

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

HENRIQUE ORTIZ FERRAZ DE CARVALHO

**MODELAGEM ARQUITETÔNICA E ESTRUTURAL EM BIM 3D DE EDIFICAÇÃO
COMERCIAL**

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

Niterói
2020

HENRIQUE ORTIZ FERRAZ DE CARVALHO

**MODELAGEM ARQUITETÔNICA E ESTRUTURAL EM BIM 3D DE EDIFICAÇÃO
COMERCIAL**

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

Projeto de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal
Fluminense, como requisito parcial para
conclusão do curso.

Orientadora:
Prof. Mayra Soares Pereira Lima Perlingeiro, DSc.

Niterói
2020

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

C331m Carvalho, Henrique Ortiz Ferraz de
MODELAGEM ARQUITETÔNICA E ESTRUTURAL EM BIM 3D DE EDIFICAÇÃO
COMERCIAL / Henrique Ortiz Ferraz de Carvalho ; Mayra Soares
Pereira Lima Perlingeiro, orientadora. Niterói, 2020.
80 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Civil)-Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia,
Niterói, 2020.

1. BIM. 2. Modelagem. 3. Arquitetura. 4. Estrutura. 5.
Produção intelectual. I. Perlingeiro, Mayra Soares Pereira
Lima, orientadora. II. Universidade Federal Fluminense. Escola
de Engenharia. III. Título.

CDD -

HENRIQUE ORTIZ FERRAZ DE CARVALHO

**MODELAGEM ARQUITETÔNICA E ESTRUTURAL EM BIM 3D DE EDIFICAÇÃO
COMERCIAL**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Bacharelado em
Engenharia Civil, como requisito parcial
para conclusão do curso.

Aprovada em 23 de março de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Mayra Soares Pereira Lima Perlingeiro, DSc. - UFF

Prof. Izabella Pessoa de Castro, DSc. - UFF

Prof. Luiz Antonio Vieira Carneiro, DSc. - UFF

Niterói
2020

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Ricardo e Andrea, que sempre foram meus maiores incentivadores e nunca mediram esforços para me proporcionar a melhor educação.

Ao meu irmão Fernando, por todo o suporte ao longo do curso e por sempre ter sido um exemplo para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À minha irmã Maria Eduarda que, apesar de ser mais nova, me ensina muito no dia a dia e é um exemplo de dedicação e amor ao próximo.

À minha namorada Carolina, por ter me dado todo o apoio que precisei para realizar esse trabalho e por ter sido uma ótima companheira de estudos e lazer.

Aos meus amigos e colegas de faculdade, por todo carinho e apoio. A presença de vocês fez a rotina de um estudante de engenharia civil ser mais leve.

Aos professores, amigos e futuros colegas de profissão, Luiz e Izabella, por todo suporte e confiança depositada em mim ao longo do curso.

À minha orientadora Mayra, por todo o conhecimento, paciência e amizade compartilhados nos últimos anos. Por exigir e cobrar sempre o melhor de mim na execução deste trabalho e nas demais disciplinas que tive o prazer de tê-la como professora. Obrigado.

RESUMO

Esse trabalho consiste na elaboração da modelagem arquitetônica e estrutural, em 3D na plataforma BIM (*Building Information Model*), de um empreendimento comercial de quatro pavimentos de uso comum, um pavimento técnico e um subsolo, com o objetivo de visualizar a compatibilização desses modelos. Para a execução dos modelos, partiu-se da modelagem arquitetônica em 2D disponibilizada na plataforma CAD (*Computer Aided Design*) e com a utilização de *softwares* que operam na plataforma BIM, sendo o Revit da Autodesk, Inc. utilizado para a modelagem da arquitetura e o CAD/TQS da empresa TQS Informática Ltda para modelar a estrutura, ambos possuem versões estudantis do *software*. Foi desenvolvida a compatibilização dos dois modelos através de um *plug-in* no Revit, que permite a importação do modelo gerado pelo CAD/TQS no ND (Nível de Detalhamento) 300 e visualizá-los em apenas um arquivo. As não conformidades entre os modelos puderam ser analisadas de forma mais clara e solucionadas.

