



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LUCIANO HENRIQUE DE ANDRADE MELO DA SILVA

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COMPLEMENTARES PARA
OTIMIZAÇÃO DE MODELO CONSTRUTIVO DO EDIFÍCIO ADVANCE**

Caruaru

2023

LUCIANO HENRIQUE DE ANDRADE MELO DA SILVA

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COMPLEMENTARES PARA
OTIMIZAÇÃO DE MODELO CONSTRUTIVO DO EDIFÍCIO ADVANCE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Civil do Campus Agreste da
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE,
na modalidade de artigo científico, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador(a): Prof. Dr. José Moura Soares

Caruaru

2023

AGRADECIMENTOS

Por este trabalho, gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por me proporcionar a graça de viver e realizar esse sonho de infância, Ele que sempre esteve presente em todos os momentos da minha vida, nas horas difíceis e nas horas de alegria, sempre me apoiando e protegendo dos males que o mundo proporcionava.

Segundamente, ofereço minha gratidão para a minha mãe, pois sem ela não iria conseguir, sempre me motivando e puxando minhas orelhas nas horas que eram necessárias, buscando minha melhor versão, pois ela nunca duvidou da minha capacidade, na vida profissional, acadêmica e pessoal.

Agradecer a minha família que sempre se esforçou para me ajudar de alguma forma com transportes, questão financeira, mensagens de preocupação, tudo isso me faz perceber o quanto sou importante para eles e como eles são para mim. Em especial a minha querida vó que não está mais entre nós e minha tia que sempre com os problemas de saúde já enfrentou admiro-a bastante pela força de vontade e pela mulher que é.

Aos amigos e colegas de curso, que sempre estiveram ali para me ajudar nos momentos de mais aflições como época de provas, seminários, trabalhos, pois sem eles o fardo seria bem maior e difícil de carregar, pois felizmente só tenho a agradecer nessa jornada as amizades que criei e fez parte para meu crescimento pessoal. Em especial aos meus amigos Luidson Felipe companheiro de viradas de noite e Vinicius Barbosa no qual, desde o primeiro dia em que fomos morarmos juntos até os dias atuais sempre nos ajudamos. Além de, Erik Assunção que me ajudou com o desenvolvimento do projeto elétrico, necessário para esse documento.

Aos meus professores que foram o instrumento principal para que pudessem enriquecer meu conhecimento de conteúdo técnico e de vida, pois as experiências que foram transmitidas pelas disciplinas foram de fundamental importância. Em especial ao meu professor e orientador José Moura Soares, no qual se tornou mais que um professor, e sim um companheiro no qual quero levar para vida, devido sua experiência, palavras de conforto e simplicidade.

À Universidade Federal de Pernambuco, que se tornou uma segunda casa, sendo essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos de curso em uma das melhores universidades do Brasil.

E por fim, as pessoas que estiveram ao meu redor durante esse período que me incentivaram e foram capazes de dedicar um pouco do seu tempo para me apoiar neste trajeto.

Compatibilização de projetos complementares para otimização de modelo construtivo do edifício Advance

Compatibility of complementary projects to optimize the construction model of the Advance building.

RESUMO

A compatibilização de projetos, que em muitos casos é deixada de lado devido pouca difusão de informações e conhecimentos, possui relações significativas com a melhoria de uma construção, pois refere-se a um processo em que é priorizado a verificação em busca de erros e ao mesmo tempo propõe-se soluções durante a etapa inicial de um empreendimento. Trata-se de um processo meticuloso, onde o profissional precisa-se ter conhecimento de áreas específicas, e especialmente sobre os softwares utilizados para a aposição. Com esses softwares (Cypcad, Revit, AutoCAD e entre outros) todas as informações das diversas disciplinas que envolvem um projeto de uma edificação, sejam eles arquitetônico, estrutural ou de instalações complementares, estão reunidas em um mesmo modelo digital ao alcance de todos os profissionais envolvidos no projeto. Por isso, é de fundamental importância a realização de trabalhos que relatem a experiência do desenvolvimento de projetos de grande porte, podendo assim difundir o uso dessa metodologia BIM entre os profissionais da área. Neste trabalho, os resultados são as pranchas geradas para cada tipo de projeto que foi estudado, desde a arquitetura até os projetos estruturais e de instalações elétricas e hidrossanitários. Considera-se que os resultados obtidos, usando a metodologia BIM, conduziram a projetos de qualidade, obtidos com velocidade satisfatória e possibilitando verificações possíveis interferências entre os projetos, otimização dos elementos para a compatibilização entre os projetos do edifício em estudo, utilizando as normas brasileiras vigentes, buscando melhorias na racionalidade da construção civil, nos custos e na gestão de qualidade de obras civis.

Palavras-chave: compatibilização de projetos; coordenação de projetos; otimização de modelo construtivo; BIM.

ABSTRACT

The coordination of projects, which is often overlooked due to limited information and knowledge dissemination, has significant relationships with improving a construction process. It involves a prioritized verification process to identify errors and simultaneously propose solutions during the initial stage of a project. It is a meticulous process that requires professionals to have knowledge in specific areas, particularly regarding the software used for coordination. With software such as Cypcad, Revit, AutoCAD, among others, all the information from different disciplines involved in a building project, whether architectural, structural, or complementary installations, is integrated into a single digital model accessible to all professionals involved in the project. Therefore, it is of paramount importance to undertake work that documents the experience of developing large-scale projects, thus promoting the use of this BIM methodology among professionals in the field. In this work, the results consist of the drawings generated for each type of project studied, ranging from architecture to structural and electrical and plumbing installations. It is considered that the results obtained using the BIM methodology have led to quality projects, achieved at a satisfactory speed, allowing for the identification of possible interferences between the projects, optimization of elements for project coordination in the building under study, while complying with the current Brazilian standards. The aim is to improve the rationality of the construction industry, reduce costs, and enhance the quality management of civil works.

Keywords: project compatibility; project coordination; constructive model optimization; BIM technology.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o campo da Construção civil despontou em amplo desenvolvimento, ocasionando novidades e facilidades para os projetistas e construtores. Mikaldo Jr. e Scheer (2008), advertem que, em meados dos anos 80, tal desenvolvimento trouxe uma separação nos setores da construção civil, originando áreas de especialização distintas e com isso falta de racionalização no processo projetual dos empreendimentos.

O método tradicional de desenvolvimento de produtos imobiliários é extremamente fraturado, e pautado em documentação impressa, onde arquitetos, engenheiros e construtores trabalham de forma segmentada e as relações contratuais não exigem ou estimulam a colaboração. A falta de cooperação, além de erros e omissões decorrentes da conversação em

2D causam custos inesperados, anacronismos, e atritos entre as partes envolvidas. Uma etapa crítica nesse processo é a de compatibilização dos projetos, que visa adaptar-se e resolver diferentes inconsistências entre os projetos de diferentes disciplinas.

Atualmente é comum ver que a compatibilização de projetos é tratada por algumas pessoas como apenas um custo a mais para a obra. Da mesma forma, também é comum ver pessoas tratando o projeto como uma despesa, e fazendo apenas os conteúdos legais obrigatórios para que tenham seus projetos aprovados (MELHADO e VIOLANI, 1992).

Portanto, como afirmam Duarte e Salgado (2002), pode-se observar que a compatibilização proporciona grandes soluções entre as diversas áreas de um empreendimento, prevendo erros que só seriam observados na fase de construção e deixando-as compatíveis, reduzindo então despesas que muitas vezes ultrapassam o valor da compatibilização. A compatibilização é crucial para uma execução controlada do projeto, otimizando o tempo, melhorando a manutenção e a execução, o que proporciona uma qualidade melhor ao empreendimento. Nela é possível constatar falhas de interposições e falhas no sistema construtivo diminuindo o custo que seria causado, na obra e integrado o projeto arquitetônico com os complementares. (WILIANA GIACOMELLI, 2014).

Na Construção Civil, para Mikaldo (2006), existem diversos projetos envolvidos no processo de construção de um edifício, sendo necessária uma comunicação entre eles para que se tenha uma boa execução. Normalmente essa comunicação é feita através de representação gráfica, em papel, ou em arquivos digitais.

Segundo ÁVILA (2011), à medida que as etapas de projeto avançam, menor é o poder de antecipação dos problemas no canteiro de obras, já que algumas falhas e incompatibilidades serão detectadas apenas durante a construção. Com isso, a necessidade de retrabalho tanto construtivo quanto projetual tornarão o empreendimento menos competitivo junto ao mercado, devido ao aumento do tempo e do custo de produção. Análises mais aprofundadas nas etapas iniciais do projeto tendem a gerar maior economia ao empreendimento.

Quando a fase de projeto é pouco explorada, os projetos são entregues para fase construtiva com deficiência de informações, ocasionando perda da eficiência na execução e prejuízos nas características do produto que foram idealizadas. Isso é constatado com o grande número de patologias dos edifícios e os gastos com o retrabalho. O projeto de uma edificação e junção de outros pequenos projetos.

Com a diversificação dos projetos em escritórios diferentes, as informações contidas nesses projetos têm que ser homogeneizadas para que haja uma sintonia durante o gerenciamento dessas informações. Se essas informações não são processadas corretamente, ocorrerão

problemas na concepção do produto que, no caso, é a edificação. Surgem, então, problemas de planejamento, orçamento, gasto excessivo de material e outros.

