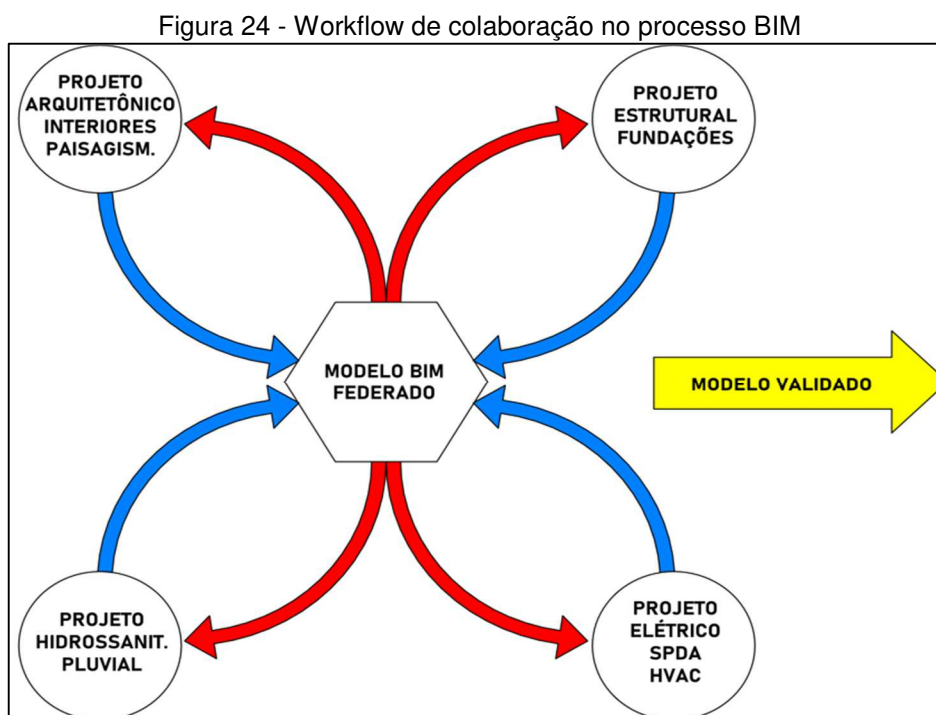


Fonte: Autor, adaptado de Amorim (p. 18, 2021)

De acordo com o fluxograma da figura, percebe-se que a compatibilização é ponto central do workflow de trabalho, sendo essa etapa caracterizada como uma forma de sanar os equívocos e inconsistências projetuais, gerando, portanto, mais uma rodada de retrabalho quando os sistemas não são validados pela coordenação, alterando muitas vezes a concepção das soluções adotadas e, conseqüentemente alterações documentais, fato esse que gera um grande volume de trabalho. Além disso, é possível que aconteçam várias rodadas de processos de análise de compatibilização em uma mesma etapa quando a coordenação não apresenta eficácia nas análises dos sistemas. Vale ressaltar, que esse processo de trabalho é caracterizado como linear e sequencial, uma vez que se repete em cada etapa de evolução projetual, e um projeto depende da finalização dos outros projetos para avançar em direção a etapa de compatibilização, fato esse que causa maiores prazos de entrega para a execução dos projetos. (Mazzone, 2021)

Em contrapartida ao processo em CAD, no qual os sistemas devem aguardar os precedentes serem concluídos, acompanhados muitas vezes da conclusão das pranchas técnicas, cortes e vistas, bem como de relatórios e especificações desagregados desses documentos técnicos supracitados, no BIM o processo de comunicação entre os profissionais envolvidos é considerado síncrono e bidirecional, visto que todos os participantes têm acesso a um ambiente comum de dados,

formando efetivamente o modelo BIM, tal como mostra a figura 24 abaixo. (Amorim, 2021).



Fonte: Autor, adaptado de **Amorim (p. 18, 2021)**

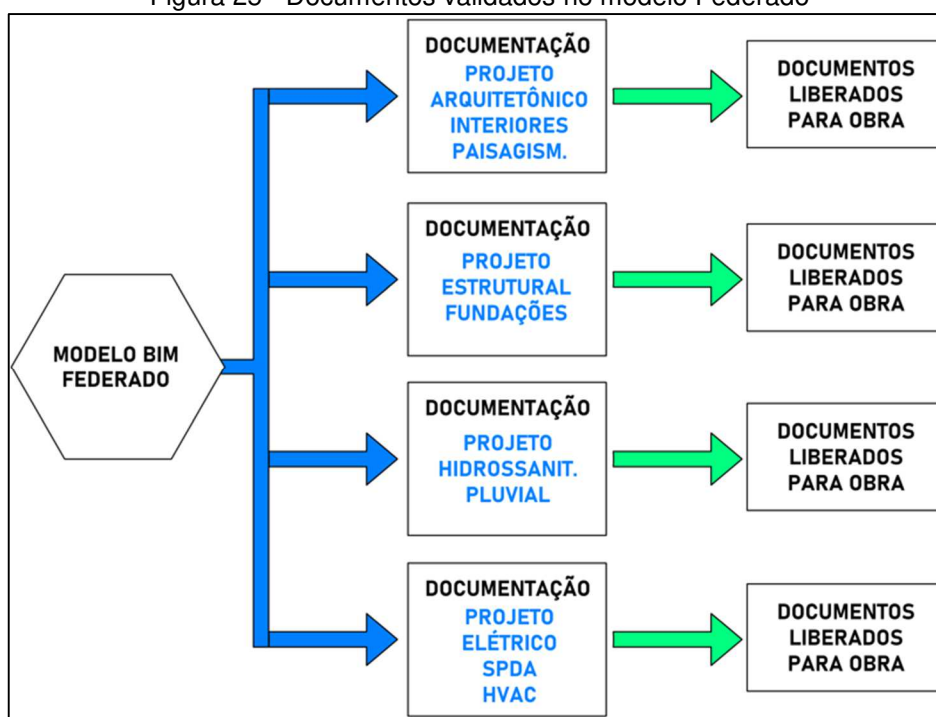
É sabido que discorrer acerca de um “modelo BIM” não significa compreender todo o seu arcabouço, pois os mesmos são constituídos de vários modelos unidos, cada um pertencente a uma disciplina de sistema específico. Nesse sentido, uma vez que todos esses modelos são vinculados, respeitando algumas regras básicas de coordenação, tem-se o chamado Modelo Federado, no qual todos os participantes podem ter acesso, no entanto, só são capazes de alterar a sua disciplina de autoria. Com isso, é possível que todos os profissionais envolvidos tenham ciência das soluções que estão sendo adotadas pelos outros projetistas, das limitações envolvidas, se as regras da coordenação estão sendo respeitadas, bem como a identificação imediata das interferências entre os sistemas que estão sendo desenvolvidos, fato esse que possibilita a negociação das soluções em tempo real, subsidiada pelos programas de coordenação e colaboração. (CBIC, v.1, 2016)

As ponderações no modelo federado são geralmente realizadas por meio de ferramentas de verificação, conseguindo analisar as interferências físicas entre sistemas, na situação em que estes ocupam o mesmo espaço, incompatibilidade

relacionada a espaços de manutenção e montagem, bem como a verificação de respeito a requisitos legais, de acessibilidade e normativos.

Na situação em que o modelo federado é validado por todos os integrantes do processo e também pela coordenação do projeto, diz-se que o mesmo alcançou o nível de desenvolvimento desejado, tendo como referência o PExBIM, com os usos e objetivos acordados em contrato. Então, a partir disso, é feita a extração da documentação gráfica técnica do projeto, diretamente dos modelos desenvolvidos, de forma a garantir sua integridade, tal como se percebe no fluxograma da figura 25 abaixo.

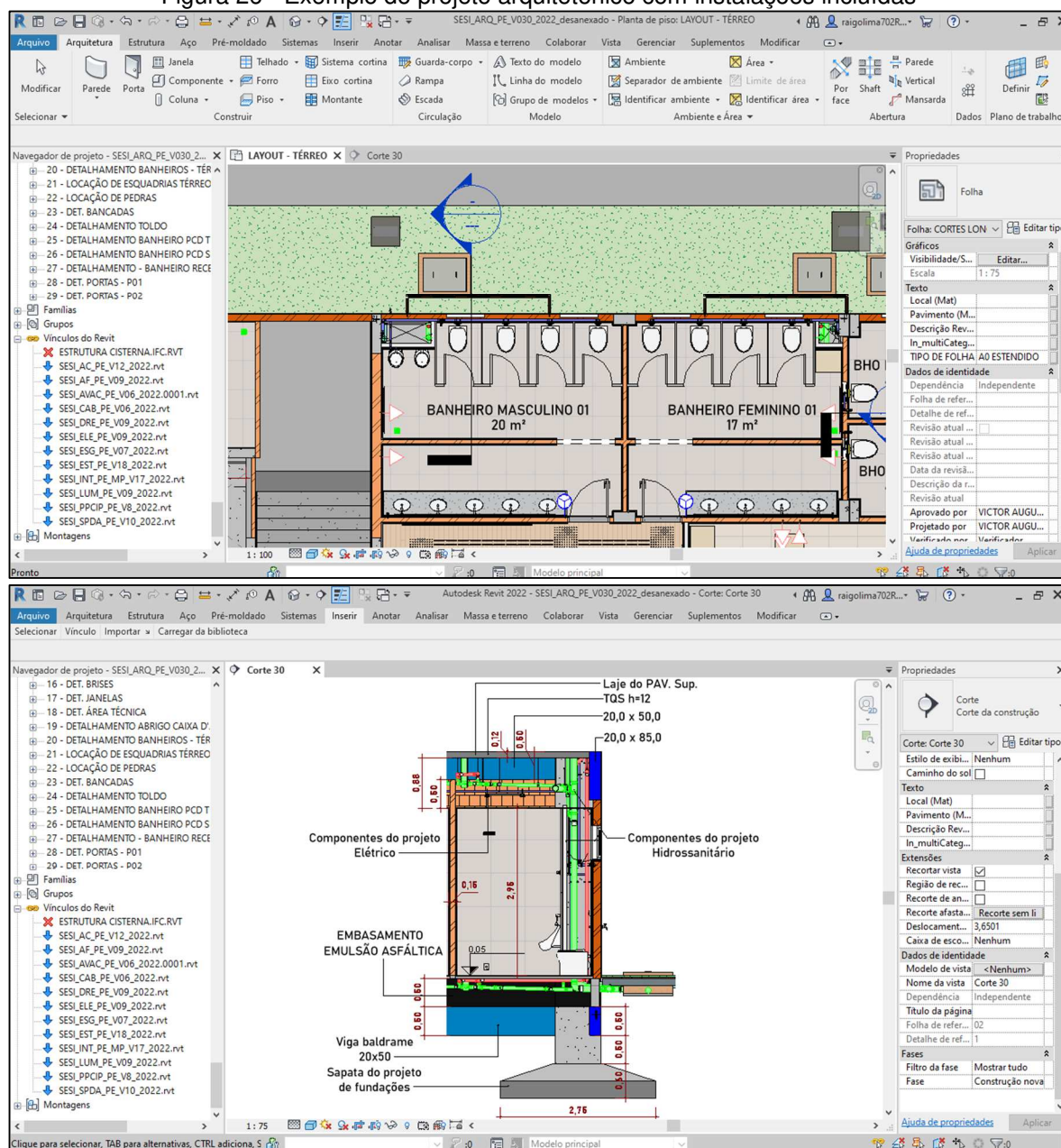
Figura 25 - Documentos validados no modelo Federado



Fonte: Autor, adaptado de Amorim (p. 18, 2021)

Esse fluxo de trabalho promove um número maior de informações nas pranchas técnicas, e isso ocorre justamente em função da possibilidade de agregar informações dos outros projetos que são vinculados ao modelo federado no momento da extração das mesmas. É o que ocorre, por exemplo em um detalhe de corte no projeto de Arquitetura, no qual é possível visualizar os componentes de outros projetos complementares, que trazem consigo informações concretas de geometria, volumetria e outros aspectos pertinentes a cada modelo, fato esse que promove a padronização de todas as informações para todas as documentações extraídas. A figura 26 abaixo mostra isso.

Figura 26 - Exemplo do projeto arquitetônico com instalações incluídas



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

A exemplo disso, pode-se destacar a posição e largura/altura de uma janela instalada em determinada parede que está presente em várias pranchas, na forma de plantas e cortes, bem como em planilha de quantitativos e especificações. Na situação em que tais quesitos de posição e largura/altura venham a ser modificados, a atualização acontece de forma praticamente automática em todos os documentos em que esse componente está inserido e integrado, é justamente o que se conhece como *parametrização* da informação. Dessa maneira, evita-se a incoerência e desatualização das informações em todos os documentos pertinentes ao projeto,

diferentemente do que acontece na metodologia CAD e em processos que envolvem os desenhos manuais.

## 2.8 AS PRINCIPAIS FERRAMENTAS BIM DE COMPATIBILIZAÇÃO

Esse tópico estará baseado no Manual BIM – Guia de modelagem da informação da construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores, na sua 3<sup>o</sup> Ed., lançado em 2021, escrito pelos principais pesquisadores sobre o tema da atualidade, a saber: Sacks; Eastman; Lee e Teicholz (2021).

O capítulo dois desse manual destaca o estado da arte das principais ferramentas de colaboração em BIM, até o momento, utilizadas no âmbito nacional e internacional, dos quais serão citadas de forma indireta, aqui neste trabalho, apenas as ferramentas relacionadas a plataformas BIM e voltadas a processos de compatibilização dentro do processo de coordenação de projetos. É fundamental ressaltar que a ordem de apresentação será alfabética e, assim, não representa uma ordem de importância, mas apenas organizacional.

### 2.8.1 Plataformas BIM

As plataformas podem ser aplicadas de várias formas para a construção de um empreendimento dentro da metodologia BIM, por exemplo, o arquiteto pode utilizá-la para a modelagem do projeto e produção das pranchas técnicas, já o engenheiro, além disso, pode utilizar para a gestão dos modelos estruturais e dados energético, o construtor por sua vez pode utilizar os modelos desenvolvidos para a coordenação dos processos construtivos, na etapa de pré fabricação e gerenciamento de facilidades. As plataformas Bim podem atuar em três tipos de esferas, a saber, como ferramenta, como plataforma e como ambiente de trabalho.

É sabido que ao se adquirir uma ferramenta de trabalho, tem-se um produto com características físicas bem definidas, por outro lado, ao se adquirir um pacote de software BIM é levado em consideração as suas capacidades atuais, bem como as atualizações futuras lançadas pelo fornecedor ou por terceiros e o trabalho de suporte presente e futuro, sendo geralmente online, quando assim for necessário. É importante ressaltar que geralmente esses pacotes de software, a nível de plataforma, são integrados a uma grande comunidade de usuários, que funcionam em um ambiente virtual de acesso livre ou a custos irrisórios, onde é possível fazer o intercâmbio das chamadas famílias de objetos. Todavia, cada plataforma em questão possui um grande quantitativo de famílias nativas, sendo na maioria das vezes, mais que o suficiente para o desenvolvimento de trabalhos com menor grau de complexidade, mas é fundamental que se leve em consideração a existência de bibliotecas de objetos BIM, no momento da aquisição de uma plataforma.

As principais plataformas BIM estão destacadas abaixo, citadas por Sacks; Eastman; Lee e Teicholz (2021) e outros autores, tais como Hilgenberg et al. (p. 64, 2012); Tarrafa (p. 8, 2012) e Jovanovics e Mounzer (2021).

- Allplan
- ArchiCAD
- Bentley Systems
- DESTINI Profiler
- Digital Project
- Revit
- Tekla Structures
- Vectorworks
- Aplicativos Baseados em AutoCAD

### **2.8.2 Aplicativos de revisão de projetos**

O processo de revisão de projetos é uma das formas mais rotineiras incluídas dentro de diversos usos pretendidos para o BIM. De acordo com o conteúdo supracitado, percebe-se que a metodologia de trabalho em BIM pode proporcionar a

uma equipe de colaboradores a realização de verificações ou inspeções virtuais em empreendimentos que estão sendo projetados. Para tanto, existem métodos e aplicativos que podem auxiliar no processo de revisão de maneira efetiva e eficiente. Entre esses aplicativos, destaca-se três segmentos de aplicação: os que atuam com visualização e navegação de modelos, os aplicativos de integração e revisão de modelos e aplicativos de verificação de modelos.

Os aplicativos de visualização e navegação se tornaram o passo inicial do processo de revisão de projetos, muitos dessas ferramentas evoluíram em suas aplicações, ou seja, a grande maioria que antes era restringida a realizar apenas anotações, passaram então a ter capacidade de identificar interferências entre os sistemas envolvidos, entre os quais destacam-se:

- Adobe Acrodat 3D;
- Allplan BIM;
- Autodesk BIM 360 Glue;
- Autodesk Design Review;
- Autodesk Navisworks Freedom;
- Bimx;
- Fuzor;
- Kubity;
- Oracle AuroVue;
- ProjectWise Navigator;
- Solibri Model Viewer;
- Tekla BIMSight;
- VIMTREK;
- xBIM Xplorer.

Já as *ferramentas de integração de modelos* possibilitam a união de vários sistemas (modelados) que formam um projeto, dando origem ao chamado modelo Federado e promovendo a atividade de identificação de interferências. Além disso, é possível realizar atividades de administração dos processos construtivos do empreendimento projetado, tais como o planejamento de obras, especificação de zonas de trabalho, cronogramas físico-financeiros, simulações 4D e monitoramento da produção. As principais ferramentas estão listadas abaixo.

- DP Manager (Digital Project Inc., uma empresa Trimble);

- Navisworks Manage (Autodesk);
- Itwo (RIB);
- Vico Office (Trimble).

As ferramentas de verificação de modelos estão baseadas nas premissas abaixo, é bem verdade, no entanto, que as ferramentas citadas até o momento também se baseiam nesses pontos.

- a) Identificar conjunto de regras que serão aplicadas;
- b) Identificar os aspectos do modelo, com o objetivo de esses fornecerem os dados para as regras a serem testadas, comumente definido como uma vista de modelo;
- c) Usar métodos de seleção das partes do modelo da edificação ao qual a verificação será aplicada;
- d) Aplicar as regras ao modelo do prédio;
- e) Identificar todas as instâncias na parte selecionada do modelo onde as falhas ocorreram.

As principais ferramentas estão listadas abaixo.

- BIM Assure;
- Solibri Model Checker;
- Autodesk Revit Model Review
- SmartReview APR

Em suma, na atual conjuntura de projetos a nível nacional e internacional, sabe-se que a modelagem paramétrica baseada em objetos é um vertiginoso avanço para a indústria da construção, visto que a mesma promoveu a transição de uma cultura tecnológica baseada em desenho, muitas vezes manual, para um contexto cuja produção projetual é baseada em modelos e desenhos 3D virtuais, agregados de uma gama de informações, nas quais possibilitam a extração de tabelas, arcabouço de dados para análise de desempenho de projeto, construção, operação e manutenção.

## 2.9 A INTEROPERABILIDADE NA COMPATIBILIZAÇÃO

A interoperabilidade é um conceito fundamental nos fluxos de processos BIM, ela se propõe a possibilitar a colaboração entre todos os envolvidos na construção de um empreendimento. Em termos de projeto, a interoperabilidade faz sentir o seu efeito quando diferentes profissionais necessitam estabelecer um processo de comunicação entre os seus modelos desenvolvidos, ou seja, independentemente de qual ferramenta ou software o colaborador esteja usando, faz-se necessário que os demais tenham acesso às informações de cada um dos outros modelos desenvolvidos. Daí surge a necessidade que esses modelos sejam exportados por meio de um arquivo comum, isto é, que sejam realizados um intercâmbio de formatos e, portanto, possam ser visualizados em qualquer ferramenta ou software de trabalho. Isso é o que se conhece como interoperabilidade na sua forma mais simples. (Eastman et al. ,2014; Andrade e Ruschel, 2009)

Diante disso, surge o chamado IFC (Industry Foundation Classes), que de acordo com Khemlani (2004) o seu desenvolvimento teve como intuito a possibilidade da criação de um grande quantitativo de representação de dados consistentes de informações para a construção, aplicado ao intercâmbio entre softwares na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção. O mesmo autor ainda destaca que o IFC foi feito a partir de um arcabouço extensível, isto é, no início o objetivo era fomentar as definições dos dados e dos objetos dos modelos, mesmo sendo complexo, possibilitando o intercâmbio de dados no fluxo de trabalho BIM. Sendo assim, o IFC teve sua criação pautada no tratamento de todas as informações da construção, bem como questões relacionadas ao ciclo de vida do empreendimento, planejamento, viabilidade, processos projetuais, análises de simulações, ocupação e operação.

Em se tratando da história do IFC, pode-se destacar alguns acontecimentos importantes, como por exemplo o ocorrido no final do ano de 1994, onde foi dado início a um consórcio de indústrias com doze companhias, encabeçada pela Autodesk, com o objetivo de propor o desenvolvimento de um grupo de classes C++, dos quais poderiam suportar um conjunto integrado de aplicações. A princípio, a aliança foi rotulada como Industry Alliance for Interoperability, na qual se abriu em 1995, para que todos os interessados se tornassem membros. E assim, em 1997, o seu nome foi alterada para International Alliance for interopera, aliança essa que dava ensejo a uma

organização internacional sem fins lucrativos, encabeçada pela indústria cujo objetivo foi de publicar o Industry Foundation Class (IFC) como um modelo de dados de produtos AEC neutro e aberto, respondendo pelo ciclo de vida de construções AEC e possibilitando a interoperabilidade entre diferentes ferramentas. (Eastman et al. ,2014)

Atualmente, a organização que orquestra e regula o IFC é a chamada buildingSMART, que de acordo com seu site oficial (buildingSMART, 2023), a mesma apresenta as seguintes características:

(...) é uma comunidade global de capítulos, membros, parceiros e patrocinadores liderados pelo corpo principal, buildingSMART International. A comunidade buildingSMART está empenhada em criar e desenvolver formas digitais abertas de trabalhar para o ambiente de ativos construídos. Os padrões buildingSMART ajudam os proprietários de ativos e toda a cadeia de suprimentos a trabalhar de forma mais eficiente e colaborativa durante todo o ciclo de vida do projeto e do ativo. (buildingSMART, 2023. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/about/>. Acesso em: 20 fev. 2023)

Nesse sentido, a buildingSMART conceitua o IFC da seguinte forma:

IFC é uma descrição digital padronizada da indústria de ativos construídos. É um padrão internacional aberto (ISO 16739-1:2018) e promove recursos neutros ou agnósticos e utilizáveis em uma ampla gama de dispositivos de hardware, plataformas de software e interfaces para muitos casos de uso diferentes. (buildingSMART, 2023. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/about/>. Acesso em: 20 fev. 2023)

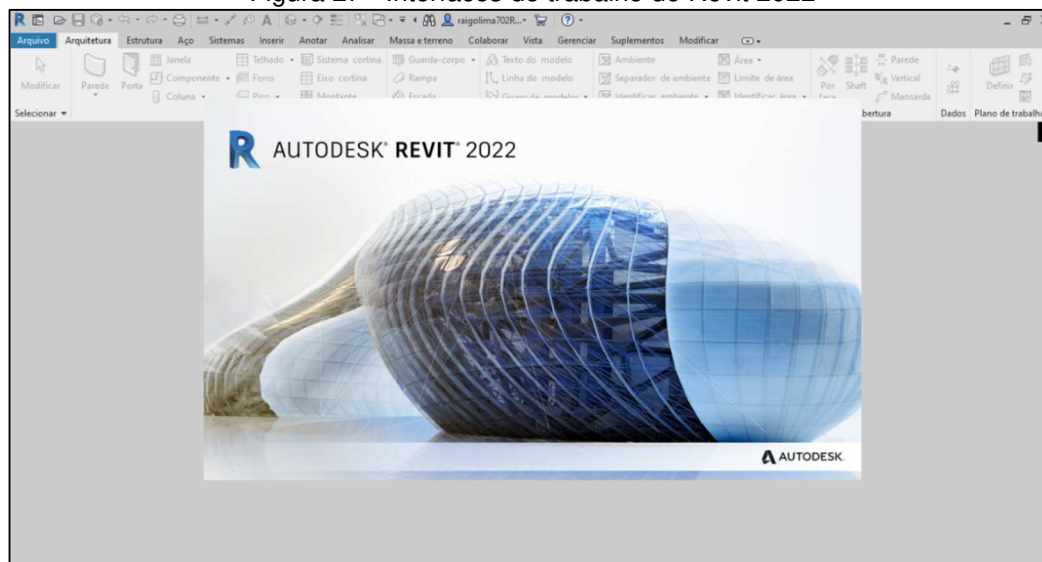
Dessa maneira, como o processo de compatibilização de projetos é realizado com vários modelos produzidos por diferentes profissionais, muitos dos quais usam ferramentas distintas no workflow de trabalho, é de fundamental importância que a interoperabilidade entre os sistemas envolvidos seja realizada por meio do IFC, principalmente quando se trabalha virtualmente, utilizando como principal canal de comunicação e colaboração, a internet. Entretanto, é possível a realização do processo de colaboração mista, no qual representa justamente o estudo de caso do trabalho em questão, onde foram utilizados processos de colaboração e interoperabilidade, com o uso da internet, de uma rede local e o IFC, agregado

também um fluxo de trabalho com vários modelos pertencentes a uma única extensão proprietária pertencente a ferramenta Revit da Autodesk.

## 2.10 REVIT DA AUTODESK

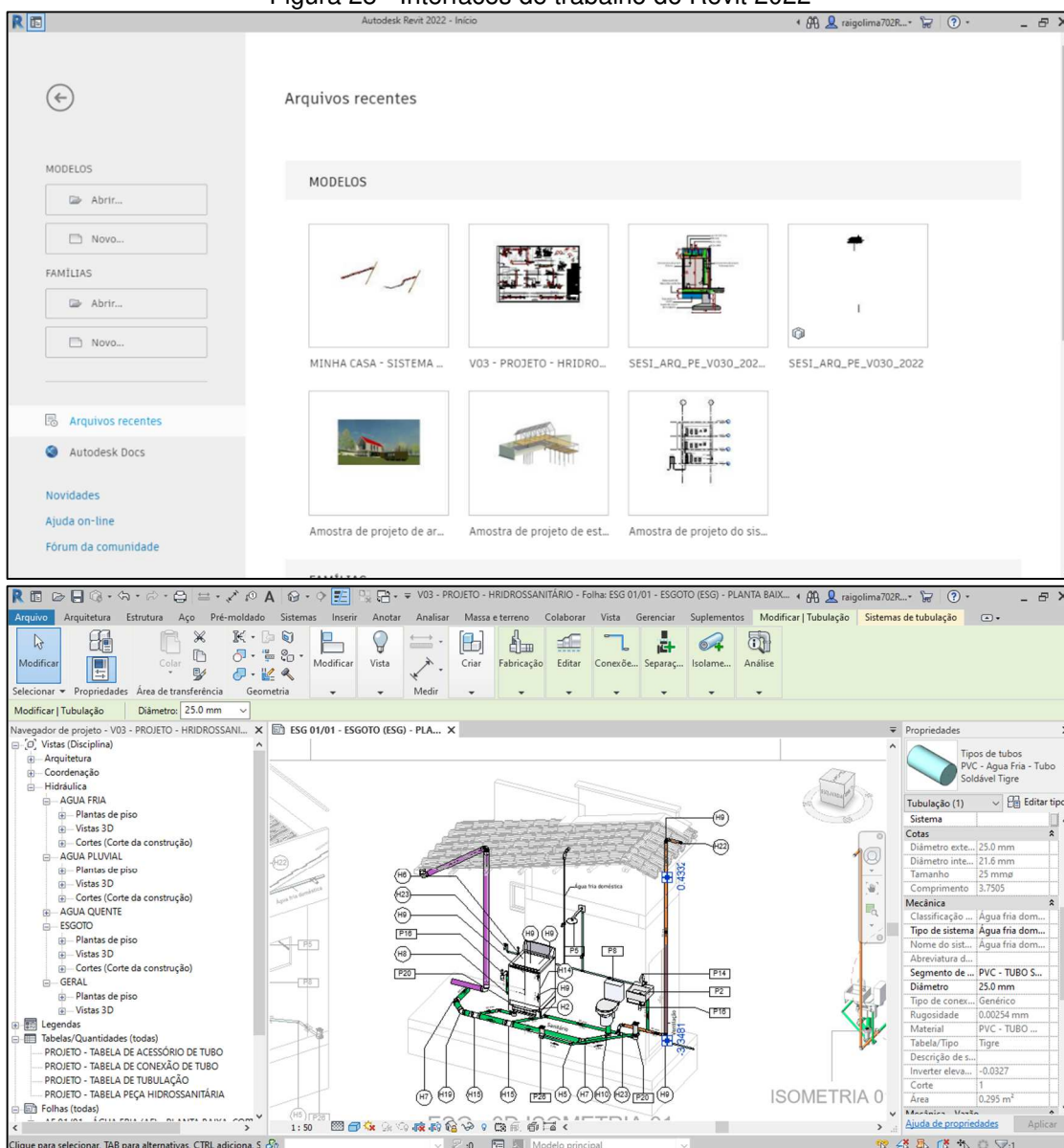
Segundo a Autodesk (2023), o Revit foi introduzido pela empresa em 2002, depois que a mesma adquiriu o software de um start - up. O software Revit apresenta uma interface de uso simplificada, seus menus são organizados tendo em vista os processos de trabalho, um excepcional suporte para a geração de desenhos, de forma associativa e gerenciável. As edições que acontecem no modelo/desenho, componentes/tabelas, são bidirecionais, ou seja, são paramétricas, o que garante a coerência da informação ao longo de todo o processo. Nesse sentido, pode-se citar também que o Revit proporciona o desenvolvimento de objetos paramétricos, ou genericamente chamados de famílias, bem como a customização de objetos pré definidos. As figuras 27 e 28 abaixo mostram as interfaces iniciais do Revit.

Figura 27 - Interfaces de trabalho do Revit 2022



Fonte: Tela do computador do autor

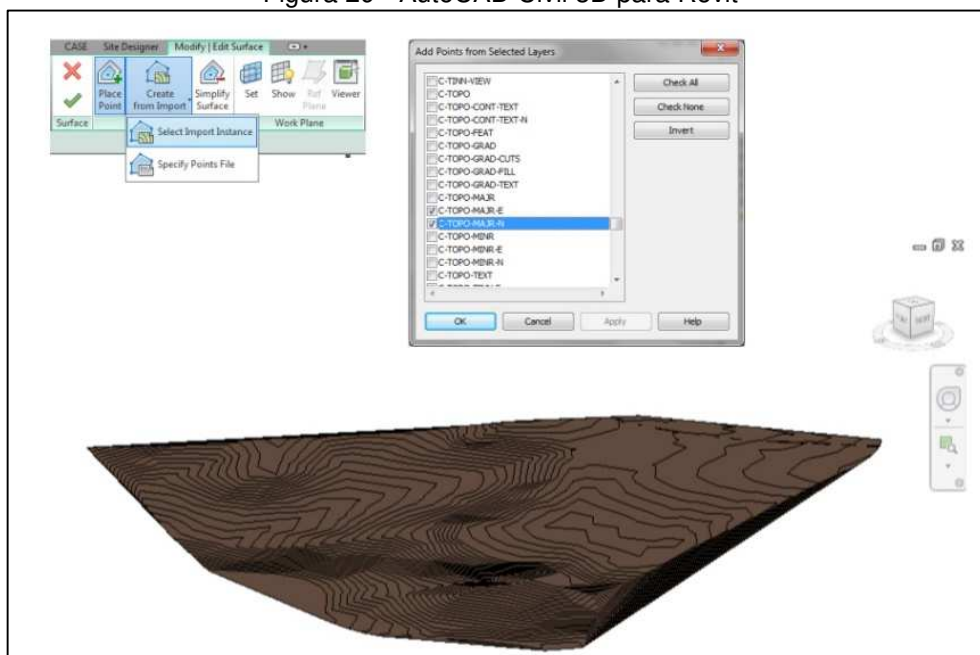
Figura 28 - Interfaces de trabalho do Revit 2022



Fonte: Tela do computador do autor e Modelo desenvolvidos pelo Autor

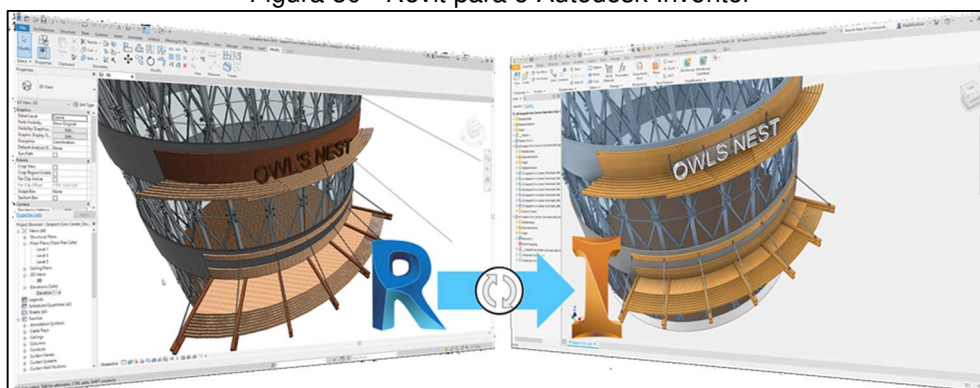
O Revit é considerado uma plataforma de trabalho sólida, pois o mesmo possui uma grande estrutura de aplicativos de apoio, alguns desses possuem links por meio da API (interface de programação de aplicativos) aberta do Revit, outros, porém, só podem ser vinculados ao programa por meio do IFC ou outros formatos de intercâmbio. Podemos citar algumas dessas vinculações, entre as quais podemos citar a interface com o AutoCAD Civil 3D para propor diversas análises do terreno, com o Autodesk Inventor para a fabricação de componentes, bem como também a vinculação com o LANDCADD para planejar o terreno, tal como se vê nas figuras 29, 30 e 31 abaixo.

Figura 29 - AutoCAD Civil 3D para Revit



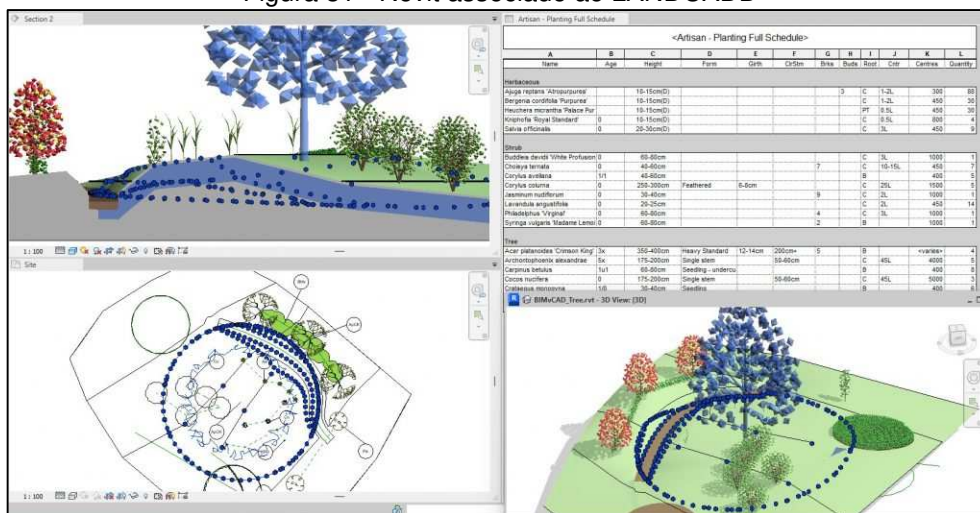
Fonte: BIM 42 (2014)

Figura 30 - Revit para o Autodesk Inventor



Fonte: ²Autodesk (2021)

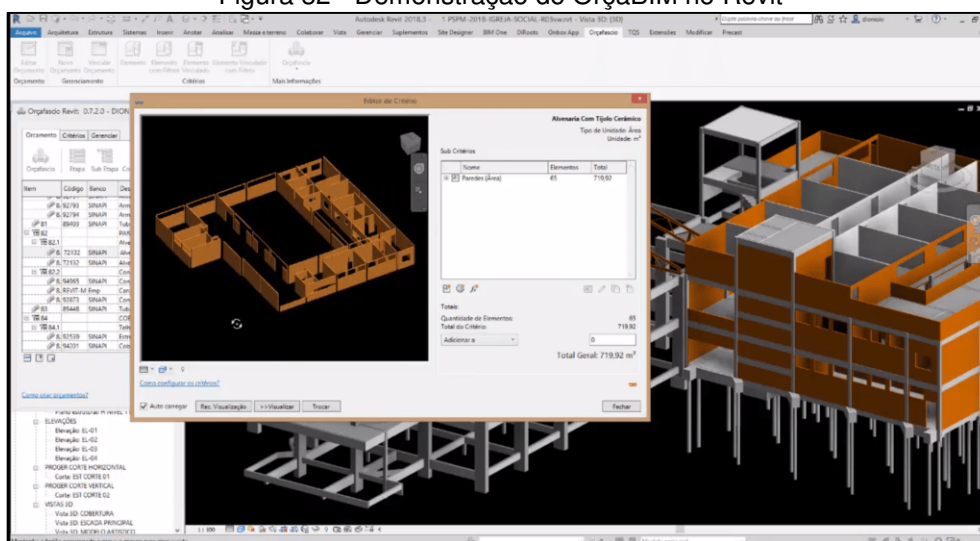
Figura 31 - Revit associado ao LANDCADD



Fonte: CloudScapes (2021)

No exterior, o Revit é comumente trabalhado com outras ferramentas, entre as quais se destacam o US Cost, Cost OS (da Nomitech), Innovaya e Sage Timberline, além do Tocoman iLink, promovendo a extração de quantitativos destinado para a orçamentação, no Brasil, atualmente, para essa função o software QI Visus da AltoQI e a ferramenta OrçaBIM vem se notabilizando, tal como se vê na figura 32 abaixo que mostra a interoperabilidade entre Revit e OrçaBIM.

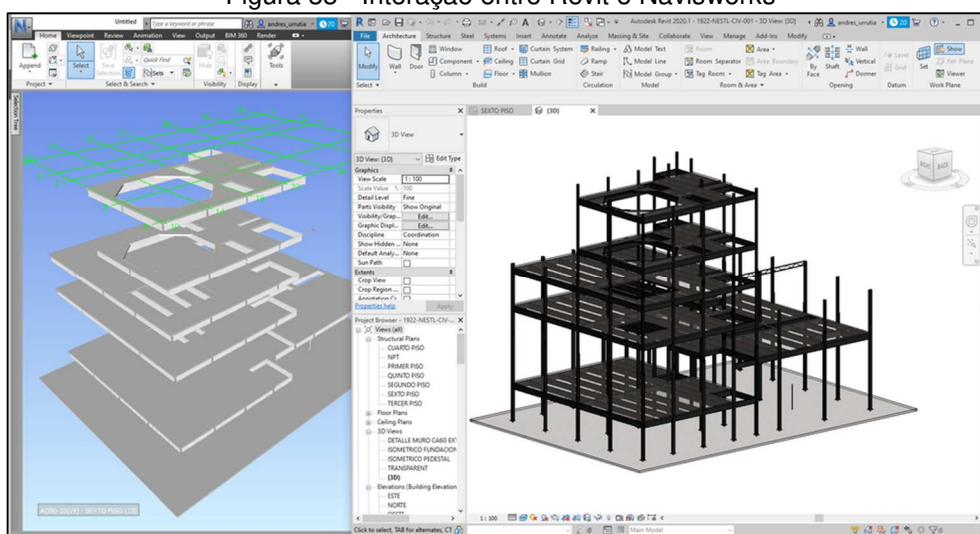
Figura 32 - Demonstração do OrçaBIM no Revit



Fonte: Fascio (2021)

Vale ressaltar também a boa interação de links entre o Revit e o Autodesk Navisworks, tal como se vê na figura 33 abaixo.

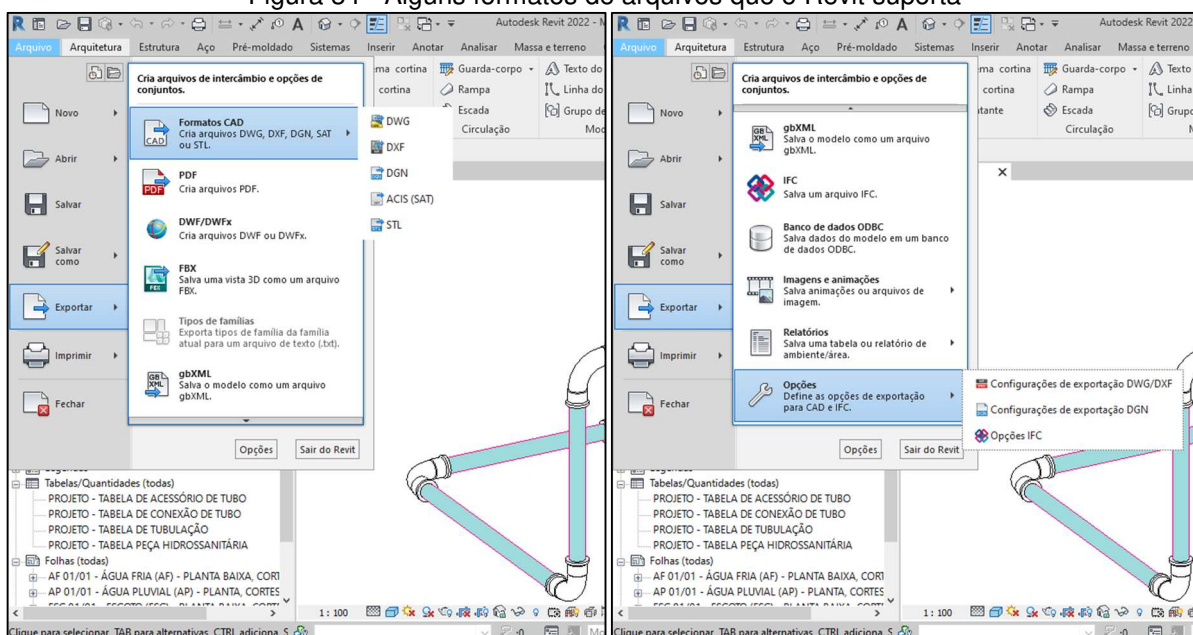
Figura 33 - Interação entre Revit e Navisworks



Fonte: <sup>3</sup>Autodesk (2019)

Sabe-se ainda que o Revit pode exportar modelos de software que tem a premissa funções conceituais, como por exemplo o SketchUp, AutoDesSys form.Z, McNeel Rhinoceros, Google Earth e de outros sistemas que exporta arquivos no formato DXF. Em relação aos formatos, o Revit suporta uma gama deles, entre os quais se destacam o DWG, DXF, DGN, SAT, IFC (para componentes construtivos), gbXML e ODBC, tal como se vê na figura 34 abaixo.

Figura 34 - Alguns formatos de arquivos que o Revit suporta



Fonte: Modelo desenvolvido pelo Autor

### 3 ESTUDO DE CASO

O objeto de análise deste trabalho é um projeto de uma edificação que terá como uso principal a função de um prédio escolar, que fará parte da escola Visconde de Mauá – Sesi-Ap, localizado no estado do Amapá, situado na capital Macapá, cujo endereço é na Avenida Desidério Antônio Coelho com Rua Leopoldo Machado, 2749 – Bairro do Trem, cujo CEP é 68901-325.

A empresa contratada para a produção dos projetos foi a Line Arquitetura e Engenharia, hoje conhecida como Line projetos e construções, empresa de projetos genuinamente amapaense, localizada em Macapá na Av. Raimundo Péres, nº 373 – bairro do Zerão, com CEP 68903-499, na qual iniciou os trabalhos projetuais no início de janeiro de 2022, com a conclusão e entrega dos projetos no início do mês de abril do mesmo ano, o que contabilizou três meses para a realização dos projetos em questão. O lugar onde será executada a obra, está destacado na figura 35 abaixo.



Fonte: Autor, adaptado de imagens do Google

A Empresa Line Projetos e Construções tem como visão geral traduzir o que há de melhor na arquitetura, sempre respeitando a personalidade do cliente, a localidade de inserção e a funcionalidade necessária, visando a qualidade de vida individual e coletiva. Possui uma grande experiência com projetos de médio e grande complexidade, tanto no setor público como no setor privado. A empresa hoje possui uma equipe multidisciplinar de Arquitetos e Engenheiros que proporcionam a realização de tais projetos, produzindo e projetando praticamente todos os sistemas que compõe um projeto. A figura 36 abaixo mostra um pouco dessa rotina na empresa.

Figura 36 - Colaboradores da Empresa Line Projetos e Construções



Fonte: Fornecido pela Empresa LINE – Projetos e Construções

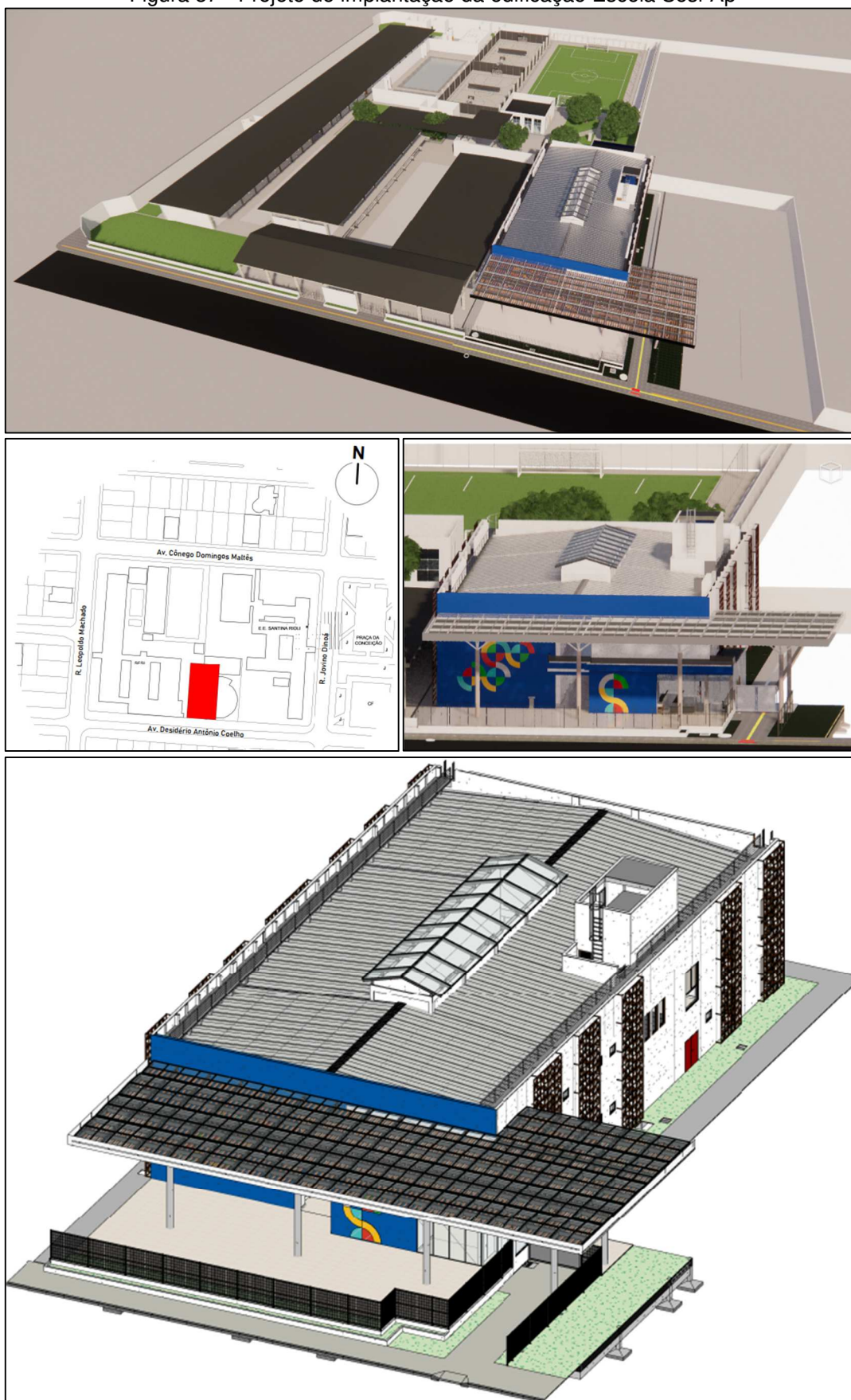
Abaixo destacam-se as principais características da edificação projetada, bem como os seus principais sistemas complementares produzidos.