Palavras-chave: BIM, modelagem, arquitetura, estrutura.

ABSTRACT

This work consists of the elaboration of the architectural and structural modeling, in 3D on the BIM platform (Building Information Model), of a commercial enterprise with four floors of common use, a technical floor and an underground floor, with the objective of visualizing the compatibility of these models. For the execution of the models, the architectural modeling in 2D was made available on the CAD (Computer Aided Design) platform and with the use of software that operate on the BIM platform, the Revit from Autodesk, Inc. being used for the modeling of architecture and the CAD / TQS of the company TQS Informática Ltda to model the structure, both have student versions of the software. The compatibility of the two models was developed through a plug-in in Revit, which allows the importation of the model generated by CAD / TQS in LOD (Level of Development) 300 and view them in just one file. The non-conformities between the models could be analyzed more clearly and resolved.

Keywords: BIM, modeling, dimensioning, architecture, structure.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dimensões BIM.....	18
Figura 2 - Níveis de detalhamento.....	19
Figura 3 - Interface do Revit.	21
Figura 4 - Tabela de extração de quantitativos no Revit.....	21
Figura 5 - Interface do TQS.....	22
Figura 6 - Modelador estrutural do TQS.....	23
Figura 7 - Planta de situação do CISP.....	35
Figura 8 – Fachada principal do edifício.....	36
Figura 9 - Modelagem arquitetônica do primeiro pavimento.....	37
Figura 10 - Vista 3D do modelo arquitetônico.....	38
Figura 11 - Vista da sala de crise no segundo pavimento.	38
Figura 12 - Vista da sala de inteligência no segundo pavimento.	39
Figura 13 - Corte esquemático do edifício.....	40
Figura 14 - Classe de agressividade ambiental e resistência do concreto.....	41
Figura 15 - Classe de agressividade ambiental e cobrimentos utilizados.	41
Figura 16 - Carregamento de lajes com paredes divisórias.....	45
Figura 17 - Carregamento de lajes sem paredes divisórias.	45
Figura 18 - Carregamentos de paredes com blocos de concreto de 9 cm.	46
Figura 19 - Carregamentos de paredes com blocos de concreto de 20 cm.	46
Figura 20 - Velocidade básica do vento.....	49
Figura 21 - Classe da edificação.....	49
Figura 22 - Categoria de rugosidade do terreno.	50
Figura 23 - Fator estático do edifício.....	50
Figura 24 - Coeficiente de arrasto.....	51
Figura 25 - Remoção de pilares nas áreas indicadas.....	53
Figura 26 - Vista 3D do subsolo.....	53
Figura 27 - Indicação das vigas de transição no térreo.....	54
Figura 28 - Vista 3D do subsolo.....	54
Figura 29 - Alteração da geometria dos pilares indicados.	55
Figura 30 - Relatório emitido para verificação dos pilares.	55
Figura 31 - Relatório emitido para verificação das vigas.	56
Figura 32 - Deslocamentos da estrutura no segundo pavimento.	56