Portanto, tudo depende da fase conceitual com a elaboração dos estudos preliminares de viabilidade, consultas aos possíveis clientes e que o projeto comece a ser elaborado de forma precisa. Isso influencia diretamente as fases seguintes para a continuidade da elaboração do projeto.

As anomalias que surgem durante o ciclo de vida de um empreendimento basicamente se dão em decorrência de falhas na coordenação, isso leva a um custo elevado de desperdícios originados pela falta de racionalização. A falta desse controle gera superdimensionamento dos sistemas, paradas e retrabalhos por interferências de projeto, informações incompletas ou incorretas, emprego de materiais não padronizados e maior uso de mão de obra pela falta de construtibilidade. Com base nesse contexto, é essencial, para a indústria da construção civil, uma especial atenção para a compatibilização e desenvolvimento de projetos, a fim de garantir melhorias no controle de qualidade.

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) reconhece a importância da integração entre os envolvidos nas etapas de construção e projetos para melhores resultados no empreendimento. Algumas empresas adotam o método de integração através da Modelagem da Informação da construção, conhecido pelo termo inglês Building Information Modeling (BIM). Para Santos et al (2011), os dados fornecidos através dos modelos digitais permitem que todas as informações, desde a fase de projeto até a finalização da construção, sejam representadas por meio dos diferentes dados referentes às especialidades dos profissionais envolvidos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como finalidade demonstrar os benefícios da compatibilização de projetos, integrando e demonstrando as interferências e soluções, a fim de economizar tempo, custos, e evitar futuros problemas nas etapas de execução. E tem como objeto de estudo um edifício residencial multifamiliar na cidade de Caruaru-PE denominado Advance. Com o auxílio de softwares como o Revit, Autocad e Cypecad.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar os *softwares* Autodesk Revit, Cypecad, Autocad e como fazer a interação entre ambos;
- Análise do projeto de arquitetura e complementares;
- Realizar o cálculo dos projetos e otimizar os mesmos para buscar melhor resultados com a otimização;
- Detalhamento dos projetos;
- Realizar uma análise de compatibilização e sua importância para otimização de custos, gestão e execução de obras.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa trata-se de um estudo de caso, que será realizado a partir da compatibilização de projetos de um edifício residencial multifamiliar, a fim de encontrar possíveis interferências entre as diferentes classes de projetos, e com isso apresentar pontos nos quais poderão ser observados possíveis incompatibilidades, ocasionando redução de retrabalho, que implica menor custo e tempo. Para realização deste trabalho foram utilizadas as versões estudantis dos softwares Revit 2022, o Cypecad 2019 e o Autocad 2022.

O Revit é um *software* de modelagem paramétrica que reúne todas as disciplinas de arquitetura, engenharia e construção em um ambiente unificado de modelagem visando tornar os projetos mais eficientes e econômicos. Ele é composto pelos módulos de Revit *Architecture* destinado a projetos arquitetônicos, o Revit *Structure* para o desenvolvimento de projetos estruturais e o Revit MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*) destinado a projetos de instalações hidráulicas, sanitárias e elétricas, pois pelo mesmo podemos prever incompatibilidades principalmente com o projeto estrutural do edifício.

Já o software AutoCAD, é uma das ferramentas de desenho assistido por computador mais populares e utilizadas na indústria da construção civil. Uma das principais razões para a sua ampla utilização é a semelhança com a utilização de projetos feitos em pranchetas convencionais, aliados porém, a uma vasta gama de comandos que facilita alternativas para solução de diversos problemas de representação gráfica, e pode ser utilizado para fazer diversas operações de engenharia, dentre elas a compatibilização de projetos de forma não automatizada, dando pleno controle ao usuário para tomada de decisões, que é amplamente utilizada no ramo da engenharia, e o tamanho dos arquivos bastante reduzidos.

E por último, o Cypecad 2019 é um software de análise e dimensionamento estrutural, pelo

Método dos Elementos Finitos (MEF), muito utilizado na solução de equações diferenciais que descrevem diversos problemas da engenharia civil. Este software permite conceber o projeto, o dimensionamento, o detalhamento e análise estrutural de edifícios, pontes, túneis, dentre outros tipos de estruturas. O programa inclui ferramentas para modelagem de estruturas em 3D, análise de cargas, dimensionamento de elementos decorativos, verificação de normas de segurança, entre outras funcionalidades.

Os projetos que foram utilizados como base para este trabalho, verificando os arquivos disponibilizados dos diversos projetos, apresentaram pequenas divergências, e estas foram modificadas, de modo a minimizar possíveis interferências, as quais, poderiam trazer alguma complicação em termos de projeto. As disciplinas envolvidas neste projeto, aparentemente não foram compatibilizadas entre si, por isso foram feitas as referidas modificações.

2.1 Projeto Arquitetônico

O vínculo de um arquivo arquitetônico com o modelo estrutural, elétrico e hidrossanitário oferece aos engenheiros um ponto de partida para o seu projeto, com base na intenção do projeto do arquiteto. Assim, as alterações feitas pelo profissional de arquitetura podem ser acompanhadas, facilitando a coordenação de projetos e o gerenciamento das alterações. Da mesma forma, os arquitetos que usam o modelo arquitetônico podem vincular um modelo estrutural em seus modelos e colher os mesmos benefícios de coordenação.

É possível modelar um projeto arquitetônico no Revit usando arquivos em Autocad como referência. Pois o Revit possui a capacidade de importar arquivos em formato DWG do Autocad para serem usados como base no modelo do Revit. Após a importação do arquivo, pode-se iniciar a criação das paredes, lajes, esquadrias, escadas e outros elementos essenciais do projeto, usando o arquivo em Autocad como guia. É possível também fazer alterações no modelo 3D no Revit, caso ocorra alguma dúvida ou questionamento em relação ao projeto original do Autocad.

Inicialmente, desenvolveu-se o modelo arquitetônico utilizando os arquivos do projeto de arquitetura do Autocad, para em seguida realizar-se o lançamento dos projetos complementares. Assim tem-se o modelo geométrico do projeto, ou seja, o formato real do projeto em três dimensões (comprimento, largura e altura). Em seguida na Figura 1, observa-se o projeto arquitetônico.

Figura 1: Projeto Arquitetônico Edifício Advance.



Fonte: Autor (2023)

2.2 Projeto Estrutural

Para a realização da análise e modelagem estrutural utilizou-se o software Cypecad versão 19, que é um software para projeto de cálculo estrutural em concreto armado, pré-moldado, protendido e misto de concreto e aço que engloba as etapas de lançamento do projeto, análise e cálculo da estrutura, dimensionamento e detalhamento final dos elementos. Os recursos de detalhamento e dimensionamento estão de acordo com as normas brasileiras de concreto armado ABNT NBR 6118 (2014), de fundações ABNT NBR 6122 (2019), de carregamentos ABNT NBR 6120 (1980), de barras ABNT NBR 7480 (2008), de vento ABNT NBR 6123 (1988), de ações e combinações ANBT NBR 8681 (2003).

O cálculo dos esforços, as cargas consideradas, o dimensionamento estrutural e o detalhamento das peças devem atender todas as diretrizes indicadas na ABNT NBR 6118 (2014) Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, assim é necessário realizar a configuração do Cypecad para que ele atenda a todas as restrições impostas pela norma citada e todas as verificações necessárias sejam realizadas podendo assim considerar o dimensionamento realizado como aprovado.

Em relação as diretrizes que devem ser seguidas pelos softwares, o Cypecad vem com os parâmetros e propriedades dos materiais configurados de acordo com a norma mencionada anteriormente, porém é possível a configuração manual do mesmo para que ele siga as exigências expressas pelo operador. Os valores determinados pela norma e que devem ser configurados no software utilizado são mostrados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Características do Concreto C25.

Massa específica	2500 kg/m ³
Coeficiente de dilatação	10 ⁻⁵ /°C
Módulo de elasticidade	28000 MPa
Módulo de cisalhamento	10000 MPa
Coeficiente de Poisson	0,2
Peso específico	24,50 kN/m ³
Resistência	25 MPa
Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 6118:2014. (2023)	

Tabela 2: Características do Aço CA50.

Massa específica	7 850 kg/m ³
Coeficiente de dilatação	10 ⁻⁵ /°C
Módulo de elasticidade	210000 MPa
Coeficiente de Poisson	0,3
Peso específico	76,93 kN/m ³
Resistência Característica de Escoamento	500 MPa
Limite de Resistência a Tração	540 MPa
Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 6118:2014. (2023)	

As características das barras de aço que foram configuradas no software, tomando os valores apresentados na ABNT NBR 7480:2007 - Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado — Requisitos que estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3: Características das barras de aço

Diâmetro Nominal (mm)	Comprimento Máximo (m)	Massa Linear (kg/m)	Resistência do Aço (MPa)
6,3	12	0,245	500
8	12	0,395	500
10	12	0,617	500
12,5	12	0,963	500
16	12	1,578	500
20	12	2,466	500
22	12	2,984	500
25	12	3,853	500
32	12	6,313	500
40	12	9,865	500

Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 7480:2007. (2023)

Para a análise da estrutura é necessário se considerar as cargas, que podem ser do tipo permanente ou variável, aqui consideraremos as cargas permanentes de peso próprio da estrutura e o peso dos elementos construtivos (piso, forro e alvenaria). O peso específico dos materiais utilizados no projeto é mostrado nas Tabelas 4, 5, 6 e 7. Nos pavimentos tipo do projeto é utilizado porcelanato no piso, alvenaria de vedação em bloco cerâmico com espessura de revestimento de 2 cm e forro em gesso em placas.