- Edificação implantada em terreno poligonal, com área aproximada de 17802 m<sup>2</sup>;
- Área construída de 2490 m<sup>2</sup>;
- Área permeável de 160 m<sup>2</sup>
- Gabarito da edificação de 12,79 m;
- Edificação possui dois pavimentos, sendo o térreo, superior e cobertura;
- Os projetos produzidos pela Empresa Line estão destacados baixo:
  - Projeto de Arquitetura;
  - Projeto de Estrutura de Concreto Armado;

- Projeto de Estrutura Metálica; Projeto de Fundações rasas;
- Projeto de Águas Frias;
- Projeto de Reutilização de água;
- Projeto de Drenagem;
- Projeto de Esgoto Sanitário;
- Projeto Elétrico de Baixa tensão;
- Projeto Elétrico de Média Tensão;
- Projeto de Cabeamento Estruturado;
- Projeto Luminotécnico;
- Projeto de SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas);  
Projeto de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado);
- Projeto de PPCIP (Projeto de Prevenção Contra Incêndio e Pânico);
- Projeto de Comunicação Visual;
- Projeto de Acessibilidade;
- Projeto de Paisagismo; e
- Projeto de Demolição.

Na figura 37 abaixo pode ser verificado como se deu o seu projeto de implantação, tendo em vista que existem edificações em sua circunvizinhança e, com isso, foi necessário realizar estudos para que a implantação ocorresse de forma correta e sem grandes impactos.

Figura 37 - Projeto de implantação da edificação Escola Sesi- Ap



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

O pavimento térreo da edificação apresenta 28 tipos de ambientes, tal como se vê na tabela 4 e nas figuras 38 e 39 abaixo. Na figura 40 é possível verificar os materiais usados para os fechamentos externos e internos da edificação no térreo.

Tabela 4 - Ambientes do pavimento térreo

TABELA DE AMBIENTES TÉRREO					
NOME DO AMBIENTE	ÁREA	PERÍMETRO	PISO	FORRO	PAREDE
01 - SALA DE MATEMÁTICA	86 m <sup>2</sup>	37,83	1	1	1
02 - SALA DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS	86 m <sup>2</sup>	37,12	1	1	1
03 - SALA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA	86 m <sup>2</sup>	37,08	1	1	1
04 - SALA DE LINGUAGENS	86 m <sup>2</sup>	37,03	1	1	1
05 - ESPAÇO MAKER	85 m <sup>2</sup>	37,00	1	1	1
ATENDIMENTO	20 m <sup>2</sup>	20,20	1	1	1
BANHEIRO FEMININO 01	17 m <sup>2</sup>	23,14	2	1	2
BANHEIRO MASCULINO 01	20 m <sup>2</sup>	25,58	2	1	2
BHO FEM. 02	4 m <sup>2</sup>	7,89	2	1	2
BHO MASC. 02	4 m <sup>2</sup>	7,92	2	1	2
BHO PCD TÉRREO	5 m <sup>2</sup>	8,79	2	1	2
BHO UNIVERSAL	5 m <sup>2</sup>	8,79	2	1	2
CASA DE BOMBAS	16 m <sup>2</sup>	16,60			
CIRCULAÇÃO	153 m <sup>2</sup>	93,76	1	1	1
CISTERNA	25 m <sup>2</sup>	20,29			
COPA	15 m <sup>2</sup>	15,22	2	1	1
DEPÓSITO COLETIVO 01	20 m <sup>2</sup>	24,08	1	1	1
DEPÓSITO COLETIVO 02	20 m <sup>2</sup>	24,06	1	1	1
DEPÓSITO COLETIVO 03	20 m <sup>2</sup>	23,70	1	1	1
DML TÉRREO	8 m <sup>2</sup>	11,64	2	1	1
ESPAÇO INTERATIVO	74 m <sup>2</sup>	51,39	3	1	1
GUARITA	6 m <sup>2</sup>	9,38	1	1	1
HALL	11 m <sup>2</sup>	13,33	1	1	1
PÁTIO COBERTO	269 m <sup>2</sup>	74,56	1	3	1
RECEPÇÃO/ESPERA	65 m <sup>2</sup>	36,86	1	1	1
SALA DE ARQUIVO	11 m <sup>2</sup>	15,10	1	1	1
SALA DE ATENDIMENTO	9 m <sup>2</sup>	11,71	1	1	1
SECRETARIA	14 m <sup>2</sup>	15,93	1	1	1

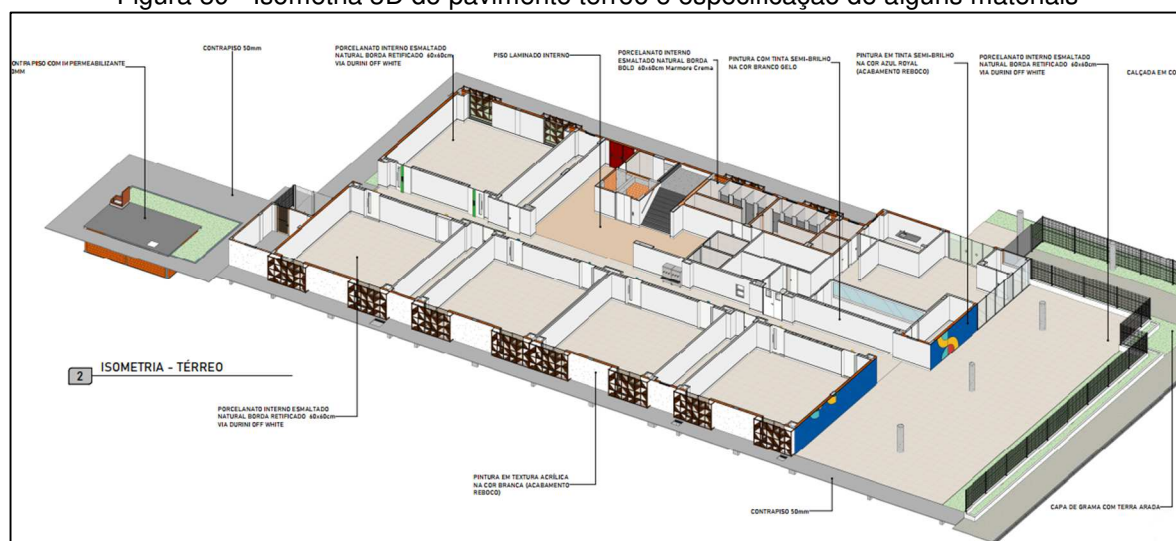
Fonte: LINE – Projetos e construções (2022)

Figure 38 - Layout do pavimento térreo



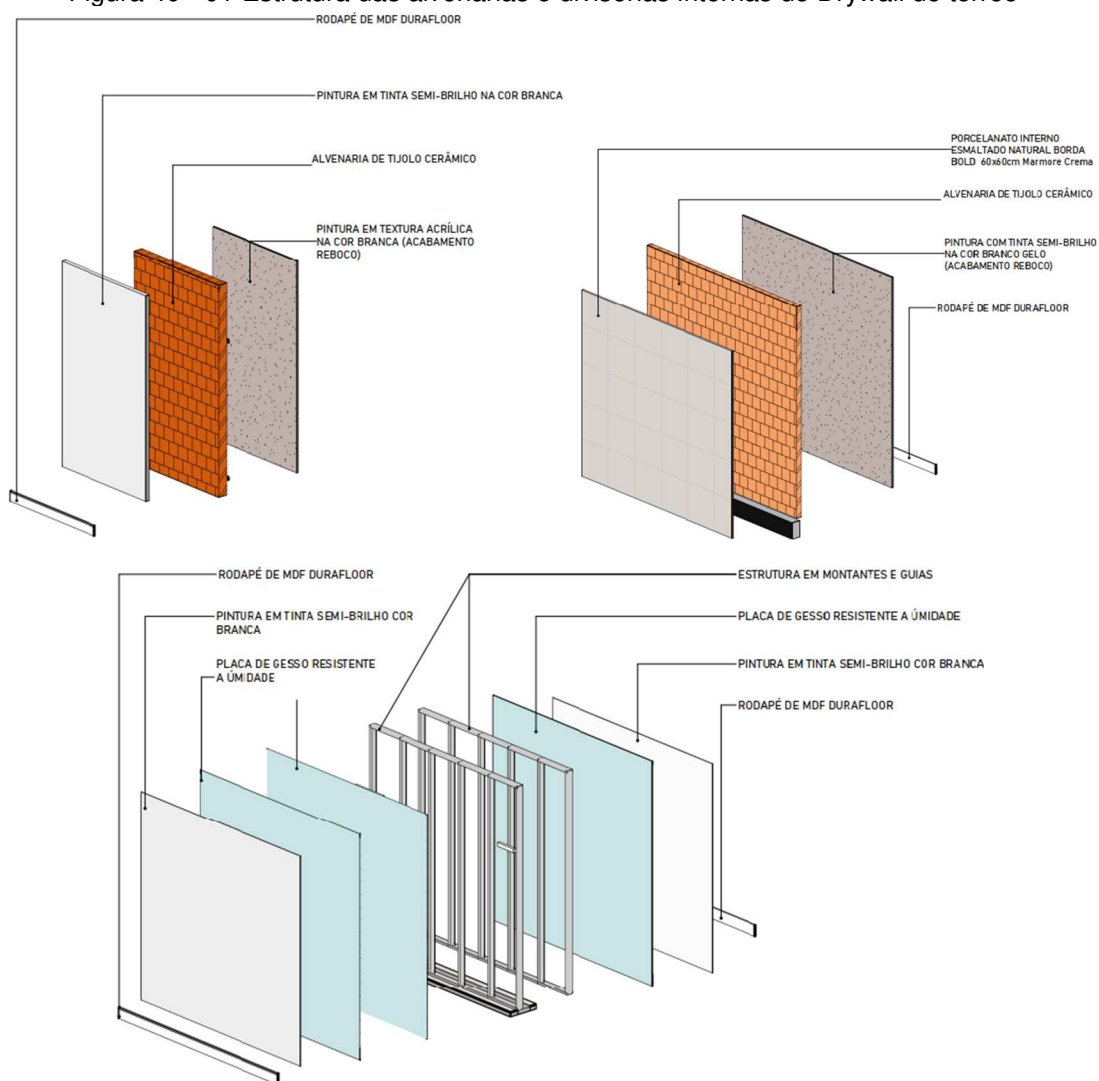
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 39 - Isometria 3D do pavimento térreo e especificação de alguns materiais



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 40 - 01 Estrutura das alvenarias e divisórias internas de Drywall do térreo



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

O pavimento superior da edificação apresenta 18 tipos de ambientes, tal como se vê na tabela 5 e nas figuras 41 e 42 abaixo. Na figura 43 é possível verificar os materiais usados para os fechamentos externos e internos da edificação no pavimento superior.

Tabela 5 - Ambientes do pavimento superior

TABELA DE AMBIENTES SUPERIOR					
NOME DO AMBIENTE	ÁREA	PERÍMETRO	PISO	FORRO	PAREDE
06 - SALA DE REDE DE COMPUTADORES	85 m <sup>2</sup>	36,97	1	1	1
07 - SALA DE LINGUAGENS	86 m <sup>2</sup>	37,10	1	1	1
08 - SALA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA	85 m <sup>2</sup>	36,99	1	1	1
09 - SALA DE CIÊNCIAS HUMANA E SOCIAL	85 m <sup>2</sup>	36,99	1	1	1
10 - SALA DE MATEMÁTICA	86 m <sup>2</sup>	37,07	1	1	1
11 - LABORATÓRIO DE ROBÓTICA	86 m <sup>2</sup>	37,01	1	1	1
BANHEIRO FEMININO 03	17 m <sup>2</sup>	23,14	2	1	2
BANHEIRO MASCULINO 03	20 m <sup>2</sup>	25,58	2	1	2
BHO PCD FEM.	4 m <sup>2</sup>	7,62	2	1	2
BHO PCD MASC.	4 m <sup>2</sup>	7,62	2	1	2
CIRCULAÇÃO SUPERIOR	174 m <sup>2</sup>	104,30	1	1	1
DEPÓSITO COLETIVO 04	20 m <sup>2</sup>	24,07	1	1	1
DEPÓSITO COLETIVO 05	20 m <sup>2</sup>	24,05	1	1	1
DEPÓSITO COLETIVO 06	20 m <sup>2</sup>	24,53	1	1	1
DML	3 m <sup>2</sup>	7,35	2	1	2
HALL SUPERIOR	38 m <sup>2</sup>	30,49	1	1	1
SALA DE TI	4 m <sup>2</sup>	7,89	1	1	1
VARANDA	32 m <sup>2</sup>	37,33	1	1	1

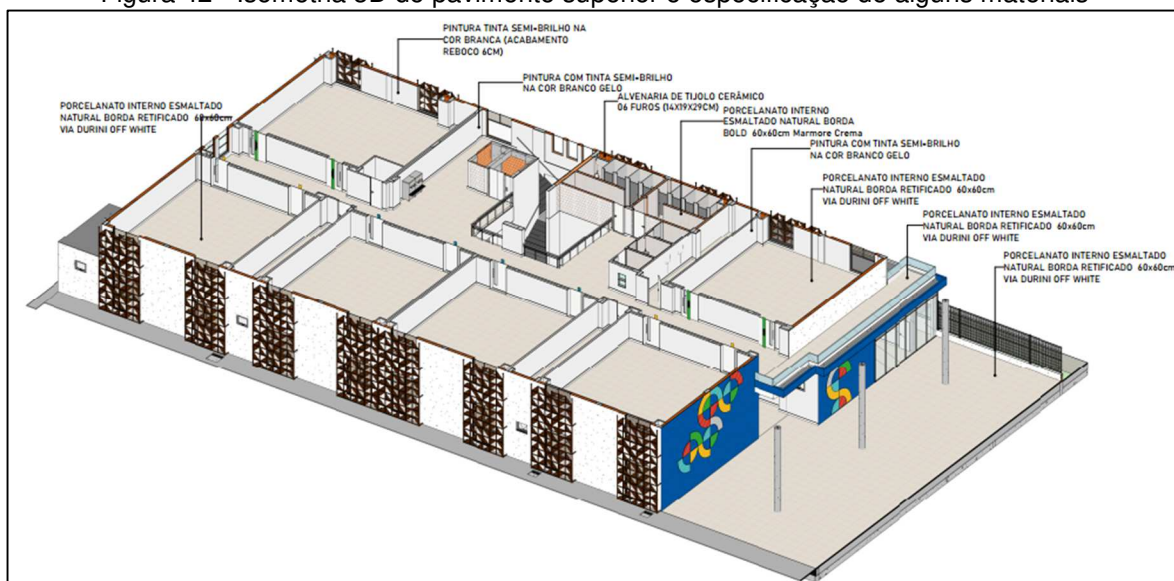
Fonte: LINE – Projetos e construções (2022)

Figura 41 - Layout do pavimento superior



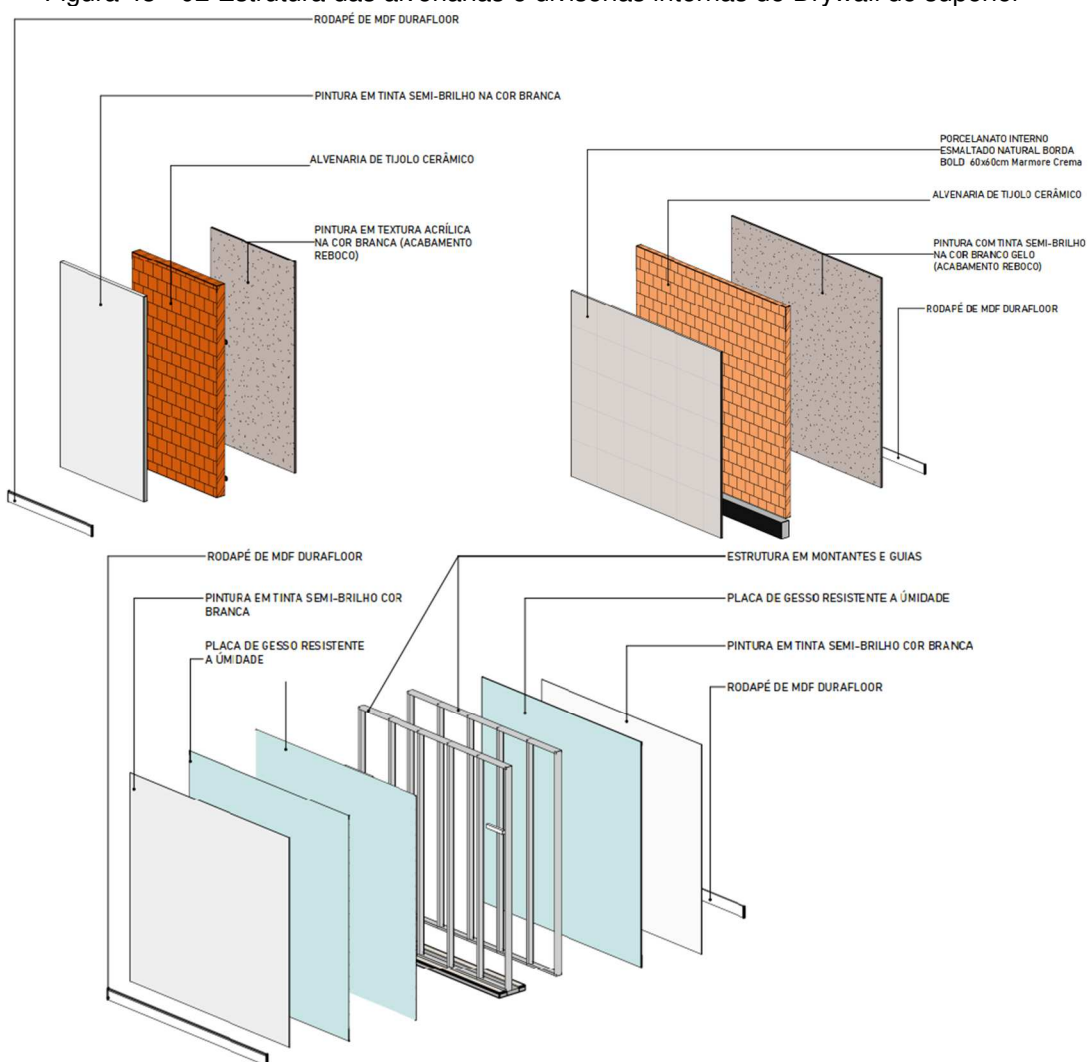
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 42 - Isometria 3D do pavimento superior e especificação de alguns materiais



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

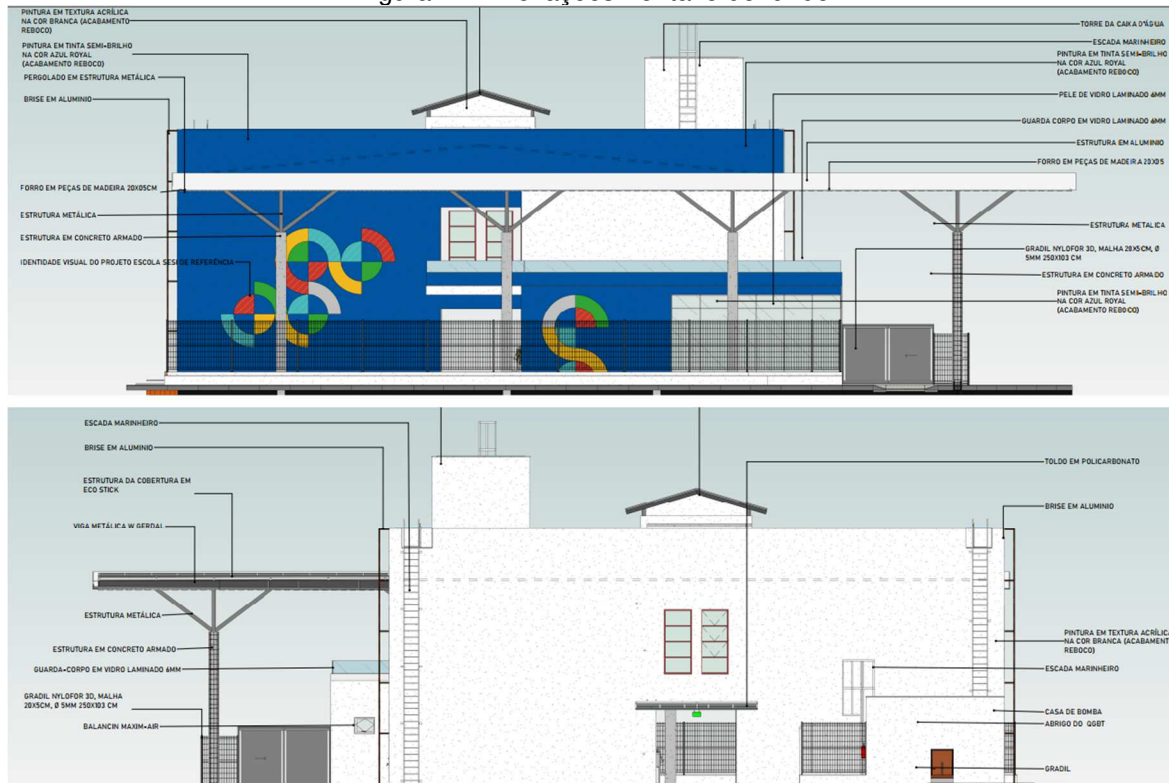
Figura 43 - 02 Estrutura das alvenarias e divisórias internas de Drywall do superior



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

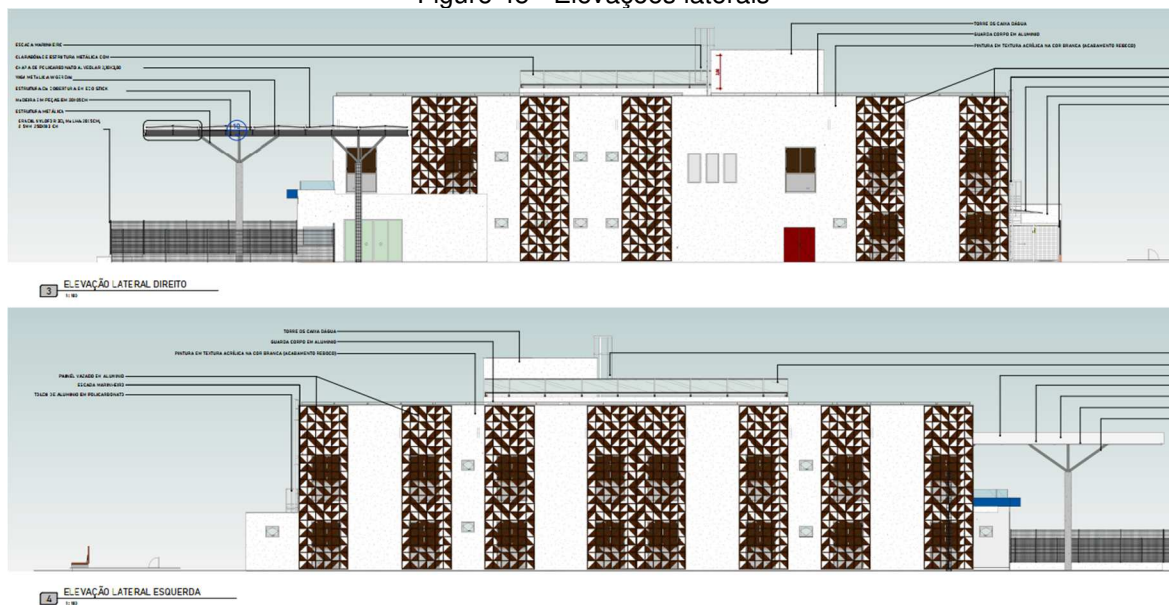
As elevações frontal, de fundo e laterais da edificação em estudo podem ser visualizadas nas figuras 44 e 45 abaixo:

Figura 44 - Elevações frontal e de fundo



Fonte: LINE – Projetos e construções (2022)

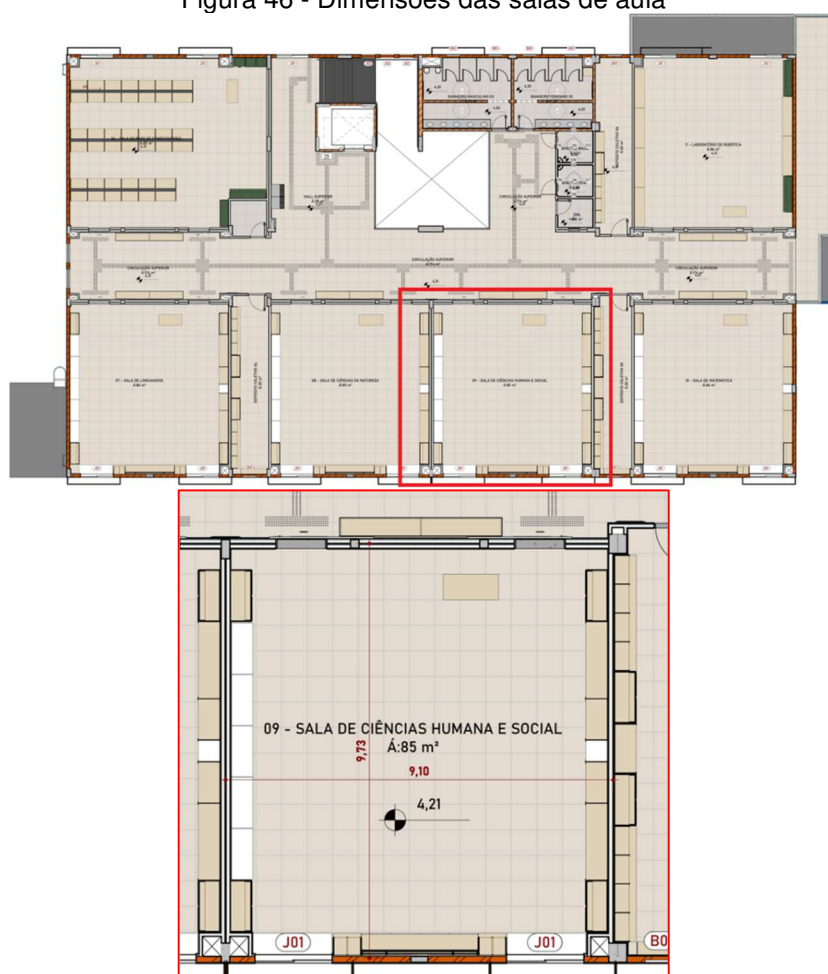
Figure 45 - Elevações laterais



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

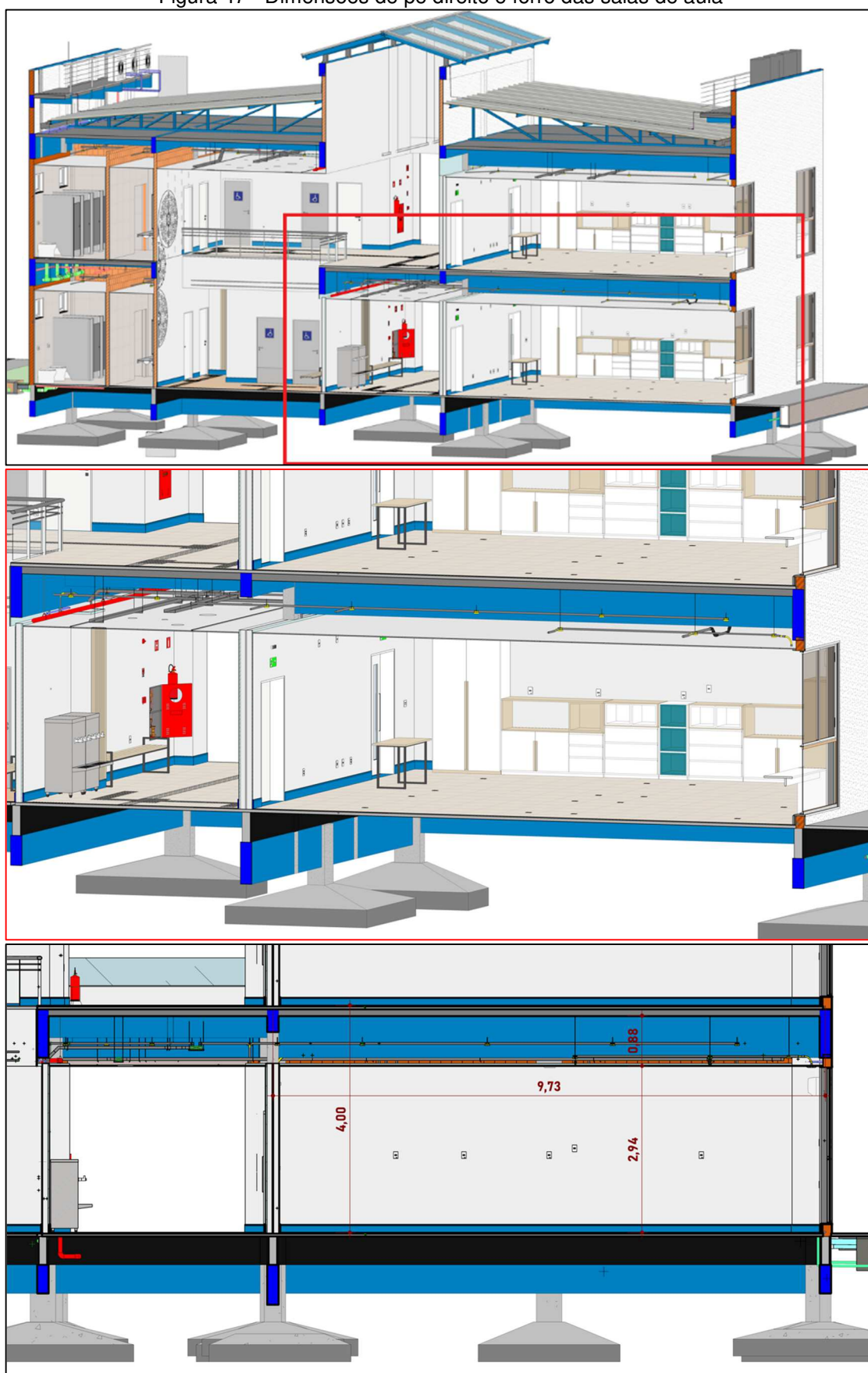
Algumas particularidades e desafios do projeto surgiram em função de questões relacionadas ao cliente Sesi, especificamente por causa da proposta ansiada pela instituição. Na proposta de licitação para a produção dos projetos existiam questões não convencionais para as salas de aula, como por exemplos vãos com mais de 9 m de comprimento, com isso, as vigas tendiam a ficar com uma altura considerável, fazendo com que a altura do forro adotado fosse mais alta. Pode-se citar também a colocação das estantes de livros e materiais diretamente nas salas de aula, fazendo com que a sobrecarga fosse não convencional. Além disso, em função dos muitos projetos complementares existentes que passam pelo forro, tais como os componentes do projeto elétrico de baixa tensão, os componentes do projeto de cabeamento estruturado, além dos elementos dos sistemas de água fria, esgoto, drenagem e PPCI, fazendo com que o forro e, conseqüentemente, o pé direito da edificação fossem altos. Na figura 46 e 47 baixo esses aspectos e alguns desses elementos podem ser observados.

Figura 46 - Dimensões das salas de aula



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 47 - Dimensões de pé direito e forro das salas de aula



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Tendo em vista que o objetivo do trabalho em questão é focar na parte de compatibilização de projetos, os demais detalhes e desafios encontrados nesse projeto em seus sistemas complementares desenvolvidos não serão explanados no momento, contudo, todos esses projetos estarão em anexo no final do trabalho.

Sabe-se que o processo de compatibilização faz parte de uma das etapas de coordenação do projeto, com isso, faz-se necessário enaltecer o trabalho de coordenação que o Coordenador BIM de projetos Fernandes (2022) realizou no projeto Sesi. De acordo com Victor Fernandes, em uma publicação que realizou no LinkedIn em outubro de 2022, para esse projeto, os usos do BIM solicitados foram compatibilização e extração precisa dos quantitativos do modelo, aplicado dentro da dimensão 3D do Bim.

O coordenador cita questões chaves para as estratégias de processo de projeto e soluções projetuais adotadas, com objetivos de otimização de tempo e o controle do nível de informação. Assim, o coordenador lista os fatores fundamentais aplicados no processo que contribuíram para o sucesso do projeto e entrega no prazo estipulado.

- A. O planejamento do processo de projeto foi organizado em etapas, geralmente respeitando as concepções iniciais e os aceites do cliente, e em cada etapa foram estabelecidos objetivos, e no final de cada etapa as disciplinas envolvidas no projeto passaram por rodadas de compatibilização, análise crítica das informações para que assim o projeto avançasse para as etapas seguintes;
- B. Desde a 1ª etapa de concepção foi utilizado o Clash Avoidance (Manziona, 2021; Castro e Moreira, 2022) para evitar possíveis conflitos futuros. Diminuindo substancialmente a detecção de conflitos no decorrer do projeto.
- C. Estratégias de projeto, como alvenaria de embasamento, forros com altura confortável e vários shafts espalhados pelo projeto facilitaram as passagens das instalações.
- D. De acordo com o avanço das etapas, o nível de informação aumentava nas disciplinas, com isso fazia-se necessário tornar a comunicação bidirecional, e não apenas centralizada na coordenação, sendo vertical e horizontal entre todos os participantes, para que não houvesse retrabalho, fazendo com que o processo de projeto tivesse um desenvolvimento e evolução contínua.
- E. Adoção de critérios de modelagem das soluções adotadas para níveis de desenvolvimento em cada etapa para que não houvesse mais informações do

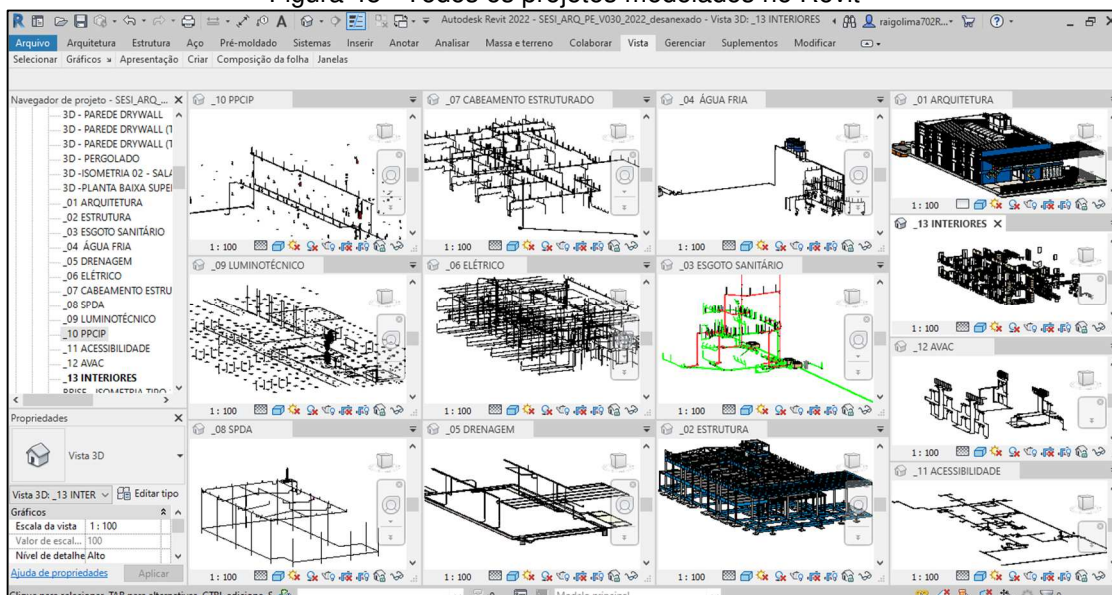
- que o necessário e que também atendesse às expectativas dos clientes, sempre alinhado com os usos do BIM solicitados.
- F. Como nem todos os colaboradores estavam no mesmo local, os modelos eram inseridos toda sexta na ACC (Autodesk Construction Cloud), e as revisões aconteciam no final de semana, e as reuniões toda terça-feira.
  - G. Fundamental o controle do fluxo de informações e interatividade entre os projetistas, alinhado com as necessidades e objetivos do cliente.
  - H. Monitoramento do cronograma, através de lista de atividades de cada disciplina que atualizavam a cada semana, assim visualizando o progresso de cada disciplina e realocando recursos para as que estavam atrasadas. Mantendo controle do progresso total do projeto.
  - I. E é claro, tudo isso foi possível graças a uma equipe de profissionais extremamente qualificada Line Arquitetura e Engenharia, entre os quais se destacam os seguintes participantes: Raigo Lima, Ruam Diego, João Pedro Garrido Vasconcelos, João Kleber Uchoa, Jorge Barreiros Neto, Adriel Pires Ysla Thália, Jean Tourinho, Clívia Holanda e Amanda Guimarães.

### 3.1 METODOLOGIA DE COMPATIBILIZAÇÃO COM O REVIT

Como já se sabe, a principal ferramenta utilizada para a produção dos projetos da escola Sesi-AP foi o Software Revit da Autodesk versão 2022, com exceção dos sistemas estruturais como a estrutura de concreto armado, o projeto de estrutura metálica e projeto de fundações, que foram produzidos com o auxílio das ferramentas TQS e Sap2000. No entanto, na etapa de projetos executivos desses sistemas e o workflow de compatibilização ocorreram no Revit por meio da interoperabilidade entre os sistemas envolvidos. Os projetos desenvolvidos e modelados podem ser visualizados nas figuras 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60 e 61 abaixo.

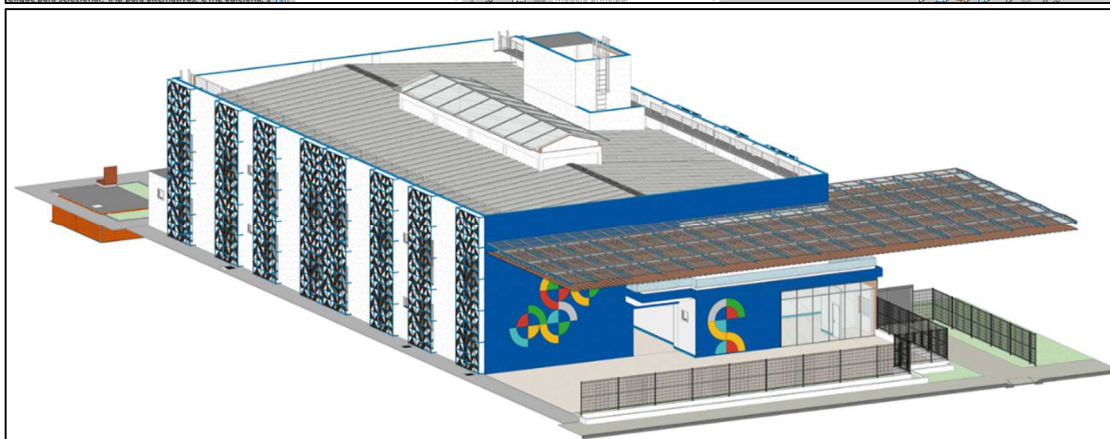
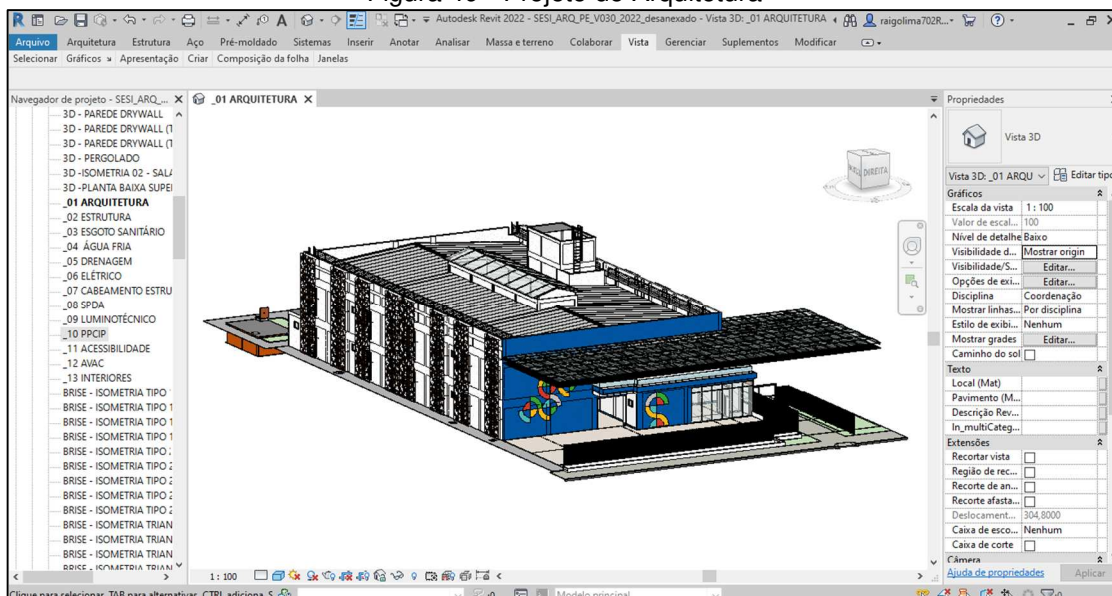
Na figura 62, pode-se verificar os modelos integrados, ou seja, a união de todos os sistemas de forma compatibilizada, formando o chamado modelo Federado. Já na figura 63 é possível visualizar, por meio de um raio x da edificação, todos os seus sistemas integrados internamente.