Figura 33 - Análise da Estabilidade global do edifício.....	57
Figura 34 - Detalhamento da armadura positiva das lajes do pavimento caixa d'água.....	58
Figura 35 - Detalhamento das armaduras da viga V6 do pavimento cobertura.	58
Figura 36 - Detalhamento do pilar P37.....	59
Figura 37 - Exportação do modelo estrutural do software CAD/TQS para o Revit.....	60
Figura 38 - Importação do modelo estrutural através do plugin do TQS no Revit.	60
Figura 39 - Projeto estrutural importado pelo software Revit.....	61
Figura 40 - Projeto estrutural e arquitetônico unidos.....	62
Figura 41 - Vista no interior do auditório no segundo pavimento após a inserção dos elementos estruturais.	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de agressividade ambiental.....	27
Quadro 2 - Correspondência entre classes de agressividade e qualidade do concreto.	27
Quadro 3 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal.	28
Quadro 4 - Limites para deslocamentos.....	29
Quadro 5 - Valores dos coeficientes γ_{f1} . γ_{f3}	31
Quadro 6 - Valores do coeficiente γ_{f2}	31
Quadro 7 - Combinações de serviço.	32
Quadro 8 - Combinações últimas.....	33
Quadro 9 - Coeficientes de ponderação de resistência.	33
Quadro 10 - Área por pavimento e a área total da edificação.	39
Quadro 11 - Valores do coeficiente adicional em função de b.....	43
Quadro 12 - Cargas acidentais mínimas.....	47
Quadro 13 - Cargas acidentais mínimas.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pré-dimensionamento dos pilares.....	42
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
BIM	<i>Building Information Modelling</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CIFE	Center for Integrated Facility Engineering
CISP	Centro Integrado de Segurança Pública
CP	Carga Permanente
ELU	Estado Limite Último
ELS	Estado Limite de Serviço
EUA	Estados Unidos da América
LOD	<i>Level of Development</i>
NBR	Norma Brasileira
ND	Nível de Detalhamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
1.2	FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA	15
1.3	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	16
	1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	16
	1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4	METODOLOGIA.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	BIM.....	18
2.2	AUTODESK REVIT	20
2.3	CAD/TQS.....	22
2.4	PROJETO ARQUITETÔNICO	23
2.5	PROJETO ESTRUTURAL.....	25
2.6	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL.....	26
	2.6.1 DURABILIDADE.....	26
	2.6.2 SEGURANÇA E QUALIDADE	28
	2.6.3 AÇÕES	30
3	ESTUDO DE CASO	34
3.1	CARACTERÍSTICAS DO PROJETO	34
3.2	MODELAGEM ARQUITETÔNICA.....	37
3.3	PROJETO ESTRUTURAL.....	40
3.4	COMPATIBILIZAÇÃO REVIT-TQS	60
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
5	BIBLIOGRAFIA	64
6	ANEXOS.....	67
6.1	ANEXO A - PLANTAS ARQUITETÔNICOS.....	67

6.2	ANEXO B - PLANTAS DE FORMA.....	74
-----	---------------------------------	----

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O processo de construção é repetido em torno de 30%. Há uma estimativa de 10% para perdas de materiais e o esforço de trabalho é desperdiçado a uma taxa de 60%. Com isso, as tecnologias geralmente utilizadas mostram-se ineficazes em um mercado cada vez mais exigente quanto a preços e prazos reduzidos. A falta de integração entre os diferentes profissionais responsáveis pela elaboração dos projetos pode contribuir para o surgimento de incompatibilidades entre as várias competências da construção de uma edificação. Como consequência, pode haver perda de materiais e repetição do processo construtivo (AZEVEDO, 2009).

Diante deste cenário, surge o BIM, que consiste em uma plataforma que armazena e gerencia informações de diversas fases do ciclo de vida do empreendimento. Dessa forma, a utilização de *softwares* que operam na plataforma BIM permite a percepção antecipada de interferências entre projetos e, com isto, há melhora no desempenho, reduzindo improvisos na obra.

Neste estudo de caso foram elaboradas as modelagens arquitetônica e estrutural em 3D utilizando *softwares* que operam na plataforma BIM.

1.2 FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA

Apesar do uso da plataforma BIM estar em crescimento no Brasil, seu uso ainda não é amplo no mercado. Com poucos profissionais especializados, ainda ocorrem erros relacionados a associações de informações, quantitativos de materiais e incompatibilidades entre projetos.

Tendo em vista os benefícios da utilização da plataforma BIM, apresenta-se como problema desta pesquisa o seguinte ponto: como modelar em 3D a arquitetura e a estrutura de um empreendimento e verificar as incompatibilidades utilizando *softwares* integrados à plataforma BIM?

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi desenvolver as modelagens arquitetônica e estrutural na plataforma BIM 3D, de um empreendimento comercial, consolidando os modelos em um modelo federado capaz de mostrar as interferências entre os modelos. Além disso, possibilitar a extração automática dos quantitativos do modelo federado.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho consistiram na modelagem arquitetônica e estrutural de uma edificação de múltiplos pavimentos, por meio da utilização dos *softwares* Revit, da Autodesk e o CAD/TQS da empresa brasileira TQS, respectivamente. Por fim, a consolidação do modelo federado utilizando o *software* Revit, de modo a possibilitar verificação quanto à compatibilidade dos modelos.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia empregada para modelar a arquitetura e a estrutura do edifício comercial está listada a seguir:

- Modelagem da arquitetura em 3D;
- Modelagem da estrutura em 3D;
- Compatibilização entre os modelos arquitetônico e estrutural.