Tabela 4: Peso específico dos materiais pisos, argamassas e concretos.

Material	Peso Específico (kN/m³)
Porcelanato	10-5/°C
Concreto Armado	210000 MPa
Argamassa	0,3

Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 6120:2019. (2023)

Tabela 5: Peso específico dos materiais alvenaria.

Alvenaria	Espessura Nominal do Elemento (cm)	Peso – Espessura de revestimento por face (kN/m²)		
		0cm	1cm	2cm
Bloco Cerâmico Vazado	9	0,7	1,1	1,6
	11,5	0,9	1,3	1,7
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3

Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 6120:2019. (2023)

Tabela 6: Peso específico materiais de forro.

Material	Peso Específico (kN/m³)
Forro de gesso em placas, inclui estrutura de suporte	0,15

Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 6120:2019. (2023)

As ações variáveis do tipo direta que são as cargas acidentais previstas para o uso da construção foram consultados na ABNT NBR 6120:2019 e foi definida uma carga padrão para todas as áreas.

Tabela 7: Cargas Acidentais

Local	Carga uniformemente distribuída (kN/m ²)
Área do Apartamento	1,5
Área do Estacionamento	3

Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 6120:2019. (2023)

O dimensionamento deve ser realizado objetivando que as solicitações nas peças da estrutura sejam menores ou iguais a sua resistência delas, sendo realizadas as majorações destas solicitações necessárias durante o cálculo, essa situação é alcançada quando estamos no Estado Limite Último (ELU). Já as solicitações ligadas a durabilidade, aparência, conforto do usuário e boa utilização funcional são avaliados no Estado Limite de Serviço (ELS).

Se faz necessário encontrar o carregamento solicitante para o ELU e o ELS, para isso, é exigido que se realize a ponderação das ações através de coeficientes de majoração ou redução mostrados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8: Coeficientes de Ponderação.

Combinação de Ações	Ações							
	Permanentes (g)		Variáveis (q)		Protensão (p)		Recalques de apoio e retração	
	Desf.	Fav.	Ger.	Temp.	Ger.	Temp.	Desf.	Fav.
Normais	1,4	1,0	1,4	1,2	1,2	0,9	1,2	0
Especiais ou de Construção	1,3	1,0	1,2	1,0	1,2	0,9	1,2	0
Excepcionais	1,2	1,0	1,0	0	1,2	0,9	1,2	0

Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 6118:2019. (2023)

Tabela 9: Fatores de Redução.

	Ações	γf_2		
		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Cargas Acidentais de Edifícios	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permaneçam fixos por longos períodos, nem de elevadas concentrações de pessoas	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos, ou de elevada concentração de pessoas	0,7	0,6	0,4
Vento	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3

Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 6118:2014. (2022)

Uma estrutura quando está sendo utilizada pode estar sendo solicitada por diversas ações ao mesmo tempo, por isso, se faz necessário que seja realizada uma combinação das ações atuantes a fim de que se encontre o carregamento final no qual estará atuando na estrutura em questão. A Tabela 10 mostra tais combinações conforme a norma brasileira.

Tabela 10: Combinações de ações.

Estado Limite de Serviço	Estado Limite	Combinações
	Estado Limite Último	$F_d = \gamma_g \cdot F_{gk} + \gamma_q \cdot (F_{q1k} + \sum \Psi_{0j} \cdot F_{qjk})$
	Combinações quase permanentes	$F_{s, ser} = \sum F_{gi,k} + \sum \Psi_{2j} \cdot F_{qj,k}$
	Combinações frequentes	$F_{s, ser} = \sum F_{gi, k} + \Psi_1 \cdot F_{q1, k} + \sum \Psi_{2j} \cdot F_{qj,k}$
	Combinações raras	$F_{s, ser} = \sum F_{gi,k} + F_{q1,k} + \sum \Psi_{2j} \cdot F_{qj,k}$

Fonte: Elaborado pelo autor com base na ABNT NBR 6118:2014. (2022)

Com o Cypecad configurado de acordo com as normas e com o carregamento já estabelecido é possível realizar o lançamento, cálculo, e análise da estrutura, para em seguida realizar-se as verificações necessárias em relação aos resultados obtidos.

2.3 Projeto Elétrico e Hidrossanitário

Para o desenvolvimento dos projetos complementares foram utilizadas as principais normas da ABNT relacionada ao segmento da elétrica e hidrossanitário. As quais são listadas a seguir: ABNT NBR 5410 (2004), ABNT NBR 5456 (2010), e ABNT NBR 5626 (1998), ABNT NBR 10844 (1989) e ABNT NBR 8160 (1999).

Em relação ao projeto hidrossanitário, elétrico, drenagem, águas pluviais e outros, deverá ser realizado com base no projeto de instalações fornecido pela construtora em CAD (*Computer Aided Design*). Como base para a modelagem, cálculos, concepções e do projeto de instalações, foi utilizado o modelo de arquitetura. Visto que as incompatibilidades mais comuns encontradas nessa compatibilização estão em relação aos elementos estruturais e os componentes dos projetos complementares.

O projeto hidrossanitário e elétrico foram utilizados os projetos iniciais aprovados para a execução da obra escolhida. Elaborado no Autocad, todas as pranchas dos projetos necessários para a utilização estão disponíveis em arquivo dwg. Para otimizar os processos e minimizar o tamanho do arquivo rvt, aumentando a velocidade de produção, essas modelagens foram feitas separadamente.

Podem ser citadas algumas particularidades na modelagem do projeto hidrossanitário e elétrico. Foi necessário fazer a modelagem individual das plantas, realizando cada pavimento

ou um grupo de pavimentos por arquivo, por se tratar de uma disciplina com grau de informações relativamente alto. Para as modelagens de pavimento tipo o software Revit possibilita a cópia do referido pavimento de forma que se replique para os demais, sendo assim, do pavimento 5 ao 16 estão idênticos os projetos de instalações. Além disso é válido salientar que por conta das limitações dos templates as representações nos pdfs podem apresentar imperfeições.

Por convenção as cores utilizadas para as tubulações foram: verde para esgoto sanitário, verde escuro para águas pluviais, azul para água fria e recalque. Em relação aos eletrodutos foram definidas as cores como amarelas.

2.4 Dimensionamento

Concluída as etapas anteriores, em seguida, foi feito o dimensionamento de todos os projetos complementares (Estrutural, Elétrico e Hidrossanitário), verificando-se a conformidade com as normas brasileiras vigentes. Uma vez finalizado esta etapa, fez-se necessário, a comparação do projeto original, com relação ao projeto desenvolvido neste trabalho, com utilização das ferramentas computacionais utilizadas.

O processo de dimensionamento estrutural no Cypecad envolve a definição da geometria e carregamentos da estrutura, criação e análise do modelo estrutural, dimensionamento dos elementos estruturais, verificação dos esforços e deformações, e por fim, geração de relatórios e desenhos técnicos. O software utiliza diversos métodos de cálculo, como o método dos elementos finitos e a teoria das vigas.

No caso dos projetos elétricos e hidrossanitários, o Revit possui recursos para dimensionamento e análise por meio de template, que são modelos pré-configurados com as especificações e normas técnicas adequadas para cada tipo de projeto. No caso do projeto elétrico, o template do Revit possui famílias de componentes elétricos, como interruptores, tomadas, luminárias, quadros de distribuição, entre outros. O usuário pode inserir esses componentes no modelo e configurá-los conforme as necessidades do projeto, como tipo de material, voltagem, corrente elétrica, entre outros parâmetros. O software realiza o dimensionamento automático da carga elétrica, fiação, proteção e distribuição dos circuitos elétricos, considerando as normas técnicas aplicáveis.

Já no projeto hidrossanitário, o template do Revit possui famílias de componentes hidráulicos e sanitários, como tubos, conexões, registros, chuveiros, vasos sanitários, entre outros. O usuário pode inserir esses componentes no modelo e configurá-los conforme as

necessidades do projeto, como tipo de material, diâmetro, inclinação, entre outros parâmetros. O software realiza o dimensionamento automático das tubulações, bombas, reservatórios, caixas de inspeção, considerando as normas técnicas aplicáveis. Ambos os projetos elétrico e hidrossanitário permitem a geração automática de listas de materiais, planilhas de cálculo e desenhos técnicos, facilitando o processo de documentação e comunicação do projeto para os demais profissionais envolvidos na construção.

3 RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos em termos de cálculo, dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais, elétricos e hidrossanitários, que compõem o modelo tridimensional da edificação. São apresentadas também as soluções adotadas para garantir a melhor segurança, praticidade e compatibilidade, após à análise da modelagem do edifício. Ressalta-se também neste item, a importância da compatibilização entre os projetos.

3.1 Estrutural

No primeiro processamento da estrutura foram calculadas as solicitações e deslocamentos nos elementos da estrutura, assim como o dimensionamento preliminar das fundações, pilares, vigas e lajes, embora tenham sido geradas algumas mensagens (Avisos e possíveis erros ou falhas), logo após o processamento do edifício e durante a parte de edição, que precisam ser solucionadas durante o desenvolvimento do projeto. Na Figura 2 é mostrado o edifício com os elementos estruturais tridimensionais do modelo original.