Figura 48 - Todos os projetos modelados no Revit



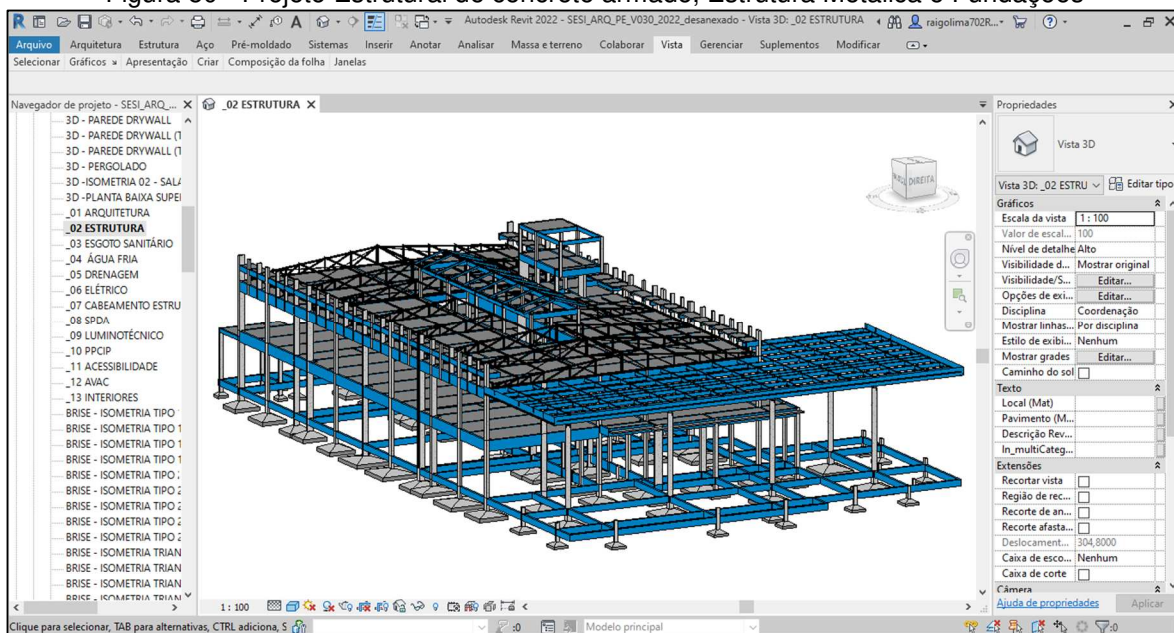
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 49 - Projeto de Arquitetura



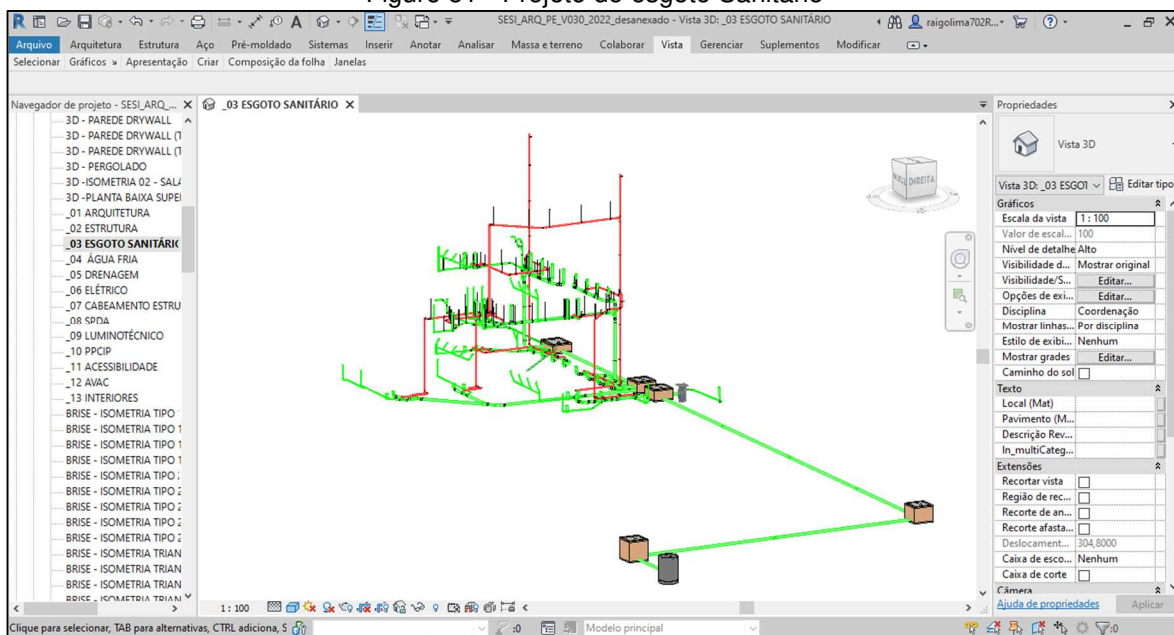
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 50 - Projeto Estrutural de concreto armado, Estrutura Metálica e Fundações



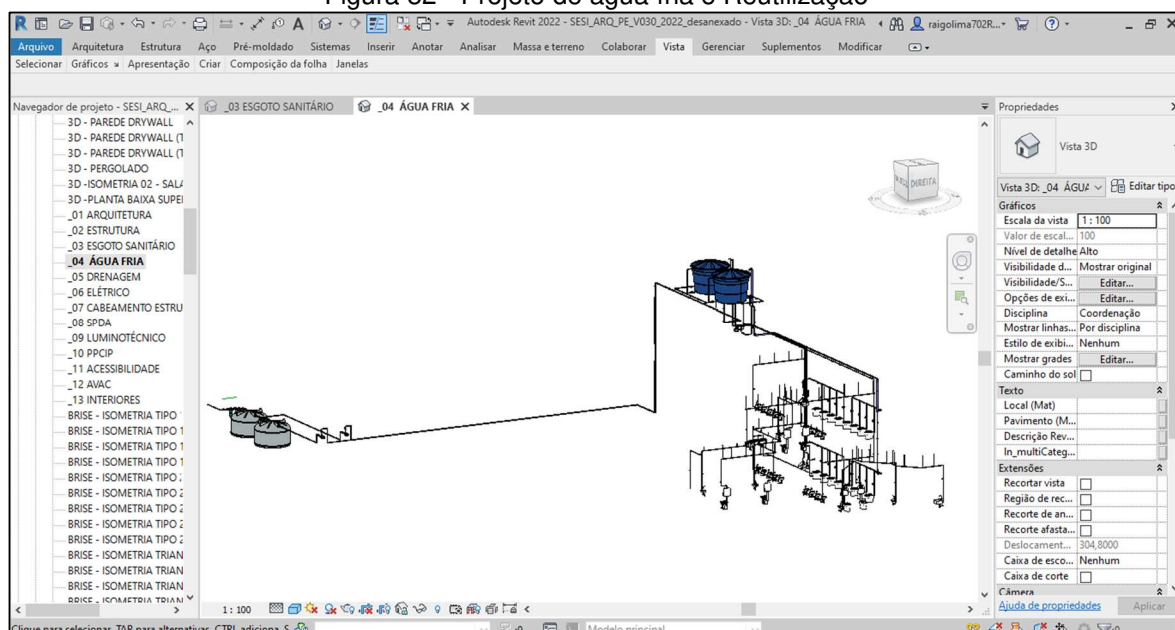
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figure 51 - Projeto de esgoto Sanitário



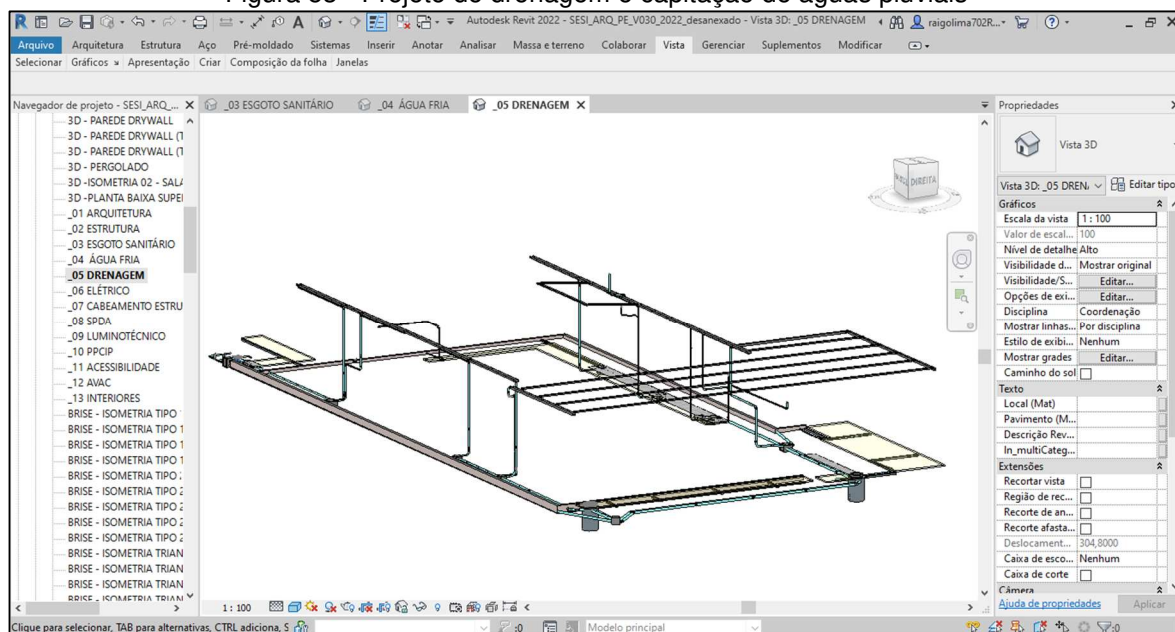
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 52 - Projeto de água fria e Reutilização



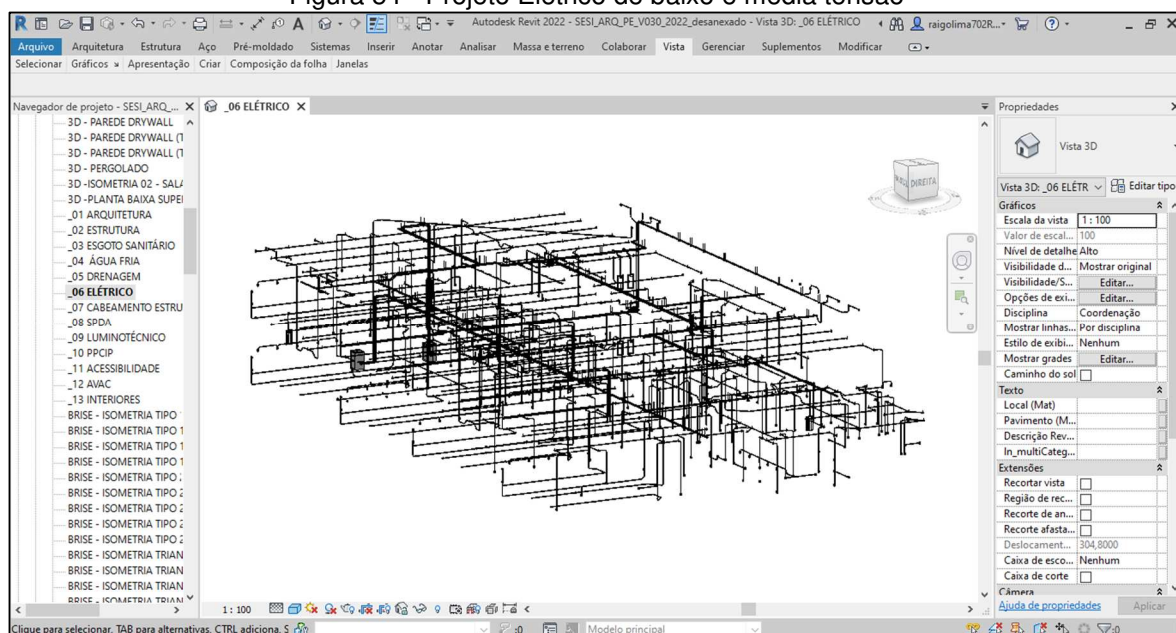
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 53 - Projeto de drenagem e captação de águas pluviais



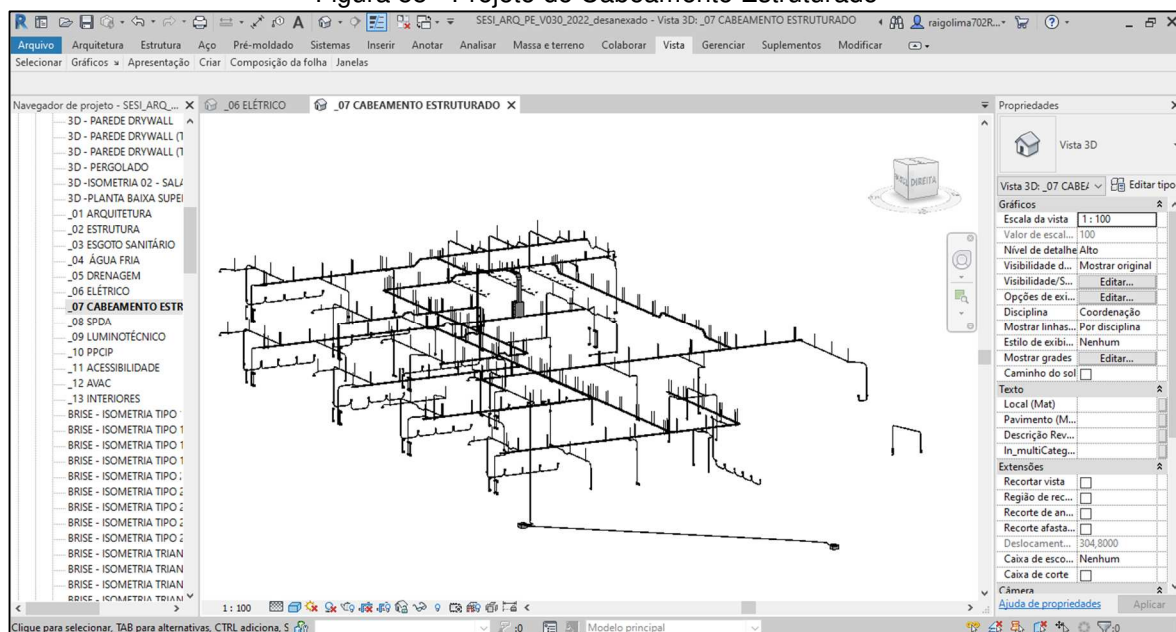
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 54 - Projeto Elétrico de baixo e média tensão



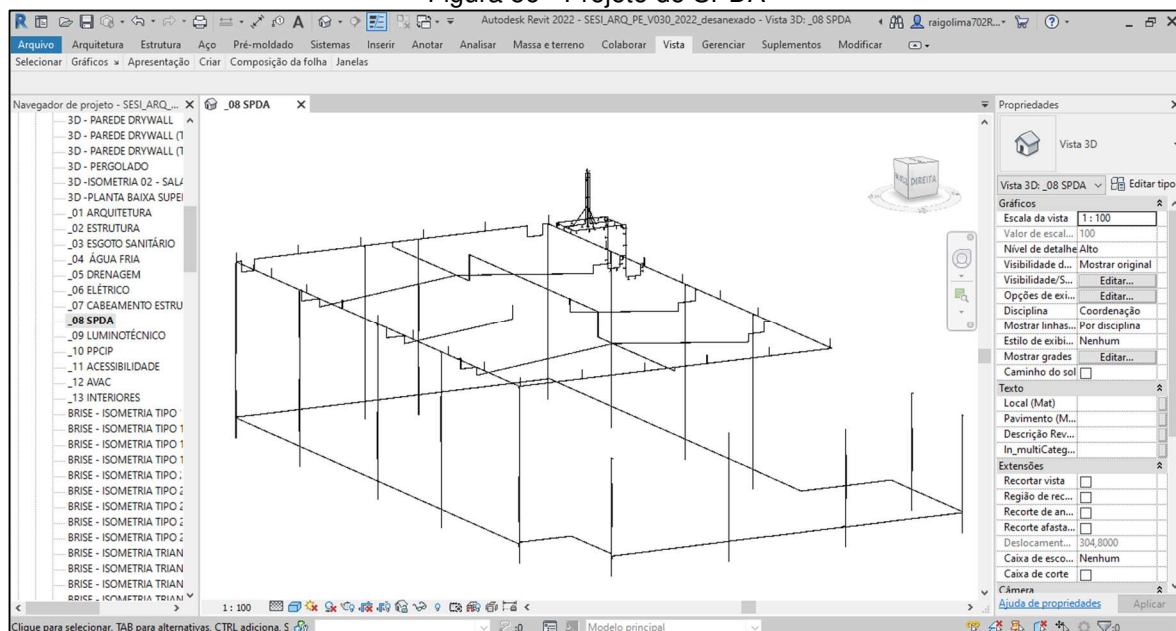
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 55 - Projeto de Cabeamento Estruturado



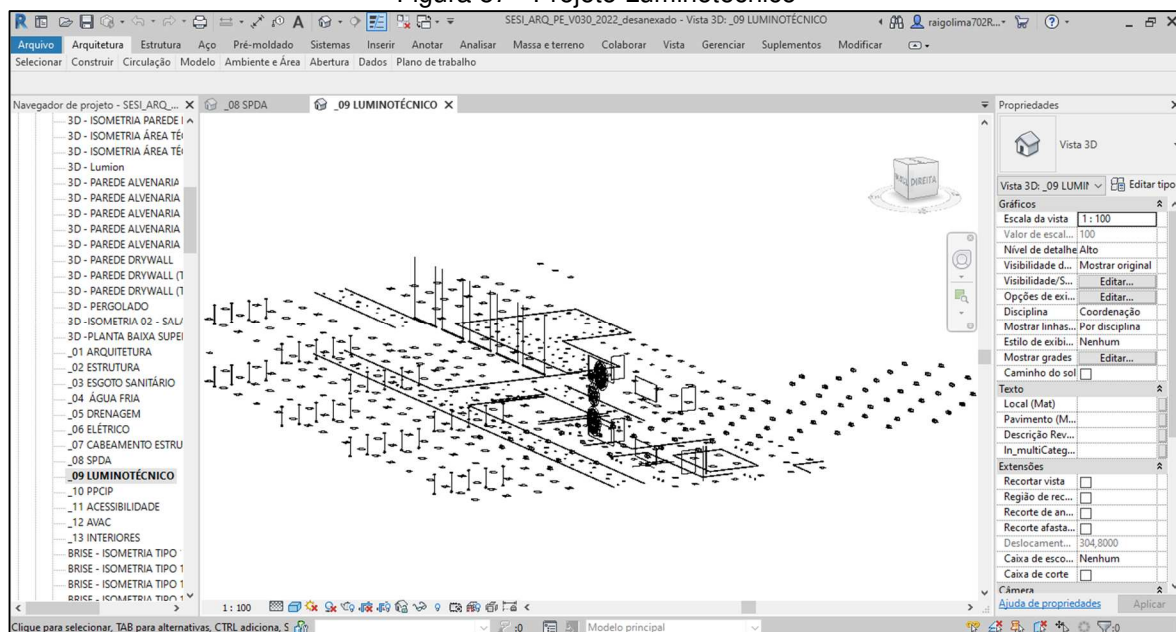
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 56 - Projeto de SPDA



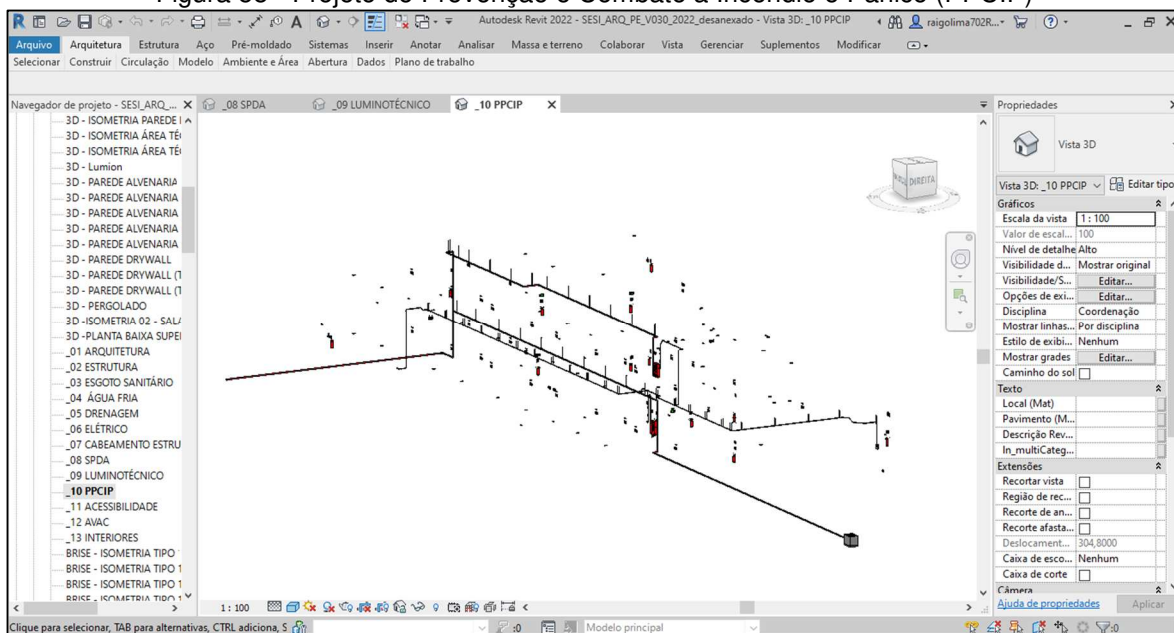
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 57 - Projeto Luminotécnico



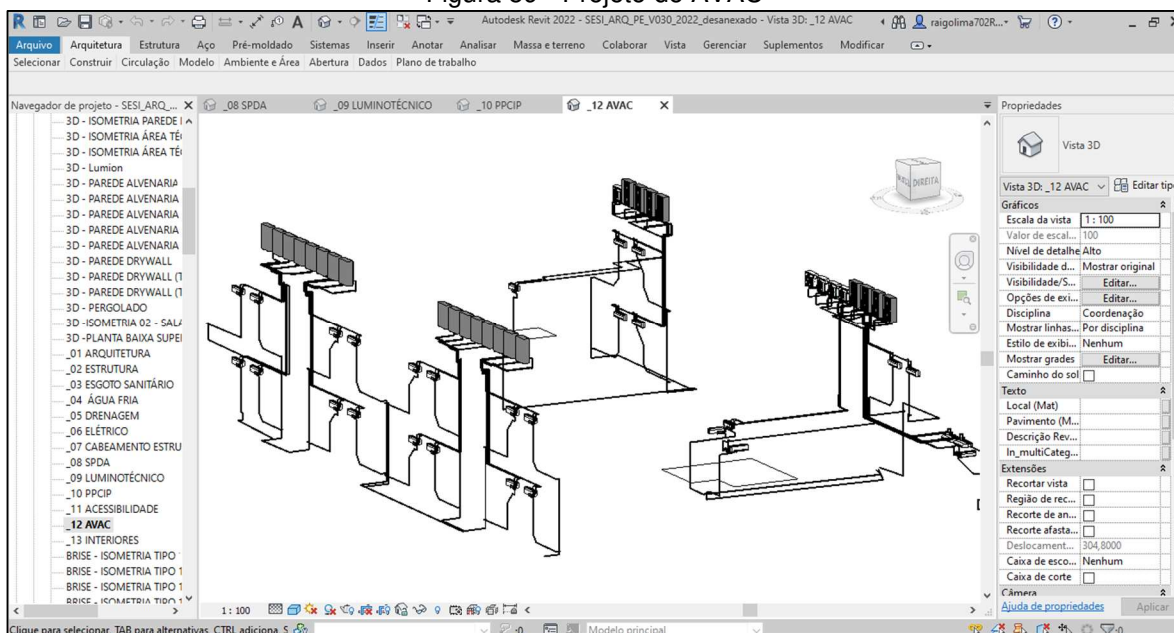
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 58 - Projeto de Prevenção e Combate a Incêndio e Pânico (PPCIP)



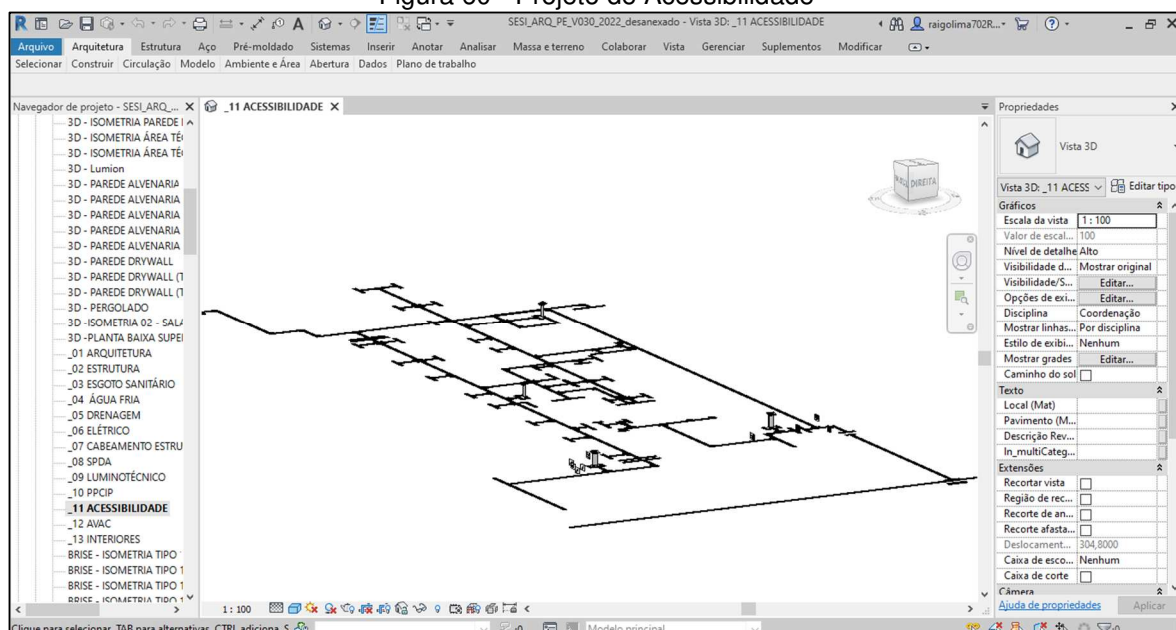
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 59 - Projeto de AVAC



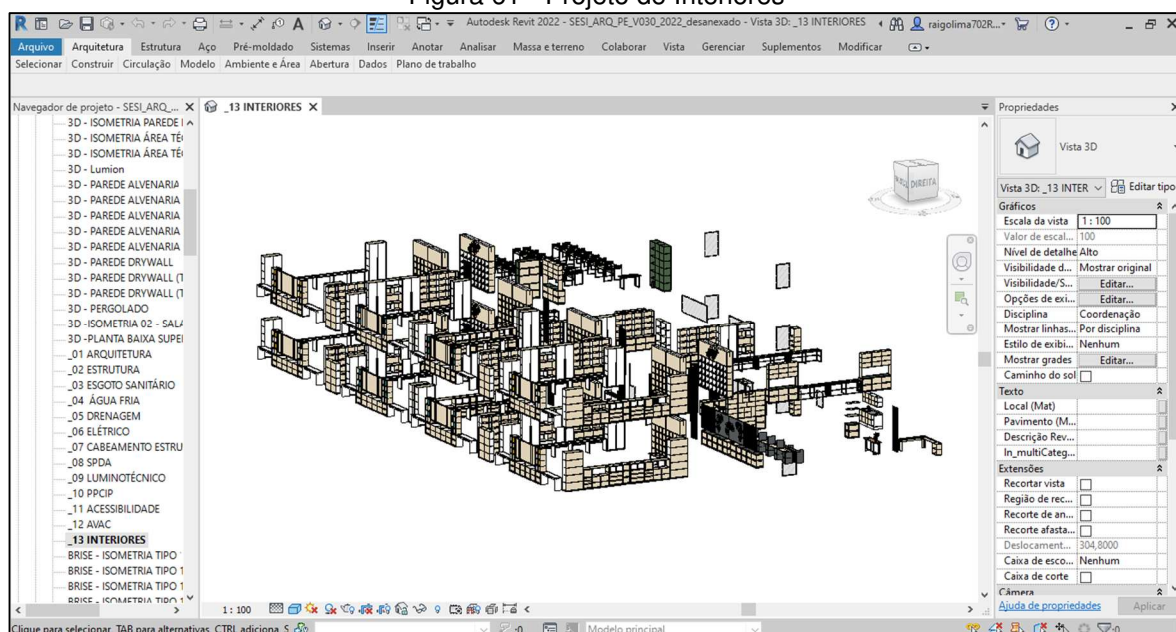
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 60 - Projeto de Acessibilidade



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 61 - Projeto de Interiores



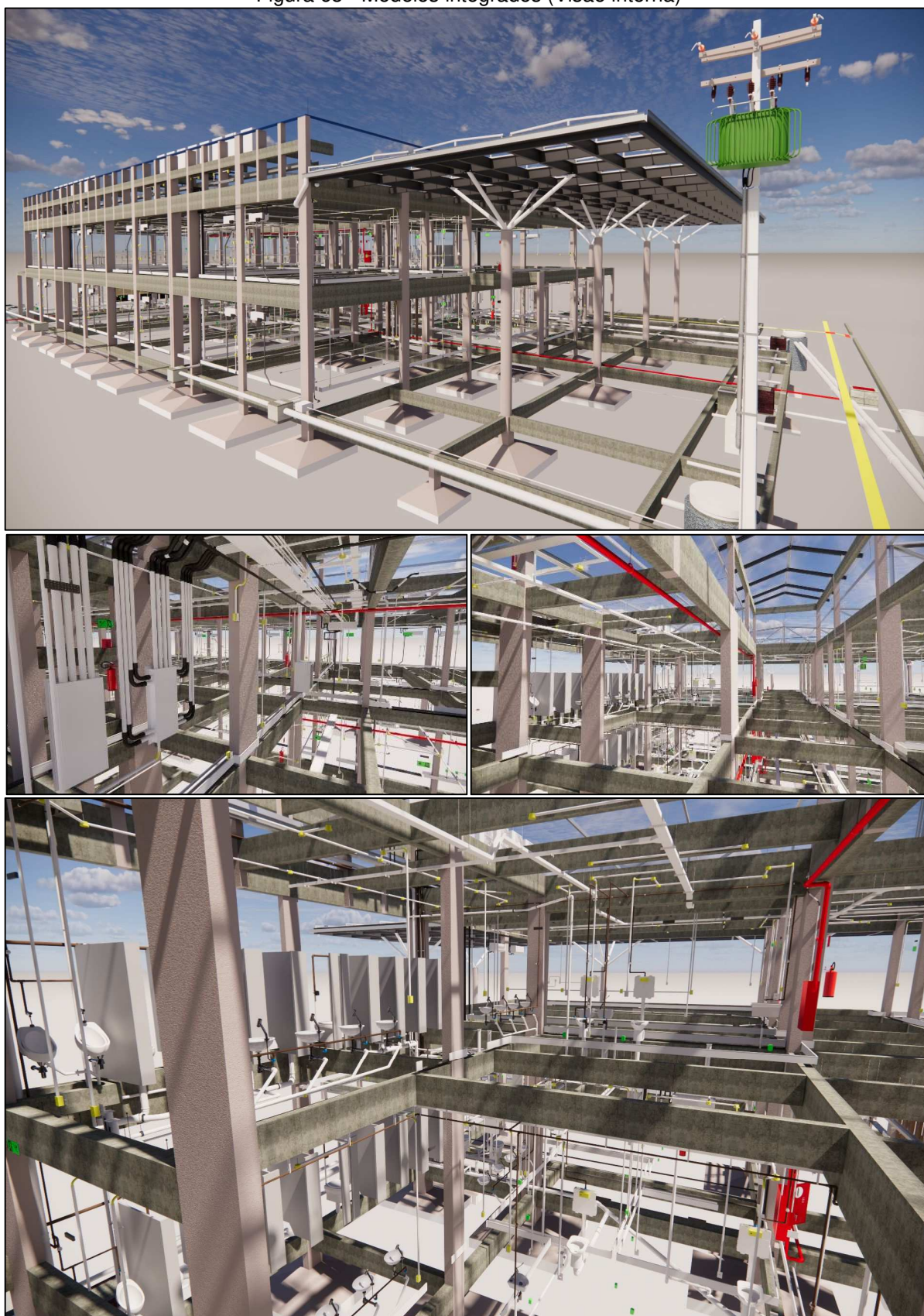
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 62 - Projetos Integrados (Modelo Federado dentro do Revit)



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 63 - Modelos integrados (Visão interna)



Fonte: Fernandes (2022).

### 3.1.1 Organização do Workflow de modelagem em rede local

Tendo como referência o site da **Sigmatelcom (2022)**, na qual publicou um artigo acerca da organização de uma rede local, assim, são destacados os principais pontos de uma rede local aplicada na empresa Line Projetos e Construções.

Uma rede local de trabalho é formada por uma infraestrutura de computadores, notebooks e outros equipamentos eletrônicos, tais como cabos para as conexões com os servidores. O objetivo de uma rede local é promover a comunicação interna de forma bidirecional e síncrona.

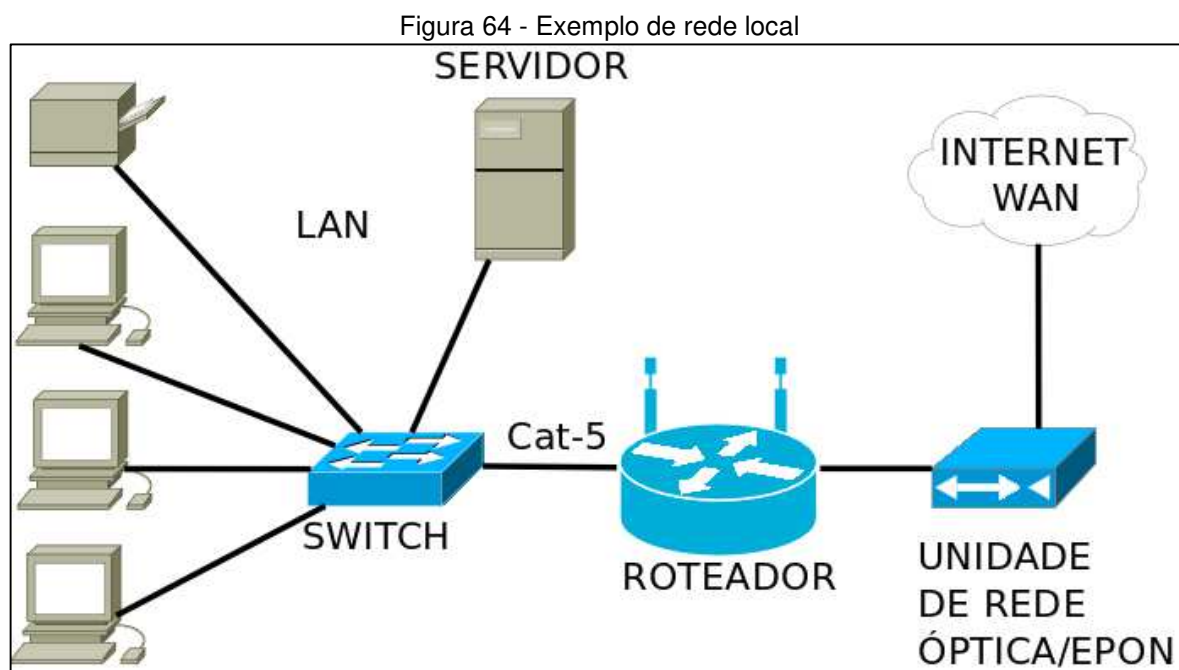
Nesse sentido, o primeiro passo é conhecer o layout do local onde ocorreram as instalações dos equipamentos, assim será possível dimensionar corretamente os materiais necessários para a criação da rede. Nessa etapa, também é necessário quantificar o número atual e futuro de usuários do escritório, para estabelecer a capacidade da rede.

O segundo passo é dimensionar uma instalação elétrica de qualidade no espaço, bem como nobreaks exclusivos para os servidores, independentes dos outros equipamentos.

O terceiro passo é a determinação dos números de servidores para a realização das atividades, baseadas nas tecnologias que serão gerenciadas. No caso específico da empresa Line Projetos e Construções, tem-se um servidor robusto que proporciona o processamento de um grande número de dados, apresentando também grande capacidade de memória. Essas condições são necessárias devido ao processo de trabalho de projetos que utiliza como principal ferramenta de trabalho o software Revit da Autodesk, pois o mesmo é um sistema baseado em memória que se torna significativamente mais lento com projetos maiores do que 100 a 300 MB., principalmente quando se adota o fluxo de projetos baseados em modelo central.

Como último passo, faz-se necessário a implantação de um processo de monitoramento da rede local, de forma que haja uma verificação contínua dos serviços rotineiros de projeto, atrelada ao bom funcionamento da rede, garantindo a sua estabilidade durante o seu uso. Paralelamente a isso, vale salientar que se deve garantir a segurança das informações que passam pela rede estruturada, por meio, por exemplo, de um firewall corporativo, o que promove a implementação das políticas de acesso e controle de consumo definidos, bem como também a obrigatoriedade da

instalação de um software de antivírus em cada um dos equipamentos que incorporam a rede. Um exemplo didático de uma rede local pode ser visualizado na figura 64 abaixo.



Fonte: Rez (2018)

Todas as disciplinas que compõem o projeto devem está salvas na rede local da empresa em pastas específicas definidas pela coordenação do projeto, com nomes padronizados, de acordo com as versões e etapas definidas também pela coordenação. A organização pode ser exemplificada como o seguinte passo a passo de criação de pastas:

## 1. Rede local

Ex. de pasta:

- PROJETOS\_2022 (Pasta)

### 1.1. Nome do projeto

Ex. de pasta:

- P\_SESI\_AP\_2022(Pasta)

#### 1.1.1. Etapa do projeto

Ex. de pasta:

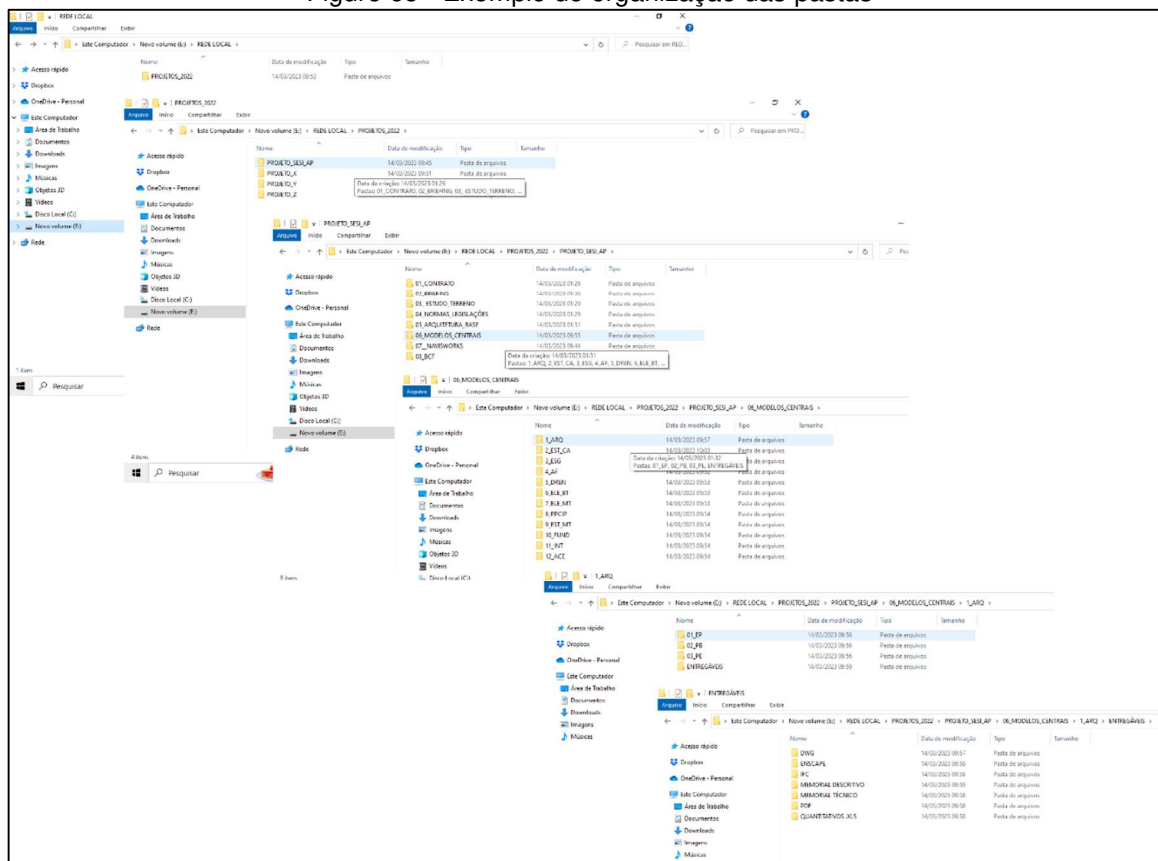
- 01\_CONTRATO (Pasta)
- 02\_BRIEFING (Pasta)
- 03\_ESTUDO\_TERRENO (Pasta)

- Topografia
- Sondagem\_SPT
- Interferências naturais
- Vegetação
- Luminosidade
- Ação dos ventos
- Limites
- Construções vizinhas
- Necessidade de drenagem
- 04\_NORMAS\_LEGISLAÇÕES (Pasta)
  - Zoneamento
  - Código de obras
- 05\_ARQUITETURA\_BASE (Pasta)
  - ARQ\_V01 (Arquivo .rvt Aprovado pelo cliente)
- 06\_MODELOS\_CENTRAIS (Pasta)
  - 01\_ARQ (Pasta)
    - EP (Pasta)
      - ARQ\_EP\_V01 (Arquivo. rvt)
    - PB (Pasta)
      - EST\_CA\_PB\_V01 (Arquivo. rvt)
    - PE (Pasta)
      - EST\_CA\_PE\_V01 (Arquivo. rvt)
      - DWG (Pasta = Entregável)
      - PDF (Pasta = Entregável)
      - QTD (Pasta = Entregável)
      - ENSCAPE (Pasta = Entregável)
      - IFC (Pasta = Entregável)
      - MEMORIAL TÉCNICO
      - MEMORIAL DESCRITIVO
  - 02\_EST\_CA (Pasta)
    - EP (Pasta)
      - EST\_CA\_EP\_V01 (Arquivo. rvt)
    - PB (Pasta)
      - EST\_CA\_PB\_V01 (Arquivo. rvt)
    - PE (Pasta)
      - EST\_CA\_EP\_V01 (Arquivo. rvt)
      - DWG (Pasta = Entregável)
      - PDF (Pasta = Entregável)
      - QTD (Pasta = Entregável)
      - ENSCAPE (Pasta = Entregável)
      - IFC (Pasta = Entregável)
      - MEMORIAL TÉCNICO
      - MEMORIAL DESCRITIVO

- 07\_NAVISWORKS (Pasta de coordenação vertical)
- 08\_BCF\_MODELOS (Pasta de coordenação horizontal)

Na prática, essa organização das pastas na rede local pode ser feita conforme a figura 65 abaixo.

Figure 65 - Exemplo de organização das pastas



Fonte: Autor

Dentro da pasta de projeto existem as pastas 07 e 08 exemplificadas acima. Essas geralmente são as pastas que recebem os registros do processo de compatibilização em pelo menos 3 tipos de arquivos de extensão. Um arquivo de extensão pode ser pertencente a algum software especialista para detecção de interferência no processo, a exemplo destaca-se o Navisworks com três tipos distintos de arquivos de extensão, que podem ser utilizados no processo de coordenação, são eles .NWD, NWF e NWC. Os outros dois arquivos de extensão são obrigatoriamente tomados como padrão no processo de interoperabilidade para os mecanismos de trabalho em Open BIM, são eles o .IFC e BCF. Para fluxos de trabalhos internos, que tenham como propósito a adoção da metodologia BIM, é necessário que pelo menos

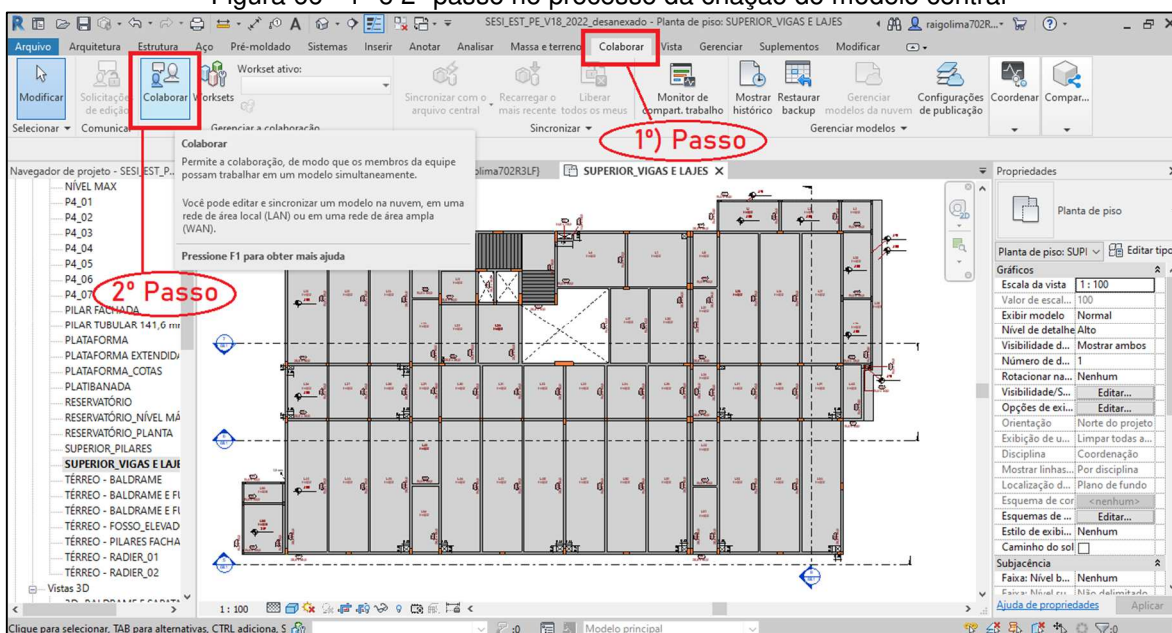
arquivos nativos, BCF e IFC sejam adotados na metodologia empregada, sendo essa última o contexto de aplicação adotado no estudo de caso em questão.

### **3.1.2 Criação do modelo Central de cada disciplina No Revit**

Antes de mais nada, faz-se necessário pontuar algumas questões relacionadas aos arquivos de trabalho do software Revit. Primeiro ponto a ser entendido é a criação de um modelo qualquer dentro da plataforma de trabalho, na rede local (network lan) ou na nuvem pois é possível que esse trabalho também seja realizado dessa forma, contudo, aqui será descrito, de forma sucinta, a aplicação em rede local tendo em vista que o estudo de caso foi produzido dessa forma. Assim, ao se criar um arquivo rvt (arquivo de modelo de projeto do Revit) apenas uma pessoa poderá ter acesso ao modelo e, portanto, somente ela conseguirá desenvolvê-lo, isto é, caso outro interveniente tente operar o mesmo arquivo simultaneamente a operação será inválida.

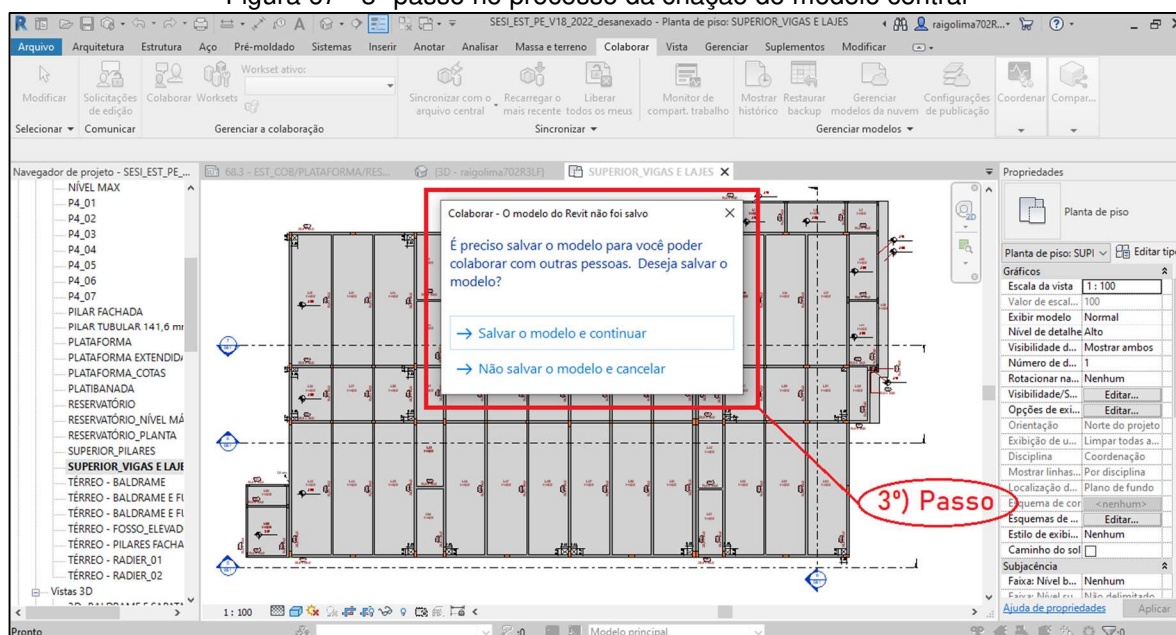
Com isso, para que haja a colaboração e mais pessoas tenham acesso simultaneamente ao modelo e, conseqüentemente consigam trabalhar juntas no desenvolvimento do mesmo, é necessário que seja criado o chamado arquivo central do Revit em sua aba chamada de colaboração. Os procedimentos da criação do modelo central vão ser demonstrados por meio de um passo a passo, considerando as etapas dentro do software Revit, podem ser verificados conforme as figuras 66, 67, 68, 69, 70 e 71 abaixo.