Para a modelagem da arquitetura em 3D foi utilizado o *software* Revit da Autodesk, na versão estudante, disponibilizada pela fabricante, usando como base de referência o projeto de arquitetura fornecido em formato de arquivo .dwg.

O projeto de arquitetura em formato dwg foi usado como base para a definição da planta de forma. Em seguida, fez-se o pré-dimensionamento estrutural.

Para a modelagem da estrutura, foi utilizado o *software* de dimensionamento CAD/TQS. Os elementos estruturais foram dimensionados no Estado Limite Último (ELU) e verificados no Estado Limite de Serviço (ELS).

A verificação quanto à compatibilidade entre os projetos foi executada no *software* Revit. No entanto, como o projeto estrutural foi executado em outro *software*, o CAD/TQS, foi

necessário realizar uma importação dos dados de um programa para o outro. Para essa importação, foi utilizado o plug-in TQS-Revit, uma ferramenta disponível no Revit que importa os dados selecionados do CAD/TQS.

Este trabalho encontra-se organizado em quatro capítulos. No capítulo 2, são levantados dados e conceitos sobre os temas abordados nesse trabalho, como o BIM, os *softwares* Revit e CAD/TQS, projetos arquitetônicos e estruturais e sobre dimensionamento estrutural.

O capítulo 3 contempla o estudo de caso desenvolvido, onde são apresentados os projetos arquitetônicos de um edifício comercial e a partir deles, são desenvolvidas as modelagens arquitetônica e estrutural em *softwares* da plataforma BIM, Revit e CAD/TQS, respectivamente. Por fim, a modelagem arquitetônica e o modelo estrutural obtido após o dimensionamento são unidos em um só modelo, sendo promovida a análise de sua compatibilidade e adequações.

O trabalho é finalizado no capítulo 4, onde são feitas considerações gerais sobre o trabalho e apontadas sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIM

A plataforma BIM (*Building Information Modelling*) é responsável por reunir diferentes *softwares* capazes de assimilar todas as informações do projeto. O BIM vem sendo cada vez mais utilizado no meio da engenharia civil, por ser possível analisar interferências entre diferentes projetos e eliminá-las antes mesmo do início da construção. O uso desta plataforma otimiza a construção e permite uma melhor dinâmica entre os projetistas e o canteiro de obra.

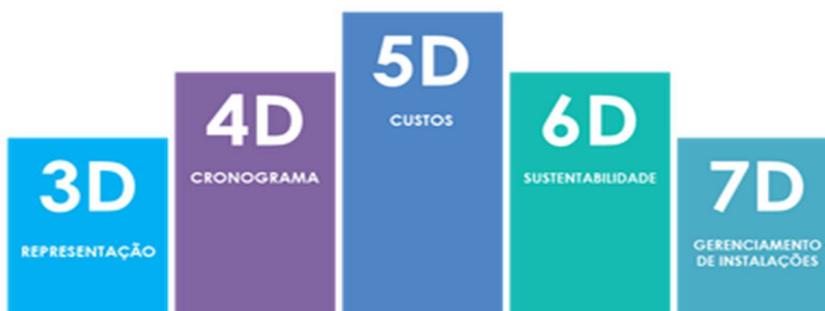
O BIM promove e exige uma mudança cultural no canteiro de obras. Todos os envolvidos no empreendimento, do construtor ao fornecedor, devem trabalhar no mesmo sistema (BUBNIAK, 2013).