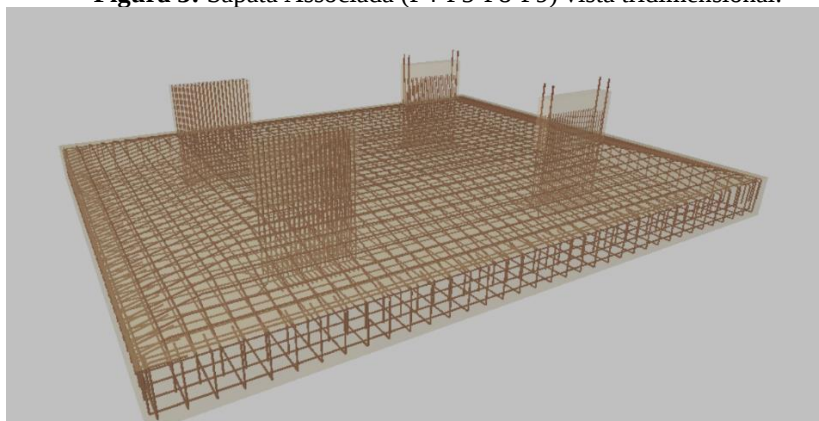
Figura 2: Projeto Estrutural Tridimensional.



Fonte: Autor (2023)

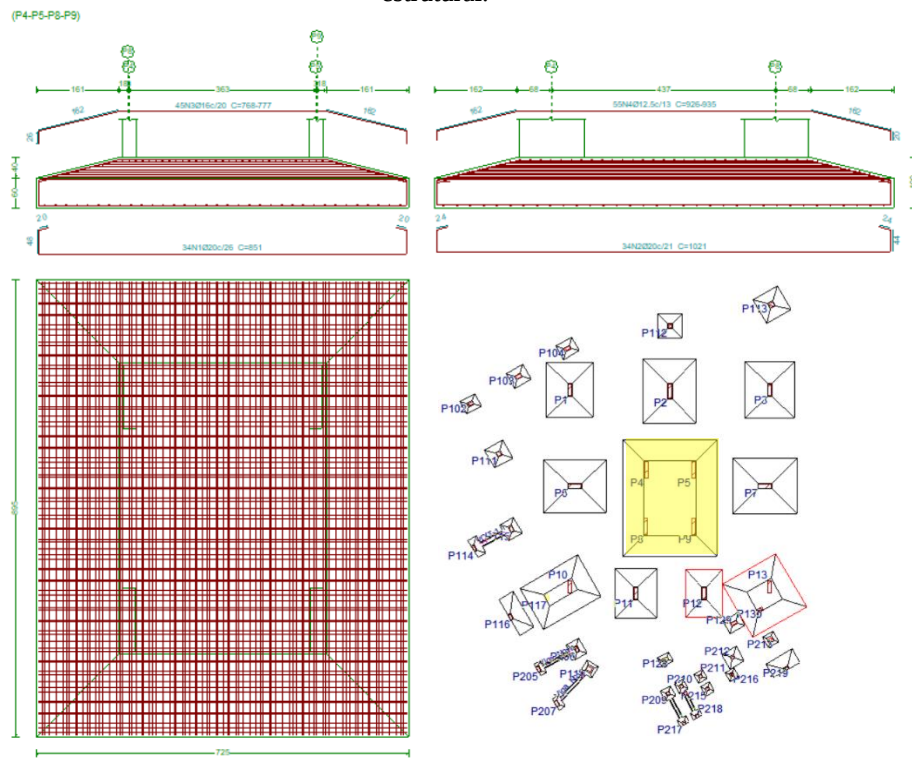
Em virtude do porte do prédio que foi estudado, e se ter muitos elementos estruturais (vigas, pilares, lajes e sapatas), decidiu-se evidenciar os elementos mais carregados dessa superestrutura. Iniciando-se pelas fundações apresenta-se a maior sapata, que foi a sapata associada (P4-P5-P8-P9), em destaque na cor amarela (Figura 4), onde consta também suas dimensões e armaduras (Figura 3 e Figura 4).

Figura 3: Sapata Associada (P4-P5-P8-P9) vista tridimensional.



Fonte: Autor (2023)

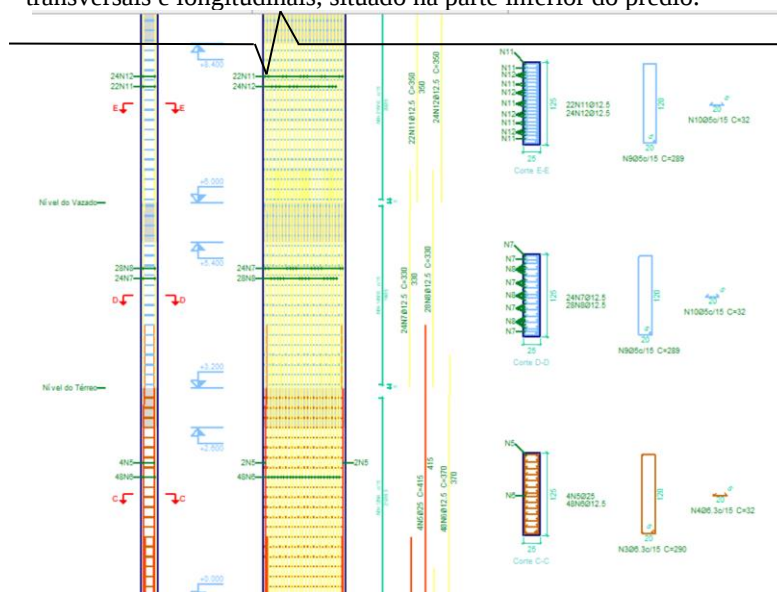
Figura 4: Sapata Associada (P4-P5-P8-P9) detalhamento de dimensões e armaduras contidas no elemento estrutural.



Fonte: Autor (2023)

Após isso apresenta-se o pilar 04 na Figura 5, escolhido pelo fato de se encontrar o maior carregamento (305 tf, 8,47 t.m), e suas devidas dimensões, armaduras longitudinais e transversais em níveis iniciais (níveis no qual se encontra o maior carregamento), pois como é um pilar que vai do início do edifício até o final, seria inviável apresentar todo o detalhamento dele no presente arquivo.

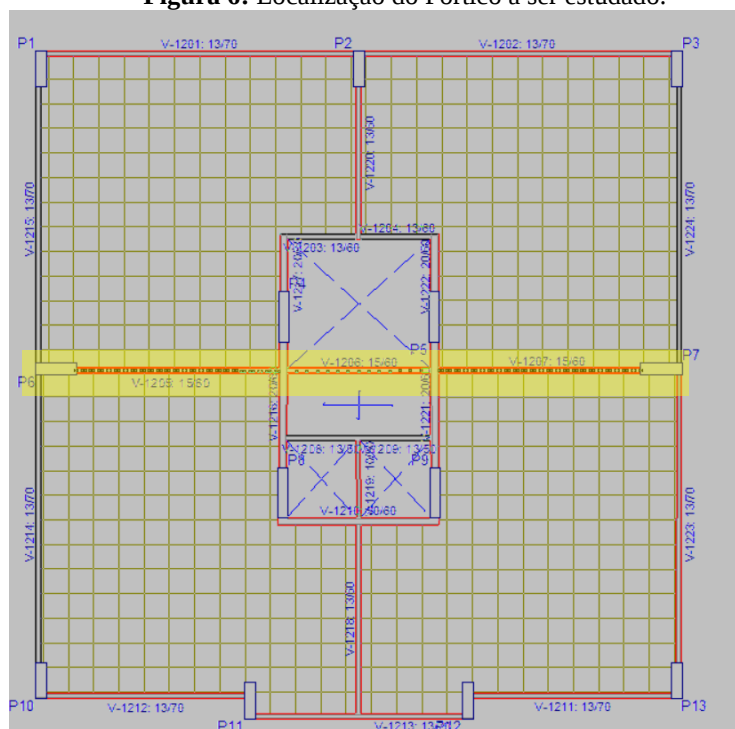
Figura 5: Pilar 04 com maior dimensão, maior carregamento e maior quantidade de armaduras transversais e longitudinais, situado na parte inferior do prédio.



Fonte: Autor (2023)

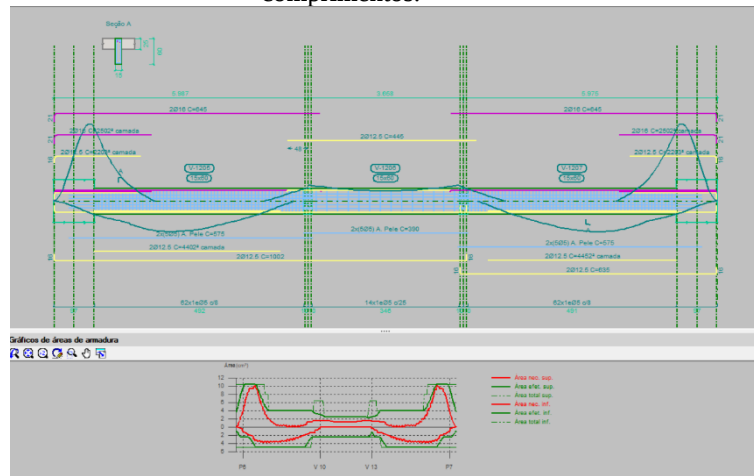
E o elemento estrutural horizontal (Vigas do Pórtico 3), em destaque na cor amarela, se repetiu nos apartamentos tipos, e foi um dos maiores carregamentos, maior dimensão e taxa de armaduras, este pórtico é o que divide os apartamentos superiores e inferiores, em seguida a Figura 6 representa a locação do pórtico (e vigas contidas), e a Figura 7 apresenta suas dimensões, momentos e devidas armaduras longitudinais e transversais (denominado estribos).