Figura 66 - 1º e 2º passo no processo da criação do modelo central



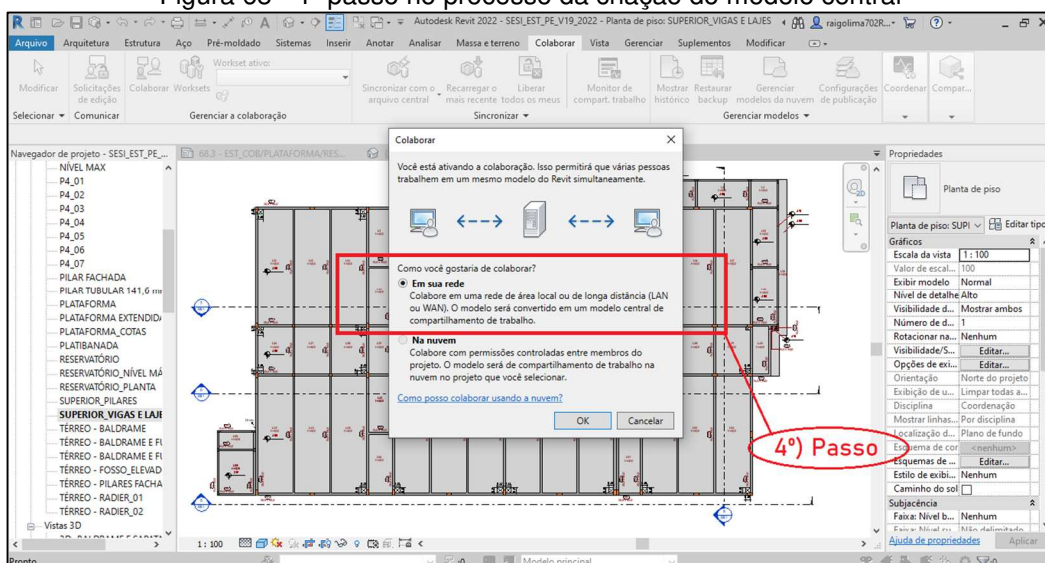
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 67 - 3º passo no processo da criação do modelo central



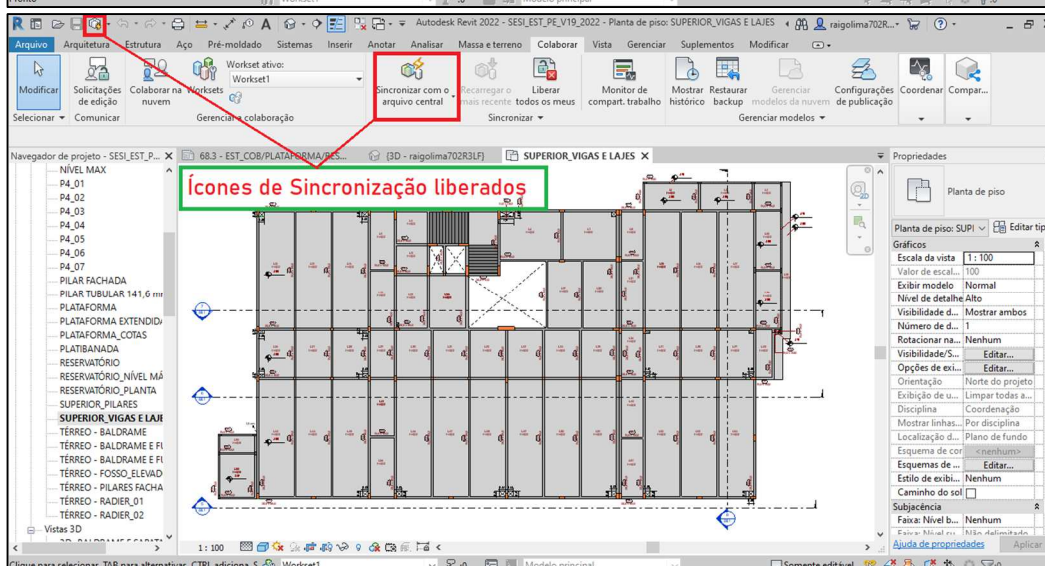
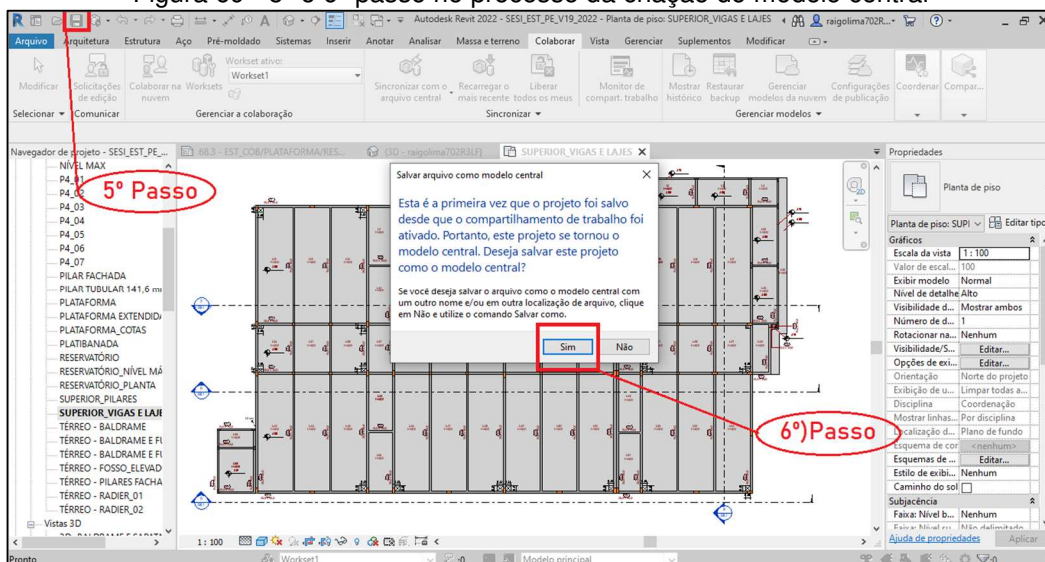
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 68 - 4º passo no processo da criação do modelo central



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

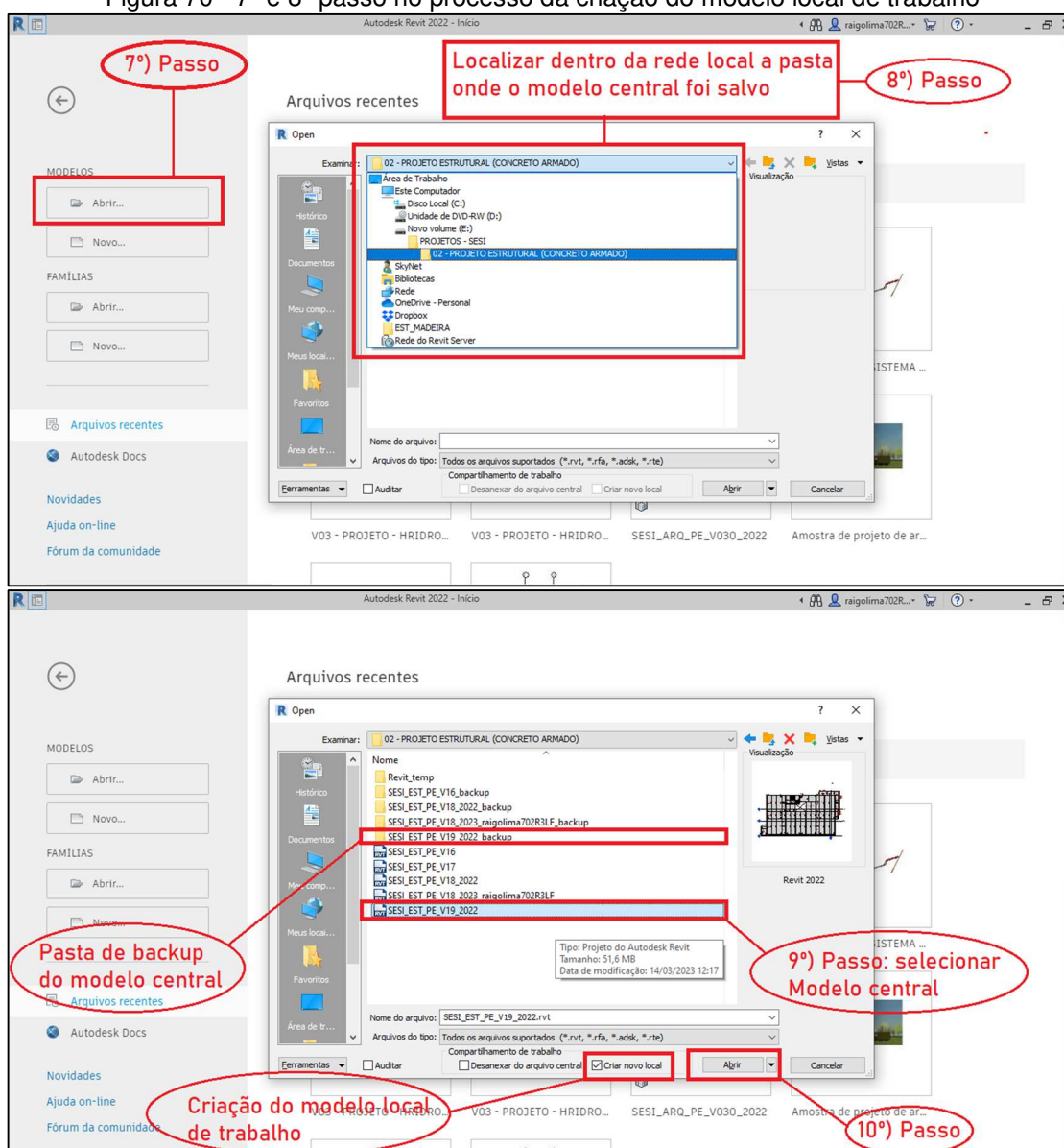
Figura 69 - 5º e 6º passo no processo da criação do modelo central



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

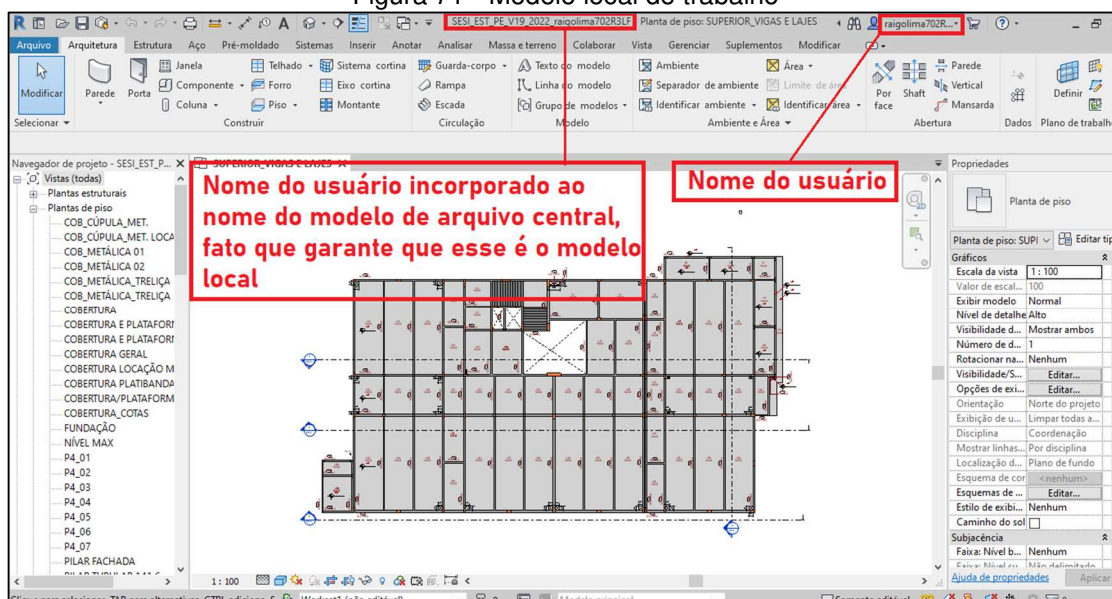
Uma observação importante acerca da criação do modelo central é que nunca se trabalha diretamente dentro do modelo central, é preciso trabalhar em cópias locais do modelo central que vão incorporar além do nome do modelo, o nome do usuário. Portanto, é preciso fechar o arquivo e abrir o um novo arquivo localizado na pasta onde o modelo central foi salvo, ao clicar no mesmo, é preciso se certificar que o ícone criar novo local está ativo, tal como se vê na figura 70 abaixo.

Figura 70 - 7º e 8º passo no processo da criação do modelo local de trabalho



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 71 - Modelo local de trabalho



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Após a realização de todas as configurações necessárias para criação do modelo central, torna-se preponderante a configuração dos chamados worksets. Os worksets são propriedades colaborativas de trabalho entre os elementos que compõem um projeto dentro do modelo, uma tradução mais individual e conceitual do ponto de vista prático seria *grupos de proprietários*, visto que no processo de trabalho os objetos são pertencentes a determinado proprietário. Os worksets são fundamentais para a divisão dos trabalhos que acontecem dentro do modelo central, principalmente quando vários usuários estão trabalhando no mesmo modelo simultaneamente. Nesse caso, geralmente a coordenação do projeto realiza as melhores estratégias para a organização de trabalho com os worksets, dependendo de vários fatores como nível de complexidade dos projetos e número de participantes no mesmo, sejam internos ou externos. Pode-se dividir por exemplo por pavimentos, áreas específicas de modelagem, etapas de detalhamento, como criação das pranchas técnicas, cortes e fachadas entre outras atribuições. Segundo a Autodesk:

Uma importante distinção ao trabalhar com a propriedade de objetos em um workset é entre a criação de um workset editável e a concessão de um workset. Se você tornar um workset editável no Revit, estará pegando a propriedade exclusiva de todos os objetos no mesmo. Somente um usuário pode editar exclusivamente cada Workset em um determinado momento. Todos os membros da equipe podem visualizar os worksets de propriedade de outros membros da equipe, mas não podem alterá-los. Esta restrição previne possíveis conflitos dentro do projeto. (Autodesk, 21 out., 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn->

explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Collaborate/files/GUID-86810293-6510-4F5A-8009-27B4767CA136-htm.html. Acesso em 11 mar. 2023).

Existem duas possibilidades de implementação de um workflow de trabalho com os modelos centrais. O primeiro deles está relacionado ao desenvolvimento de todos os sistemas, pertencentes a um empreendimento, modelados em um único modelo central. Essa opção exige, no entanto, um forte trabalho de coordenação, visto que existirá um grande número de worksets e isso pode resultar em um nível de complexidade bem elevado, uma equipe altamente treinada e disciplinada seria necessário, bem como a presença maior da atuação dos coordenadores.

A segunda forma, que inclusive foi a metodologia adotada pelo estudo de caso em questão, é a criação de vários modelos centrais, ou seja, tendo como base o modelo central principal que é a Arquitetura, é criado os modelos centrais individualizados de cada disciplina participante do projeto. Nesse procedimento, usa-se os chamados vínculos do Revit, isto é, após se criar o modelo central de uma disciplina determinada é, então, realizado o vínculo do modelo central da Arquitetura e, com isso, inicia-se o processo de modelagem da disciplina em questão. Esse procedimento garante o georreferenciamento da disciplina no momento de sua criação, evitando, portanto, futuros impasses, principalmente no que tange a interoperabilidade com outros softwares e análise de coordenação em ferramentas especializadas no processo de exportação do IFC do modelo.

Obedecendo as etapas de modelagem terminadas pela coordenação do projeto, o nível de informação do projeto tende a evoluir, ou seja, as soluções projetuais vão sendo modeladas, dimensionadas e implementadas em um ciclo evolutivo de geometria e informação.

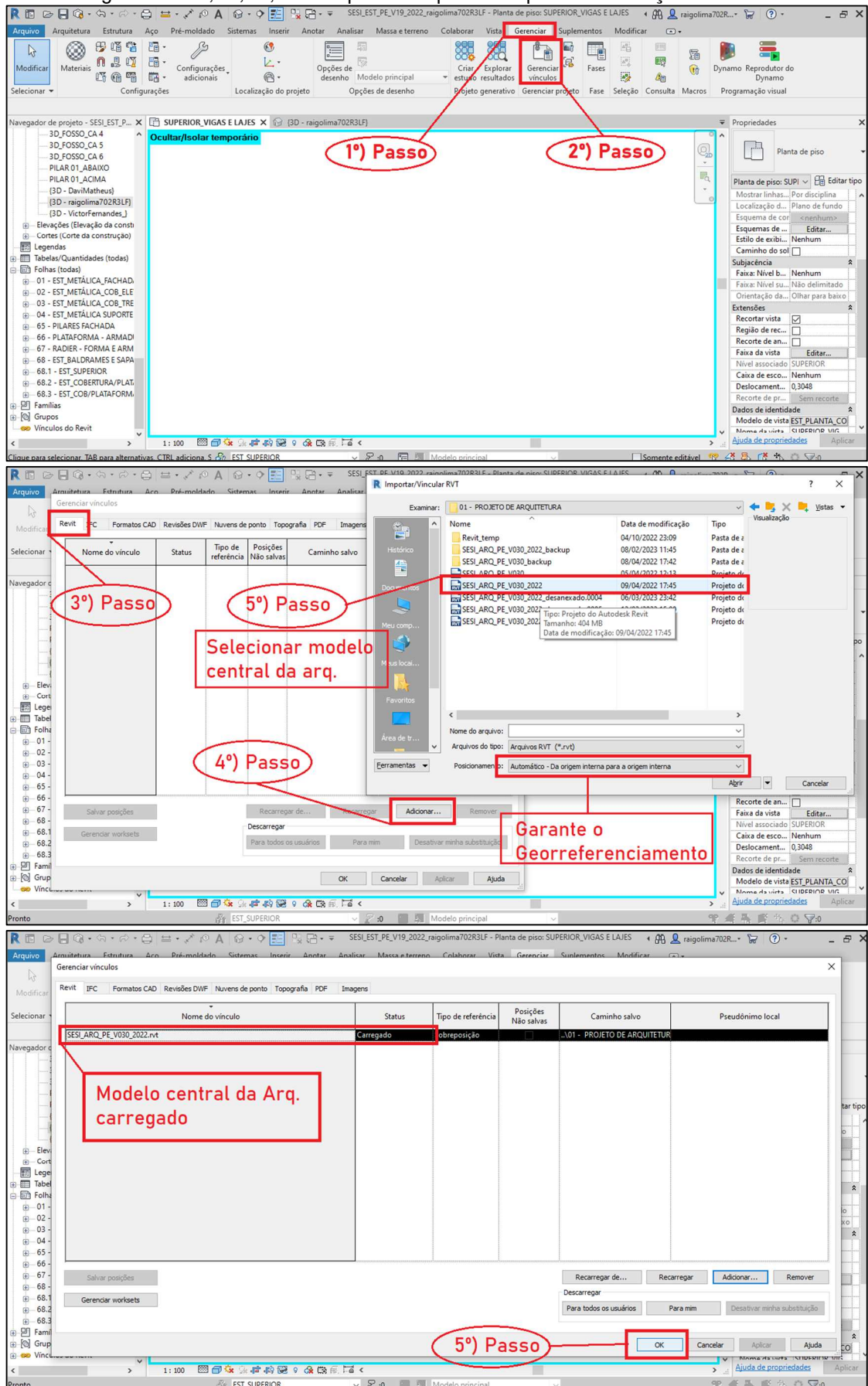
### **3.1.3 Georreferenciamento da Arquitetura como vínculo do modelo central**

Uma vez criado o modelo central de determinada disciplina, usa-se então o vínculo do modelo central do projeto de arquitetura para dar início ao processo de modelagem.

O primeiro passo é abrir a aba *gerenciar*, gerenciar projeto e gerenciar vínculo. Na aba de gerenciar vínculos do Revit é possível observar vários tipos de arquivos que podem ser vinculados ao modelo para colaborar no processo de modelagem, entre esses se destacam os arquivos nativos da própria ferramenta, arquivos IFC de outros softwares (como o TQS e o CYPECAD, que são ferramentas muito utilizadas no Brasil e que exportam IFC), arquivos CAD com extensão DWG, além de PDF's, imagens e outros arquivos.

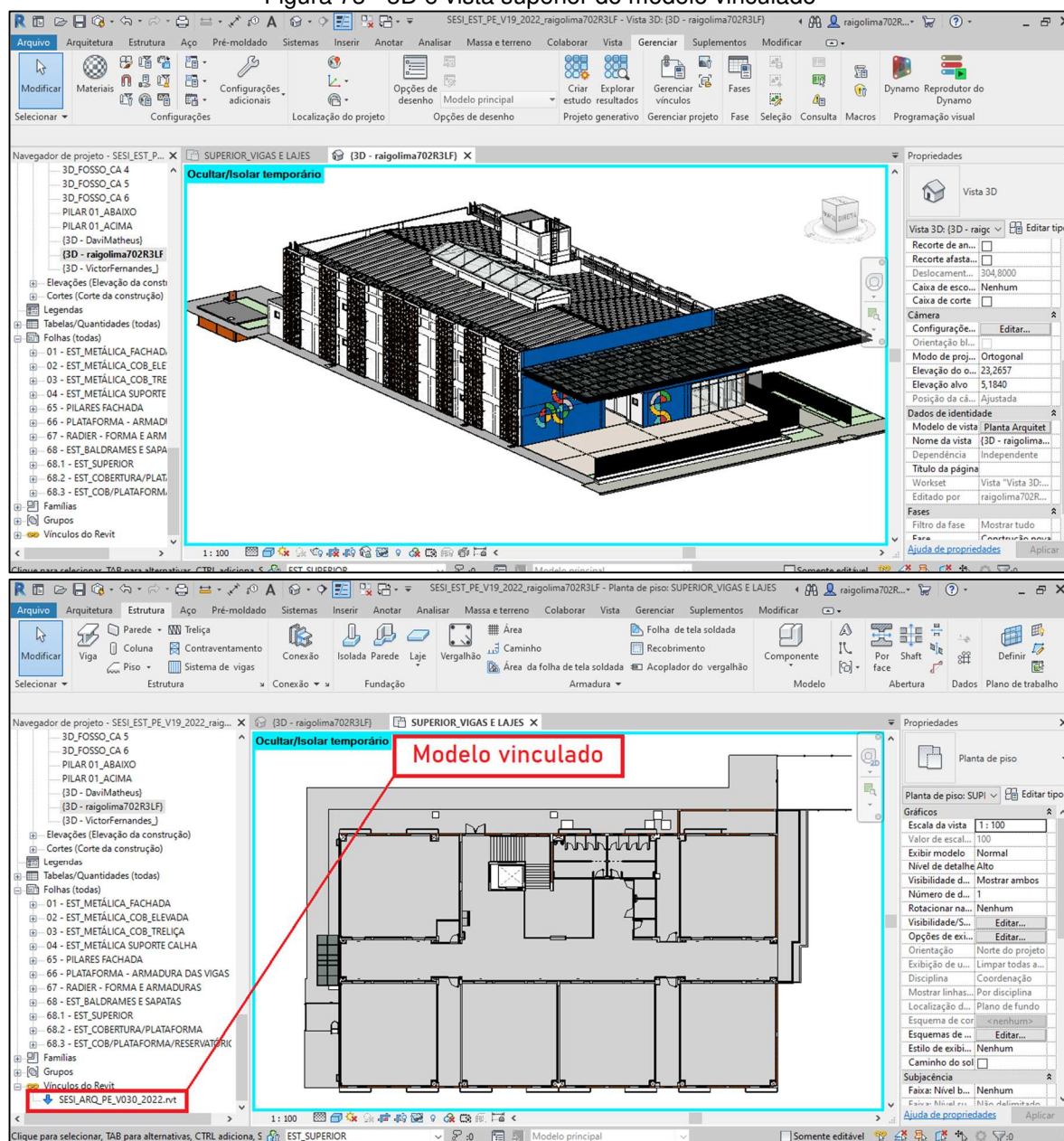
Uma vez vinculado o modelo central arquitetônico de referência, então inicia-se o processo de modelagem. Os procedimentos de modelagem, tendo como referência o modelo central da Arquitetura, apresentam peculiaridades específicas para cada disciplina, não sendo objetivo deste trabalho mostrar cada uma delas, no entanto vai ser exemplificado o processo inicial considerando o modelo estrutural para fins didáticos e de noção do processo. Assim, será demonstrado um passo a passo, considerando as etapas dentro do software Revit, podem ser verificados conforme as figuras 72, 73, 74, 75, 76, 77 e 78 abaixo.

Figura 72 - 1º, 2º, 3º, 4º e 5º passo no processo para a vinculação do modelo



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

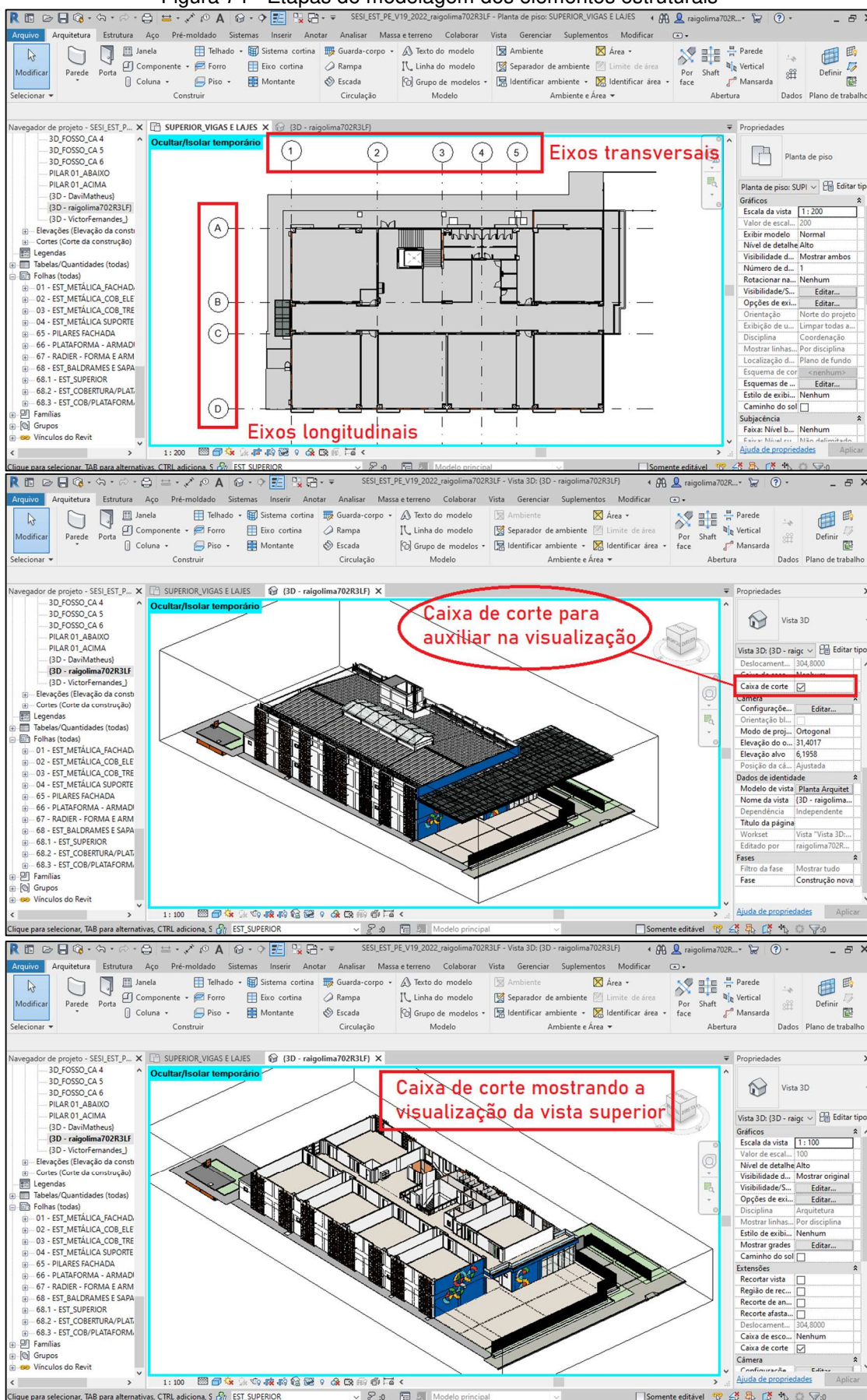
Figura 73 - 3D e vista superior do modelo vinculado



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

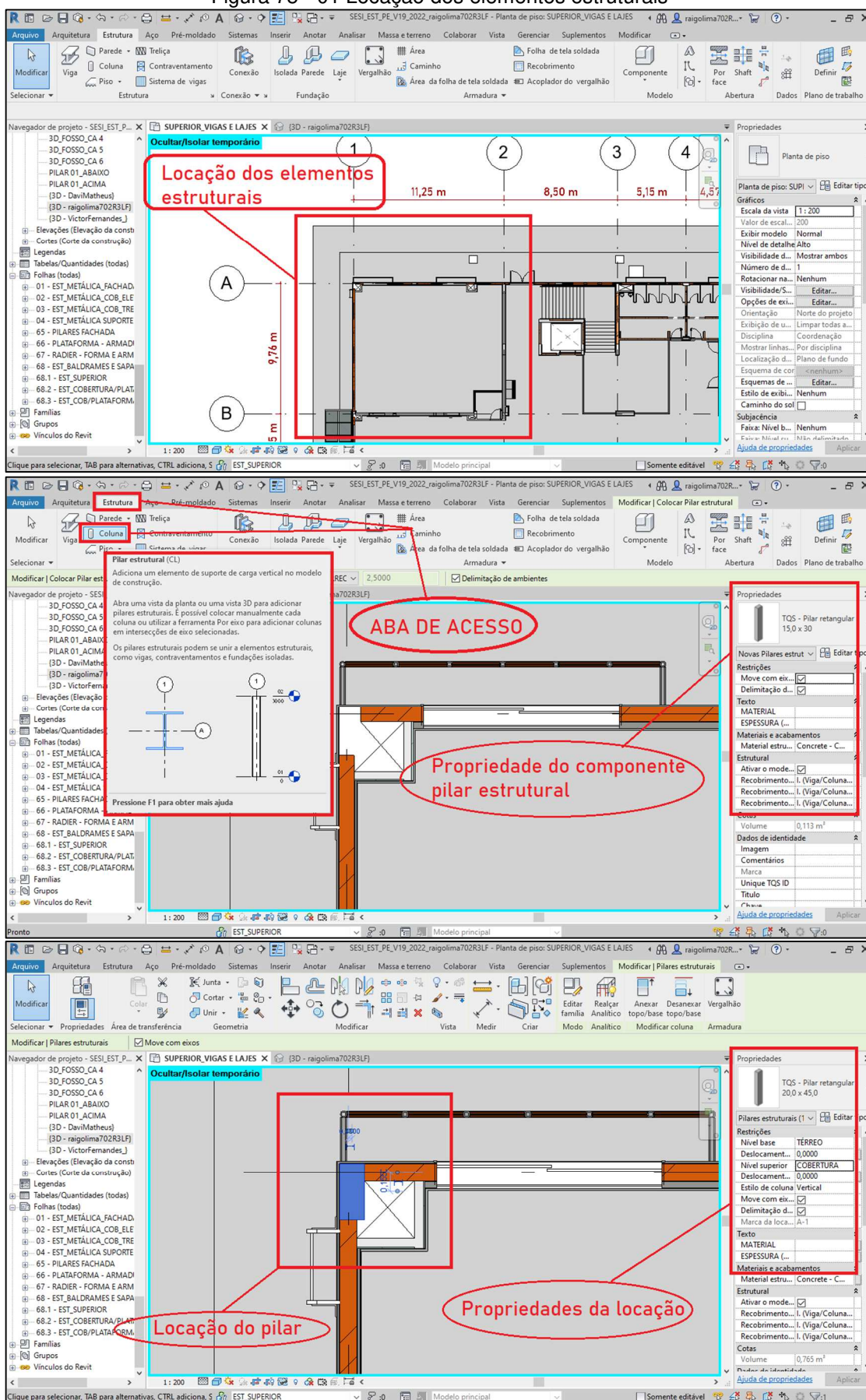
Para o projeto estrutural, convenientemente, traçasse os eixos para auxiliar na locação de pilares e vigas, usa-se elementos em 3D para auxiliar na visualização bem como nas locações dos elementos. Esse procedimento pode ser verificado nas figuras abaixo.

Figura 74 - Etapas de modelagem dos elementos estruturais



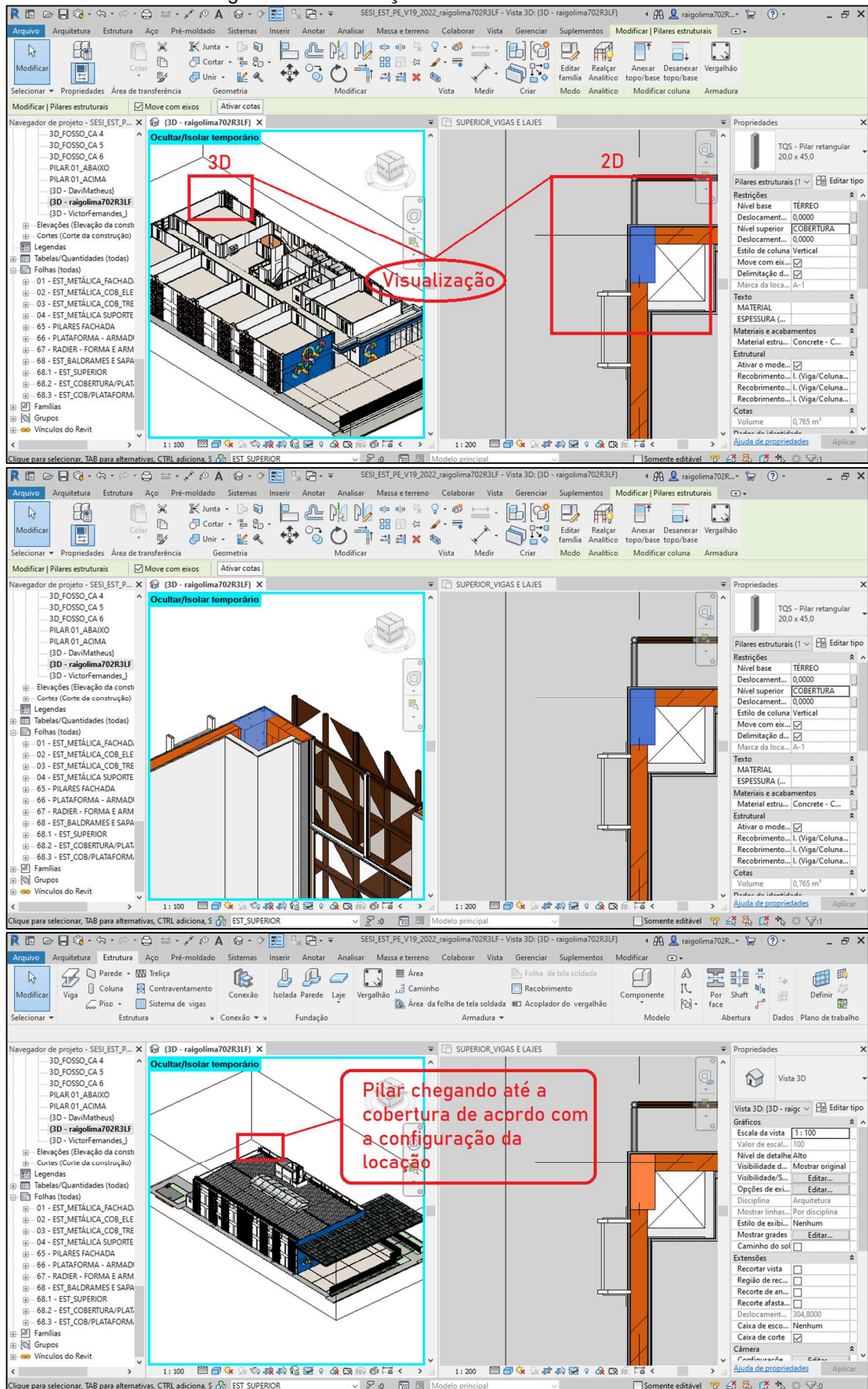
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 75 - 01 Locação dos elementos estruturais



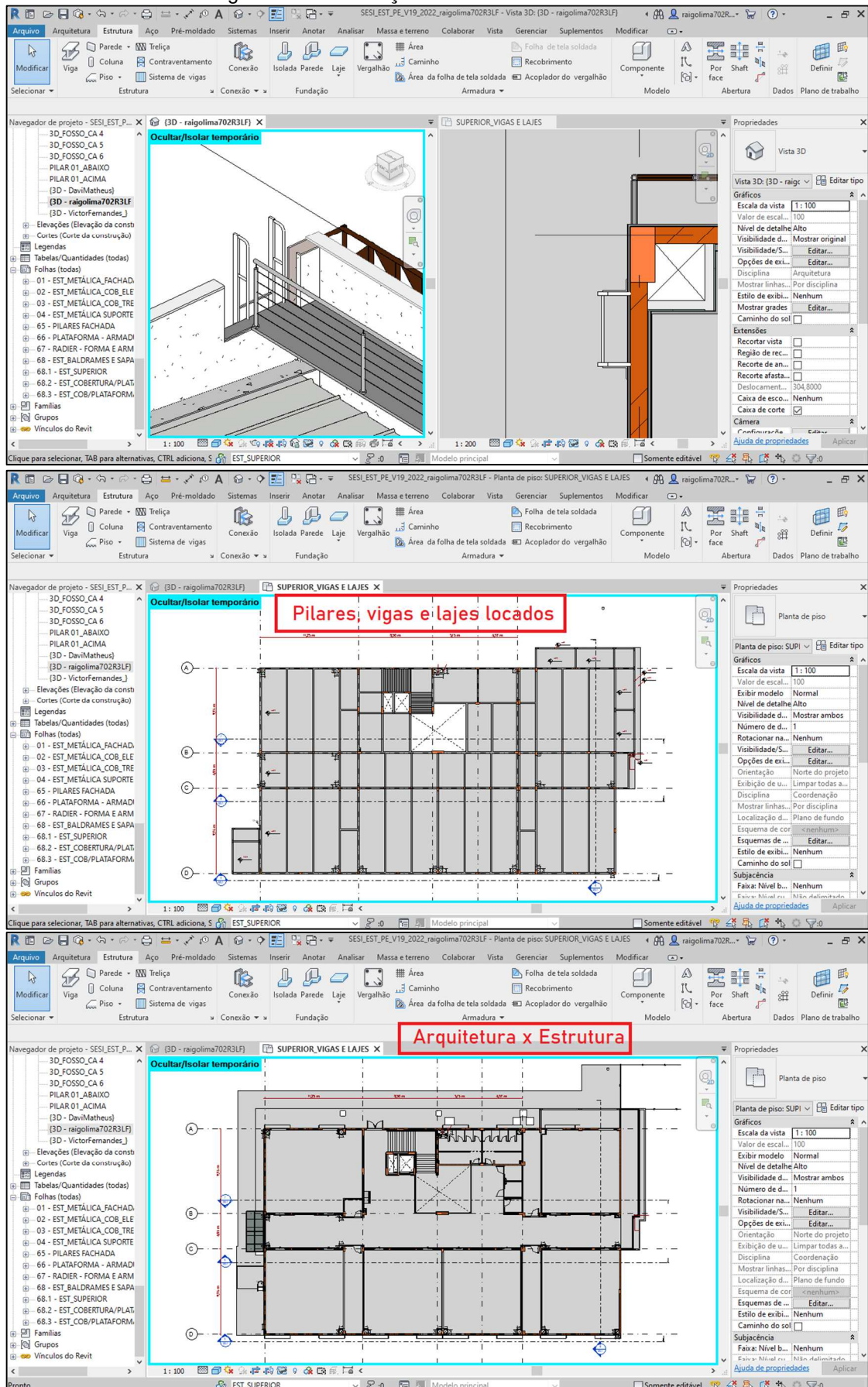
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 76 - 02 Locação dos elementos estruturais



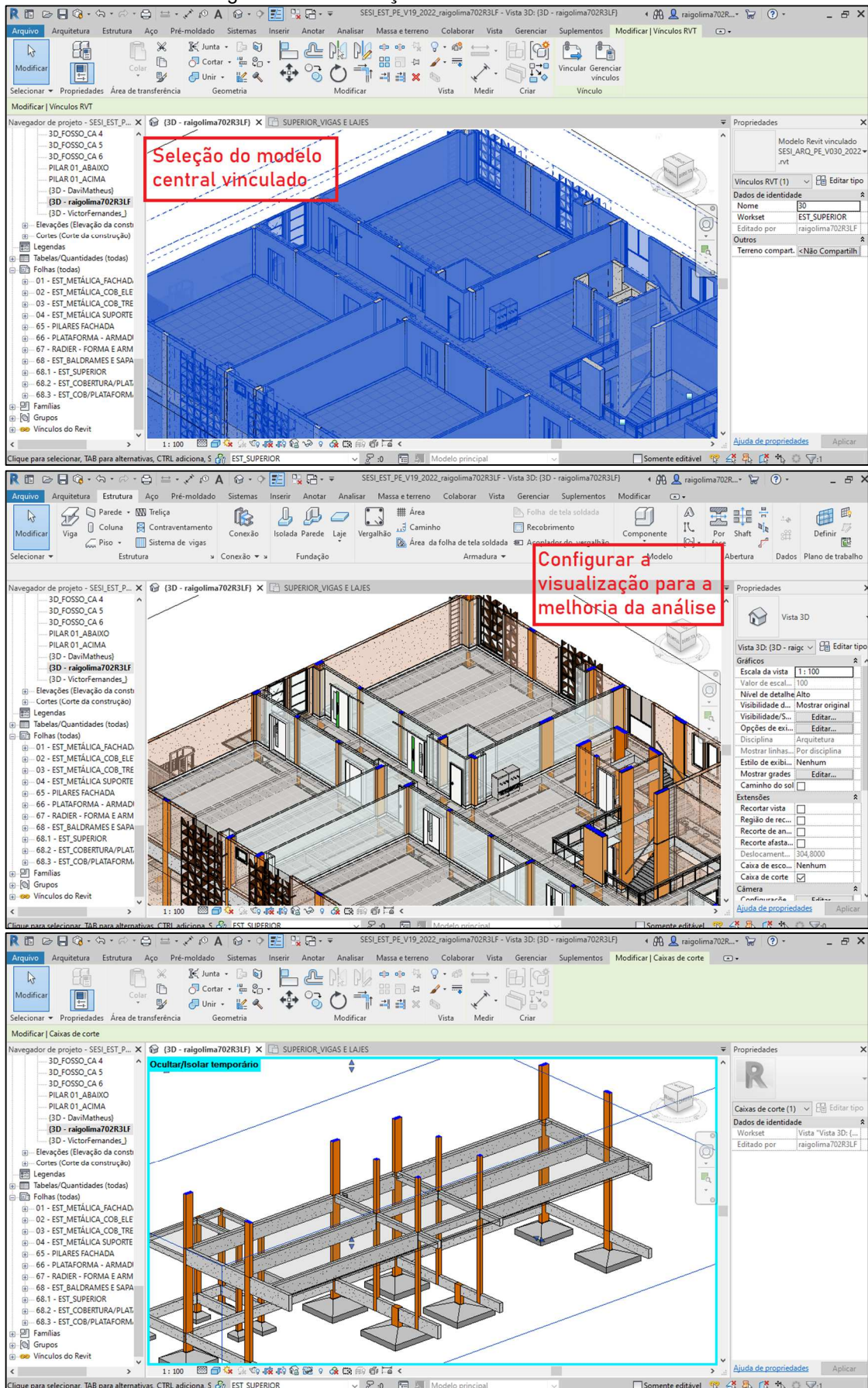
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 77 - 03 Localização dos elementos estruturais



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 78 - 04 Locação dos elementos estruturais



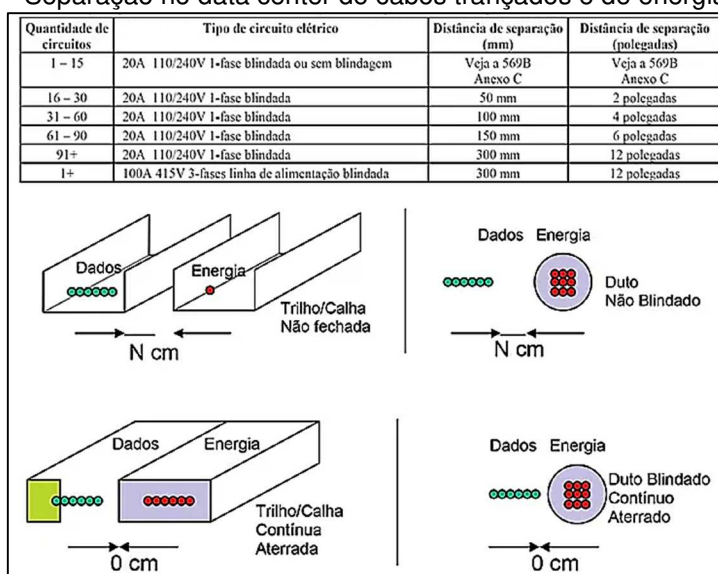
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

### 3.1.4 Workflow de detecção de interferências com o BIMCOLLAB

Algumas observações referentes a coordenação do projeto devem ser realizadas, tais pontos se aplicam para todas as disciplinas. Para o projeto Sesi – Ap, foram realizadas várias reuniões com os projetistas de forma a alinhar as possíveis soluções de cada disciplina no início do processo, principalmente aquelas que, corriqueiramente, geram incompatibilidades. Uma das aplicações mais preponderantes no Workflow de trabalho na detecção de interferências do projeto Sesi, foi a adoção do chamado *Clash Avoidance*, que tem como característica principal a aplicação de estratégias de modelagem que podem ser feitas de diversas formas, com o objetivo de evitar impasses com incompatibilidades.

Nessas reuniões, que aconteceram antes de iniciar o processo de trabalho de modelagem propriamente dito, foram levantadas o histórico das ocorrências de problemas de incompatibilidade que eram comuns nos projetos anteriores da empresa Line, tais como tubulações perfurando vigas da superestruturas e da infraestrutura, ausência de shafts, bem como também as incompatibilidades funcionais dos sistemas, como por exemplo a distância reduzida entre o sistema de cabeamento estruturado e o projeto elétrico de baixa tensão, podendo gerar um campo eletromagnético que interfere diretamente na estrutura de dados do sistema de cabeamento estruturado, tal como se vê na figura 79 abaixo.

Figura 79 - Separação no data center de cabos trançados e de energia blindados



Fonte: Remaster (2017)

Dessa forma, destacam-se as seguintes propostas estratégicas que foram implementadas, de forma conjunta, pela coordenação do projeto com participação ativa da equipe de projetistas, utilizando o conceito de *Clash Avoidance*:

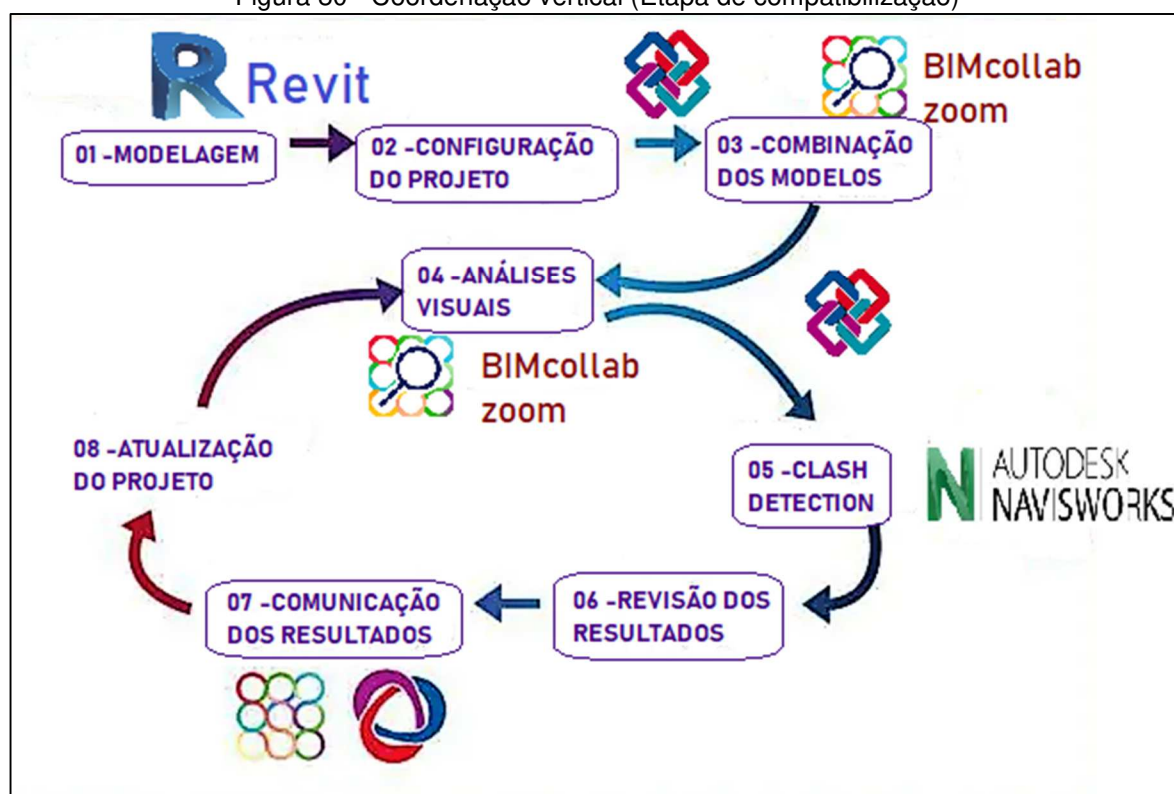
- Aplicação de *alvenaria de embasamento* para melhor otimização dos projetos que utilizam tubulações, tais como projeto de esgoto sanitário, projeto de drenagem, PPCIP e até as tubulações enterradas do sistema elétrico;
- Adoção de muitos shafts espalhados pela edificação;
- Forro alto, para melhor comportar os sistemas durante as etapas de construção, operação e manutenção;
- Parte esquerda da edificação majoritariamente livre para projetar e comportar os sistemas hidráulicos;
- Área técnica na cobertura para instalação, operação e manutenção do sistema AVAC da edificação, bem como acesso ao reservatório e as coberturas de vidro na parte central e na fachada da edificação;
- Para os projetos elétricos de baixa tensão, média tensão e o sistema de cabeamento estruturado, foi proposto a parte central da edificação, portanto, a região de forro dos corredores, alimentando os ambientes em forma de espinha de peixe.

Na prática, a medida que cada sistema se desenvolvia em geometria e número de informações, outros modelos centrais que poderiam gerar impasses de inconformidades, eram também vinculados a esse, respeitando, evidentemente, as estratégias projetuais definidas, fazendo com que os participantes do processo tivessem acesso às outras disciplinas desenvolvidas paralelamente, a tal ponto de formar uma espécie de modelo federado nativo na disciplina em questão, fato esse que auxiliava vertiginosamente nas tomadas de decisão ao longo do processo de modelagem.

Entretanto, é evidente que problemas de incompatibilidade surjam durante o processo de modelagem das disciplinas envolvidas, sendo de fundamental importância que as mesmas sejam identificadas, comunicadas, solucionadas e registradas. Nesse sentido, sabe-se que já existe uma metodologia sedimentada no processo Bim para a identificação de interferências entre os projetos. Basicamente, o fluxo de trabalho convencional pode ser descrito como um processo de coordenação vertical, em que as disciplinas envolvidas são exportadas como IFC para uma

ferramenta especialista, tal como Software Navisworks, uma vez sendo georreferenciadas, os modelos em IFC são integrados, formando o chamado modelo Federado. A partir desse modelo é realizada a etapa de *clash detection*, para a identificação de conflitos entre os elementos do modelo. Após isso, é montado todos os registros de problemas identificados e quais disciplinas estão envolvidas. Na etapa seguinte é realizada a comunicação para os projetistas proporem as devidas soluções para os problemas identificados. A figura 80 abaixo resume esse procedimento.

Figura 80 - Coordenação vertical (Etapa de compatibilização)



Fonte: Adaptado de Farias (2020)

Esse processo de coordenação vertical, na etapa de compatibilização, tem sua importância e gera valor, todavia, é um processo centralizado na figura do coordenador, fato esse que torna o processo mais demorado e, portanto, improdutivo em projetos mais complexos. Devido a essa questão, foi implementado durante o processo de projeto da escola Sesi-Ap a coordenação horizontal, isto é, um processo de comunicação e colaboração que acontece diretamente entre os participantes e os coordenadores por meio da aplicação da Ferramenta BIMcollab como plugin do software Revit, durante o processo de modelagem das disciplinas.

O BIMcollab é uma ferramenta que pode ser usada como plugin para diversos softwares paramétricos empregados em fluxos de trabalho BIM. Nele é possível

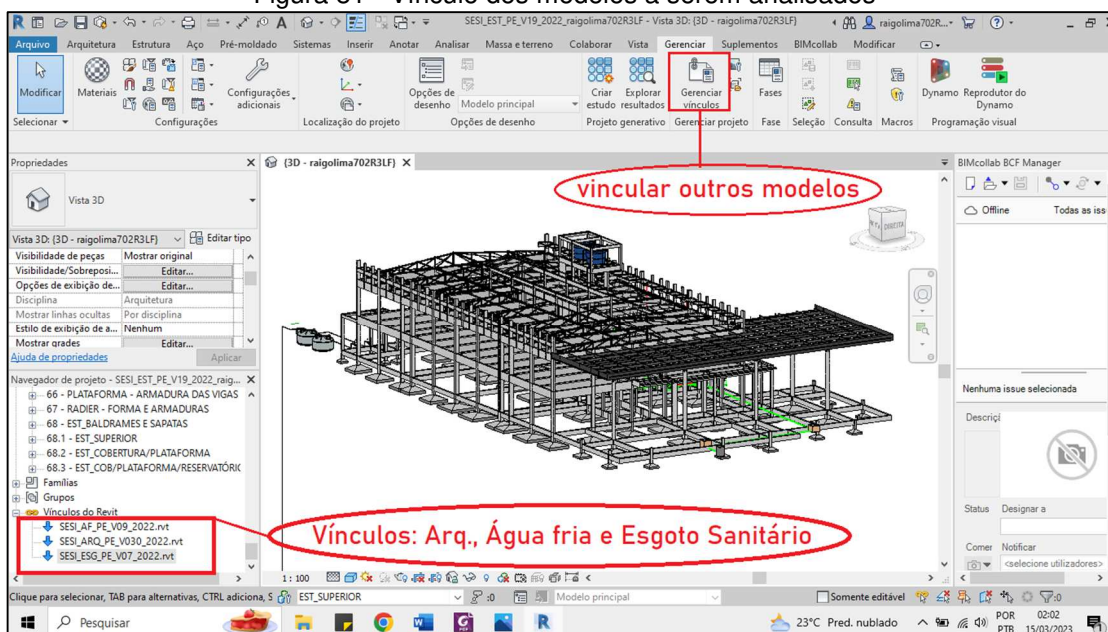
importar e exportar arquivos BCF's, nos quais são abertos e neutros, portanto são adeptos a trabalhos OpenBIM.

O funcionamento desse novo processo de trabalho pode ser resumido da seguinte forma:

- Desenvolvimento da disciplina com base no modelo central de arquitetura vinculado;
- Com o desenvolvimento do modelo da disciplina, outros modelos centrais de outras disciplinas são vinculados;
- À medida que são identificadas as interferências entre os modelos, é realizada a comunicação direta entre os envolvidos por meio do BIMcollab, é feita a proposta de soluções e registrada em pasta específica na rede local, através de arquivos BCF
- Os envolvidos, trocam arquivos BCF que foram produzidos na análise entre vínculos do modelo, a coordenação é comunicada e a solução é validada;
- O coordenador de projetos pode fazer o acompanhamento direto dessas questões, ou realizar tais análises na nuvem através do sistema BIMcollab ZOM, bem como paralelamente realizar a coordenação vertical.

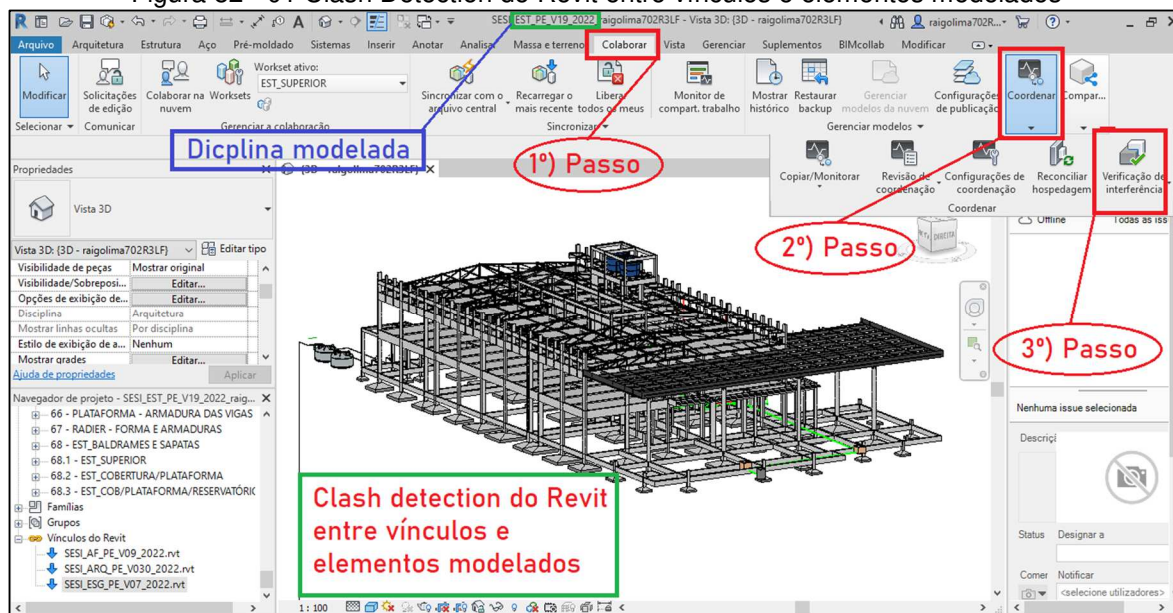
Como forma de exemplificar esse processo, será detalhado um passo a passo da identificação, registro, comunicação e solução de interferências, tal como se vê nas figuras abaixo.

Figura 81 - Vínculo dos modelos a serem analisados



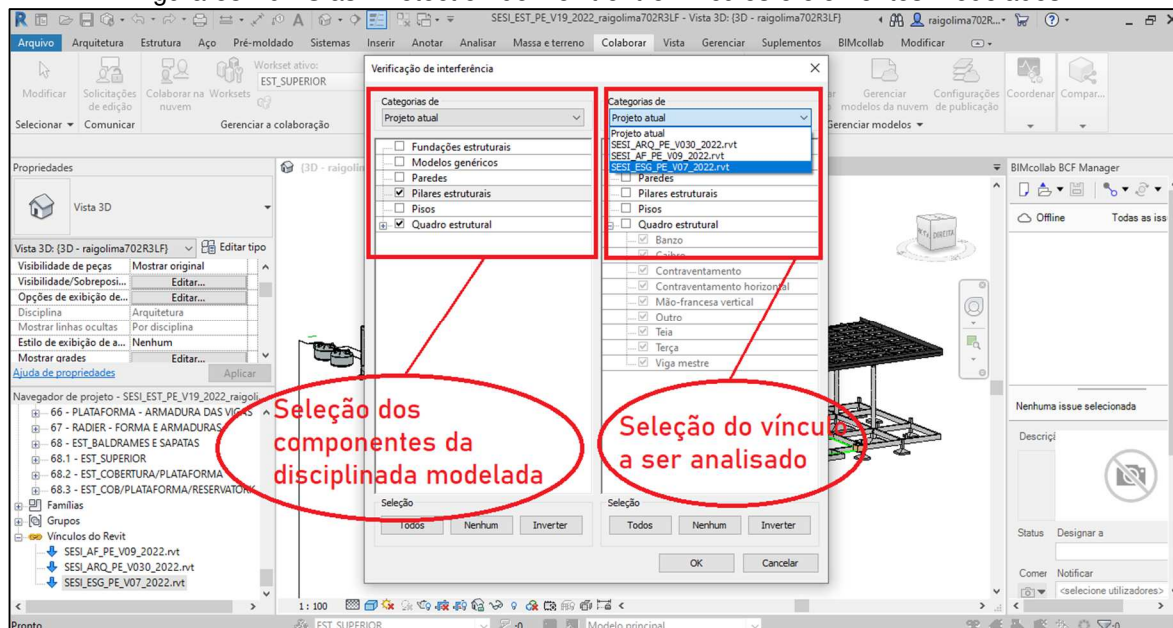
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 82 - 01 Clash Detection do Revit entre vínculos e elementos modelados



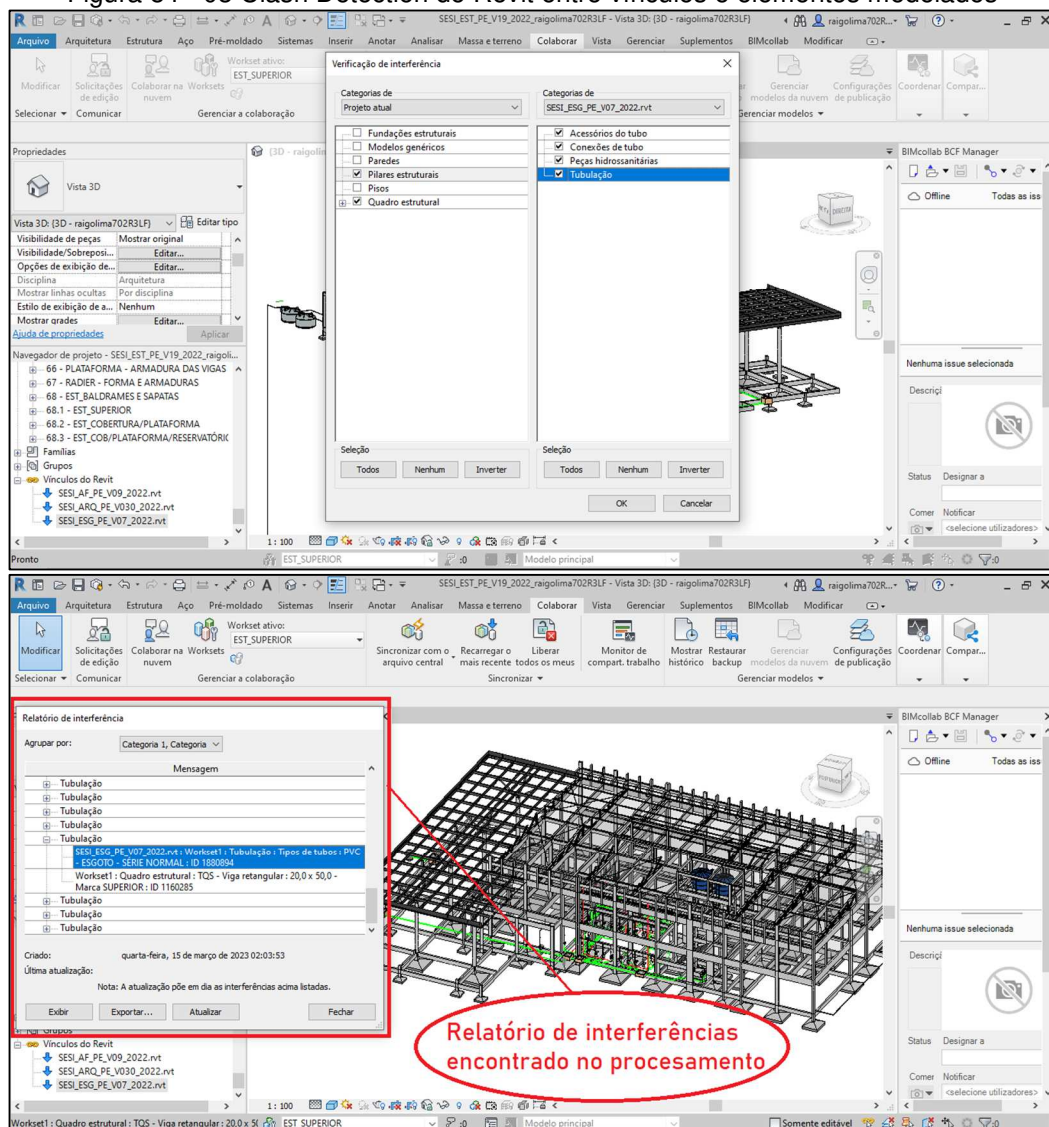
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 83 - 02 Clash Detection do Revit entre vínculos e elementos modelados



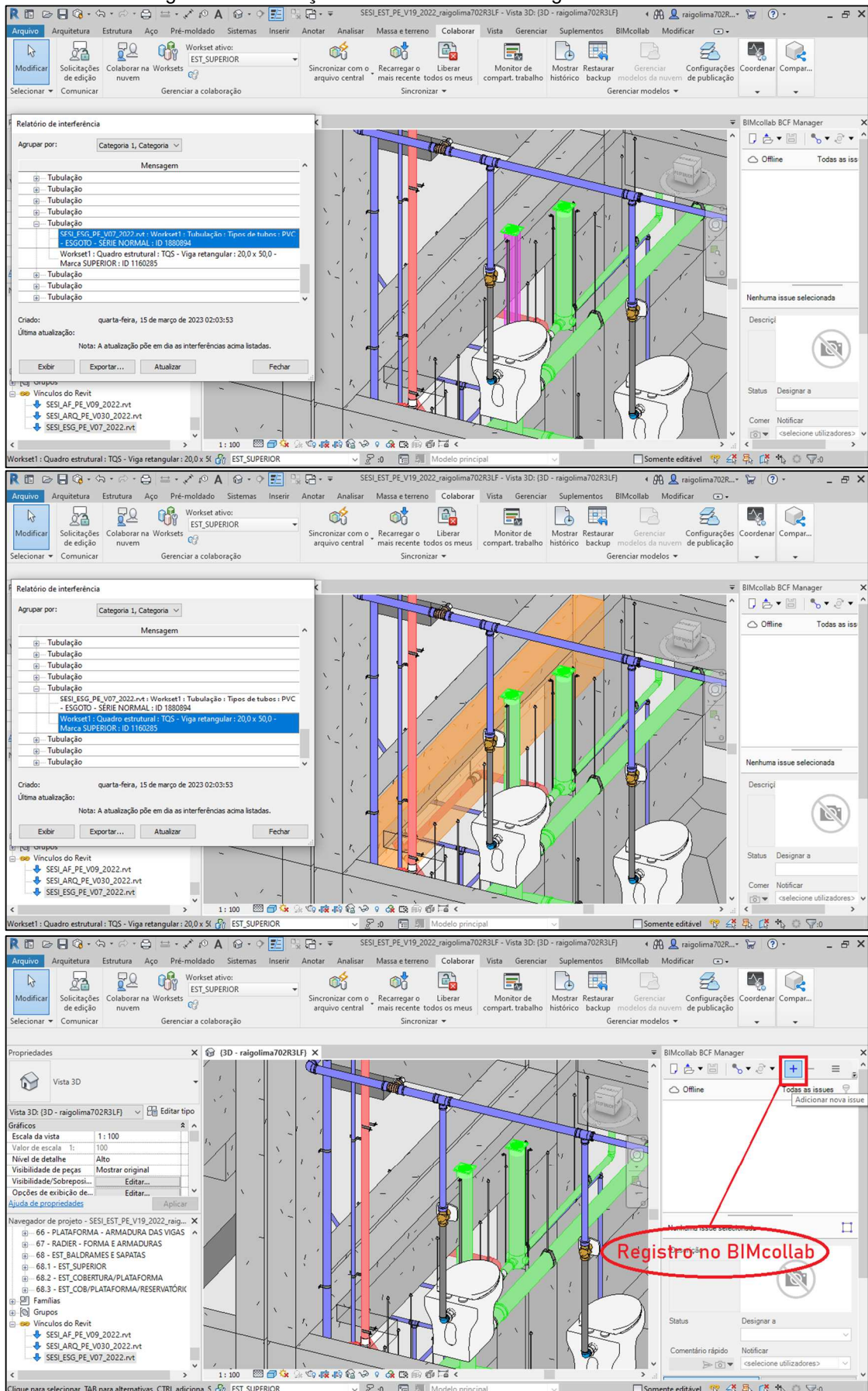
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 84 - 03 Clash Detection do Revit entre vínculos e elementos modelados



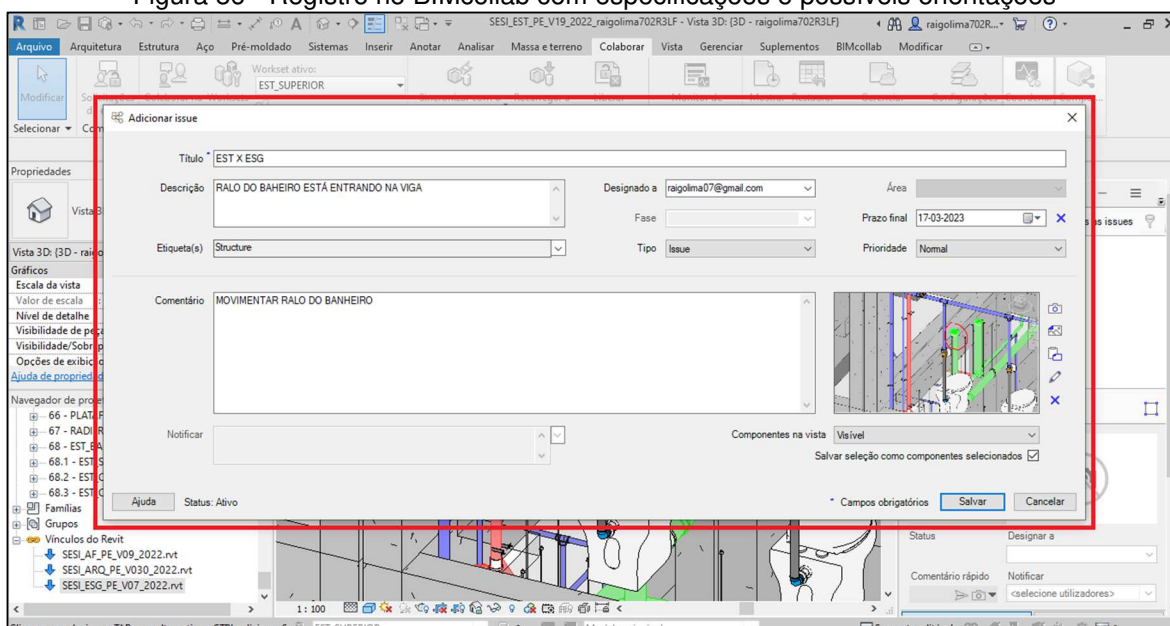
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 85 - Detecção das interferências e registro no BIMcollab



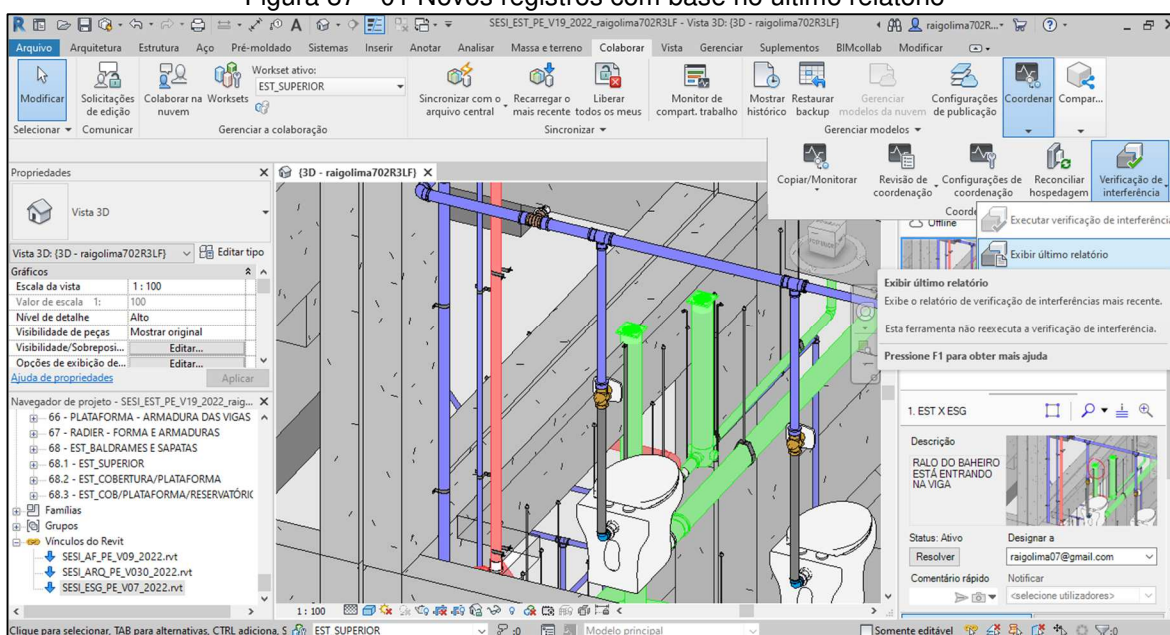
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 86 - Registro no BIMcollab com especificações e possíveis orientações



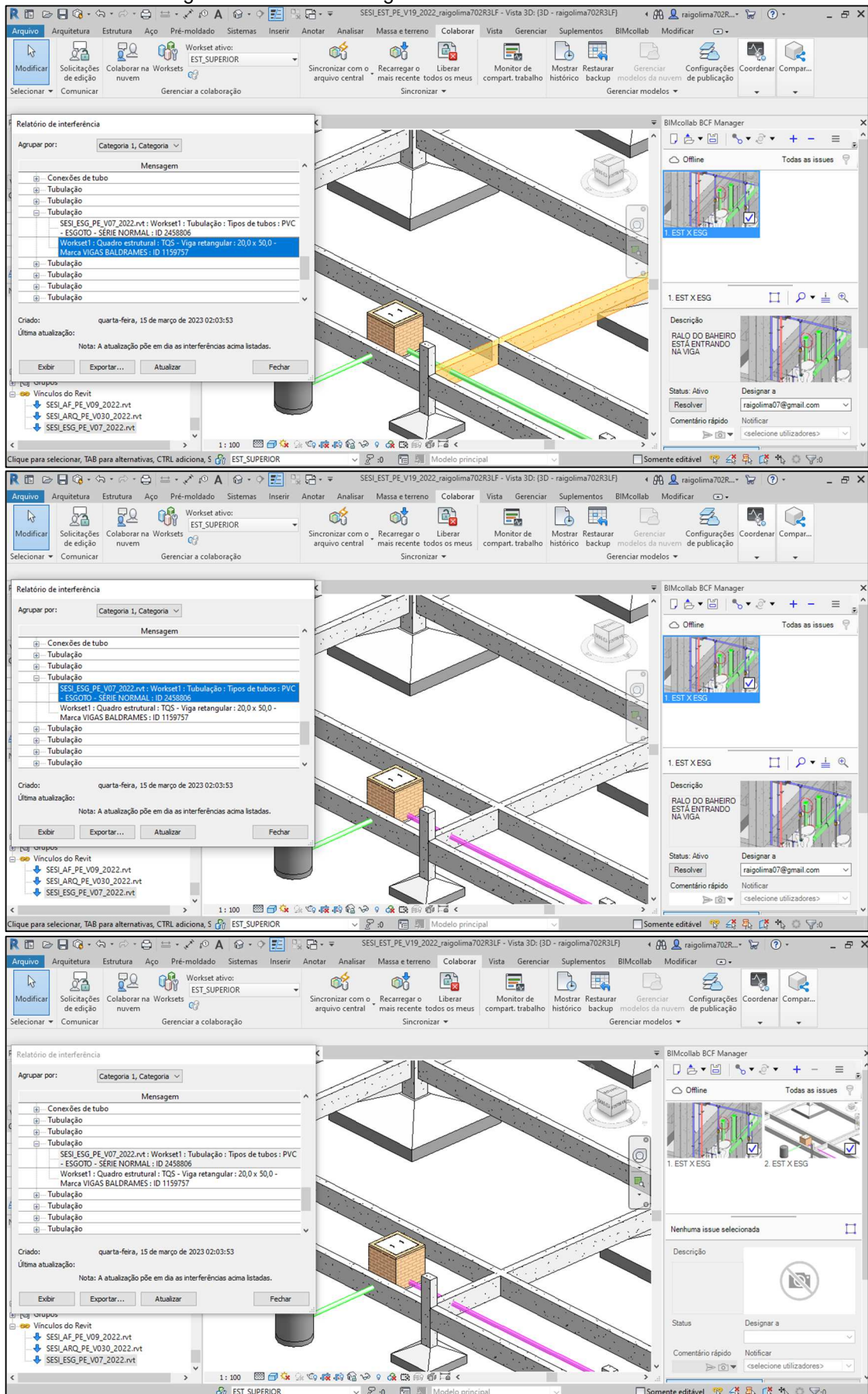
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 87 - 01 Novos registros com base no último relatório



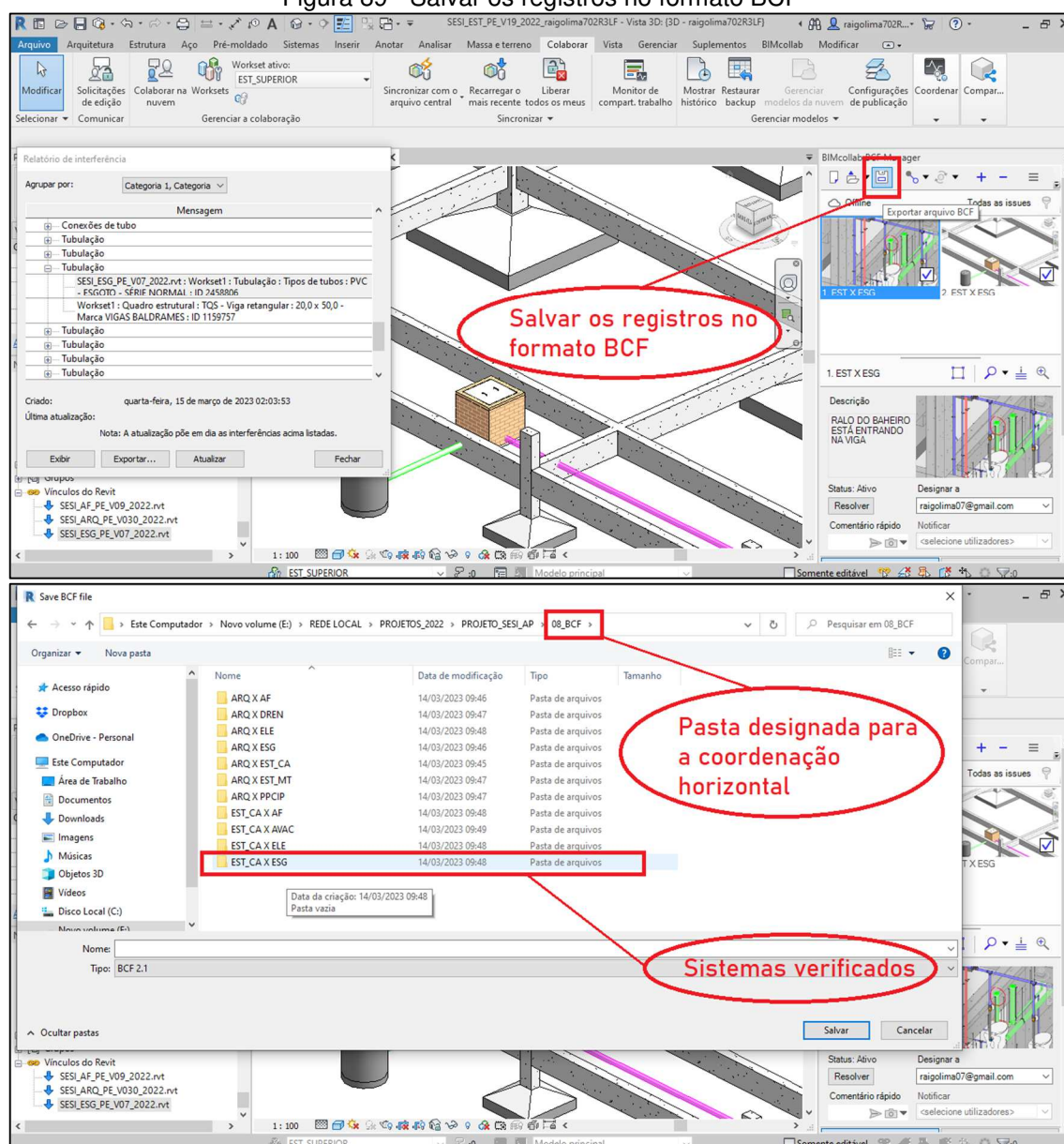
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 88 - 02 Novos registros com base no último relatório



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

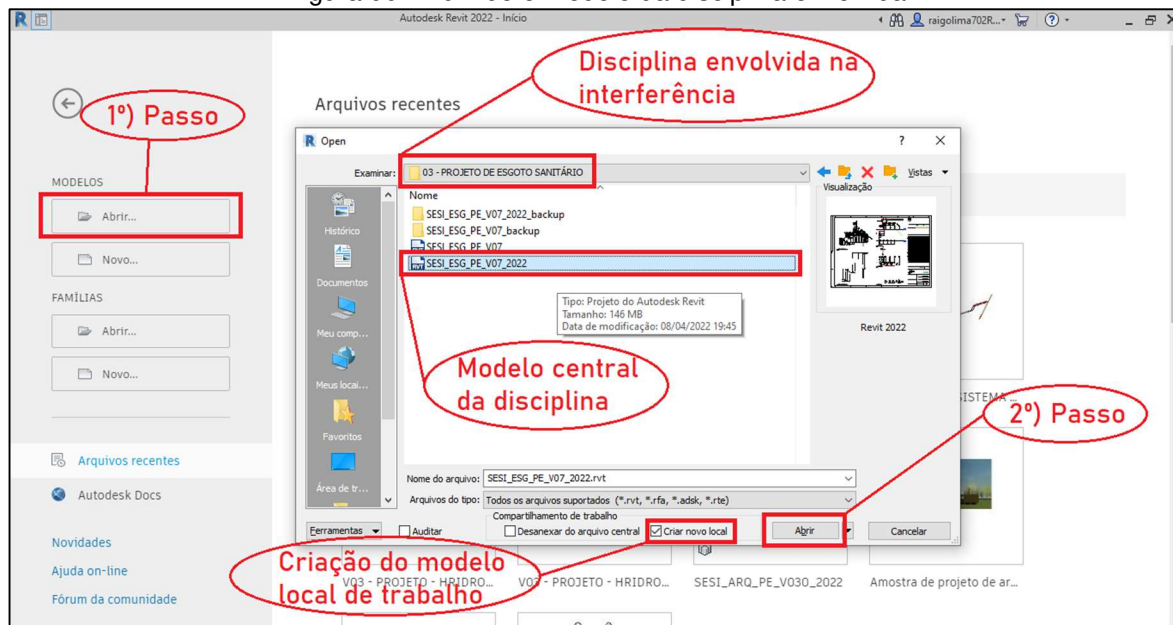
Figura 89 - Salvar os registros no formato BCF



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

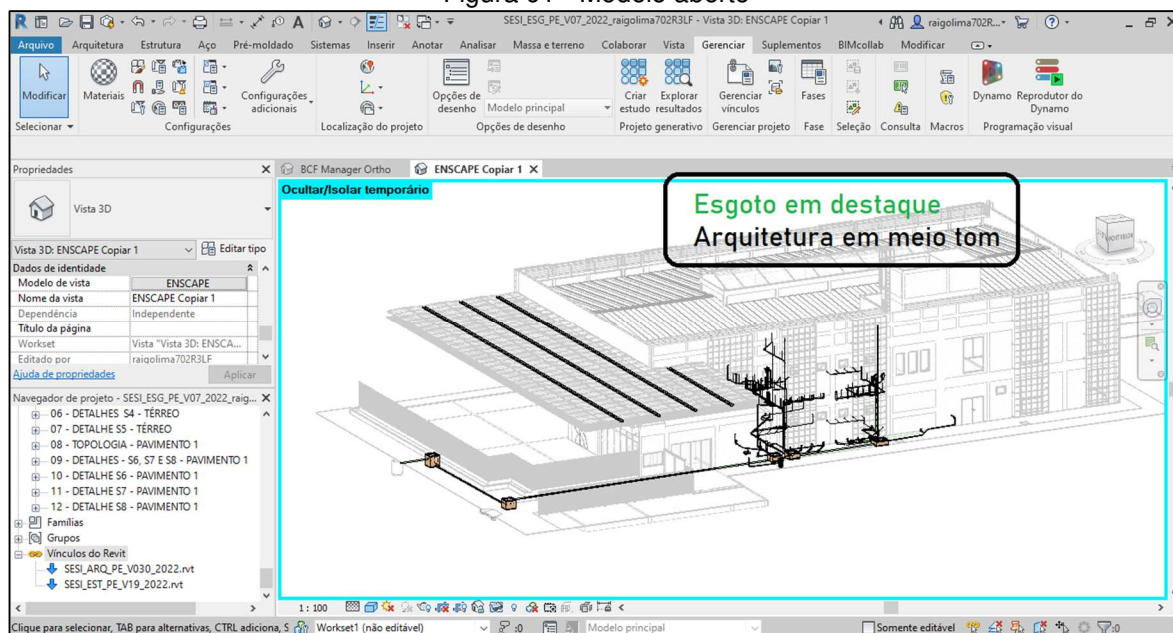
Após esses registros, a comunicação para o projetista responsável pela disciplina envolvida pode ser realizada diretamente via tela a tela no ambiente de trabalho do escritório ou em uma ferramenta online de gerenciamento de projeto, como por exemplo o Trello ou clickup. Como forma didática de demonstrar o processo, as figuras abaixo destacam o passo a passo desde o início da abertura do modelo no software, a vinculação da disciplina relacionada, a importação dos registros BCF's, a visualização do problema e sua resolução.

Figura 90 - Abrindo o modelo da disciplina envolvida



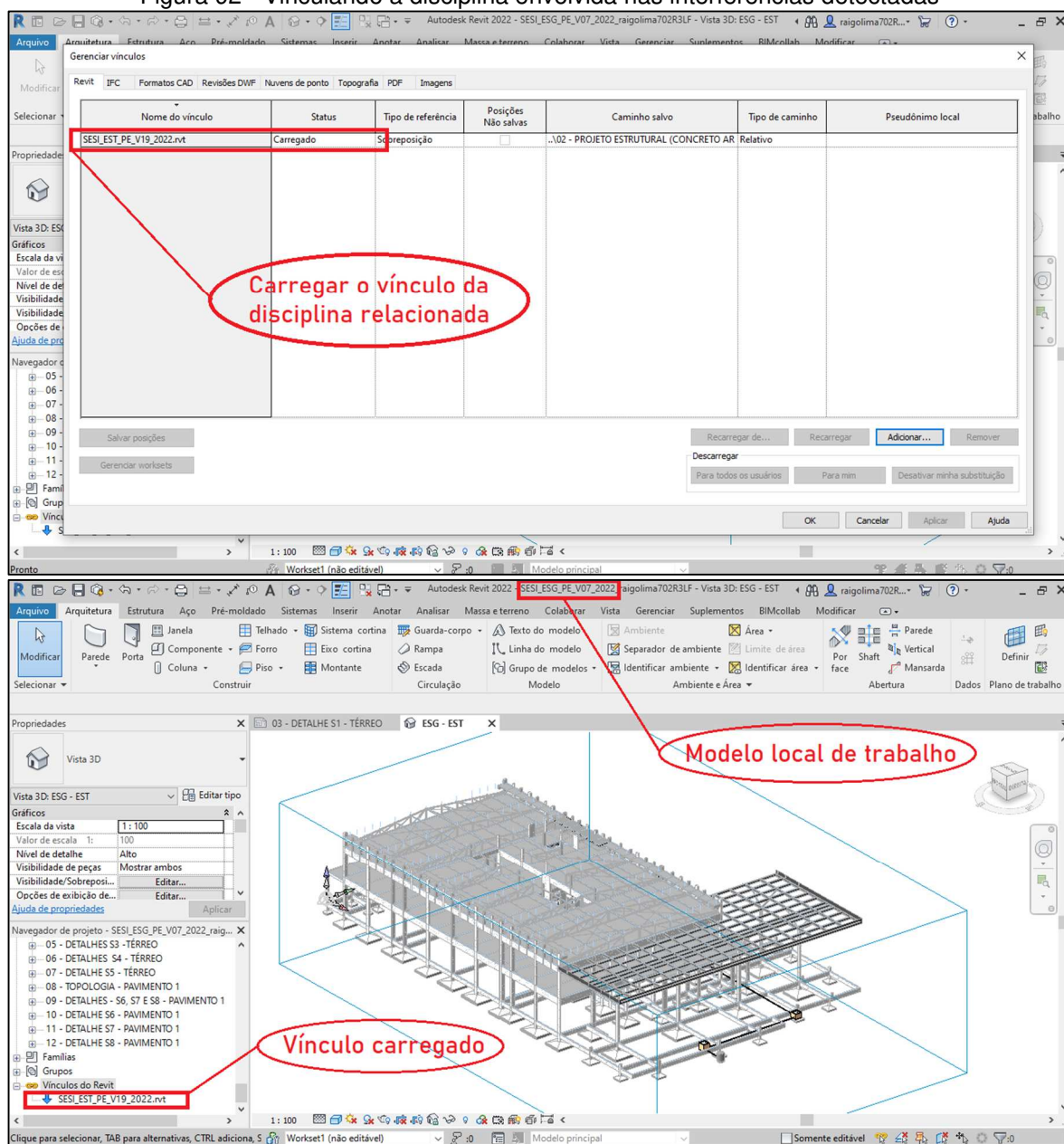
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 91 - Modelo aberto



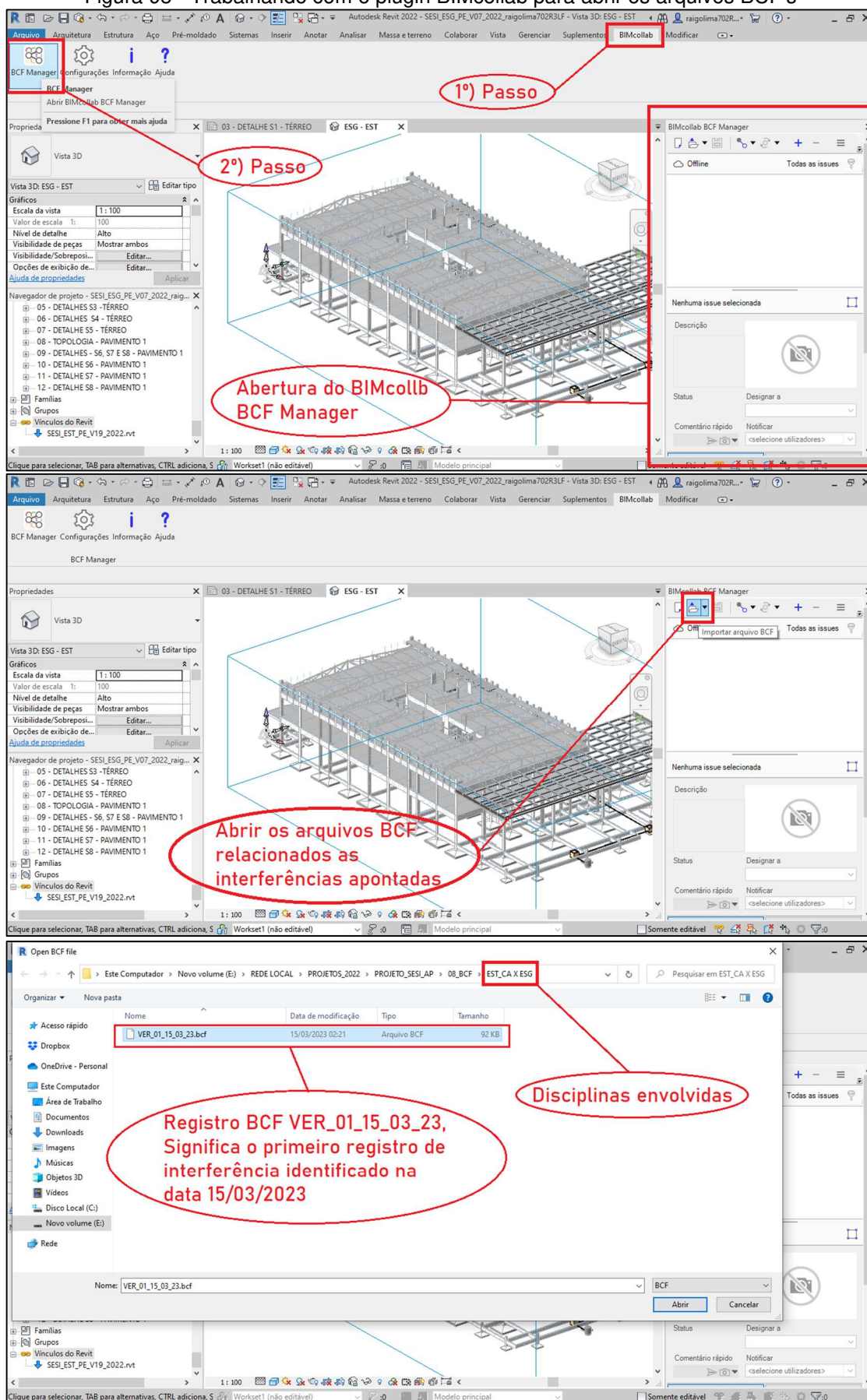
Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 92 - Vinculando a disciplina envolvida nas interferências detectadas



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 93 - Trabalhando com o plugin BIMcollab para abrir os arquivos BCF's



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 94 - Identificando e corrigindo as incompatibilidades

The figure consists of three vertically stacked screenshots of the Autodesk Revit 2022 interface, demonstrating the workflow for identifying and resolving clashes using the BIMcollab BCF Manager.

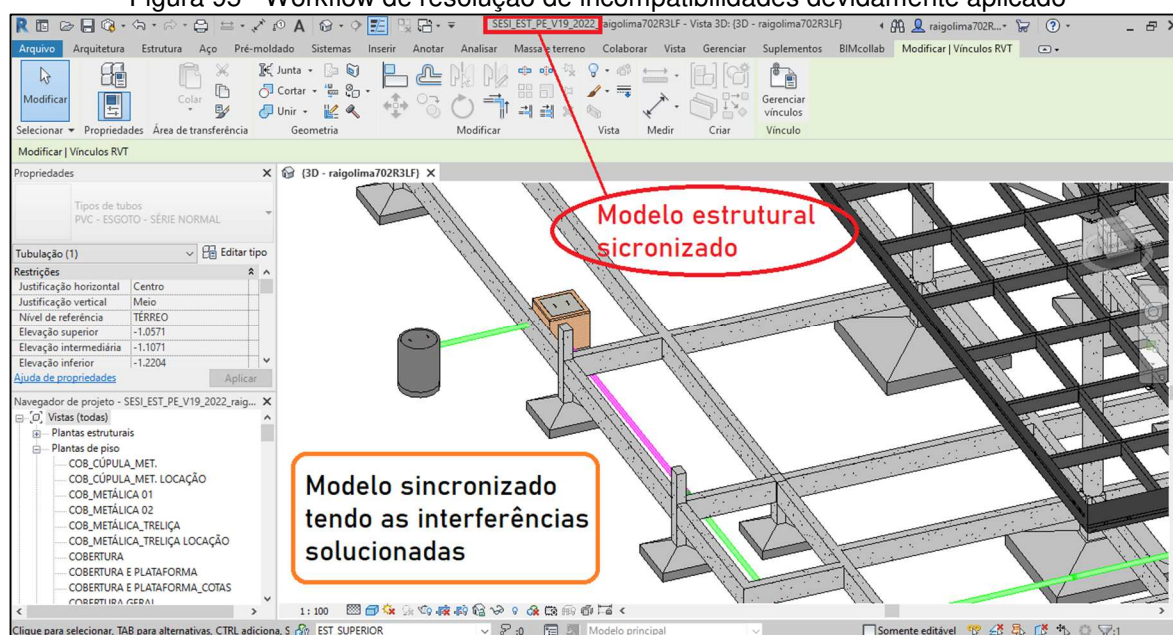
**Top Screenshot:** Shows the initial setup. The BCF Manager window is open, displaying a list of imported BCF records. A red circle highlights the text: "Registros carregados a partir dos arquivos BCF's importados". The main view shows a 3D model of a building structure with a red box indicating a clash location.