Figura 6: Localização do Pórtico a ser estudado.



Fonte: Autor (2023)

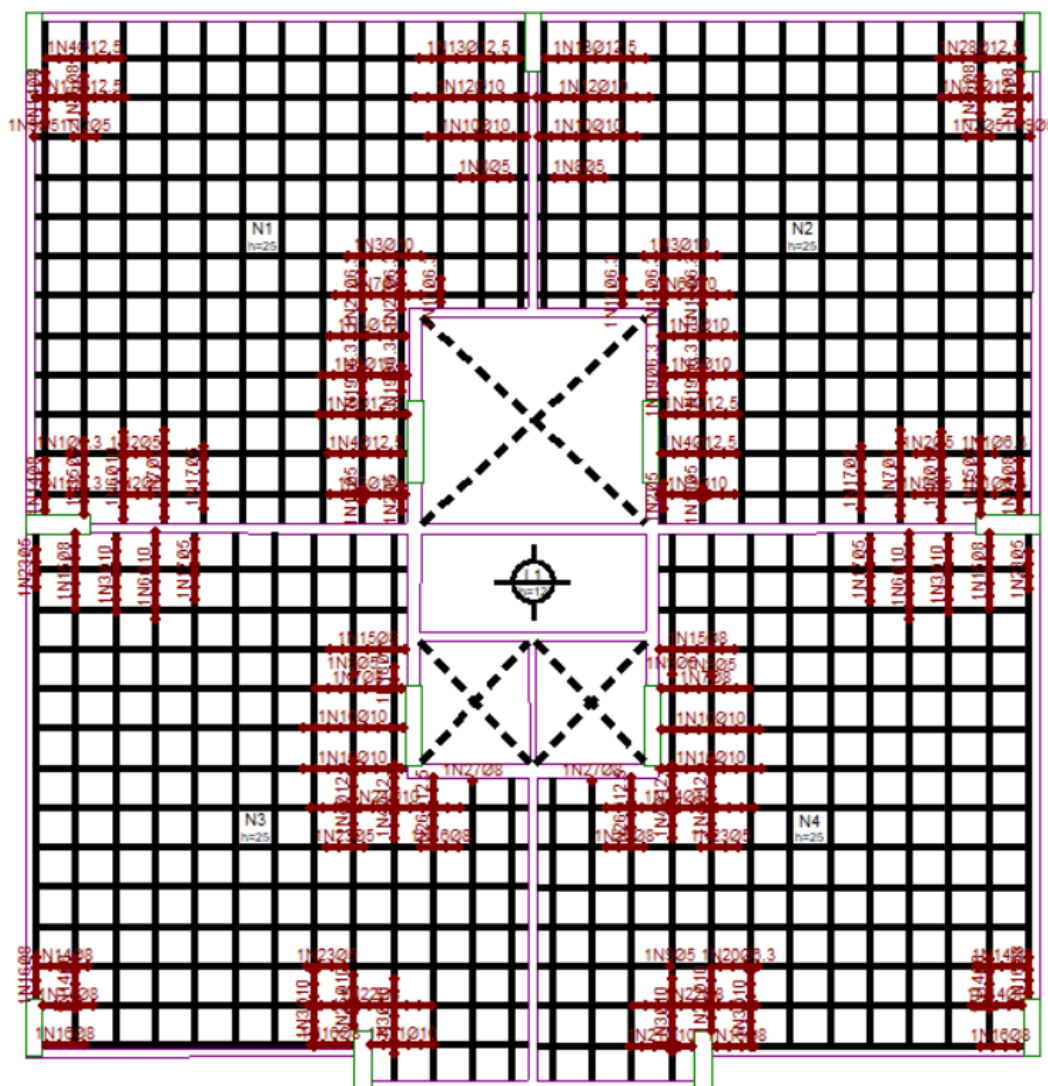
Figura 7: Detalhamento do Pórtico, contendo todas as informações de armaduras, dimensões e comprimentos.



Fonte: Autor (2023)

Por fim, na Figura 8, representa o detalhamento das lajes nervuradas dos apartamentos tipo, com suas dimensões e armaduras.

Figura 8: Detalhamento das Lajes Nervuradas, contemplando toda informação de altura e armaduras tangenciais.

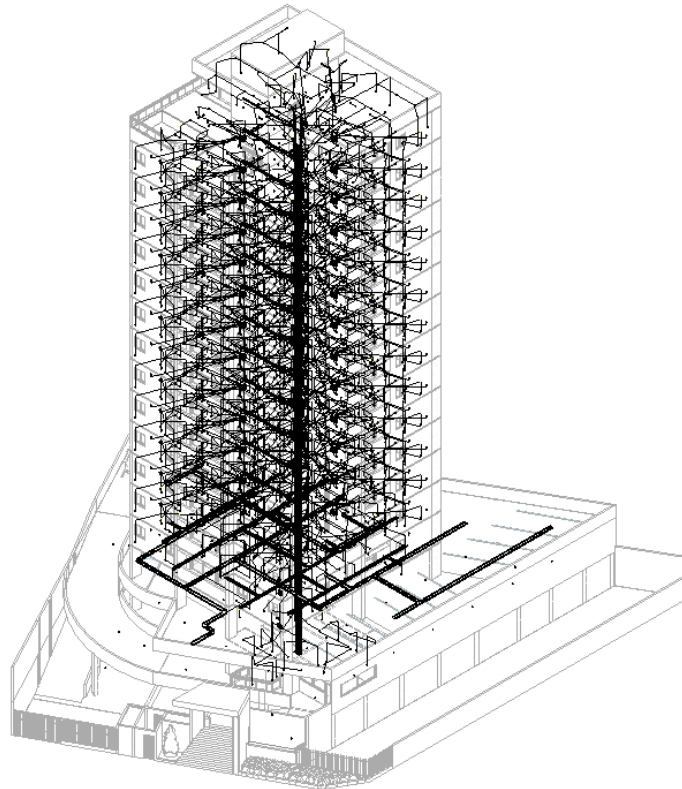


Fonte: Autor (2023)

3.2 Elétrico

Em relação ao projeto elétrico do Edifício Advance, observa-se que a divisão de circuitos e dimensionamento deles, obteve-se resultados dentro de um padrão, geralmente utilizado em obras de médio e pequeno porte em relação aos apartamentos tipo, como o dimensionamento dos fios, disjuntores e quadros elétricos. Com isso, facilitando a elaboração do projeto. Na figura 9, observa-se o modelo tridimensional do projeto elétrico a ser estudado.

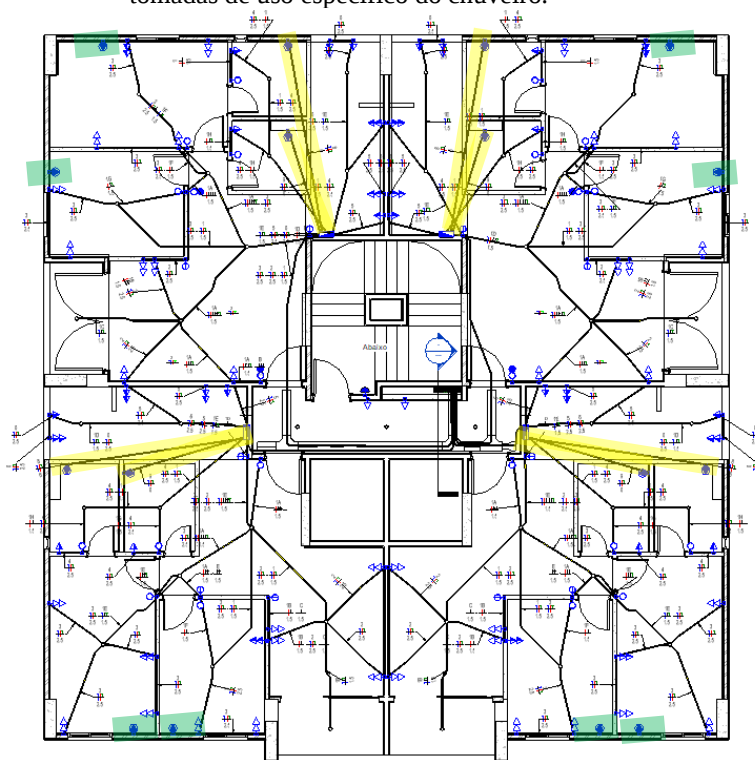
Figura 9: Vista 3D, do projeto Elétrico do Edifício Advance.



Fonte: Autor (2023)

Com relação ao apartamento tipo, o circuito que teve maior potência foi a tomada de uso específico dos chuveiros, com potência de 6000 W, fez-se necessário utilizar a bitola do fio com diâmetro de 6 mm², na Figura 10 está representado na cor amarela o circuito citado anteriormente. Em relação aos demais circuitos a divisão fez-se de forma, que ficasse distribuído equivalentemente, evitando maiores potências nos circuitos distribuídos. Nesta mesma figura está destacada na cor verde as outras tomadas de uso específico, no caso, as tomadas de ar-condicionado, com a potência de 2000 W.