**Middle Screenshot:** Shows the process of creating a 3D view to visualize the clash. A red box highlights the text: "O 1º e o 2º passo vão criar uma vista 3D e mostrar a interferência". Another red box highlights the text: "Registros abertos". A red circle highlights the text: "1º Passo = 2 cliques, 2º Passo = + 2 cliques". The BCF Manager window shows the selected clash record.

**Bottom Screenshot:** Shows the final step of the process. A red circle highlights the text: "Após as correções, realiza-se a sincronização, fazendo com que todas as alterações sejam mandadas para o modelo central". The BCF Manager window shows the status of the clash as "Resolvido" (Resolved).

Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

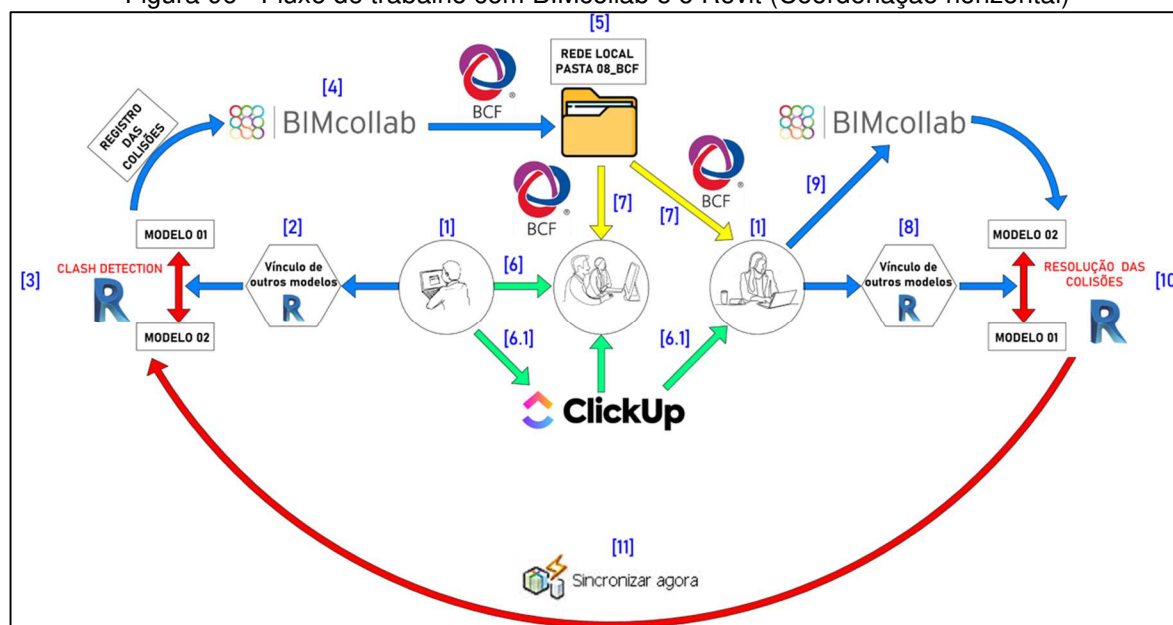
Figura 95 - Workflow de resolução de incompatibilidades devidamente aplicado



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

De forma geral, a figura 83 ilustra o ciclo de compatibilização, dentro do processo de coordenação horizontal, resumindo todo o processo elucidado pelo passo a passo das figuras acima, utilizando vínculos do Revit, rede local e registros em BCF, conforme a sequência:

Figura 96 - Fluxo de trabalho com BIMcollab e o Revit (Coordenação horizontal)



Fonte: Autor

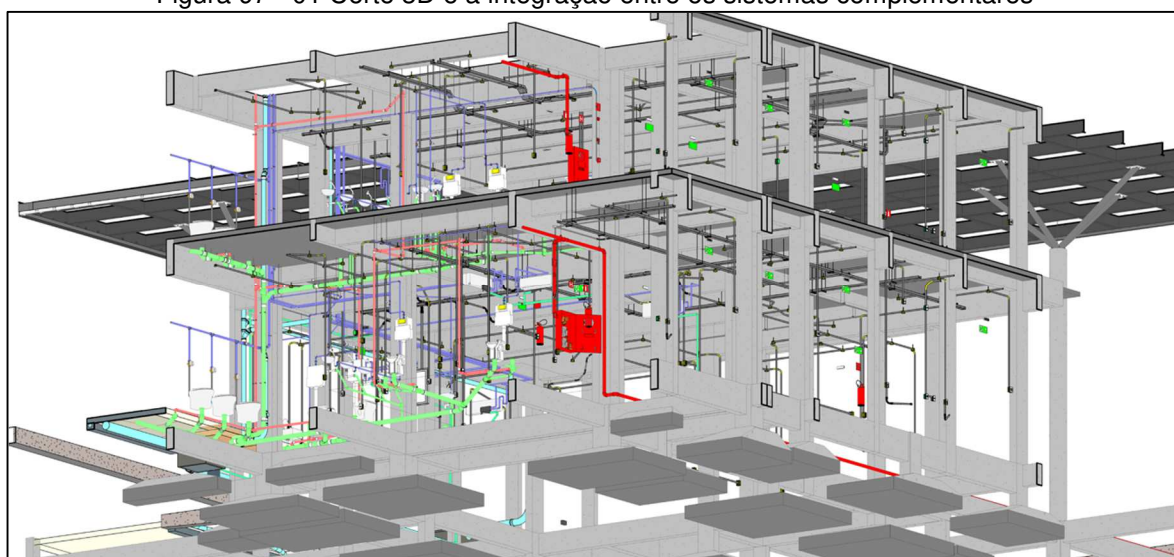
[1] Modelagem da disciplina;

[2] Vinculação com outros modelos de disciplinas;

- [3] Execução da verificação de clash detection do Revit;
- [4] Identificação e registro das interferências encontradas na ferramenta BIMcollab;
- [5] Exportação dos registros BCF em uma rede local;
- [6] Comunicando as interferências via tela a tela no próprio escritório, para o projetista responsável pelo outro modelo envolvido; ou
- [6.1] Realizando notificação, por meio de ferramenta de gerenciamento de projeto via internet, para o projetista responsável pelo outro modelo envolvido;
- [7] Identificação e exportação dos registros BCF, colocados na rede local, entre as disciplinas envolvidas;
- [8] Vinculação com os modelos entre as disciplinas envolvidas;
- [9] Visualização das colisões identificadas por meio da ferramenta BIMcollab;
- [10] Correção das colisões com propostas de novas soluções;
- [11] sincronização entre os modelos envolvidos, para a atualização das soluções propostas.

Tais procedimentos são novamente repetidos à medida que ocorre o desenvolvimento dos modelos, durante a evolução do projeto como um todo. Com isso, tem-se uma integração contínua das disciplinas em um processo síncrono de resolução de problemas. As figuras abaixo mostram o resultado dessa evolução com a perfeita integração das disciplinas complementares e a arquitetura.

Figura 97 - 01 Corte 3D e a integração entre os sistemas complementares



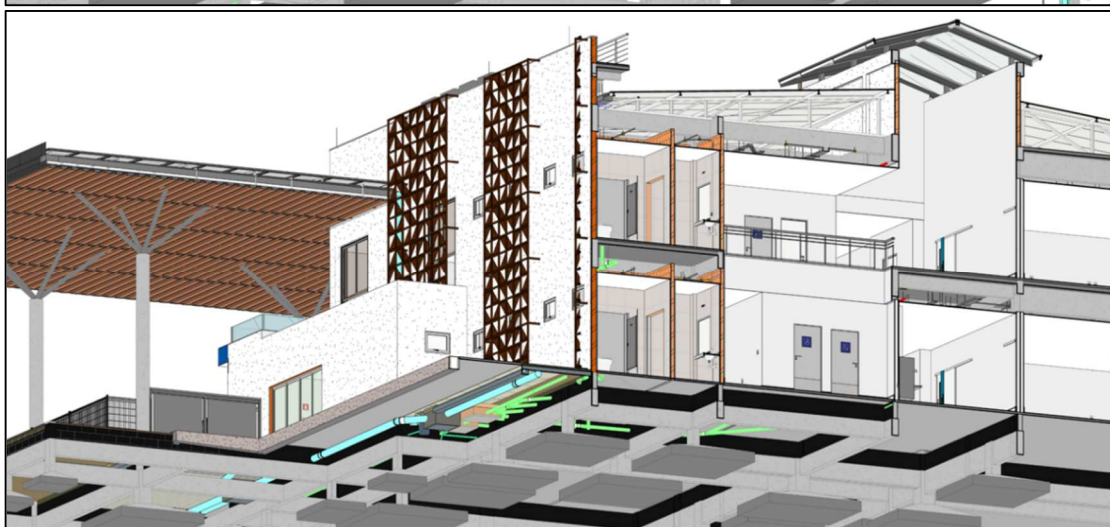
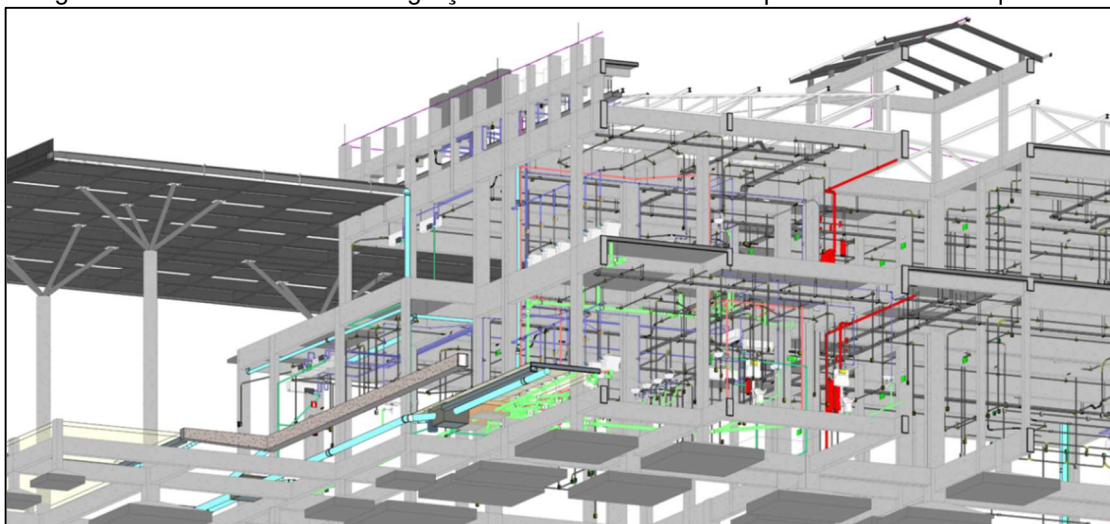
Fonte: Autor Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 98 - 01 Corte 3D e a integração entre os sistemas complementares e a Arquitetura



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

Figura 99 - 02 Corte 3D e a integração entre os sistemas complementares e a Arquitetura



Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos Projetos cedidos pela empresa LINE (2022)

### 3.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes de destacar e falar acerca das consequências desse processo de trabalho, faz-se necessário ratificar que para o projeto Sesi-Ap, percorrido neste trabalho, foram aplicados dois processos de metodologias, dentro da coordenação dos projetos, para as etapas referentes a compatibilização. A primeira delas relacionada à coordenação vertical, na qual apresenta como principais características o processo de compatibilização centralizado na figura do coordenador. Já a segunda, está atrelada a integração simultânea de resolução de interferências aplicadas entre os colaboradores juntamente com a coordenação, por meio da ferramenta BIMcollab e o seu fluxo de utilização supracitado no tópico anterior. Sendo, portanto, esse segundo processo denominado de coordenação horizontal entre os intervenientes.

Ao se aplicar a metodologia de compatibilização de projetos em BIM, tendo como diretrizes principais a aplicação conjunta da coordenação horizontal e vertical, bem como a adoção de estratégias de modelagem de cada disciplina baseada no chamado *Clash Avoidance*, é possível alcançar os seguintes resultados:

- a) Assertividade no processo de modelagem de cada sistema envolvido;
- b) Alta produtividade para a produção dos projetos;
- c) Integração em tempo real de todos os modelos desenvolvidos;
- d) Comunicação síncrona e bidirecional entre os intervenientes envolvidos;
- e) Diminuição expressiva das incompatibilidades entre os sistemas projetados;
- f) Registros das informações, bem como das tomadas de decisão;
- g) Rastreabilidade de soluções adotadas;

Como consequência principal da implementação desse workflow de trabalho em um escritório de Arquitetura e Engenharia, no qual tem como atividade mais relevante a produção de projetos, é a possibilidade de fazer com que o projeto já nasça compatibilizado, dando aos participantes do processo a liberdade de focar nas melhores soluções projetuais para o empreendimento. Evidentemente, isso só é possível diante de metodologias de trabalho baseados em processos BIM na etapa de compatibilização, adequado treinamento para a equipe de projetos, procedimentos bem sedimentados e a existência de uma infraestrutura tecnológica composta por redes locais, boa internet, computadores e hardwares de alta performance.

Para essa metodologia de trabalho, aplicada a este estudo de caso, percebeu-se três grandes características provenientes da aplicação dos processos BIM, a saber, são:

- a) Produção de um grande número de informações;
- b) Visualização dessas informações materializadas em cada um dos modelos desenvolvidos; e
- c) Integração das informações e das geometrias, possibilitando a criação de um protótipo que deverá representar perfeitamente a materialização real do empreendimento, quando for construído.

Contudo, é importante destacar que, embora os resultados apresentados sejam muito positivos, sob o ponto de vista do sucesso dos processos empregados no desenvolvimento das disciplinas que fizeram parte do projeto escola Sesi-Ap, faz-se necessário compreender que o mesmo é fruto de adaptações feitas ao longo de seu percurso.

Entre as principais adaptações que ocorreram ao longo do processo de projeto, destaca-se a inclusão da própria a coordenação horizontal, visto que inicialmente ela não havia sido inserida dentro do workflow de processos desse projeto. Sua entrada, entretanto, ocorreu no final do primeiro mês de projeto, uma vez que a primeira conferência de compatibilizações dos modelos em desenvolvimento, dentro do fluxo de coordenação vertical, mostrou um grande quantitativo de incompatibilidades entre as disciplinas. Fato esse que despertou um alerta na coordenação do projeto e, conseqüentemente, a necessidade de se reorganizar os procedimentos empregados para garantir uma comunicação mais rápida entre os projetistas envolvidos, e assim permitir a resolução de incompatibilidades em tempo real de forma síncrona e bidirecional.

Diante disso, é importante ressaltar que essas incompatibilidades ocorridas, entre as disciplinas, no início dos processos de projeto, não eram interferências com um alto nível de dificuldade para se resolver, embora representassem de fato, um grande volume de incompatibilidades. Esse fato ocorreu, principalmente pelo fluxo normal de nível de desenvolvimento das disciplinas, como por exemplo a própria concepção da estrutura, em que nas primeiras rodadas de dimensionamento, verificou-se a necessidade de aumentar a altura das vigas de 70 cm para 90m, em função dos vãos das salas de aula que chegavam a 9,73 m. Além disso, destaca-se ainda algumas alterações nas concepções internas da arquitetura que ocorreram a

pedido do cliente e isso, evidentemente, causavam alterações nas concepções iniciais das disciplinas complementares em desenvolvimento. Dessa forma, muitos elementos dos sistemas, bem como a própria arquitetura, sofreram com muitas incompatibilidades em nível geométrico espacial e, com isso, geravam um grande volume de retrabalho que, despontavam em atrasos no planejamento de desenvolvimento de projeto.

Daí a necessidade de combinar a coordenação vertical com a horizontal, uma vez que essa contribuía para uma análise síncrona do processo de compatibilização de forma diária, permitindo que os problemas encontrados fossem resolvidos de maneira mais imediata, aplicando um fluxo de trabalho com o Bimcollab, verificando as interferências, comunicando e, posteriormente, resolvendo, em detrimento daquela que realizava verificações semanais, validando as resoluções feitas ao longo do processo horizontal e também contribuindo a nível funcional e estratégicos do projeto.

Essa estratégia foi um ponto fundamental para se alcançar o objetivo do projeto, que eram a compatibilização das disciplinas envolvidas (18 sistemas) e extração precisa de seus quantitativos dentro de um prazo de 3 meses. Caso isso não tivesse acontecido, muito provavelmente, esse prazo não seria respeitado, pois foi verificado que os procedimentos adotados pela coordenação vertical se mostraram insuficiente em função do delay de tempo entre as análises realizadas aos fins de semana e a proposta das resoluções as terças feiras.

## 4 CONCLUSÕES

Sabe-se que na conjuntura atual, a metodologia BIM aplicada em projetos, já faz parte da realidade de uma grande gama de escritórios de Arquitetura e Engenharia espalhados pelo País. Esse fato se traduz pela disseminação de conhecimento sobre o BIM em diversos canais na mídia, bem como por diversos resultados positivos engendrados por cases de sucesso. Além disso, pode-se ressaltar o próprio fomento que vem acontecendo de maneira incisiva por parte de políticas públicas, legislações acerca do BIM, como por exemplo a Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021 (a famosa lei de licitações) que traz como sugestão principal a aplicação do BIM em projetos públicos, obrigatoriedade por meio de decretos, bem como a crescente gama de publicações sobre o tema BIM.

Nesse sentido e, tendo em vista os requisitos de exigências feitas pelo atual mercado de projetos, principalmente no que tange a necessidade de se projetar cada vez mais rápido de forma otimizada, assertiva e compatibilizada, o estudo de caso em questão do projeto Sesi- Ap, mostrou a atuação da coordenação da empresa Line Projetos e construções aplicando procedimentos conjugados de coordenação, vertical e horizontal, na etapa de compatibilização de projetos. As atividades de clash detection, realizadas nativamente dentro do software Revit da Autodesk, foi um procedimento inserido na coordenação horizontal, permitindo maior colaboração entre os participantes, possibilitando a comunicação mais ágil. Somado a isso, tem-se a implementação de uma ferramenta que proporcionou o registro de interferências detectadas, bem como sua comunicação tendo como base arquivo de protocolo aberto, com extensão BCF. Tudo isso, dentro de um ciclo de procedimentos seguindo as determinações estabelecidas pelas estratégias projetuais do clash avoidance.

Com isso, foi possível promover organização no trabalho com vários projetos sendo produzidos simultaneamente, com maior fluidez, maior rastreabilidade das informações por meio dos registros e a colaboração pluridirecional constante entre os participantes envolvidos. Assim, com base nos objetivos definidos inicialmente, percebe-se que é possível compatibilizar de maneira clara e precisa, todas as informações gráficas, funcionais e geométricas que envolvem os projetos de uma edificação de dois pavimentos, tendo em vista o grau de complexidade dos projetos, utilizando processos baseados na metodologia BIM, dentro de uma abordagem

conjunta de coordenação vertical e horizontal, usando a plataforma Revit da Autodesk, em consonância com o plug-in BimCollab.

Tal como se verificou, o sucesso dos procedimentos adotados foram alcançados em função de um processo de adaptação que ocorreu ao longo do desenvolvimento dos projetos, conjugando a coordenação vertical com a horizontal na etapa de compatibilização. Mas o trabalho em questão ficou restrito a realização de uma análise qualitativa de tais procedimentos. Dessa maneira, fica como sugestão, para futuros trabalhos acadêmicos, o desenvolvimento de trabalhos que realize avaliações quantitativas desses procedimentos sob 3 perspectivas, a saber:

- 1) Quantificar as interferências encontradas e o tempo de resolução das mesmas usando só a coordenação vertical;
- 2) Quantificar as interferências encontradas e o tempo de resolução das mesmas usando só a coordenação horizontal; e
- 3) Quantificar as interferências encontradas e o tempo de resolução das mesmas usando a combinação entre coordenação vertical e horizontal.

## REFERÊNCIAS

- ABDI. **Guia 01: Processo de projeto BIM**. Agência brasileira de desenvolvimento industrial. Coletânea guias BIM BADI-MDIC V. 1, p. 82. Brasília, DF: ABDI, 2017. Disponível em: <[https://api.abdi.com.br/file-manager/upload/files/Guia\\_BIM01.pdf](https://api.abdi.com.br/file-manager/upload/files/Guia_BIM01.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2022
- ABDI. **Guia 03: BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção**. Agência brasileira de desenvolvimento industrial. Coletânea guias BIM BADI-MDIC V. 3, p. 22. Brasília, DF: ABDI, 2017. Disponível em: <[https://mutual.com.br/wp-content/uploads/2018/01/GUIA-BIM03\\_20171101\\_web.pdf](https://mutual.com.br/wp-content/uploads/2018/01/GUIA-BIM03_20171101_web.pdf)>. Acesso em: 22 out. 2022
- ALEIXO, H. S. P. e JUNIOR, L. A. S. **Compatibilização de projetos utilizando a ferramenta bim aplicada na modelagem de uma residência unifamiliar**. Revista de Engenharia e Tecnologia, Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 37- 48, ago. 2019. Disponível em: <<https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/13412>>. Acesso em: 11 set. 2022
- AMORIM, S. R. L. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM: Um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. 1. Ed. Rio de Janeiro: LCT, p.153, 2021.
- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. **Interoperabilidade entre ArchiCAD e Revit por meio do formato IFC**. 5ª Conferência CIB W102: Deconstructing Babel: Sharing Global Construction Knowledge. V TIC, Rio de Janeiro, Brasil, p.1-10. 2009. Disponível em: <<https://www.irb.fraunhofer.de/CIBlibrary/search-quick-result-list.jsp?A&idSuche=CIB+DC14790>>. Acesso em 14 jan. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531: Elaboração de Projetos de edificações – Atividades Técnicas**. Rio de Janeiro, p. 10. 1995.
- AUFFINGER, A. C. T. C.; VALENTIM, F. J. S. **Introdução a geometria projetiva**. Universidade Federal do Espírito Santo – Departamento de matemática. Vitória, set., p.63. 2003. Disponível em: <<https://www.ime.unicamp.br/~jardim/ma620/geoproj.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2022
- <sup>1</sup>AUTODESK. **Projeto assistido por computador software CAD**. 2023. Figura 9. 600 x 300 pixels. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/cad-software>>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- <sup>2</sup>AUTODESK. **Autodesk INVENTOR 2021**. 2021. Figura 30. 728 x 283 pixels. Disponível em: <<https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2021/PTB/?guid=GUID-7BECFFC8-8237-4F58-B285-4975FE9C79F9>>. Acesso em: 19 fev. 2023.
- <sup>3</sup>AUTODESK. **Fórum Navisworks**. 30 de out. 2019. Figura 33. 724 x 387 pixels. Disponível em: <<https://forums.autodesk.com/t5/navisworks-forum/revit-columns-are-not-showed-by-naviswork/td-p/9117344>>. Acesso em: 2 mar. 2023.

<sup>2</sup>AUTODESK. **Revit: software BIM para projetistas, construtores e desenvolvedores**. 2023. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1YEAR&tab=subscriptions>>. Acesso em: 7 fev. 2023

BATISTA, L. T. **O processo de projeto na era digital: Um novo deslocamento da prática profissional**. 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de arquitetura da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, p. 135. 2010. Disponível em: <[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/RAAO-8CDKUT/1/luciana\\_teixeira.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/RAAO-8CDKUT/1/luciana_teixeira.pdf)>. Acesso em: 7 ago. 2022

BIM 42. **AutoCAD Civil 3D para Revit**. nov. 2014. Figura 29. 752 x 504 pixels. Disponível em: <<https://www.bim42.com/2014/11/autocad-civil-3d-to-revit/>>. Acesso em: 27 fev. 2023.

BUILDINGSMART. **buildingSMART International**. 2023. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/about/>>. Acesso em: 20 fev. 2023

BRANNER, R. **Gothic Architecture**. New York: Braziller. p. 10-20. 1961. Disponível em: <[http://cultus.hk/goth/images/Gothic\\_branner.pdf](http://cultus.hk/goth/images/Gothic_branner.pdf)>. Acesso em: 9 set. 2022

CADERNO BIM. **Coletânea de cadernos orientadores: caderno de especificações técnicas para contratação e projetos em BIM** – Edificações / coordenação: Lucimara Ferreira de Lima. - Curitiba, PR: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística, p. 136, 2018. Disponível em: <<https://www.bim.pr.gov.br/Pagina/Caderno-11-BIM-Edificacoes>>. Acesso em: 29 ago. 2022

**CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES DE PROJETOS EM BIM**. Secretaria de estado do planejamento – Governo de Santa Catarina – SC, p.100, 2018. Disponível em: <<https://www.bim.sc.gov.br/cadernos-bim>>. Acesso em: 25 ago. 2022

CASTRO, V.; MOREIRA, C. **Transformação do processo de Clash Detection em Clash Avoidance**. 4º Congresso português de building information modelling v. 2, ptBIM, p. 221- 232 , may. 2022. Disponível em: <<https://ebooks.uminho.pt/index.php/uminho/catalog/book/77>>. Acesso em: 10 fev. 2023

CAMPESTRINI, T. et al. **Entendendo BIM**. Curitiba: Tiago Francisco Campestrini, p. 50, 2015. Disponível em: <[http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro\\_entendendo\\_bim.pdf](http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro_entendendo_bim.pdf)>. Acesso em: 17 jan. 2023

CBIC. **Fluxos de trabalho BIM – Parte 4: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadores.** Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras V. 4, p. 100. Brasília: CBIC, 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/SkyNet/Downloads/CBIC%20Coleta%CC%82nea%20Implementac%CC%A7a%CC%83o%20do%20BIM%20para%20Construtoras%20e%20Incorporadoras%20Volume%204%20(1).pdf >. Acesso em: 17 ago. 2022

CBIC. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadores.** Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras V. 1, p. 124. Brasília: CBIC, 2016. Disponível em: < https://www.saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2017/03/volume1-fundamentos-bim.pdf >. Acesso em: 7 ago. 2022

CLEIDE, PAPELARIA. **Caneta Nanquim Pigma Micron Sakura Preta Kit C/ 7 Traços.** 2017. Figura 4. 500 x 388 pixels. Disponível em: <https://www.papelariacleide.com.br/desenho/caneta-tecnica-nanquim/caneta-nanquim-pigma-micron-sakura-preta-kit-c-7-tracos->. Acesso em: 27 jan. 2023

CLOUDSCAPES. **Why is BIM relevant to Landscape?** 25 nov. 2022. Figura 31. 730 x 376 pixels. Disponível em:< https://cloudscapesdesign.com/why-is-bim-relevant-to-landscape/>. Acesso em: 27 fev. 2023

CORREIA, F. S. M. et al. **Análise dos principais problemas construtivos decorrentes de falhas de projeto – estudo de caso em Maceió – Al.** Ciências exatas e tecnologias, UNIT/AL, v. 4, n. 2, p. 57- 72, nov. 2017. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/issue/view/248>. Acesso em: 29 out. 2022

COUTO, C. C. R. et al. **Análise comparativa de ferramentas CAD e BIM para projetos de instalações elétricas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-7. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/629>. Acesso em: 3 ago. 2022

EASTMAN, C. **Building product models: Computer Environments, Supporting Design and Construction.** 1. Ed. Boca Raton: Imprensa CRC, p. 424. 1999. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781315138671/building-product-models-charles-eastman>. Acesso em: 26 set. 2022.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; Kathleen, L. **Manual de Bim: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ELLWANGER, C. et al. **Experiência e parametrização no processo de projeto de aplicações digitais interativas.** Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 7-20, jan./jun. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v11i1.96827>. Acesso em: 2 set. 2022.

ESTEIO, Engenharia e Aerolevantamentos S.A. **Da prancheta ao Computador...** p. 5. 2008. Disponível em: <[https://www.esteio.com.br/downloads/pdf/da\\_prancheta\\_ao\\_computador.pdf](https://www.esteio.com.br/downloads/pdf/da_prancheta_ao_computador.pdf)>. Acesso em: 8 jan., 2023.

FARIAS, J. C. **O que é BCF?** SPBIM. 25 de fev. 2020. Figura 80. 600 x 438 pixels. Disponível em: <<https://spbim.com.br/o-que-e-bcf/>>. Acesso em: 9 mar. 2023

FASCIO, A. **Conheça o OrçaBIM e faça orçamentos em BIM muito mais rápido.** 21 mai. 2021. Figura 32. 496 x 268 pixels. Disponível em: <<https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/orcabim/>>. Acesso em: 2 mar. 2023

FERNANDES, V. **Coordenação de projetos BIM – Projeto Sesi- Ap.** 2022. Figura 63. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6970099670580645888/>>. Acesso em: 7 mar., 2023.

FERRAMENTAL. **A tecnologia software CAD e como ela revolucionou o desenho industrial.** 13 out. 2021. Figura 10. 559 x 305 pixels. Disponível em: <<https://www.revistaferramental.com.br/artigo/tecnologia-software-CAD-como-revolucionou-desenho-industrial/>>. Acesso em: 3 mar. 2023

FIGUEIREDO, C. **Tron e a construção de um mundo eletrônico.** In: GEMINIS – Abordagem multi plataformas. Revista Geminis. V. 2. p. 238-248, 2011. Disponível em: <<https://www.revistageminis.ufscar.br/index.php/geminis/article/view/91>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

FIGUEIREDO, L. L. H.; MARIANO, L. N. RESENDE, L. G. S. **Compatibilização de projeto de instalações: um estudo comparativo entre o método tradicional (2D) e a ferramenta BIM.** In: XVII Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído Foz do Iguaçu: ENTAC, V. 17 N. 1. p. 3363-3370. 2018. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1763>>. Acesso em: 15 out. 2022.

FONSECA, M. F. e VIZIOLI, S. H. T. **Os desenhos de Villard de Honnecourt e o processo projetivo na idade média.** 2014, Anais. São Paulo, SP: Pró-Reitoria de Pesquisa/USP, 2014. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/siicusp/siicPublicacao.jsp?codmnu=7210>>. Acesso em: 12 dez. 2022

FORMIGONI, A. C. **O modelo tridimensional na arquitetura do renascimento.** In: DUARTE, C. & RHEINGANTZ, P. (orgs.). *Projetar 2005. II Seminário sobre ensino e pesquisa em projeto de arquitetura: rebatimentos, práticas e interfaces.* Rio de Janeiro, p.1-10, novembro de 2005. Disponível em: <<http://projedata.grupoprojetar.ct.ufrn.br/dspace/handle/123456789/228>>. Acesso em: 14 out. 2022.

GASPERIN, F. F. **Guia para o desenvolvimento de mobiliário paramétrico customizável compatível com a edição em ferramenta bim.** 2021. Dissertação (Mestrado em Design) - Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, p. 181. 2021. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/221415>>. Acesso em: 11 dez. 2022.

GÓMEZ, A. P. e PELLETIER, L. **Architectural Representation Beyond Perspectivism.** In: The MIT Press on behalf of Perspecta. Perspecta, Vol. 27, p. 21-39. 1992. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/1567174?origin=JSTOR-pdf>>. Acesso em: 10 dez., 2022.

GUIAASBEA. **Boas práticas em BIM – Fascículo 1.** GTBIM – Grupo técnico BIM AsBEA, p. 20, 2013. Disponível em: <<https://www.asbea.org.br/userfiles/manuais/a607fdeb79ab9ee636cd938e0243b012.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2022

HARRIS, S. **Why travel drawing matters connecting architectural design sketching and travel drawing: a case study of le corbusier's acropolis sketches.** 2011. Dissertação – Escola tècnica i superior d'arquitectura la salle, universitat ramon llull, Tesiia, julho, p. 168. 2011. Disponível em: <<https://recercat.cat/bitstream/id/114045/Harris-MPIA.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2022.

HILGENBERG, F, B. et al. **Uso de BIM pelos profissionais de arquitetura em Curitiba.** Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v.7, n. 1, p. 62-72, mai., 2012. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/51020> >. Acesso em: 15 jan. 2023

HOTTUM, V. P. **Uma estratégia para construção de representações b-rep de sólidos CSG.** 1992. Tese (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 118. 1992. Disponível em: <<https://www.cos.ufrj.br/index.php/pt-BR/publicacoes-pesquisa/details/15/1477>>. Acesso em: 19 out. 2022

JOVANOVICHS, C. T. e MOUNZER, E. C. **Evolução tecnológica do desenvolvimento de projetos nos setores de engenharia civil e arquitetura.** Brazilian Journal of Development (BJD), Curitiba, v.7, n.8, p. 77089-77111 ago. 2021. Disponível em: <[https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/33917#:~:text=O%20objetivo%20principal%20consistiu%20em,BIM%20\(Building%20Information%20Modeling\)](https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/33917#:~:text=O%20objetivo%20principal%20consistiu%20em,BIM%20(Building%20Information%20Modeling))>. Acesso em 28 jan. 2023

KHEMLANI, L. **The IFC Building Model: A Look Under the Hood.** AECbytes. 30 de março de 2004. Disponível em: <<https://www.aecbytes.com/feature/2004/IFC.html>>. Acesso em 16 jan. 2023.

LEE, A. et al. **nD modelling – a driver or enabler for construction improvement**. RICS Research Paper Series, v.5, n.6, p. 1-16, 2005. Disponível em: <<http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/621>>. Acesso em 28/02/2023

MACIEL, L.L. MELHADO, S.B. **Qualidade na construção civil: fundamentos**. São Paulo, EPUSP, 1995. (Texto Técnico. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/15).

MANZIONE, L; MELHADO, S, B; JUNIOR, C, L, N. **Bim e inovação em gestão de projetos: De acordo com a norma ISO 19650**. 1. Ed. Rio de Janeiro: LCT, p. 151, 2021.

MARTINELLI, A, K; FERRÃO, A, D; MOREIRA, C, K; NETO, J, L, A. **Estudo de caso de implementação e compatibilização em bim**. IN.: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VI., 2019, Uberlândia. Anais VI SBQP Minas Gerais: Universidade Federal de Uberlândia, 2019. p. 658 – 670. Disponível em: <<https://eventos.ufu.br/ufu/sbqp/2019/10>>. Acesso em: fev. 2023

MENEGARO, B. F. e PICCININI, A. C. **Aplicação da metodologia BIM (Building Information Modeling) no processo de projeto, com foco em compatibilização**. UNESC, Universidade do extremo sul catarinense, v. 1, n. 1, p. 1-17, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5878/1/BrunaFerreiraMenegaro.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2022

MONTEIRO, A. C. N. et al. **Compatibilização de projetos na construção civil: importância, métodos e ferramentas**. Revista Campo do Saber, Centro Universitário Uniesp, v.3, n. 1, p. 53-77, jan./jun., 2017. Disponível em: <<https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/62/50>>. Acesso em: 10 jan. 2023

NIBS. **United States National Building Information Modeling Standard, version 1 - Part 1: Overview, principles, and methodologies**. BuildingSMARTalliance National BIM Standard. p. 183, 2007. Disponível em: <[https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1\\_p1.pdf](https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1_p1.pdf)>. Acesso em: 26 dez. 2022.

NUNES, G, H; LEÃO, M. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM**. CTAC: Centre for Territory, Environment and Construction. Revista de Engenharia. No. 55. p. 47-61, 2018. Disponível em: <<https://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n55/Pag.47-61.pdf>>. Acesso em: 13 nov., 2022.

PANASIEWICZ, R. e BAPTISTA, P. A. N. **A ciência e seus métodos: Os diversos métodos de pesquisa a relação entre tema, problema e método de pesquisa**. 1 ed. Belo Horizonte, Universidade FUMEC. p. 91-96, 2013. Disponível em: <<http://ppg.fumec.br/direito/wp-content/uploads/2020/05/Ci%C3%Aancia-e-seus-M%C3%A9todos.pdf>>. Acesso em 15 fev. 2023.

REZ, S. **Rede Local “LAN”**. 4 de ago. 2018. Figura 64. 520 x 269 pixels. Disponível em: <<https://secbitrez.wordpress.com/2018/08/04/rede-local-lan/>>. Acesso em: 11 mar. 2023

REMASTER, T. **A interferência eletromagnética em rede de computadores**. 30 de out. 2017. Figura 78. 580 x 129 pixels. Disponível em: <<https://www.remaster.com.br/interferencia-eletromagnetica>>. Acesso em: 12 mar. 2023

REQUICHA, A, G. **Representations for Rigid Solids: Theory, Methods, and Systems**. In: **ACM Digital Library. Association for computing Machinery**. ACM Computing Surveys. Volume 12. Edição 4. dez. p. 437–464. 1980. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/356827.356833>>. Acesso em: 7 nov. 2022.

RIBEIRO, T. R. et al. **Compreensão dos requisitos de informação da ISO 19650**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-13. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/580>>. Acesso em: 3 ago. 2022.

ROBBINS, E. **The social uses of Drawing**. In **Why Architects Draw** London: MIT Press, p. 315. 1994. set./out. 2022. Disponível em: <<https://direct.mit.edu/books/book/5066/Why-Architects-Draw>>. Acesso em: 13 out. 2022.

RODRIGUES, K, C. et al. **Mapeamento sistemático de referências do uso do bim na compatibilização de projetos na construção civil**. REEC - Revista eletrônica de Engenharia Civil, UFMG, v. 13, n. 1, p. 219- 239, jan./jun. 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/reec/article/view/45014>>. Acesso em: fev. 2023

RUSCHEL, R. et al. **O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil**. REEC - Rev. Eletrônica Eng. Civil., vol. 7, no 3, 2013. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/reec/issue/view/1407>>. Acesso em: 15 out. 2022.

SACKS, R; EASTMAN, C; LEE, G; TEICHOLZ, P. **Manual de Bim: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, p. 565, 2021.

SACHS, T. **Antes do AutoCad**. Publicada no LinkedIn. 2023. Figura 3. 800 x 1200 pixels. Disponível em: <[https://www.linkedin.com/posts/travis-sachs-51b20324\\_thedaysbeforelaserscanning-activity-7023009139400343552-nvKU?utm\\_source=share&utm\\_medium=member\\_desktop](https://www.linkedin.com/posts/travis-sachs-51b20324_thedaysbeforelaserscanning-activity-7023009139400343552-nvKU?utm_source=share&utm_medium=member_desktop)>. Acesso em: 7 fev. 2023

SCOTT, L, P, B. **Protótipo evolutivo e um sistema de modelagem de sólidos**. 1993. Dissertação (Mestrado em ciência da computação e matemática computacional) - Instituto de ciências matemáticas, Universidade de São Paulo (USP São Carlos), São Carlos, p. 144. 1993. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-20082018-084908/pt-br.php>>. Acesso em: 2 set., 2022.

SHINKAI, D. **Orçamentação BIM 5D**. nov. 2022. Figura 22. 586 x 302 pixels. Disponível em: <[https://www.linkedin.com/posts/davidshinkai\\_bim-openbim-bim5d-activity-6985574756385230848-fjXg?utm\\_source=share&utm\\_medium=member\\_desktop](https://www.linkedin.com/posts/davidshinkai_bim-openbim-bim5d-activity-6985574756385230848-fjXg?utm_source=share&utm_medium=member_desktop)>. Acesso em: 21 fev. 2023

SOLANO, R, S. **Compatibilização de projetos na construção civil de edificações: método das dimensões possíveis e fundamentais**. In: Encontro nacional de engenharia de produção, 25, 2005, p. 2768 – 2773. Porto Alegre. Anais: ABEPRO, 2005. Disponível em:< <https://docplayer.com.br/11998181-Compatibilizacao-de-projetos-na-construcao-civil-de-edificacoes-metodo-das-dimensoes-possiveis-e-fundamentais.html>>. Acesso em: 17 dez. 2022.

SUCCAR, B. e KASSEM, M. **Macro-BIM Adoption: Conceptual structures**. Automation in Construction, v. 57, p. 64–79, 2015. Disponível em: <<https://www.arataumodular.com/app/wp-content/uploads/2022/06/Macro-BIM-Adoption-Conceptual-Structures.pdf>>. Acesso em: 7 jan., 2023.

TARRAFA, D, G, P. **Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas**. 2012. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil. 2012, 69p. Disponível em: <[https://www.dec.uc.pt/~dcosta/MSc\\_DT.pdf](https://www.dec.uc.pt/~dcosta/MSc_DT.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2022.

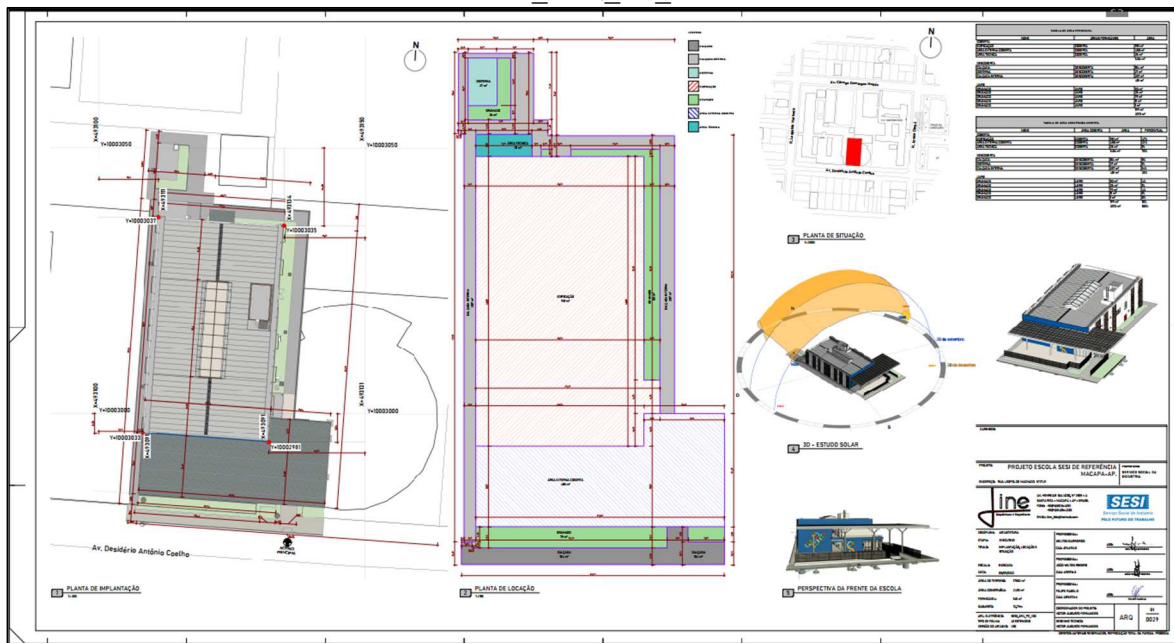
TORTH, B; ARCH, B. **Energy Simulation for Decision Support in Early Architectural Design**. 2017. Tese (Doutorado em Filosofia) - School of Design Creative Industries Faculty, Queensland University of Technology, Queensland. p. 271, 2017. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/83151788.pdf>>. Acesso em: 4 set., 2022.

VIRTUART. **Simulação 4D com as ferramentas Synchro Control e a Plataforma iTwin**. Nov. 2022. Vídeo publicado no LinkedIn. Disponível em: <[https://www.linkedin.com/posts/virtuart4d\\_bim-4d-itwin-synchro-pro-control-unreal-activity-6983413779174731777-sXv1?utm\\_source=share&utm\\_medium=member\\_desktop](https://www.linkedin.com/posts/virtuart4d_bim-4d-itwin-synchro-pro-control-unreal-activity-6983413779174731777-sXv1?utm_source=share&utm_medium=member_desktop)>. Acesso em: 20 fev. 2023

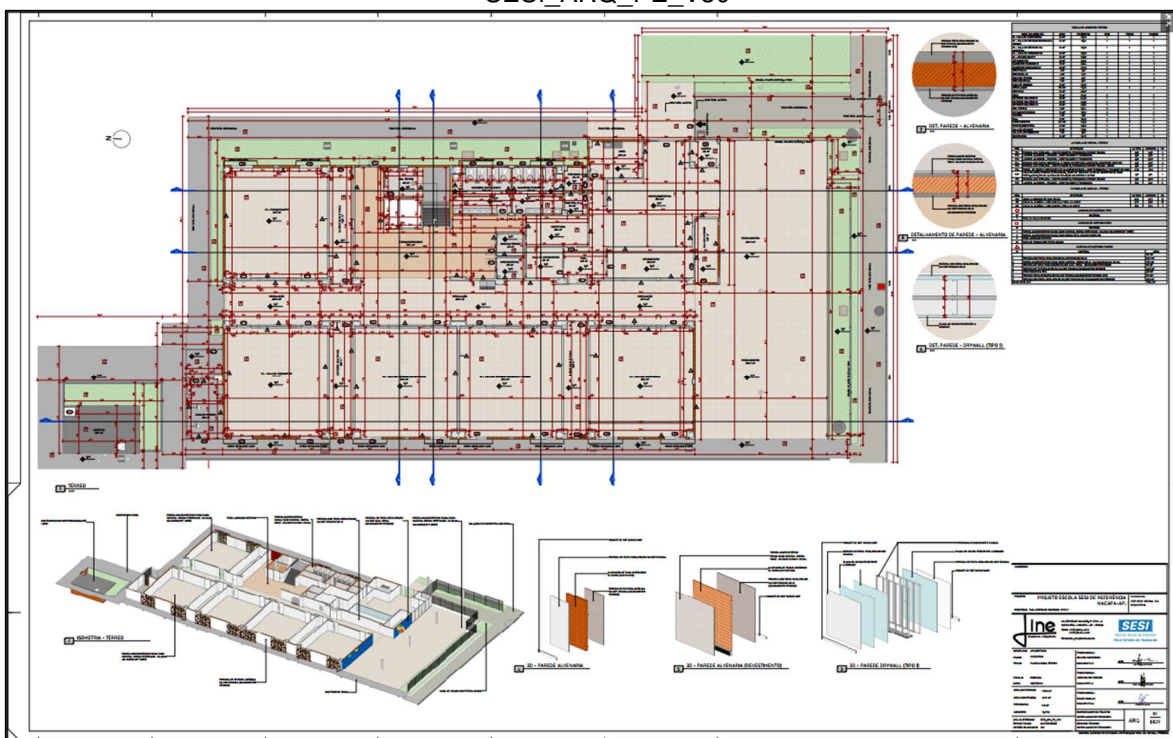
ANEXOS

ANEXO A – PRANCHAS DO PROJETO DE ARQUITETURA

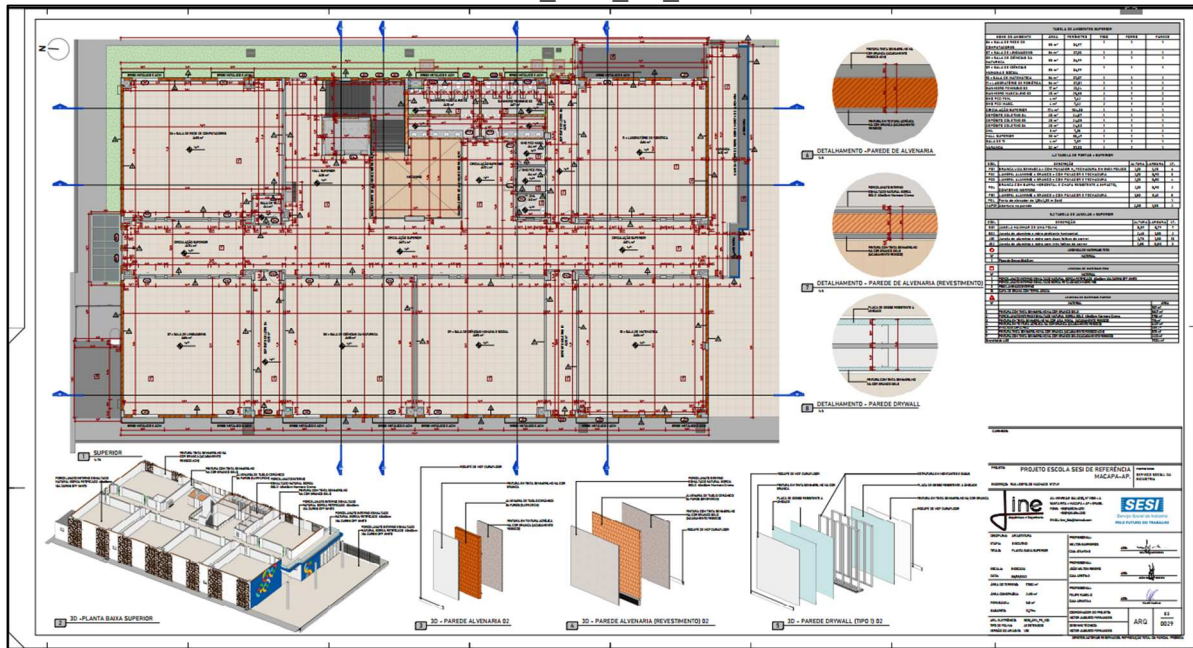
SESI\_ARQ\_PE\_V30



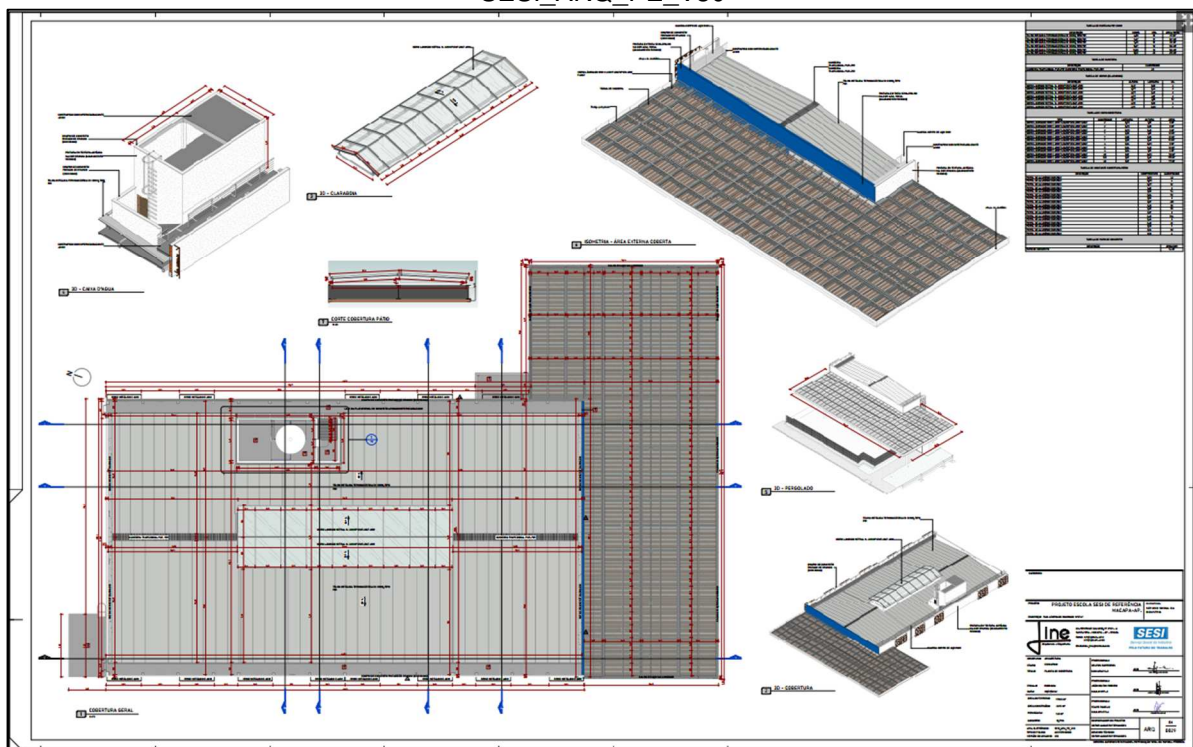
SESI\_ARQ\_PE\_V30



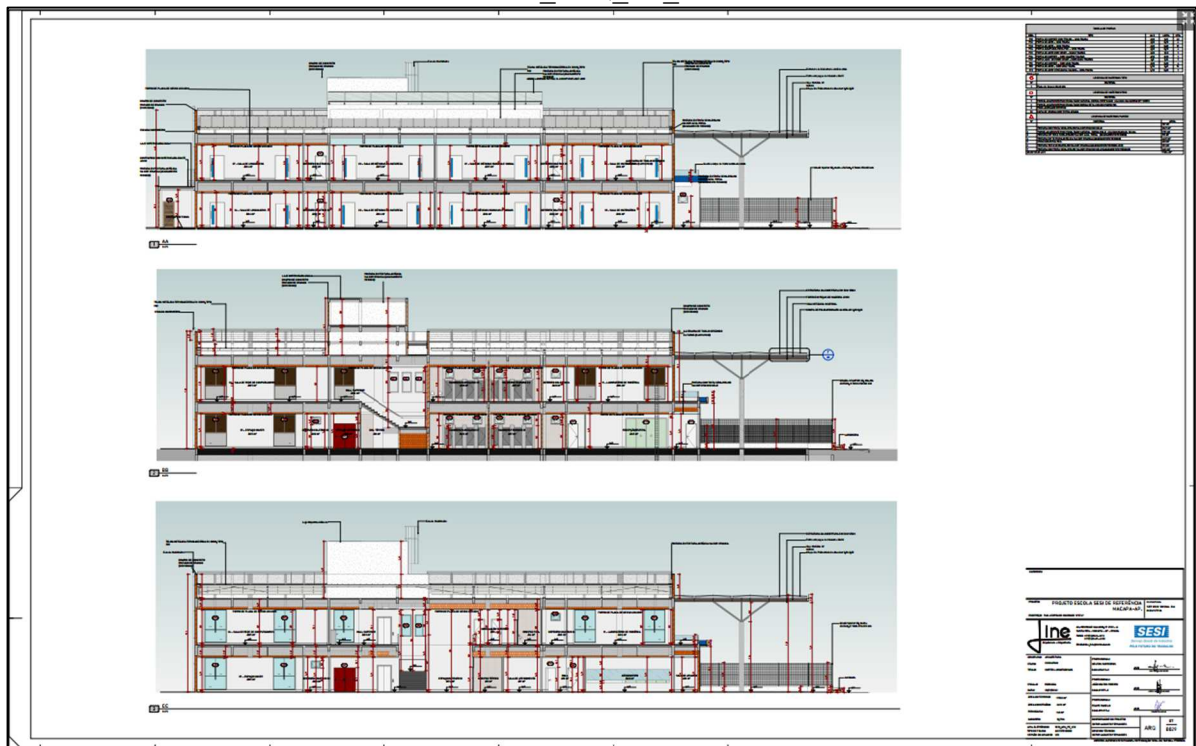
SESI ARQ PE\_V30



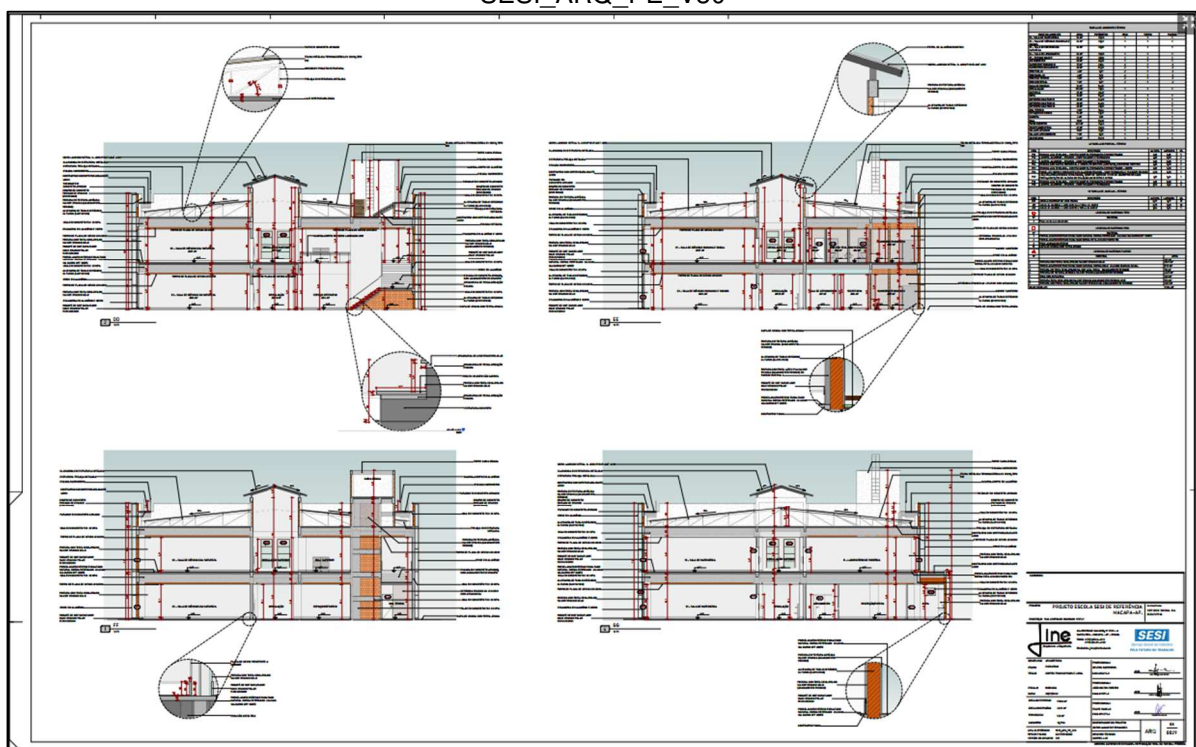
SESI ARQ PE\_V30



SESI ARQ PE V30

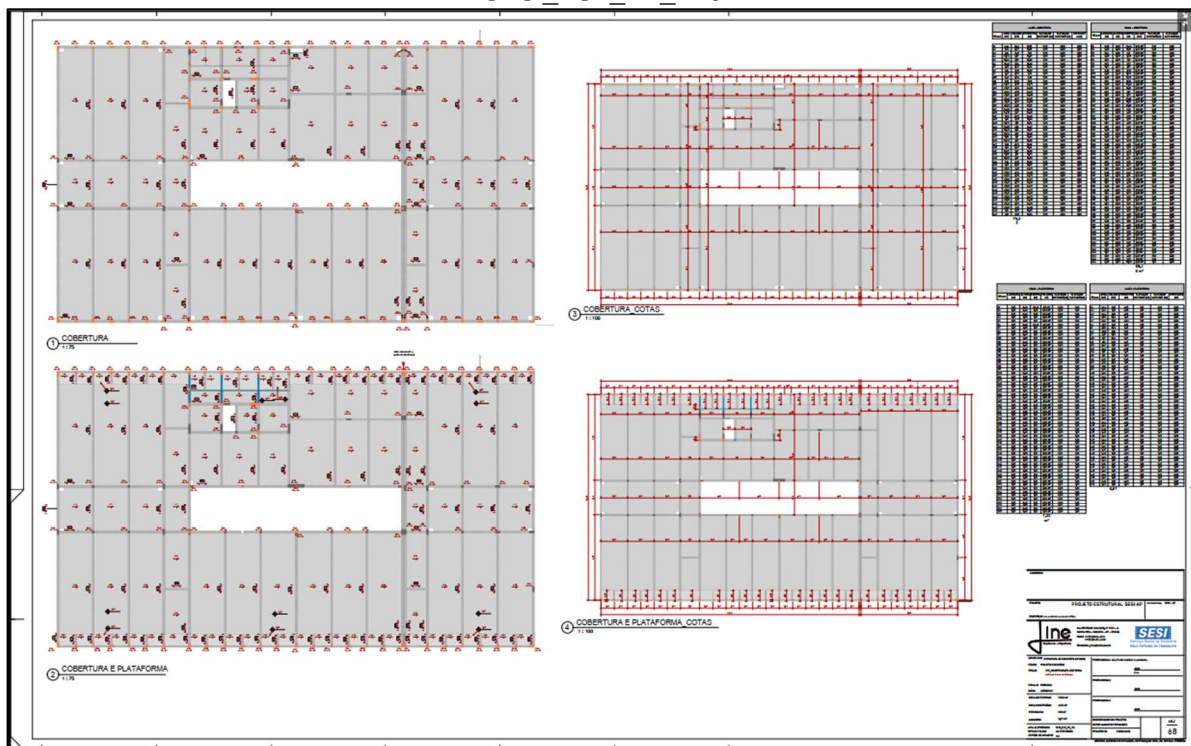


SESI ARQ PE V30

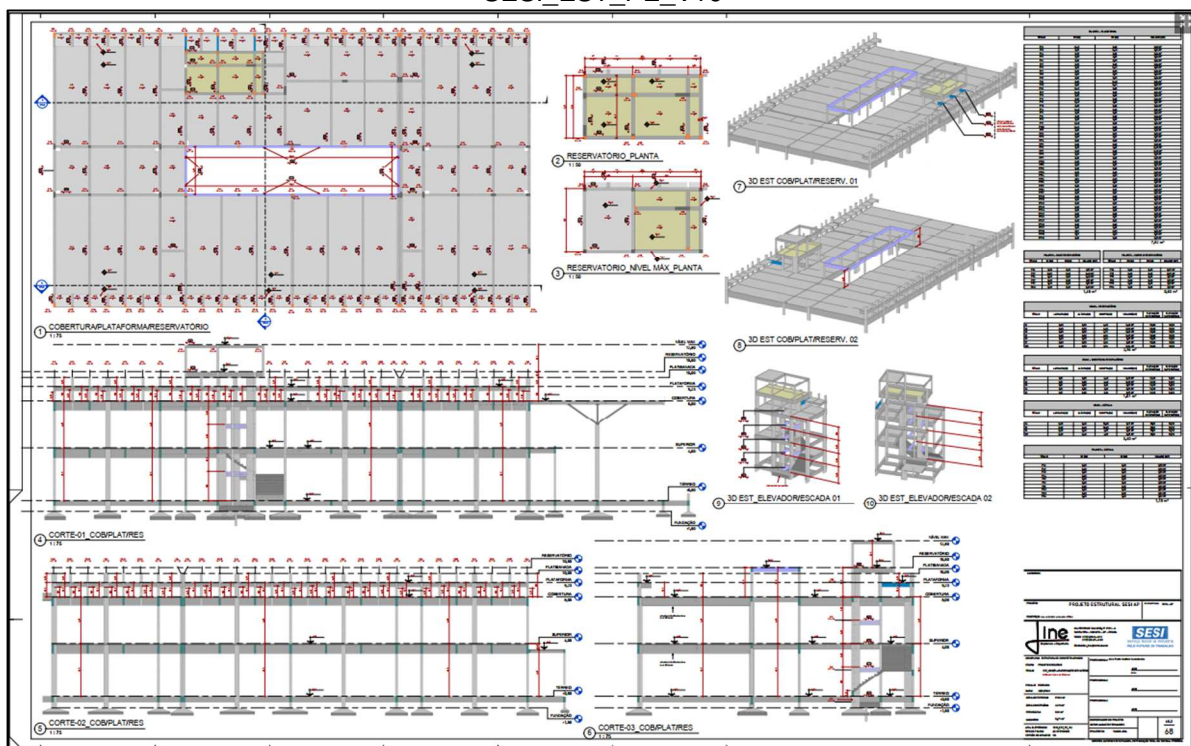




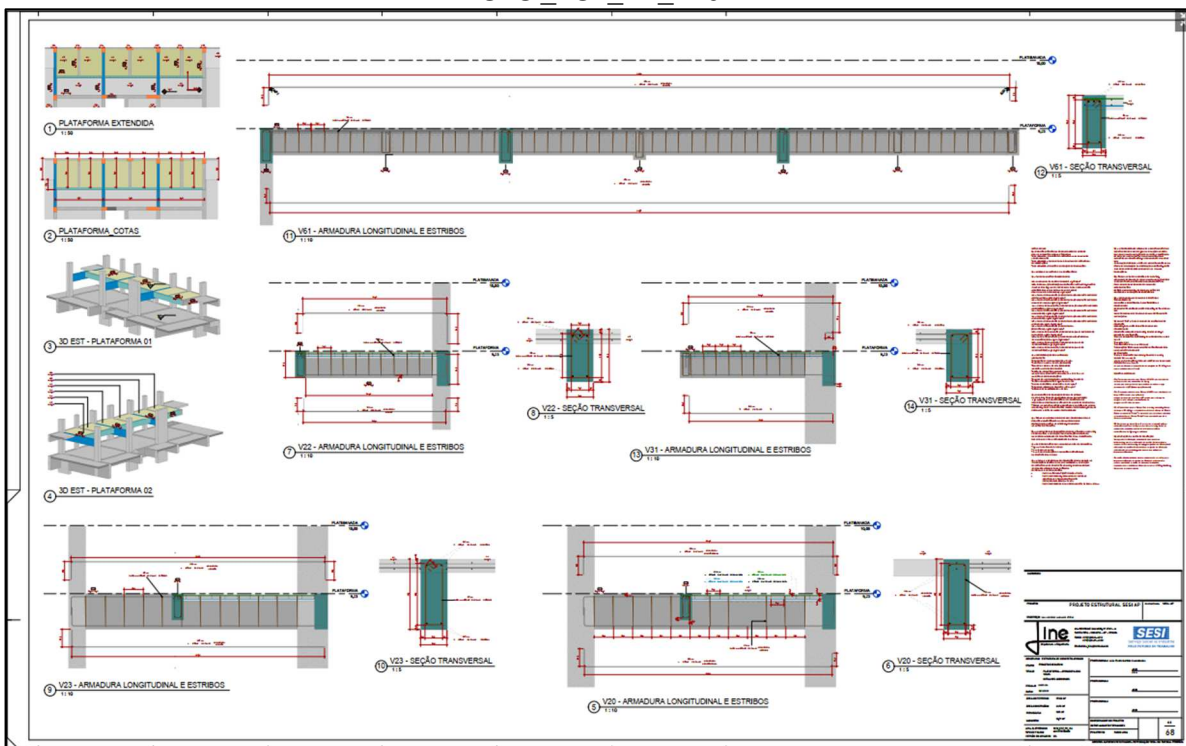
SESI\_EST\_PE\_V16



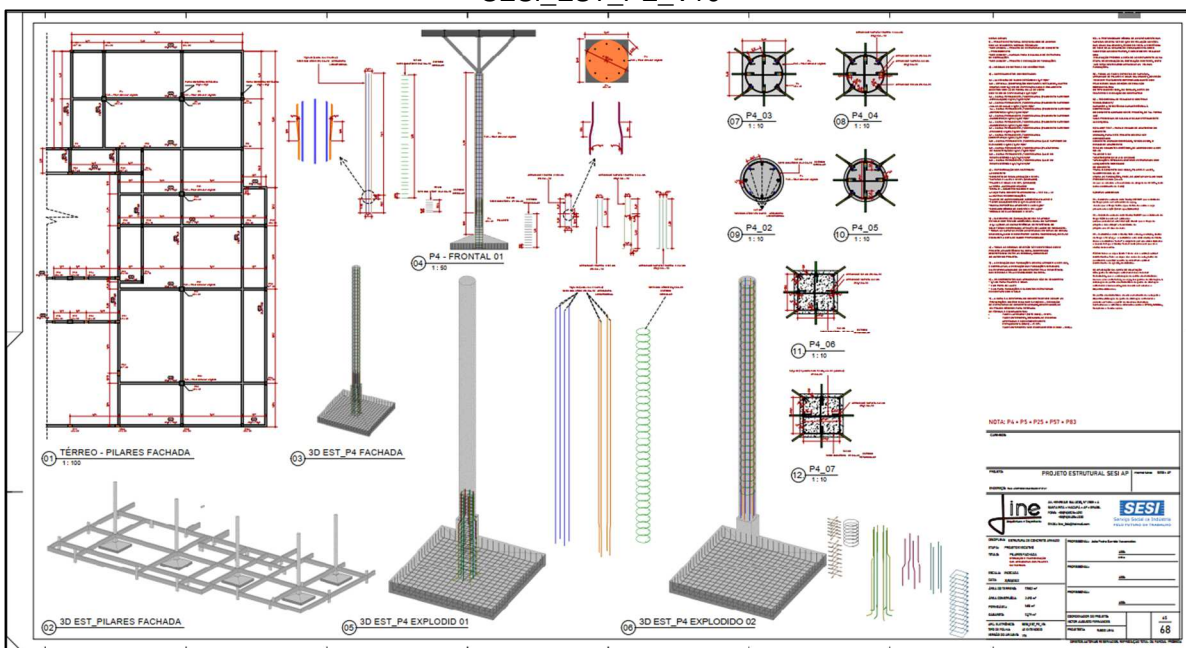
SESI\_EST\_PE\_V16



SESI\_EST\_PE\_V16

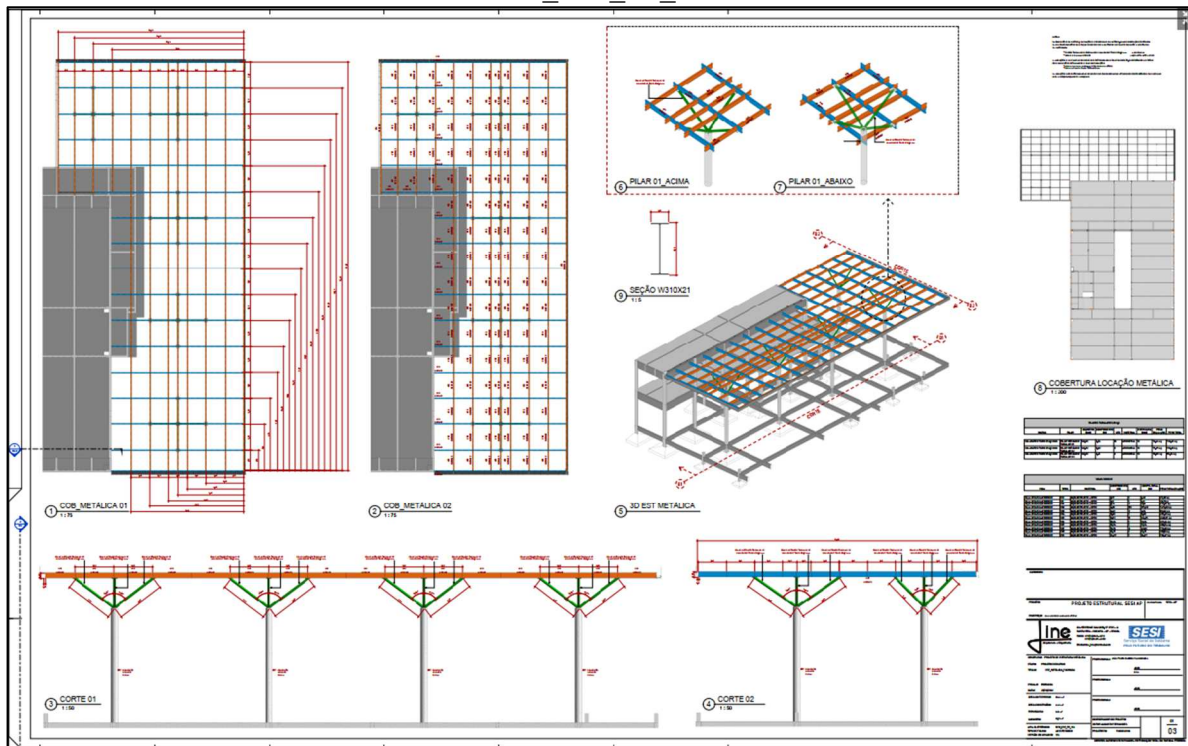


SESI\_EST\_PE\_V16

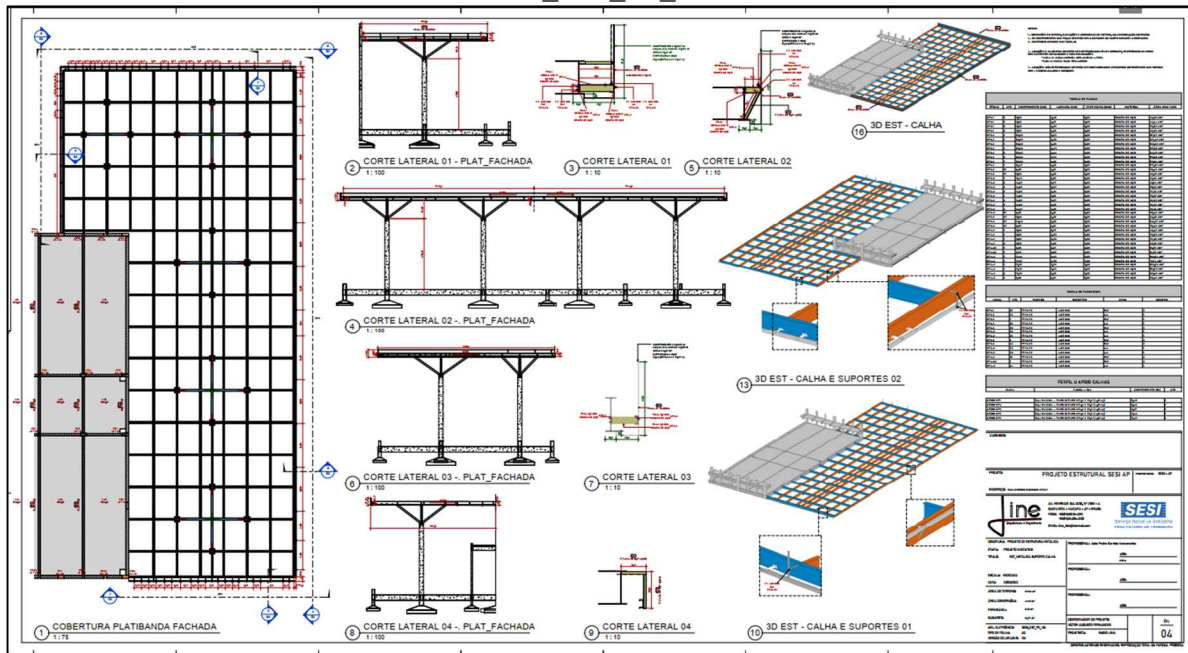


ANEXO C – PRANCHAS PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA

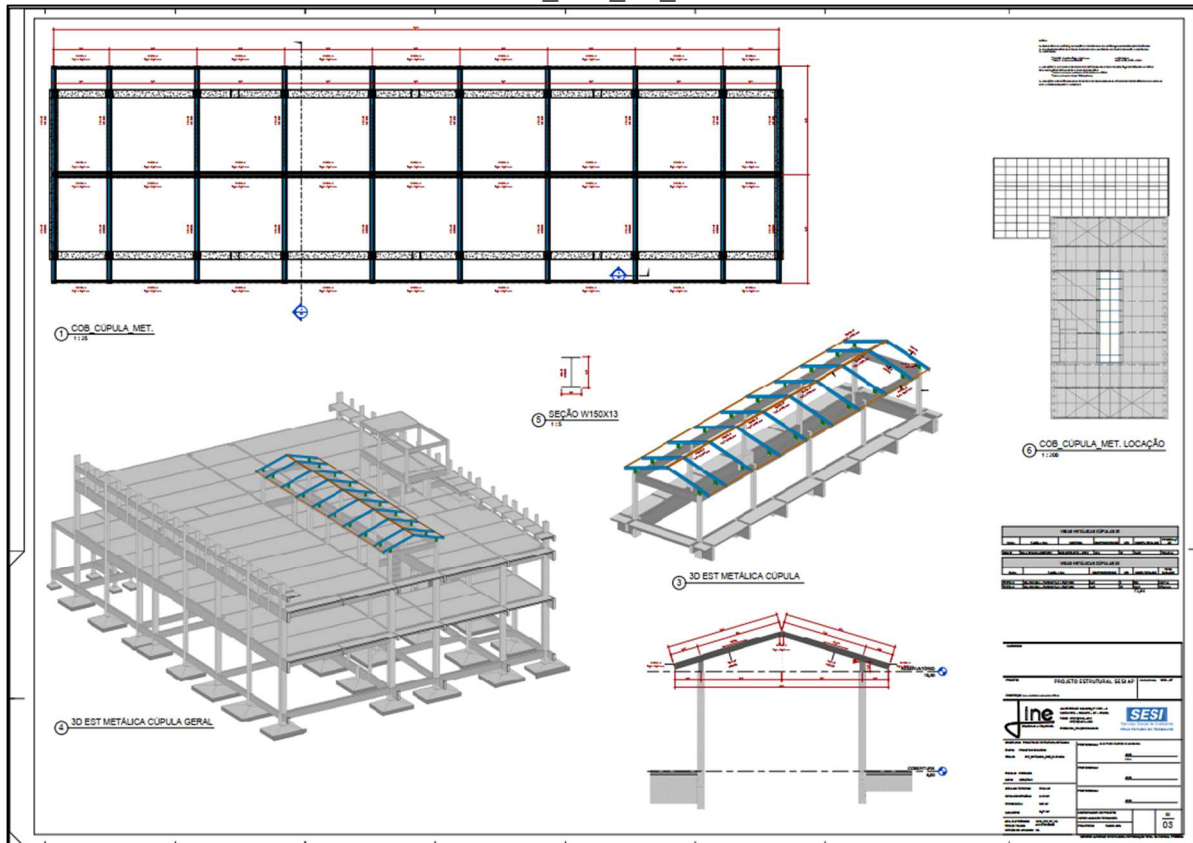
SESI\_EST\_PE\_V16



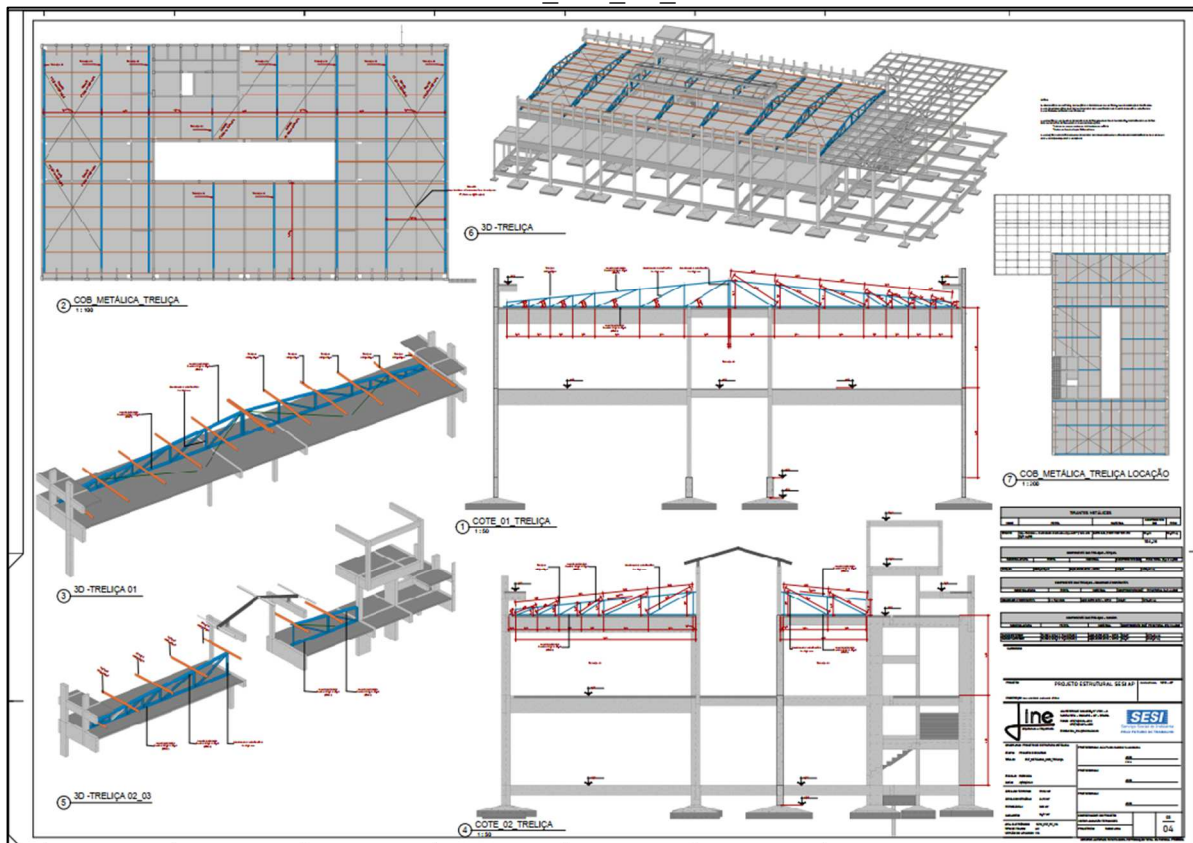
SESI\_EST\_PE\_V16



SESI\_EST\_PE\_V16

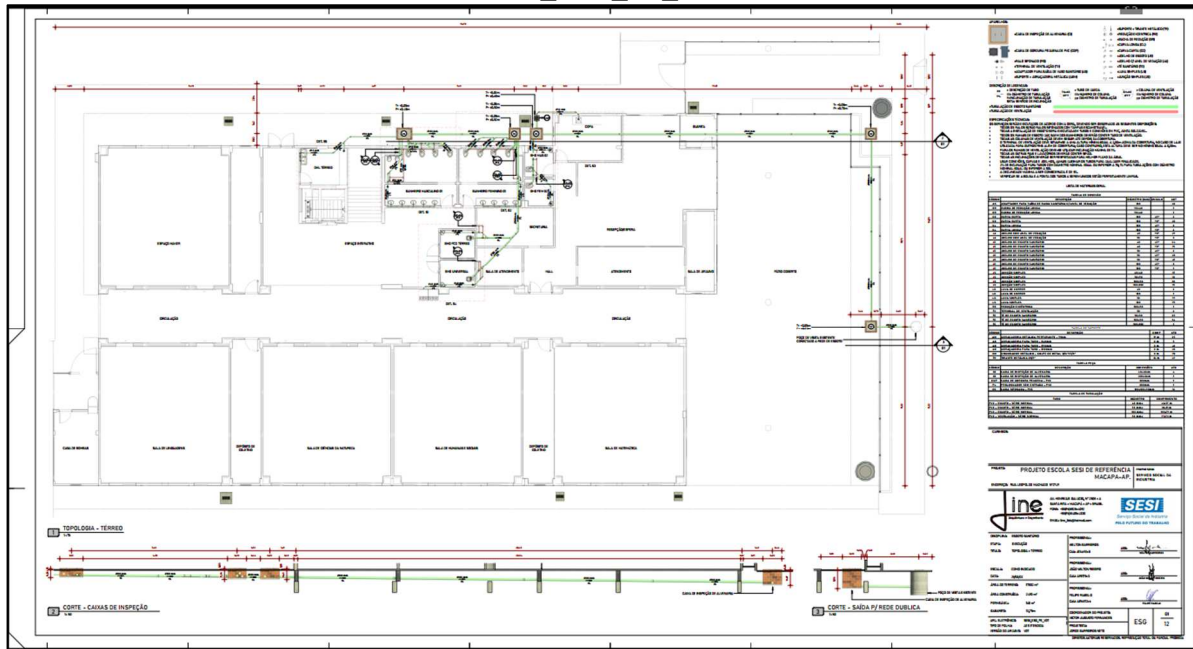


SESI\_EST\_PE\_V16

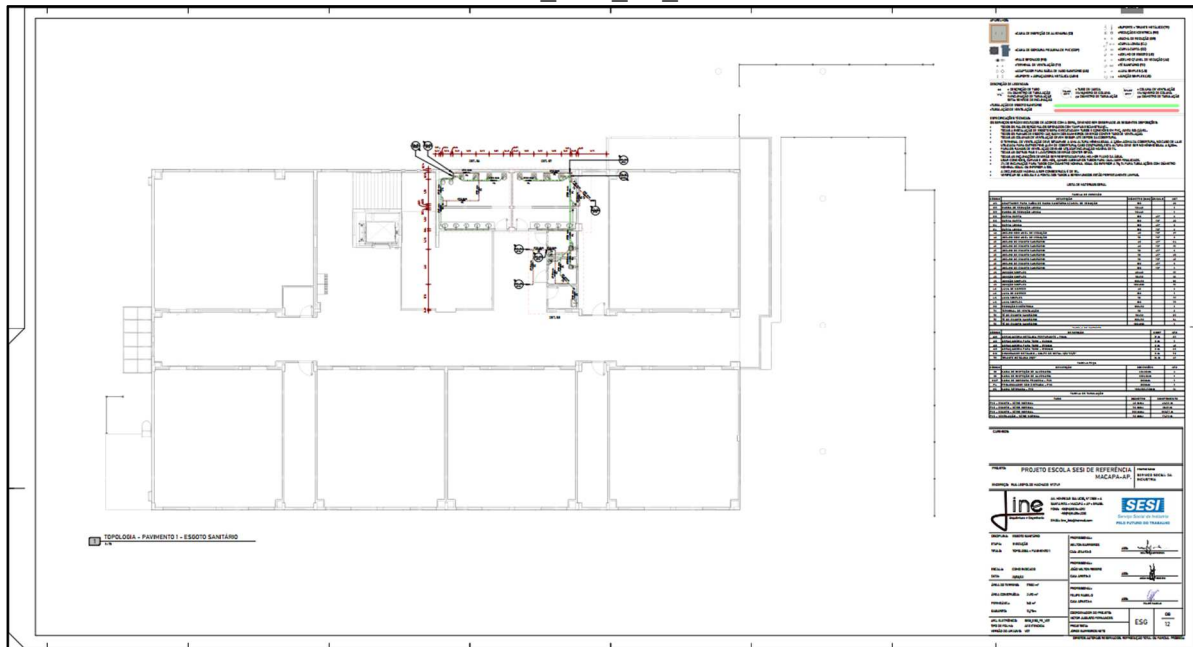


ANEXO D – PRANCHAS DO PROJETO DE ESGOTO SANITÁRIO

SESI\_ESG\_PE\_V07

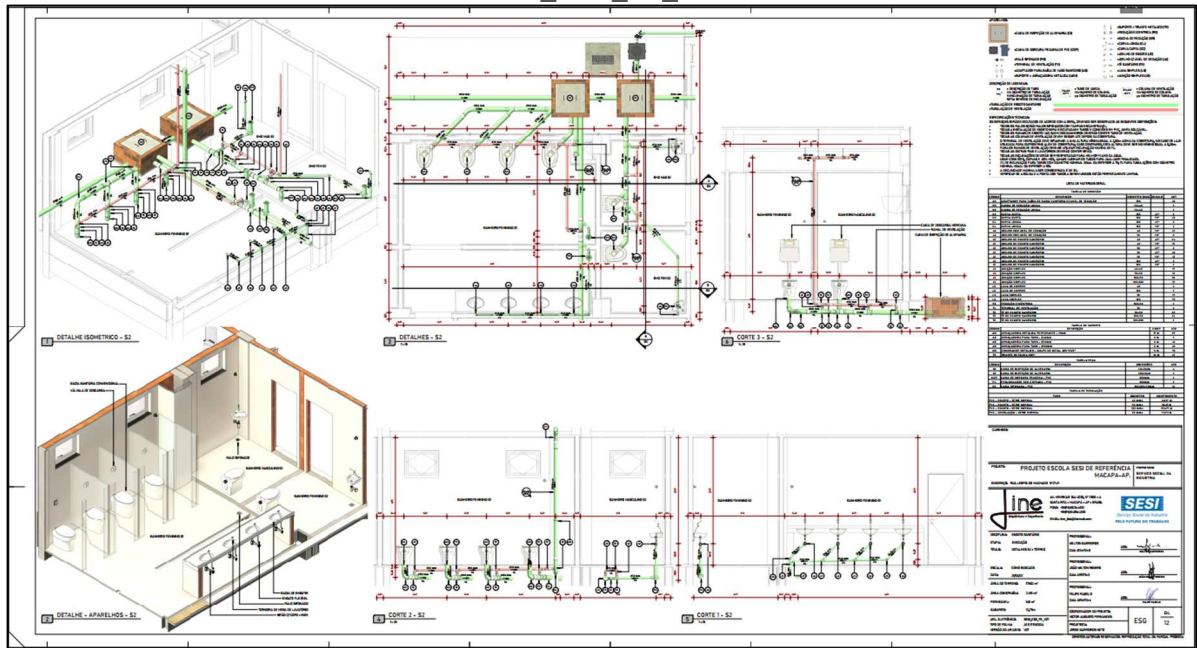


SESI\_ESG\_PE\_V07

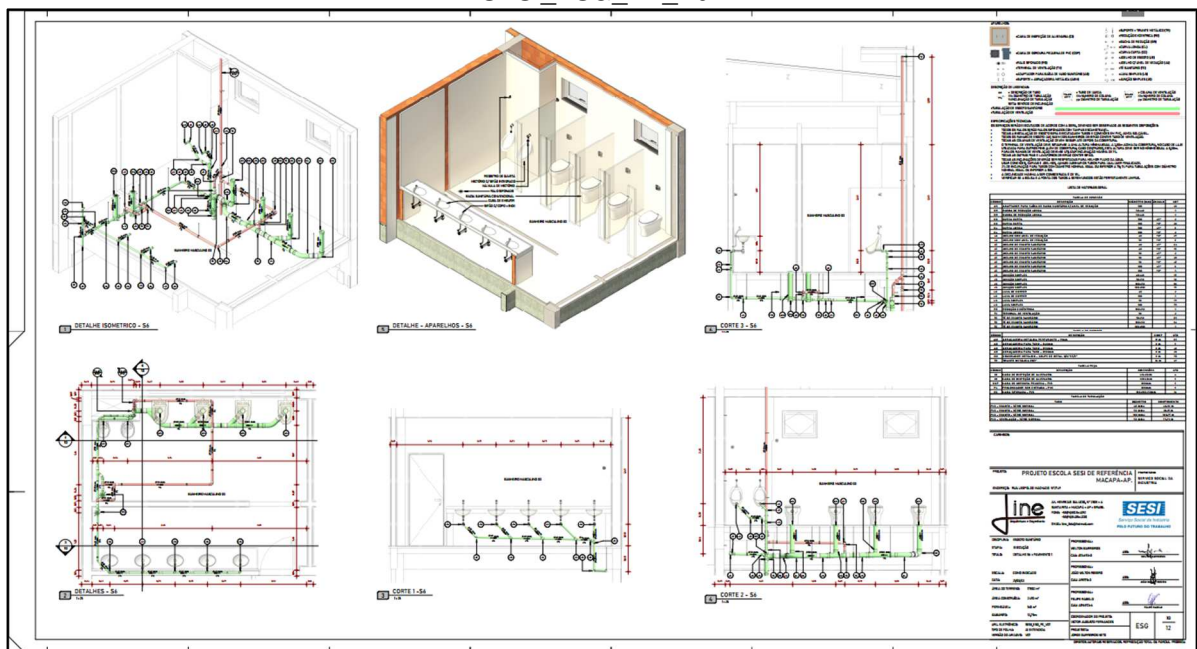




### SESI\_ESG\_PE\_V07



### SESI\_ESG\_PE\_V07

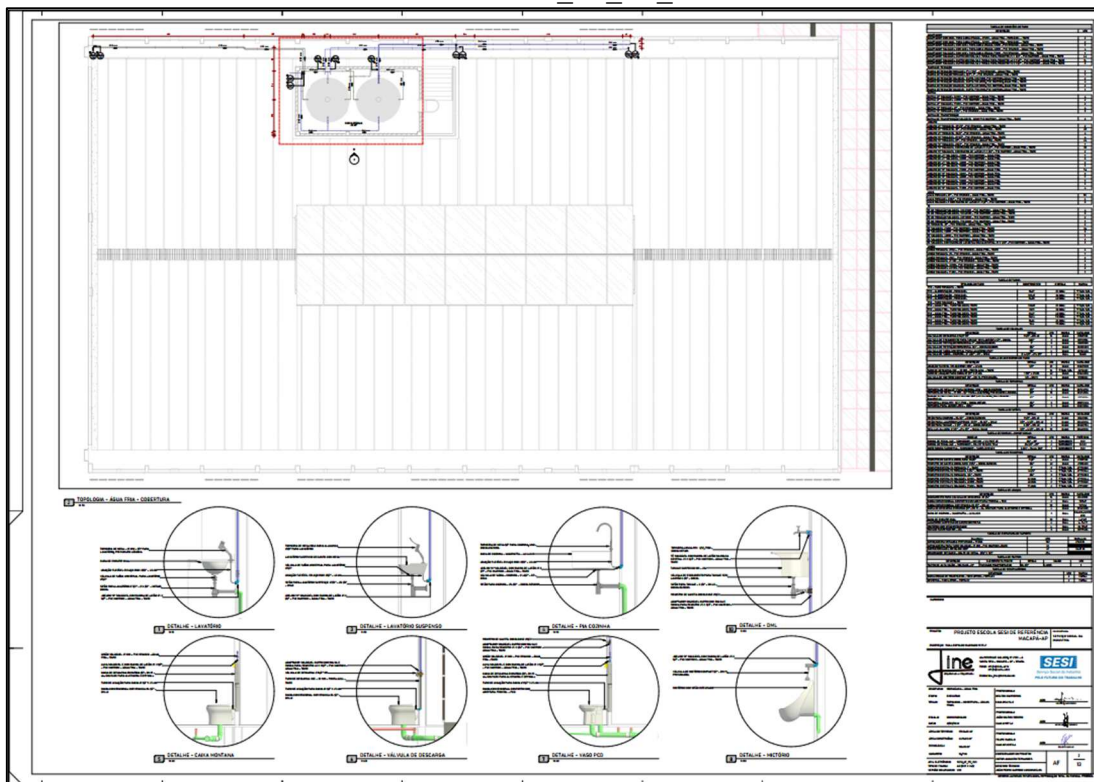


ANEXO E – PRANCHAS DO PROJETO DE ÁGUA FRIA

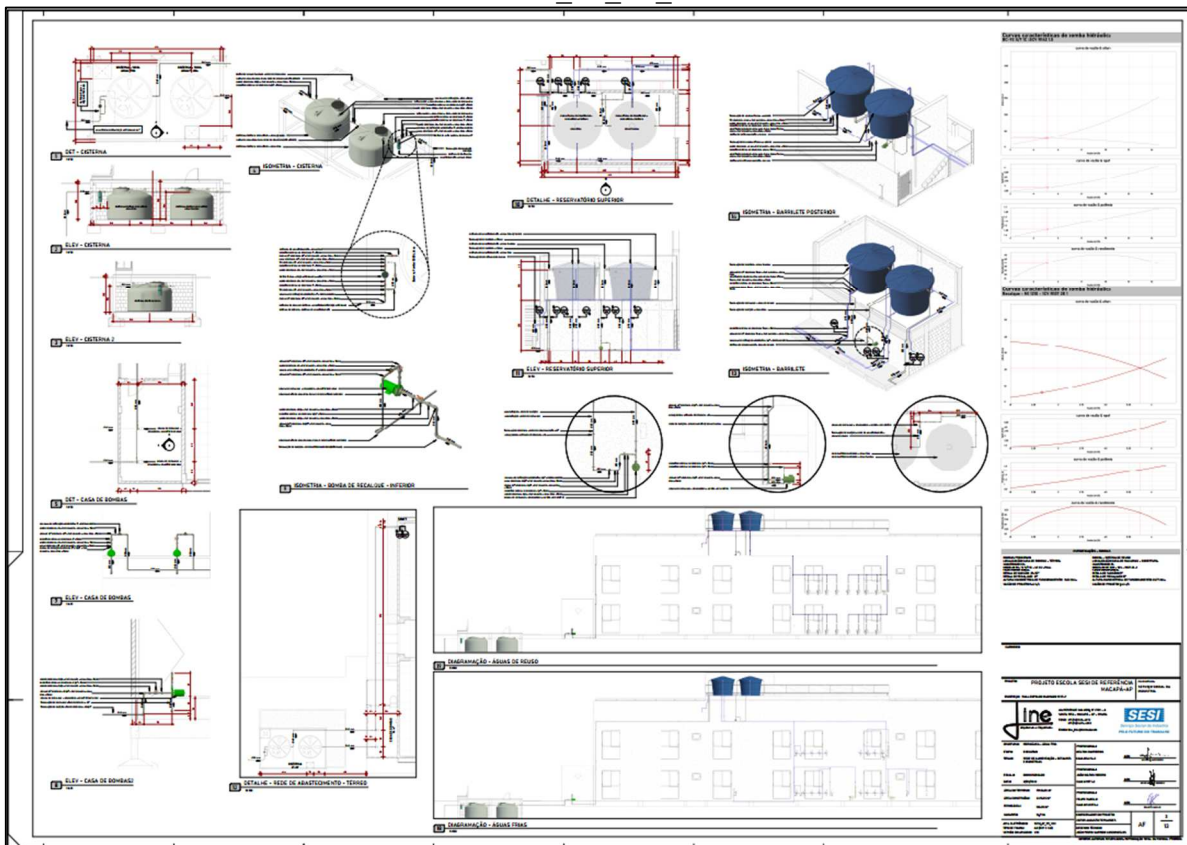
SESI\_AF\_PE\_V08



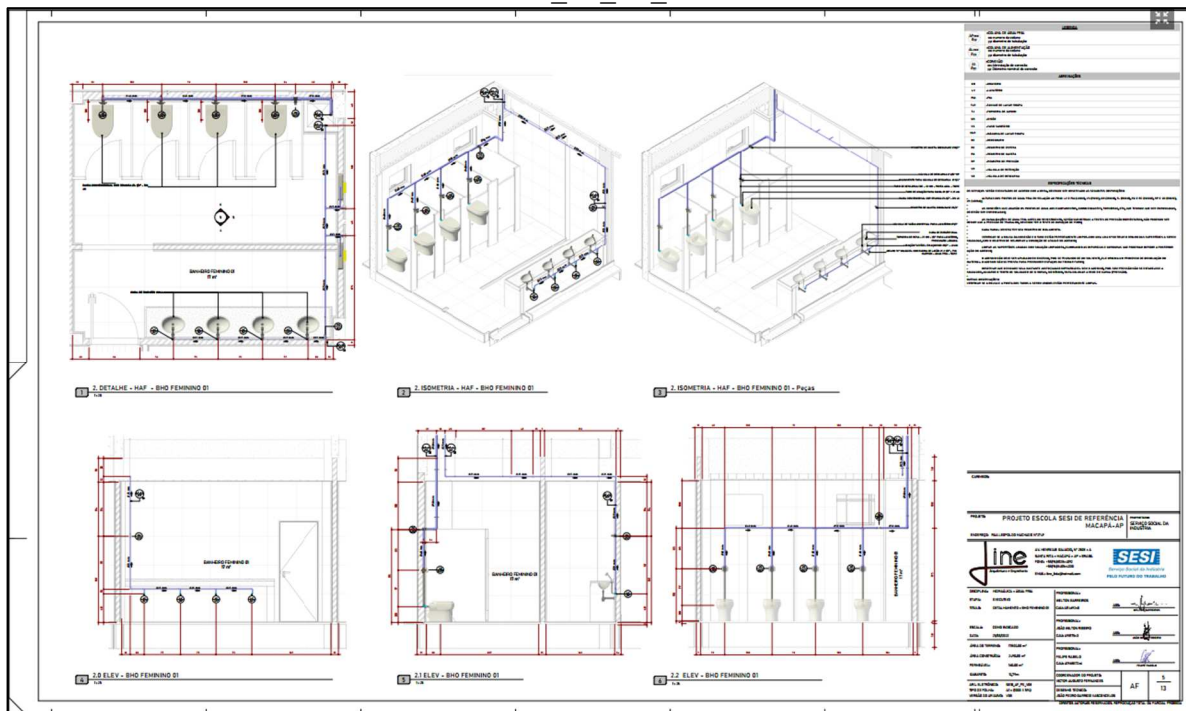
SESI\_AF\_PE\_V08



SESI\_AF\_PE\_V08



SESI\_AF\_PE\_V08

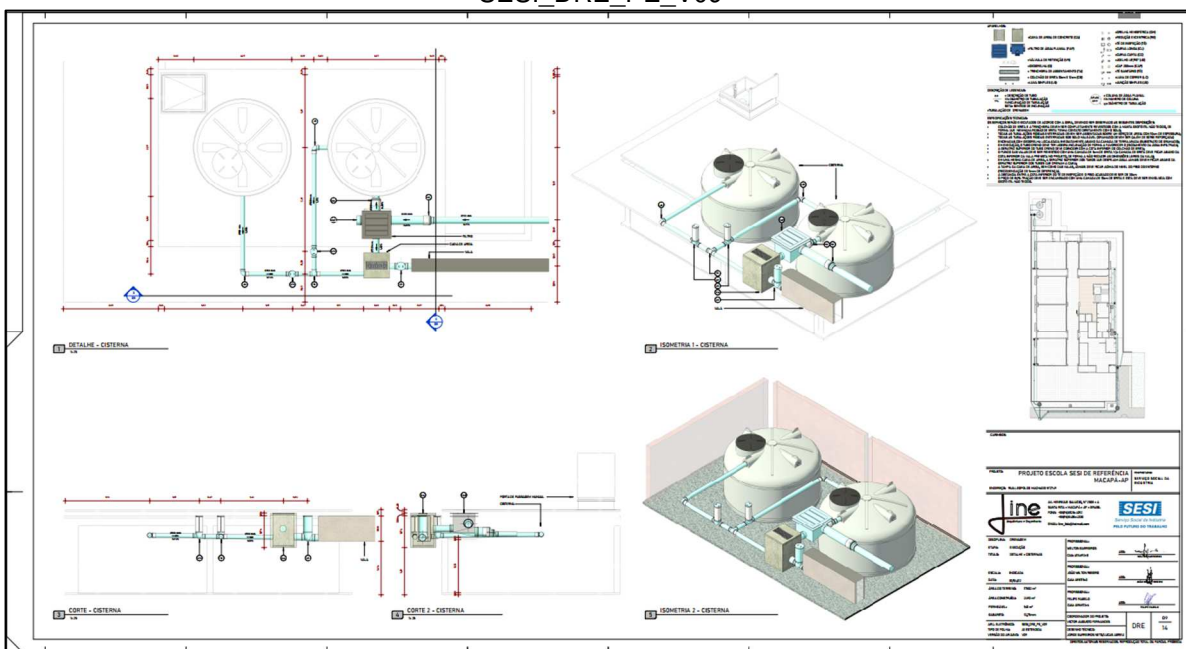




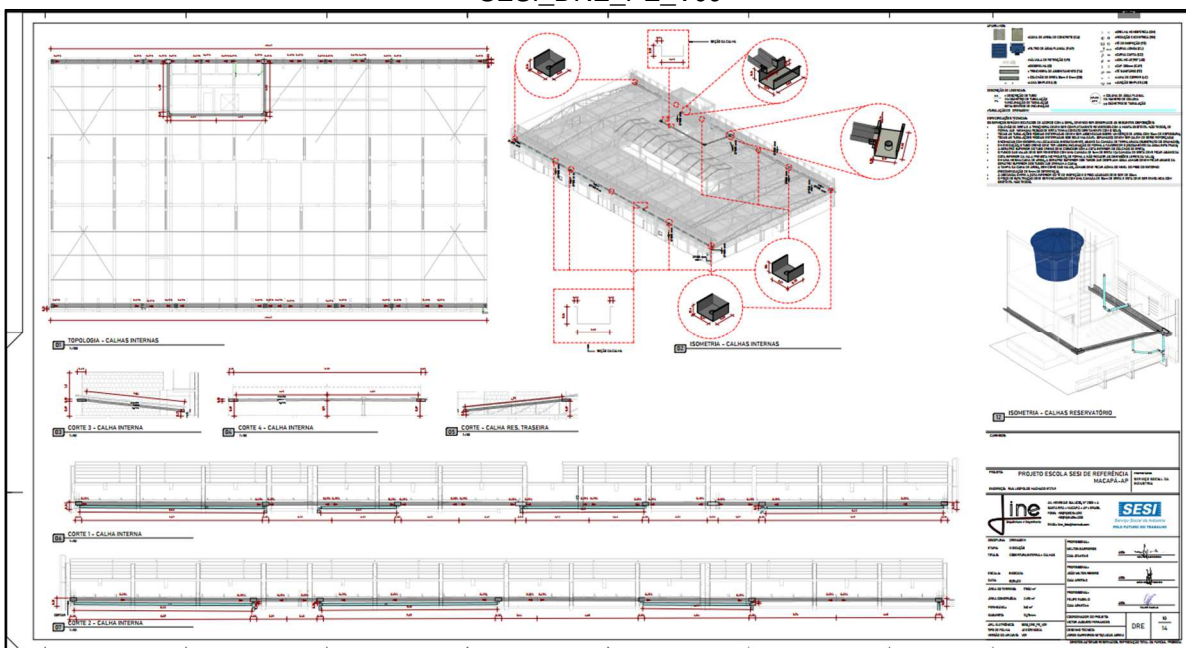




SESI\_DRE\_PE\_V09



SESI\_DRE\_PE\_V09



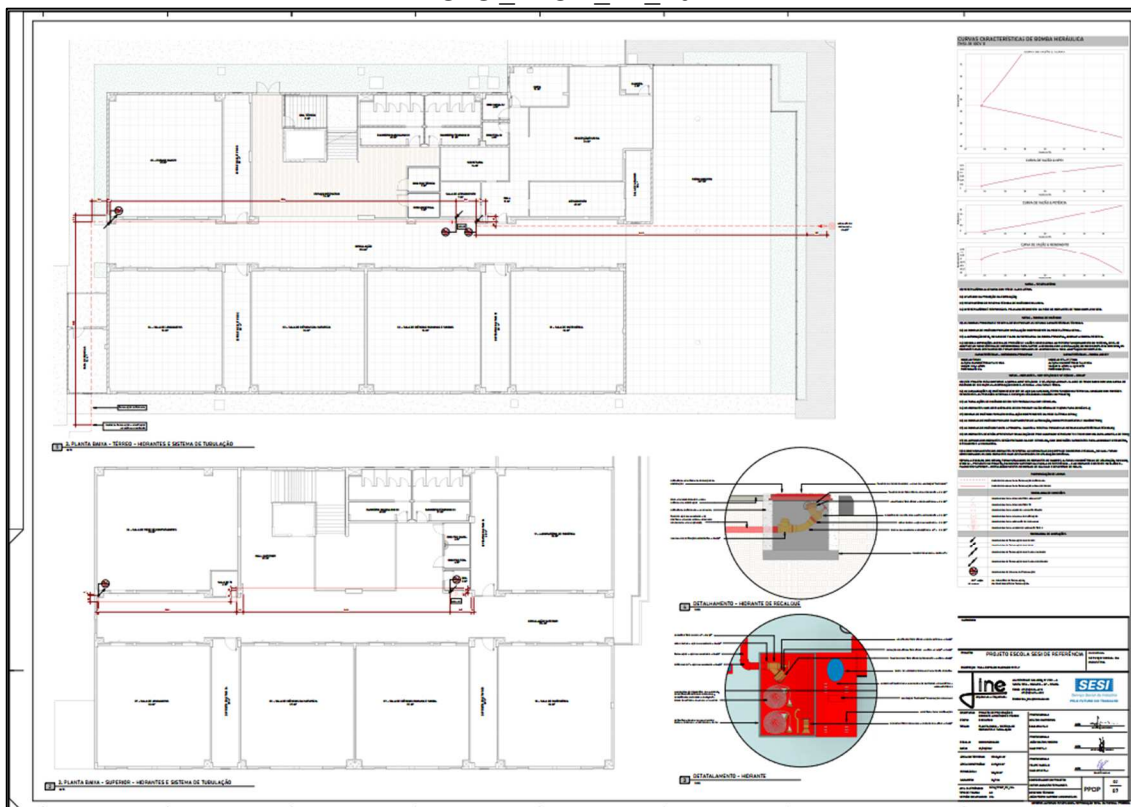


ANEXO G – PRANCHAS DO PROJETO DE PPCIP

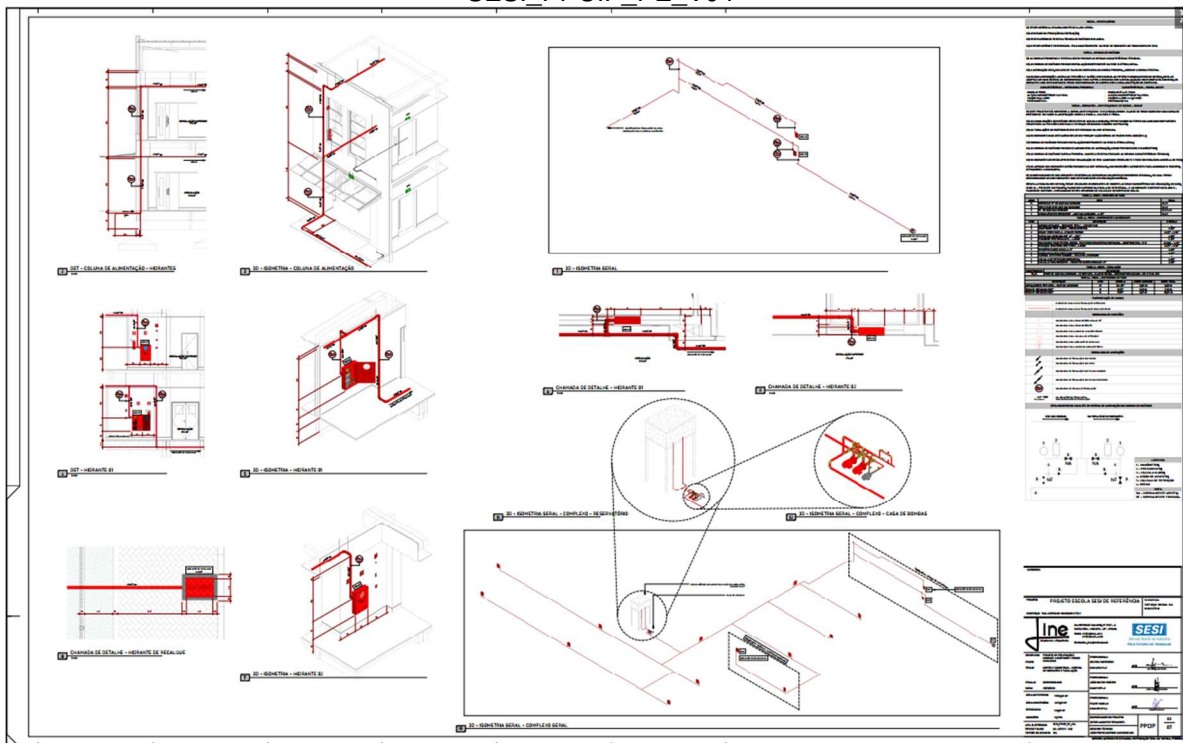
SESI\_PPCIP\_PE\_V04



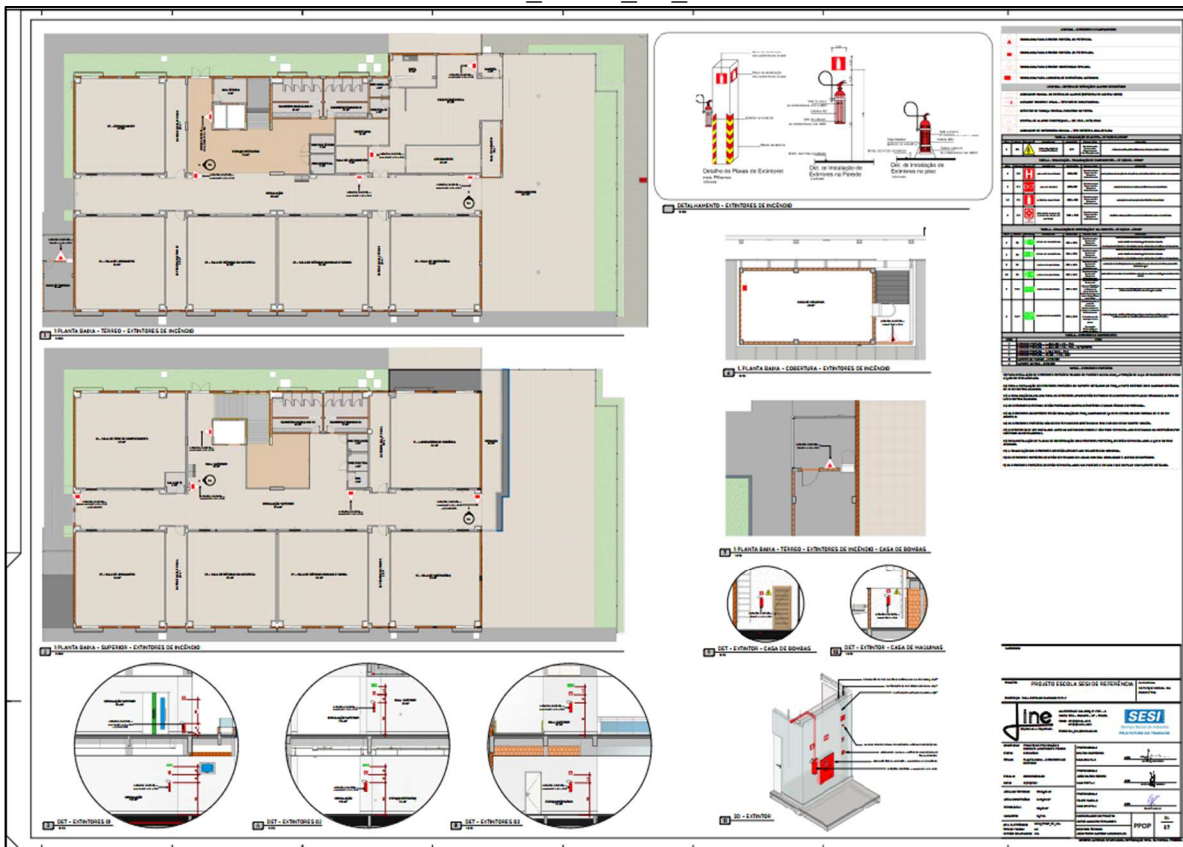
SESI\_PPCIP\_PE\_V04



SESI\_PPCIP\_PE\_V04



SESI\_PPCIP\_PE\_V04



### SESI\_PPCIP\_PE\_V04

1 PLANTA BAIXA - TERREO - SINALIZAÇÃO E LUMINÁRIAS DE EVACUAÇÃO

2 PLANTA BAIXA - SUPERIOR - SINALIZAÇÃO E LUMINÁRIAS DE EVACUAÇÃO

3 DETALH - SINALIZAÇÃO E LUMINÁRIAS DE EVACUAÇÃO

4 DET - SINALIZAÇÃO 01 - SÓTA DE FUGA

5 DET - SINALIZAÇÃO 02 - SÓTA DE FUGA

6 DET - SINALIZAÇÃO 03 - SÓTA DE FUGA

7 DET - SINALIZAÇÃO 04 - CASA DE MÁQUINAS

8 DET - SINALIZAÇÃO 05 - SÓTA DE FUGA

9 DET - SINALIZAÇÃO 06 - SÓTA DE FUGA

10 DET - SINALIZAÇÃO 07 - SÓTA DE FUGA

11 DET - SINALIZAÇÃO 08 - SÓTA DE FUGA

12 DET - SINALIZAÇÃO

13 DETALHAMENTO - SINALIZAÇÃO - COBERTURA

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...
11	...	...	...
12	...	...	...
13	...	...	...

PROJETO ESCOLA SEDI DE REFERÊNCIA

Line

SESI

PPCIP

### SESI\_PPCIP\_PE\_V04

1 PLANTA BAIXA - TERREO - SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO

2 PLANTA BAIXA - SUPERIOR - SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO

3 DETALHAMENTO - DETECÇÃO E ALARME ACREDITADO

4 SISTEMA DE USUÁRIO - CENTRAL DE ALARME

5 DET - CENTRAL DE ALARME

6 DETALHE DE INSTALAÇÃO - ALARME E SISTEMA

7 DETALHAMENTO - SEDI

8 DET - SEDI

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...

PROJETO ESCOLA SEDI DE REFERÊNCIA

Line

SESI

PPCIP

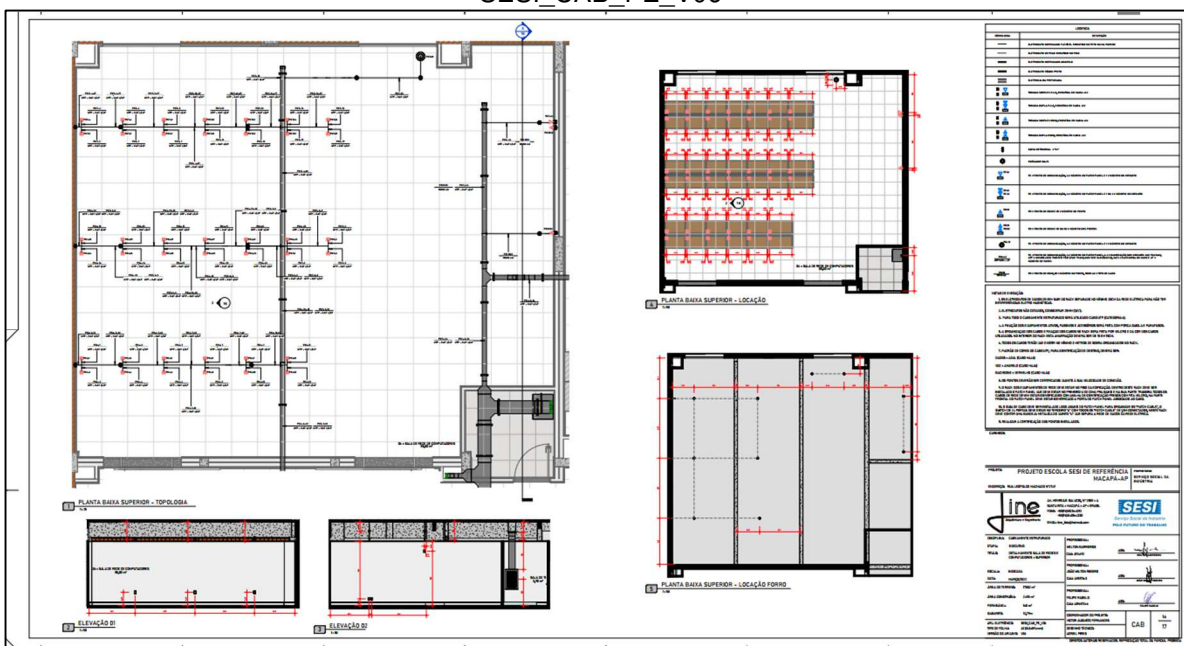




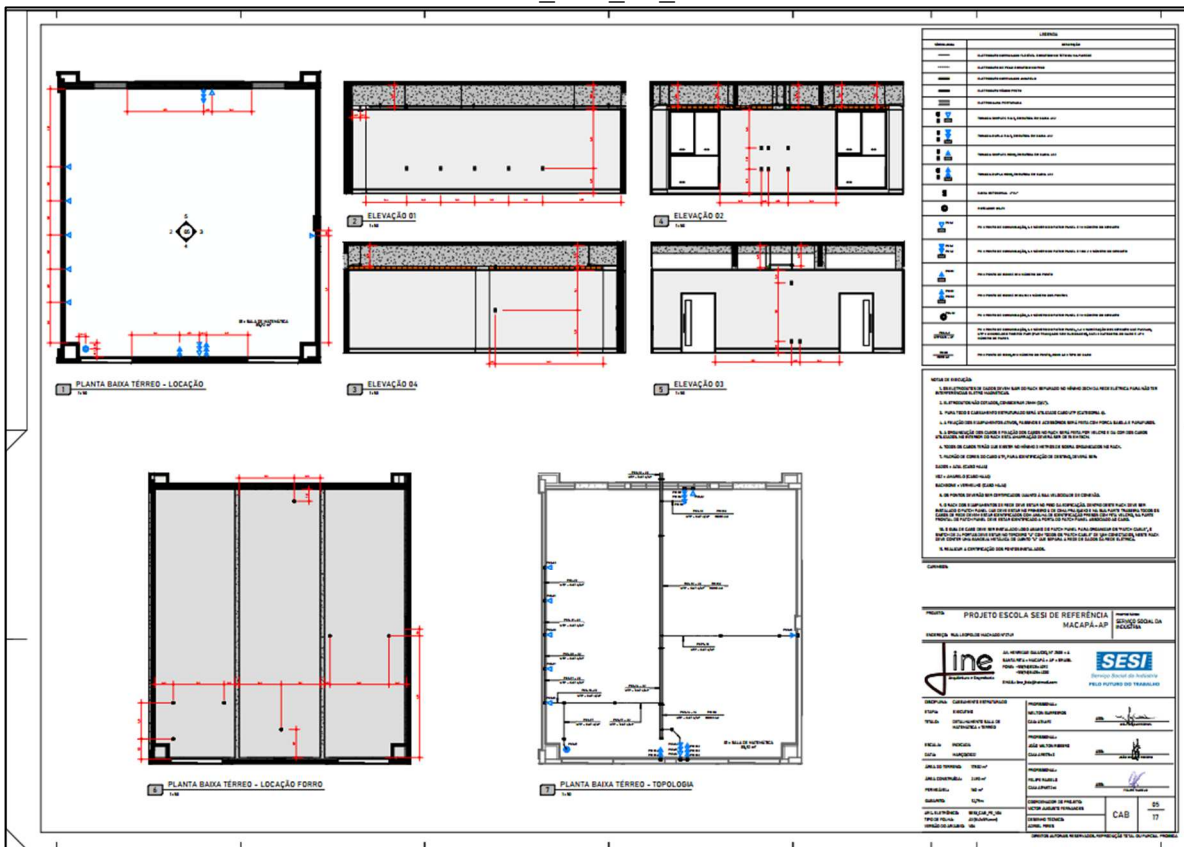




SESI CAB PE\_V06



SESI\_CAB\_PE\_V06





SESI\_SPDA\_PE\_V07

**LEGENDA**

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
(Red line)	REBAR DE BARRA
(Red line with dots)	REBAR DE BARRA
(Red line with circles)	REBAR DE BARRA
(Red line with triangles)	REBAR DE BARRA
(Red line with squares)	REBAR DE BARRA
(Red line with diamonds)	REBAR DE BARRA
(Red line with hexagons)	REBAR DE BARRA
(Red line with octagons)	REBAR DE BARRA
(Red line with circles)	REBAR DE BARRA
(Red line with squares)	REBAR DE BARRA
(Red line with diamonds)	REBAR DE BARRA
(Red line with hexagons)	REBAR DE BARRA
(Red line with octagons)	REBAR DE BARRA

**NOTAS PARA O EXECUTANTE:**

1. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
2. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
3. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
4. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
5. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
6. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
7. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
8. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
9. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
10. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.

**PROJETO ESCOLA SESI DE REFERÊNCIA MACAPÁ-AP**

**Jine** - INGENHARIA DE PROJETOS

**SESI** - SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA

**SPDA 05**

SESI\_SPDA\_PE\_V07

**LEGENDA**

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
(Red line)	REBAR DE BARRA
(Red line with dots)	REBAR DE BARRA
(Red line with circles)	REBAR DE BARRA
(Red line with triangles)	REBAR DE BARRA
(Red line with squares)	REBAR DE BARRA
(Red line with diamonds)	REBAR DE BARRA
(Red line with hexagons)	REBAR DE BARRA
(Red line with octagons)	REBAR DE BARRA

**NOTAS PARA O EXECUTANTE:**

1. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
2. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
3. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
4. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
5. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
6. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
7. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
8. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
9. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.
10. OBRAS DE REFORÇO DE CONCRETO DEVE SER EXECUTADO ANTES DA COBERTURA DE CIMENTO PORTLAND EM FOLHA ÚNICA DE 10 CM DE ESPESURA.

**PROJETO ESCOLA SESI DE REFERÊNCIA MACAPÁ-AP**

**Jine** - INGENHARIA DE PROJETOS

**SESI** - SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA

**SPDA 05**









ANEXO M – PRANCHAS DO PROJETO LUMINOTÉCNICO

SESI\_LUM\_PE\_08

This technical drawing set includes six lighting plans for the Sesi Macapá AP project. It features ground and upper floor plans for both ambient and luminaire lighting, as well as roof plans for ambient and luminaire lighting. A detailed technical table on the right provides specifications for various lighting fixtures, including their model, power, and mounting details. The table lists items such as 'LUMINÁRIA DE TETO' and 'LUMINÁRIA DE PAREDE' with their respective technical specifications.

**PLANTA BAIXA GERAL PAVIMENTO TERREO - AMBIENTES**  
**PLANTA DE FORRO GERAL PAVIMENTO TERREO - LUMINÁRIAS**  
**PLANTA BAIXA GERAL PAVIMENTO SUPERIOR - AMBIENTES**  
**PLANTA DE FORRO GERAL PAVIMENTO SUPERIOR - LUMINÁRIAS**  
**PLANTA DE COBERTURA - AMBIENTES**  
**PLANTA DE COBERTURA - LUMINÁRIAS**

**PROJETO ESCOLA SESI DE REFERÊNCIA MACAPÁ-AP**

**line** **SESI**

**LUM 08**

SESI\_LUM\_PE\_08