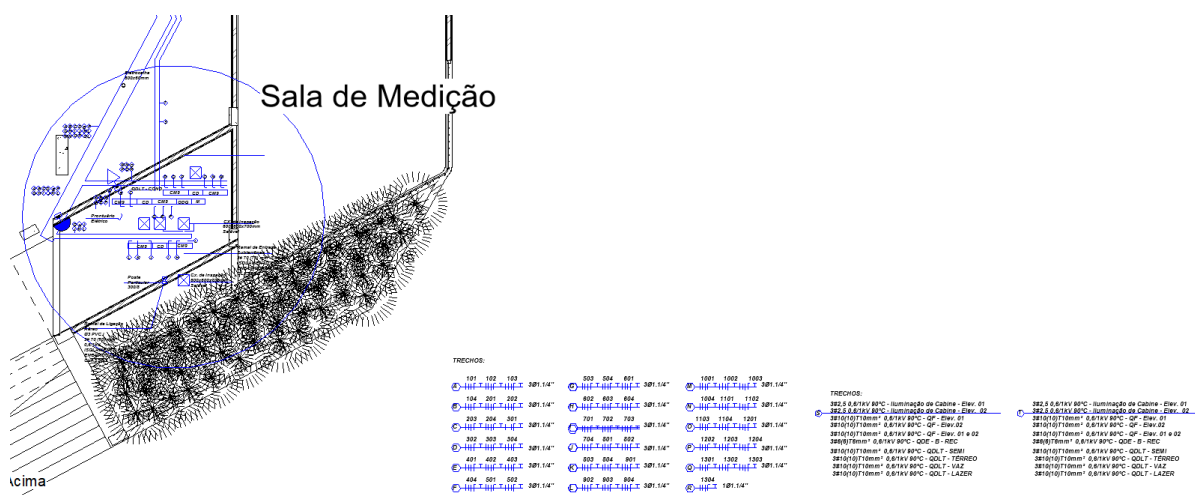
Figura 10: Planta Baixa do Apartamento Tipo, com os circuitos de maior potência, que no caso são as tomadas de uso específico do chuveiro.



Fonte: Autor (2023)

Na Figura 11, observa-se os alimentadores do edifício, no qual estão situados em uma sala, no pavimento térreo, facilitando assim a manutenção, intervenção e qualquer observação necessária aos apartamentos do edifício. Além disso, o quadro de medição, está situado neste mesmo local, facilitando o acesso dos funcionários da concessionária.

Figura 11: Alimentadores do projeto Elétrico do Edifício Advance.

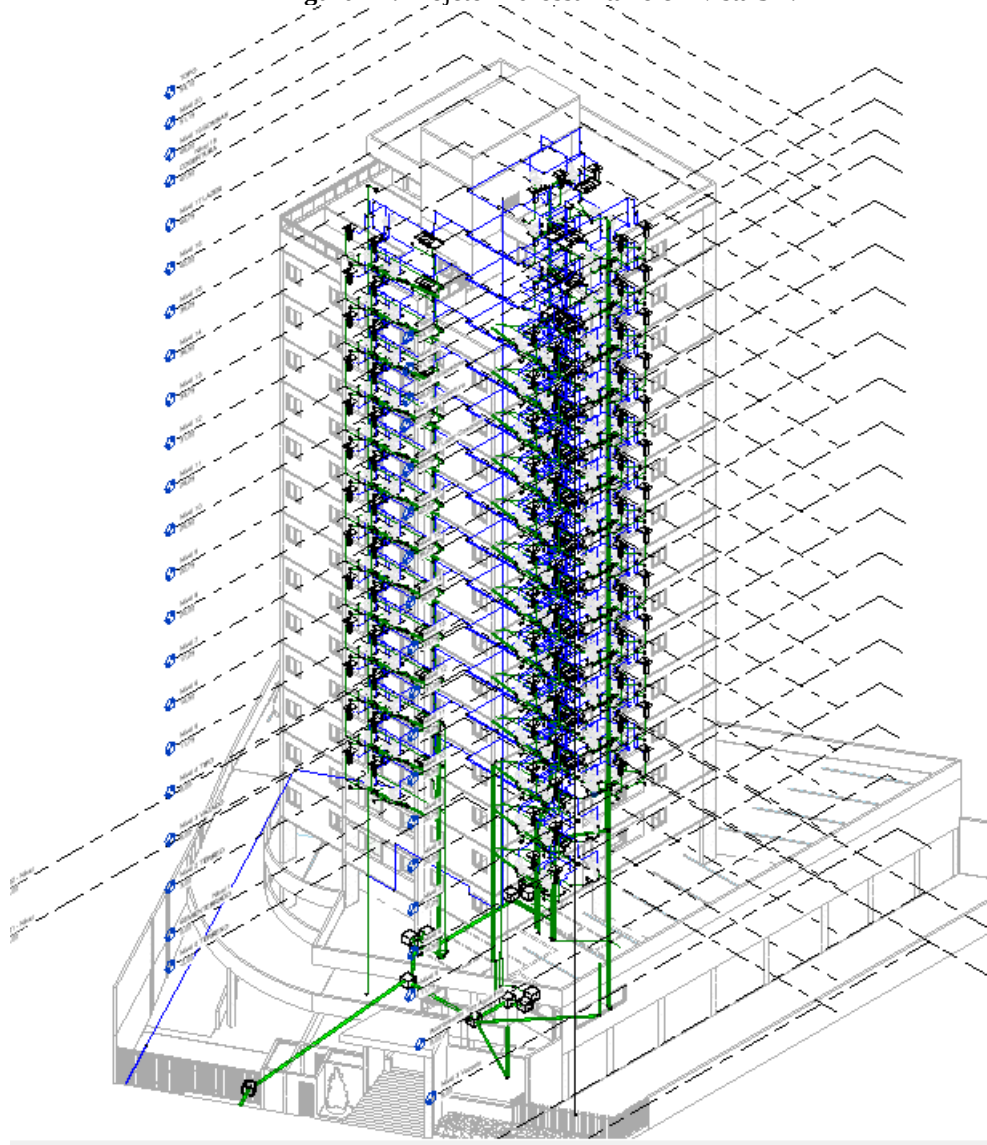


Fonte: Autor (2023)

3.3 Hidrossanitário

O projeto hidrossanitário elaborado, fez-se necessário, um estudo detalhado a respeito de toda concepção de pontos de hidráulica e esgoto, no qual as passagens de tubulações procuraram-se percorrer os percursos que evitassem maior despesas e possíveis patologias, tanto na parte de água fria, como de esgoto. Na Figura 12, observa-se toda estrutura tridimensional do edifício com a passagem de todas as tubulações necessárias para o uso adequado.

Figura 12: Projeto Hidrossanitário em vista 3D.

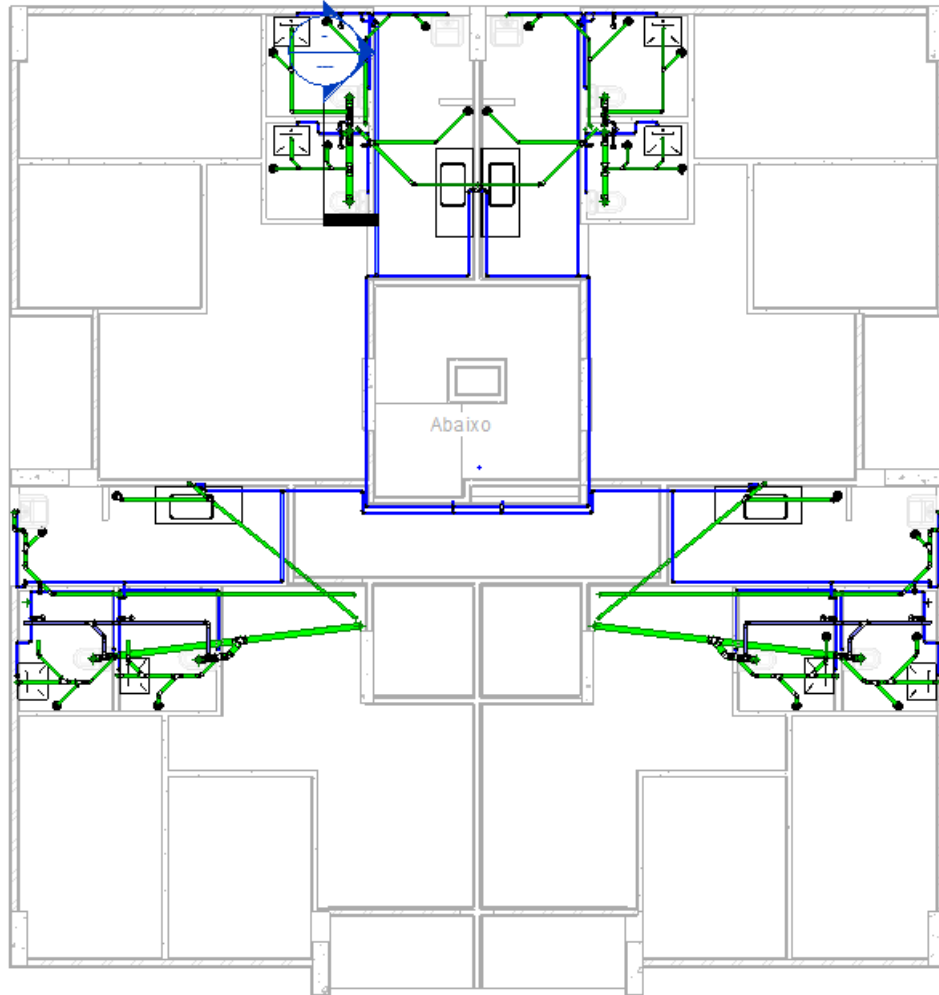


Fonte: Autor (2023)

Em seguida, nota-se na Figura 13, a planta baixa dos apartamentos tipo, a qual chama a atenção o nível de detalhes de conexões, tubulações e percursos, pois evidencia a diferença do

projeto elaborado no Revit, em relação ao Autocad, tornando a leitura e estudo do projeto hidrossanitário mais fácil. Potencializando um melhor desenvolvimento da execução das instalações.

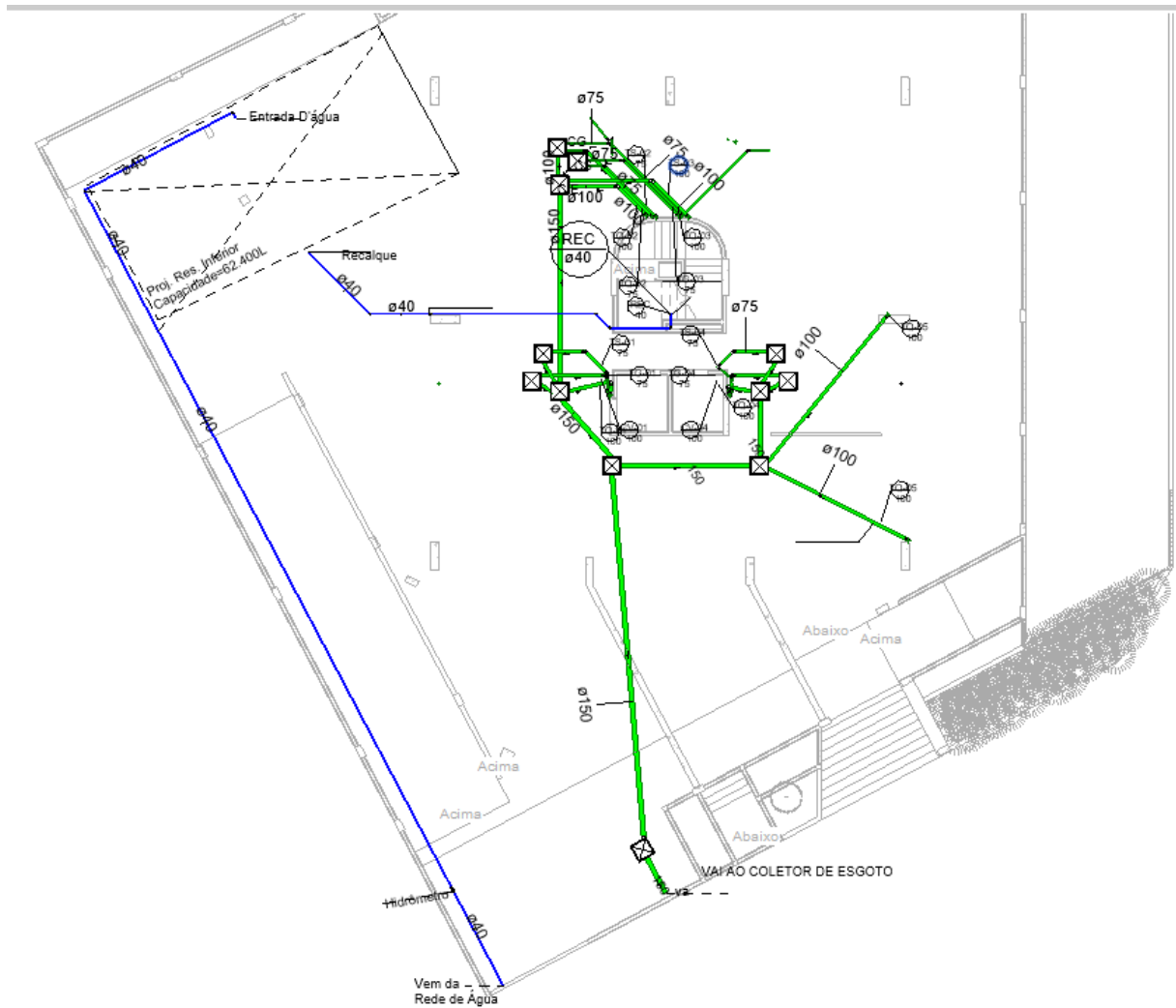
Figura 13: Planta baixa do projeto Hidrossanitário, apartamento tipo.



Fonte: Autor (2023)

Em relação aos ramais de alimentação de água fria e de rede de coleta de esgoto, na Figura 14, apresenta-se a seguir, todo o detalhamento dos diâmetros de tubulações e percursos a serem seguidos.

Figura 14: Planta baixa do pavimento semienterrado, no qual observa-se todo detalhamento dos ramais de coleta de esgoto e rede de abastecimento de água fria.



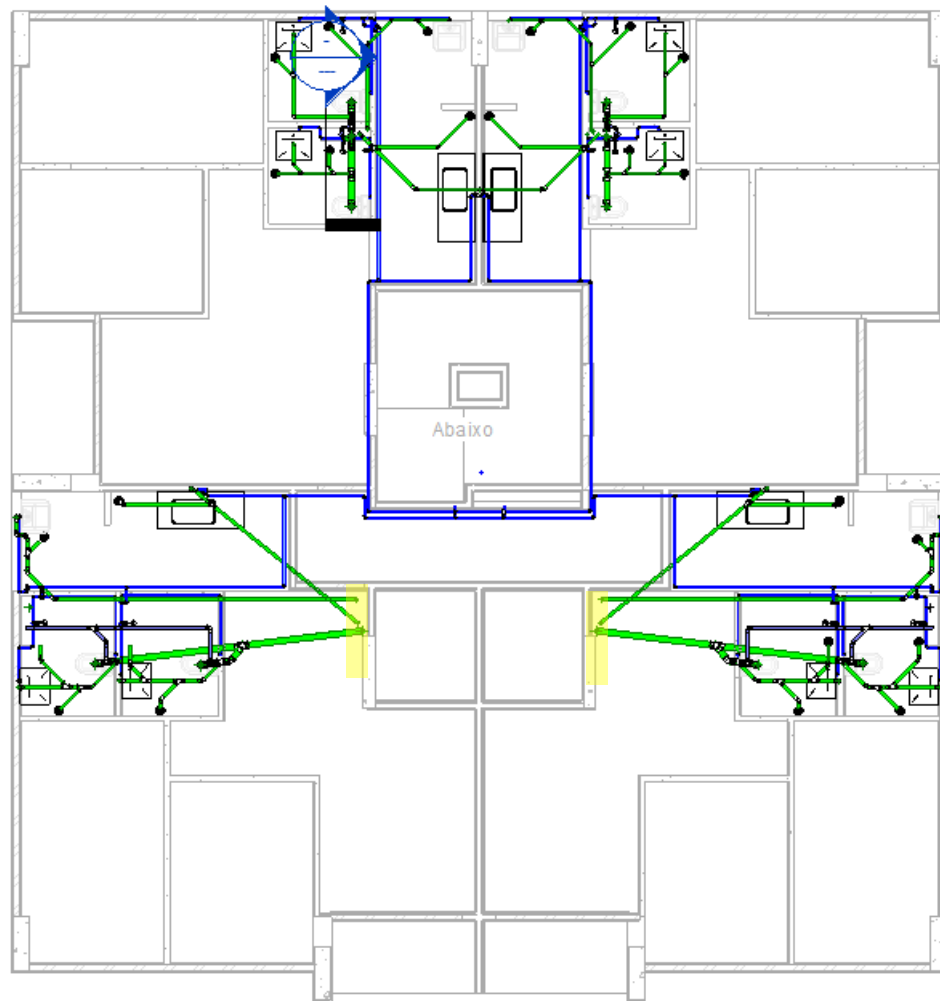
Fonte: Autor (2023)

3.4 Compatibilização

Nesse tópico será comentado as possíveis interferências encontradas nos projetos relacionando-os entre si, e os projetos complementares em questão ao projeto arquitetônico do edifício Advance. De modo geral, observa-se que em obras de grande porte como esta, torna-se improvável que não ocorra algumas incompatibilidades, devido a interferências de projetos e execução deles. Em alguns casos, elas são solucionadas in loco, porém não é ideal, visto que em certas ocasiões podem ser tomadas decisões que não seriam as melhores, pois não foi prevista com antecipação.

Na Figura 15 na cor amarela, observa-se a falta da representação do shaft, no projeto arquitetônico, sendo necessário o ajuste da criação do shaft, para a passagem das tubulações de queda referente ao projeto hidrossanitário.

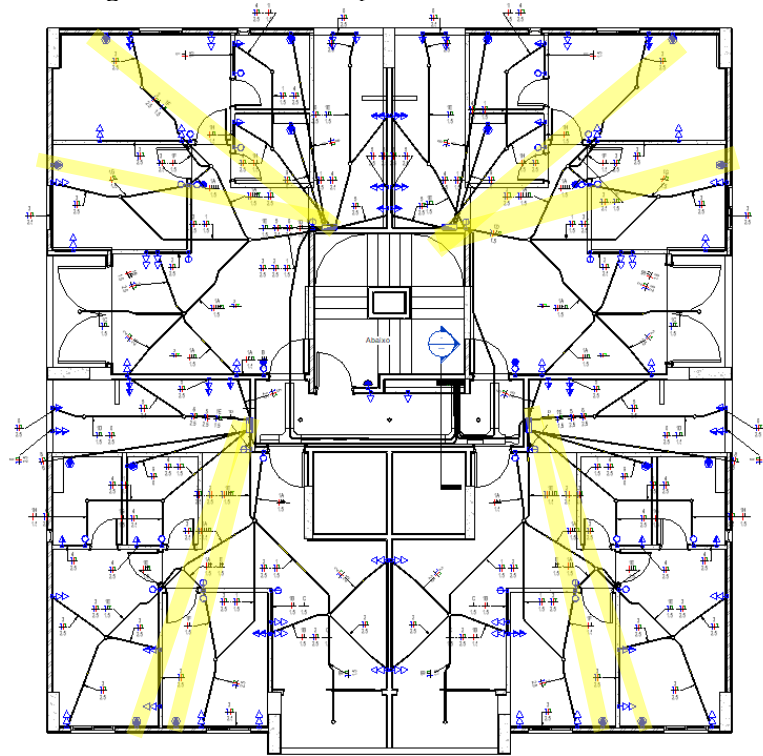
Figura 15: Incompatibilidade com shaft, para passagem dos tubos de queda da rede de esgoto.