This technical drawing set provides a detailed lighting design for the Sesi Macapá AP project. It includes a lighting points plan for the ADM sector, elevation and detail views of LED profiles, and a series of perspective views showing the lighting effect in the reception area, hall, and secretary's office. A technical table on the right details the lighting fixtures used, including their model, power, and mounting details. The table lists items such as 'LUMINÁRIA DE TETO' and 'LUMINÁRIA DE PAREDE' with their respective technical specifications.

**PLANTA PONTOS DE ILUMINAÇÃO - SETOR ADM**  
**ELEVACÃO - PERFIL DE LED**  
**DETALHAMENTO - PERFIL DE LED**  
**VISTA D1 - ESTUDO LUMINOTÉCNICO - SETOR ADM**  
**VISTA D2 - RECEPÇÃO**  
**VISTA D3 - RECEPÇÃO**  
**VISTA D4 - RECEPÇÃO**  
**VISTA D5 - ATENDIMENTO**  
**VISTA D6 - HALL**  
**VISTA D7 - SECRETARIA**  
**CRONOGRAMA DE REFERÊNCIA - SETOR ADM**

**PROJETO ESCOLA SESI DE REFERÊNCIA MACAPÁ-AP**

**line** **SESI**

**LUM 08**





ANEXO N – PRANCHAS DO PROJETO DE PAISAGISMO

SESI\_PSG\_PE\_V01

**PLANTA 1 - TERREO**

NUMERO	ESPÉCIE	QUANTIDADE	ESPÉCIE	QUANTIDADE
01	...	1	...	1
02	...	1	...	1
03	...	1	...	1
04	...	1	...	1
05	...	1	...	1
06	...	1	...	1
07	...	1	...	1

**LEGENDA**

01 - DIANELLA - DIANELLA TASMÂNICA  
 02 - MOREIA BRANCA - DIETS RHODIODES  
 03 - BORDA AMARELA - BORDA COCCINELA  
 04 - PALMEIRA REAL - ARCHONTOPOHONIX CUNNINGHAMIANA  
 05 - PALMEIRA CICA - CYCAS REVOLUTA  
 06 - DRAMA ESMERALDA - ZOYSIA JAPONICA

**PROJETO ESCOLA SESI DE REFERÊNCIA MACAPÁ-AP**

**line** **SESI**

PROJETO: PAISAGISMO  
 FUNDO: ESCOLA SESI  
 LOCAL: PLANTA DE REFERÊNCIA DE PAISAGISMO  
 ESCALA: 1:500  
 DATA: 10/01/2023  
 AUTORA: [Nome]  
 APROVADO: [Assinatura]  
 PÁGINA: 01 DE 02

SESI\_PSG\_PE\_V01

**PLANTA 2 - SUPERIOR**

NUMERO	ESPÉCIE	QUANTIDADE	ESPÉCIE	QUANTIDADE
01	...	1	...	1
02	...	1	...	1
03	...	1	...	1
04	...	1	...	1
05	...	1	...	1
06	...	1	...	1
07	...	1	...	1

**LEGENDA**

01 - DIANELLA - DIANELLA TASMÂNICA  
 02 - MOREIA BRANCA - DIETS RHODIODES  
 03 - BORDA AMARELA - BORDA COCCINELA  
 04 - PALMEIRA REAL - ARCHONTOPOHONIX CUNNINGHAMIANA  
 05 - PALMEIRA CICA - CYCAS REVOLUTA  
 06 - DRAMA ESMERALDA - ZOYSIA JAPONICA

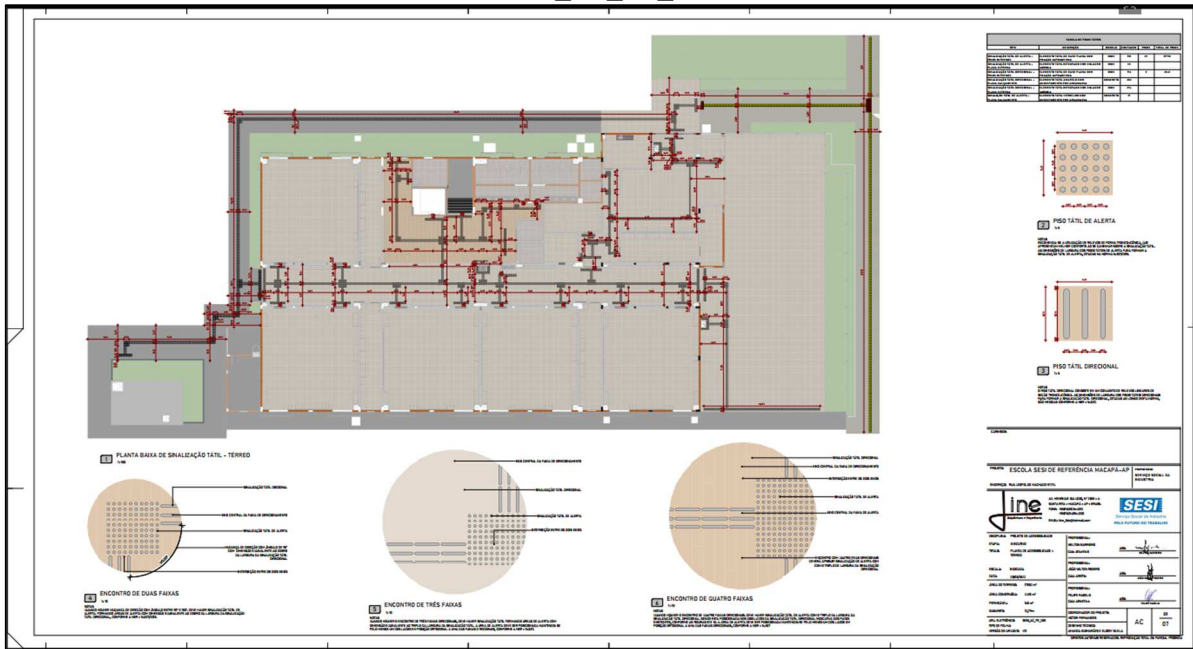
**PROJETO ESCOLA SESI DE REFERÊNCIA MACAPÁ-AP**

**line** **SESI**

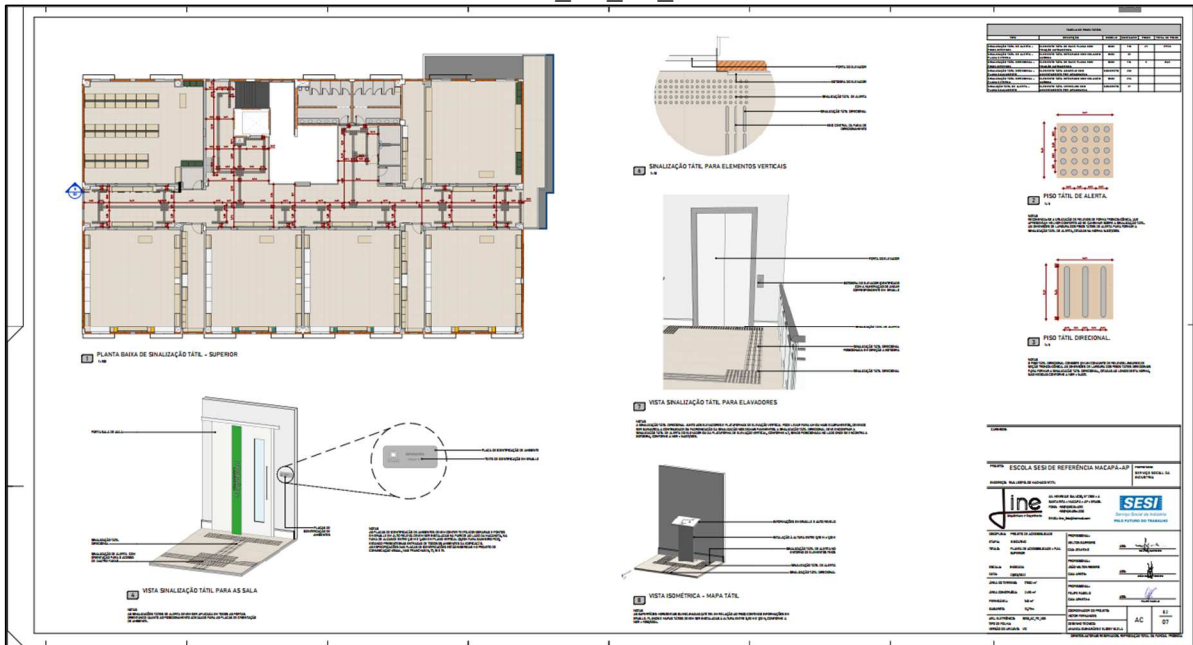
PROJETO: PAISAGISMO  
 FUNDO: ESCOLA SESI  
 LOCAL: PLANTA DE REFERÊNCIA DE PAISAGISMO  
 ESCALA: 1:500  
 DATA: 10/01/2023  
 AUTORA: [Nome]  
 APROVADO: [Assinatura]  
 PÁGINA: 02 DE 02

ANEXO O – PRANCHAS DO PROJETO DE ACESSIBILIDADE

SESI\_AC\_PE\_V08



SESI\_AC\_PE\_V08



SESI\_AC\_PE\_V08

**1 VISTA ISOMÉTRICA - MAPA TÁTIL GERAL**

1:20

INFORMAÇÕES EM BRAILLE E AUTO RELEVO EM AÇO INOX  
BORDA EM RELEVO DE ACM PRETO  
PERFIL EM ACM BRANCO  
SUPORTE DO TOTEM EM METALON  
CORPO DO TOTEM EM METALON  
BASE INFERIOR DO TOTEM EM METALON  
PISO TÁTIL DE ALERTA  
SINALIZAÇÃO TÁTIL DE ALERTA NO ENTORNO DE ELEMENTOS FIXOS  
PISO TÁTIL DIRECIONAL

**2 PLANTA BAIXA - MAPA TÁTIL**

1:20

REPRESENTAÇÃO DA CIRCULAÇÃO EM AUTO RELEVO

**MAPA TÁTIL NOTAS**

- AS SUPERFÍCIES HORIZONTAIS OU INCLINADAS (ATE 3% EM RELAÇÃO AO PISO) CONTENDO INFORMAÇÕES EM BRAILLE, PLANOS E MAPAS TÁTEIS DEVEM SER INSTALADAS A ALTURA ENTRE 0,90 M E 1,10 M, CONFORME A NBR - 15202/04.
- DEVE HAVER SINALIZAÇÃO TÁTIL DE ALERTA NO ENTORNO DE ELEMENTOS FIXOS COM A LARGURA DA SINALIZAÇÃO TÁTIL VARIANDO ENTRE 0,25 M E 0,40 M, CONFORME A NBR - 14.572/08.
- OS PONTOS EM BRAILLE DEVEM TER ARESTA ARREDONDADA NA FORMA ESFÉRICA, COM ALTURA DE 0,8MM E DIÂMETRO DE 2MM;
- O TEXTO EM BRAILLE É ORGANIZADO EM ARRANJOS DE SEIS PONTOS, DUAS COLUNAS E O ESPACAMENTO ENTRE AS CELAS DEVE SER CONFORME A NBR 1050: 2010 PÁG. 37;
- PARA SENTENÇAS LONGAS, DEVE-SE UTILIZAR O TEXTO EM BRAILLE, ALINHADO À ESQUERDA COM O TEXTO EM RELEVO;
- PARA SENTENÇAS LONGAS, DEVE-SE UTILIZAR O TEXTO EM BRAILLE ALINHADO À ESQUERDA COM O TEXTO EM RELEVO;
- PARA A IMPRESSÃO, SERÁ DISPONIBILIZADO UM ARQUIVO EM PDF (JOU COR (COREL DRAW), COM AS DIMENSÕES E ESCALAS REAIS;
- AS COTAS OBOECEM AOS LIMITES PREESTABELECIDOS PARA CADA ÁREA DA PLACA;
- CONSULTAR TABELA NA PRANCHA 19 DO PROJETO DE 'COMUNICAÇÃO VISUAL' PARA AS ESCRITAS EM BRAILLE.

**3 A-A**

1:20

BASE SUPERIOR DO TOTEM EM METALON  
SUPORTE DO TOTEM EM METALON

**4 B-B**

1:20

**5 C-C**

1:20

	<p>Serviço Social da Indústria PELO FUTURO DO TRABALHO</p>	PROFISSIONAL: WELTON BARREIRO CAU: A16492-D	ASS: WELTON BARREIRO	PROFISSIONAL: FELIPE RABELO CAU: A194872-6	ASS: FELIPE RABELO	PROJETO: ESCOLA SESI DE REFERÊNCIA MACAPÁ - AP	ENDEREÇO: RUA LEOPOLDO MACHADO Nº274	PROPRIETÁRIO: SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA	TÍTULO DA FOLHA: DETALHAMENTO -TOTEM MAPA TÁTIL	DATA: 23/03/2022	ESCALA: INDICADA	FOLHA: 03 07
		PROFISSIONAL: JOÃO WILTON RIBEIRO CAU: A 9875-	ASS: JOÃO WILTON RIBEIRO	DESENHO TÉCNICO: AMANDA GUIMARÃES E ELOISY VILELA	DISCIPLINA: PROJETO DE ACESSIBILIDADE	ÁREA DO TERRENO: 7882 m² ÁREA COBERTURA: 2496 m² ÁREA FUNDACIONAL: 182 m² SABARAF: 12,7m	DATA: 23/03/2022	ESCALA: INDICADA	FOLHA: 04 07			

SESI\_AC\_PE\_V08

**1 MAPA TÁTIL - RECEPÇÃO**

1:20

INFORMAÇÕES EM BRAILLE E AUTO RELEVO EM AÇO INOX  
BORDA EM RELEVO DE ACM PRETO  
PERFIL EM ACM BRANCO  
SUPORTE DO TOTEM EM METALON  
CORPO DO TOTEM EM METALON  
PISO TÁTIL DE ALERTA  
SINALIZAÇÃO DE ALERTA NO ENTORNO DE ELEMENTOS FIXOS  
PISO TÁTIL DIRECIONAL

**2 DET. ACESSOS - RECEPÇÃO - TÉRREO**

1:5

OS MAPAS TÁTEIS DEVEM CONTER INFORMAÇÕES DE AMBIENTES EM TEXTO E EM BRAILLE

**MAPA TÁTIL NOTAS**

- AS SUPERFÍCIES HORIZONTAIS OU INCLINADAS (ATE 3% EM RELAÇÃO AO PISO) CONTENDO INFORMAÇÕES EM BRAILLE, PLANOS E MAPAS TÁTEIS DEVEM SER INSTALADAS A ALTURA ENTRE 0,90 M E 1,10 M, CONFORME A NBR - 15202/04.
- DEVE HAVER SINALIZAÇÃO TÁTIL DE ALERTA NO ENTORNO DE ELEMENTOS FIXOS COM A LARGURA DA SINALIZAÇÃO TÁTIL VARIANDO ENTRE 0,25 M E 0,40 M, CONFORME A NBR - 14.572/08.
- OS PONTOS EM BRAILLE DEVEM TER ARESTA ARREDONDADA NA FORMA ESFÉRICA, COM ALTURA DE 0,8MM E DIÂMETRO DE 2MM;
- O TEXTO EM BRAILLE É ORGANIZADO EM ARRANJOS DE SEIS PONTOS, DUAS COLUNAS E O ESPACAMENTO ENTRE AS CELAS DEVE SER CONFORME A NBR 1050: 2010 PÁG. 37;
- PARA SENTENÇAS LONGAS, DEVE-SE UTILIZAR O TEXTO EM BRAILLE, ALINHADO À ESQUERDA COM O TEXTO EM RELEVO;
- PARA SENTENÇAS LONGAS, DEVE-SE UTILIZAR O TEXTO EM BRAILLE ALINHADO À ESQUERDA COM O TEXTO EM RELEVO;
- PARA A IMPRESSÃO, SERÁ DISPONIBILIZADO UM ARQUIVO EM PDF (JOU COR (COREL DRAW), COM AS DIMENSÕES E ESCALAS REAIS;
- AS COTAS OBOECEM AOS LIMITES PREESTABELECIDOS PARA CADA ÁREA DA PLACA;
- CONSULTAR TABELA NA PRANCHA 19 DO PROJETO DE 'COMUNICAÇÃO VISUAL' PARA AS ESCRITAS EM BRAILLE.

**3 DET. MAPA TÁTIL - RECEPÇÃO**

1:5

ALTURA DA FONTE: 10 MM  
ESPACAMENTO: 88 MM  
ALTURA DO BRAILLE: 87 MM  
CIRCULAÇÃO EM RELEVO  
BORDA EM RELEVO

	<p>Serviço Social da Indústria PELO FUTURO DO TRABALHO</p>	PROFISSIONAL: WELTON BARREIRO CAU: A16492-D	ASS: WELTON BARREIRO	PROFISSIONAL: FELIPE RABELO CAU: A194872-6	ASS: FELIPE RABELO	PROJETO: SESI	ENDEREÇO: RUA LEOPOLDO MACHADO Nº274	PROPRIETÁRIO: SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA	TÍTULO DA FOLHA: MAPA TÁTIL - RECEPÇÃO	DATA: 23/03/2022	ESCALA: INDICADA	FOLHA: 04 07
		PROFISSIONAL: JOÃO WILTON RIBEIRO CAU: A 9875-	ASS: JOÃO WILTON RIBEIRO	DESENHO TÉCNICO: AMANDA GUIMARÃES E ELOISY VILELA	DISCIPLINA: PROJETO DE ACESSIBILIDADE	ÁREA DO TERRENO: 7882 m² ÁREA COBERTURA: 2496 m² ÁREA FUNDACIONAL: 182 m² SABARAF: 12,7m	DATA: 23/03/2022	ESCALA: INDICADA	FOLHA: 04 07			