Fonte: Autor (2023)

Outro questionamento, que se fez necessário foi o ajuste em relação ao projeto elétrico original, onde os circuitos de ar-condicionado não tiveram individualização em sua instalação. Observam-se circuitos unidos mesmo eletroduto, segundo a norma ABNT NBR 5410 (2004) não está errado, porém, se torna mais usual utilizar o eletroduto independente do circuito do ar-condicionado para o quadro elétrico, pela facilidade de manutenção do equipamento. Devido este fato, na Figura 16, observa-se o circuito dos ar-condicionado independentes para o quadro elétrico do apartamento.

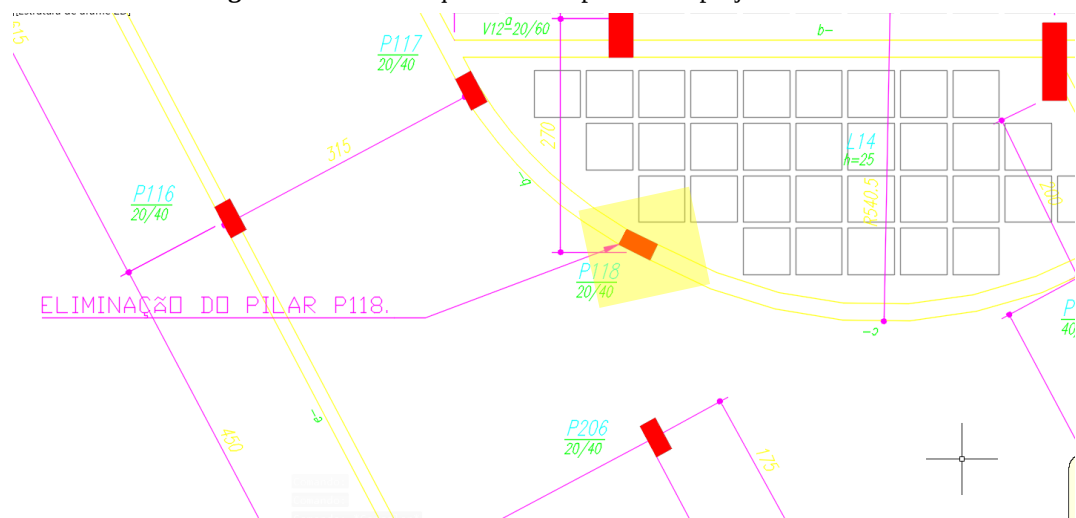
Figura 16: Circuitos independentes de Ar-Condicionado.



Fonte: Autor (2023)

Em relação ao projeto estrutural, o pilar 118, situado na versão original do Autocad, em algumas plantas observa-se que ele estava no projeto, em outras, não estava detalhado, fazendo com que o projeto estrutural deste estudo fosse elaborado, sem o pilar 118, visto que pela concepção do autor, não se tornava necessário a inserção dele. Na Figura 17, observa-se na cor amarela o pilar estudado no projeto original que não foi replicado no projeto de estudo.

Figura 17: Pilar 118 que não foi replicado no projeto de estudo



Fonte: Autor (2023)

Portanto, do ponto de vista de compatibilização entre os projetos, observa-se ocorreu o mínimo de interferência, devido a criação do shaft, nos apartamento tipo, evitando assim maiores incompatibilidades entre as disciplinas do projeto. Em anexo são apresentados os elementos calculados no projeto, referente aos projetos estrutural, elétrico e hidrossanitário, visto que neste documento trata-se dos elementos de maior relevância na concepção do autor.

Cabe aqui ressaltar, que devido a restrições de espaço para elaboração do TCC, tornou-se necessário que as pranchas geradas de todos os projetos que constituem o objeto de estudo, fossem disponibilizadas através do link <https://drive.google.com/drive/folders/bc1qzk3kxhdxnzkdgd9ueg34y08smxgfv0hxvcu3?usp=drive> para verificação de todos os resultados:.

4 CONCLUSÃO

A elaboração e execução de um projeto dessa magnitude, é decorrente do gerenciamento de diferentes recursos (materiais, tempo, equipamentos, *software*) que muitas vezes são sujeitos a limitações e restrições de tais recursos. As informações sobre o desenvolvimento dos projetos são fundamentais para o planejamento e controle, sendo esses dependentes da eficiência do modelo computacional que é utilizado, e do profissional responsável por eles. Portanto, nota-se que é a tecnologia BIM, é extremamente importante para a elaboração de projetos desse porte, pois facilita a questão de compatibilização dos projetos, quantitativos de materiais, qualidade nos detalhamentos e entre outras vantagens em relação ao CAD.

Em princípio, torna-se necessário uma equipe para o desenvolvimento dos projetos, para facilitar e otimizar a questão do tempo gasto para elaboração dos projetos, visto que por ser uma obra de grande porte, é necessário ter equipes capacitadas nas diferentes disciplinas deste projeto, para a elaboração, revisão e discussão das possíveis soluções e desafios que serão apresentados em questão. Pois além das equipes, é ideal também elaborar famílias, template e configurações específicas para determinados projetos, facilitando e melhorando ainda mais a qualidade de detalhamento, dimensionamento e execução dele.

Conclui-se, então, que a eficiência da integração das pessoas e tarefas por estas realizadas é a solução para um projeto de qualidade, eficiente e racional. Os gastos com gestão e coordenação de projetos são insignificantes se analisado a eficiência e economia que podem trazer ao empreendimento como um todo.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10884: Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro: ABNT,1989.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.** Rio de Janeiro: ABNT,2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5456: Eletricidade geral – Terminologia.** Rio de Janeiro: ABNT,2010.

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

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.** Rio de Janeiro: ABNT,1980.

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

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT,2008.

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT,2003.

ADESSE, Eliane; MELHADO, Silvio Burrattino. **Coordenação de Projetos Externa em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, São Carlos, 2003.

ALVES, T. R. O. **Diagnóstico das condições para implantação da modelagem da informação da construção (BIM) em municípios de pequeno porte.** 2021. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.

ANDRADE, M. L. V. X. Ruschel, L, R. C. **BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no brasil e tendências.** In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, São Carlos: Sbqp 2009, 2009. p. 602-613.

BARROS, José de Paula. **Um Modelo de Compatibilização de Projeto de Edificação Baseado na Engenharia Simultânea e FMEA**. Artigo- Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos-USP Construção Civil, São Paulo, 2001.

EASTMAN, Chuck. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Bookman Editora, 2014.

FABRÍCIO, Márcio Minto. **O Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FERREIRA, Rita Cristina. **Os Diferentes Conceitos Adotados entre Gerência, Coordenação e Compatibilização de Projeto na Construção de Edifícios**. USP. São Paulo, 2001.

LIMMER, Carl. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. LTC, 1997.

MARTINS, Daniel de Andrade. RODRIGUES JÚNIOR, Aداuri Silveira. **Análise da Comparativa da Utilização da Tecnologia BIM em Projeto de Residências Unifamiliares**. Revista Teccen, Vassouras, Julho /Dezembro, 2019.

MULLER, Leandro Sander. **Utilização da Tecnologia Bim (Building Information Modeling) Integrado a Planejamento 4D na Construção Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso. Rio de Janeiro, 2015.

NASCIMENTO, Rafael Lucas. **Compatibilização de projetos de edificações: um projeto virtual**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

PAIVA, Daniel Capistrano Sarinho. **Uso do BIM para compatibilização de projetos: barreiras e oportunidades em uma empresa construtora: um projeto virtual**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

PMI – Project Management Institute. PMBOK – **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos do Gerenciamento de Projetos**. 5ª Edição, 2013.

SILVA, Lucas Oliveira. **Compatibilização de projetos e representação gráfica na engenharia civil: um projeto virtual**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade Evangélica De Goianésia, Goianésia, 2018.

SOUZA, Francisco Jesus. **Compatibilização de Projetos em Edifícios de Múltiplos Andares, Estudo de Caso**. Dissertação. Pernambuco, 2010.

VANNI, c. m. k.; GOMES, a. m.; ANDERY, p. r. p. **Análise de falhas aplicada à otimização de projetos de edificações**. Encontro de Engenharia de Produção. Anais ABEPRO / UFRJ, Rio de Janeiro, 1999.

LUCIANO HENRIQUE DE ANDRADE MELO DA SILVA

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COMPLEMENTARES PARA
OTIMIZAÇÃO DE MODELO CONSTRUTIVO DO EDIFÍCIO ADVANCE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil. Defesa realizada por videoconferência.

Aprovado em 10 de Maio de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. DSc. José Moura Soares (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. PhD. Elder Alpes Vasconcelos (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco

BSc. Washington Martinez Bezerra da Silva (Avaliador)
Universidade Civil Sênior