Uma pesquisa realizada pelo CIFE (*Center for Integrated Facility Engineering*), na Universidade de Stanford, Califórnia, Estados Unidos da América (EUA), após avaliar 32 projetos, apontou reduções significativas nestes com o uso do BIM, tais como (GAO; FISCHER, 2008):

- Eliminação de até 40% de mudanças não previstas no orçamento;
- Até 80% na redução de tempo gasto na elaboração de estimativas de custo;
- Até 7% de redução no tempo de projeto;
- Redução de imprecisões em até 3%.

Como pode ser observado na Figura 1, a tecnologia BIM é separada em diferentes níveis de aprofundamento, conforme as informações inseridas no modelo.

Figura 1 - Dimensões BIM.

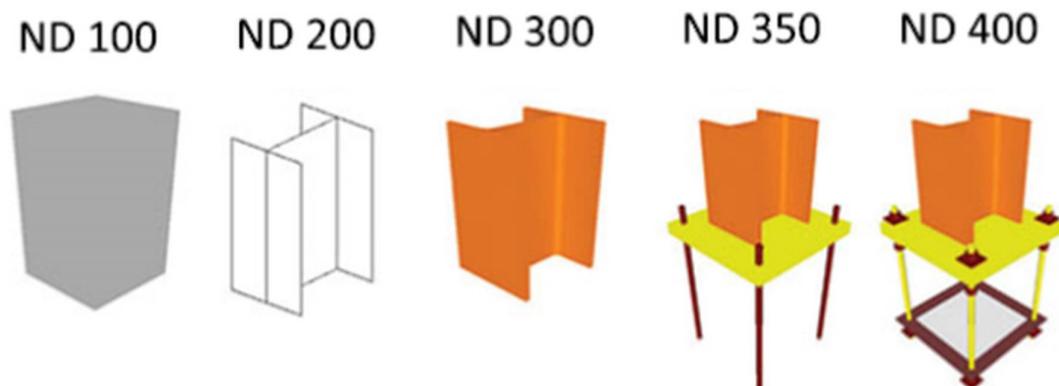


Fonte: <http://aizuprojeto.com/blog/3d-4d-5d-e-nd-modeling>.

- BIM 3D: a forma mais básica da plataforma tem sua principal característica a parametricidade, sendo responsável por criar objetos que possam ser alterados automaticamente em todo o projeto. Na parametricidade, podem ser armazenadas características como os tipos de materiais, seu fabricante e suas dimensões.
- BIM 4D: nessa etapa, o fator tempo é adicionado na plataforma, possibilitando a análise das fases da construção. É possível analisar o cronograma físico da obra e os impactos que possíveis atrasos trariam à construção.
- BIM 5D: nesse nível, os custos são adicionados à plataforma. Com estas informações, é possível fornecer ao construtor bancos de dados com custos de informações, taxas de produtividade e outros indicadores de desempenho.
- BIM 6D: na sexta dimensão, foram incorporadas a *performance* e a sustentabilidade, onde é controlada a eficiência energética do edifício.
- BIM 7D: a sétima dimensão constitui o gerenciamento do ciclo de vida da construção, podendo controlar a manutenção e a garantia de equipamentos como bombas e elevadores.

No BIM, existem também diversos níveis de detalhamento (ND) do projeto. Esse nível relaciona à quantidade de informações presentes no modelo e à geometria do elemento. Quanto maior o ND de um projeto, mais informações e detalhes são fornecidos para auxiliar a execução do serviço em diferentes fases do projeto (BESSONI, 2019a)

Figura 2 - Níveis de detalhamento.



Fonte: <https://www.bimexperts.com.br/post/bim-e-os-niveis-de-desenvolvimento>.

Na Figura 2 é visto os ND de um projeto em BIM, onde o ND 100 é o mais simplificado e o ND 400, o mais detalhado. O ND 100 é representado por um símbolo ou alguma representação genérica, mas não satisfaz as exigências do ND 200. O ND 200 representa o elemento com um sistema genérico com quantidades e tamanhos aproximados. Ao representar o detalhamento por um sistema específico, assimilando as quantidades, tamanhos e formas com mais precisão, chega-se ao ND 300. Os níveis superiores, o ND 300 e 400, aumentam o nível de detalhamento ao demonstram a interface com outros elementos, como é visto na Figura 2 (BESSONI, 2019a).

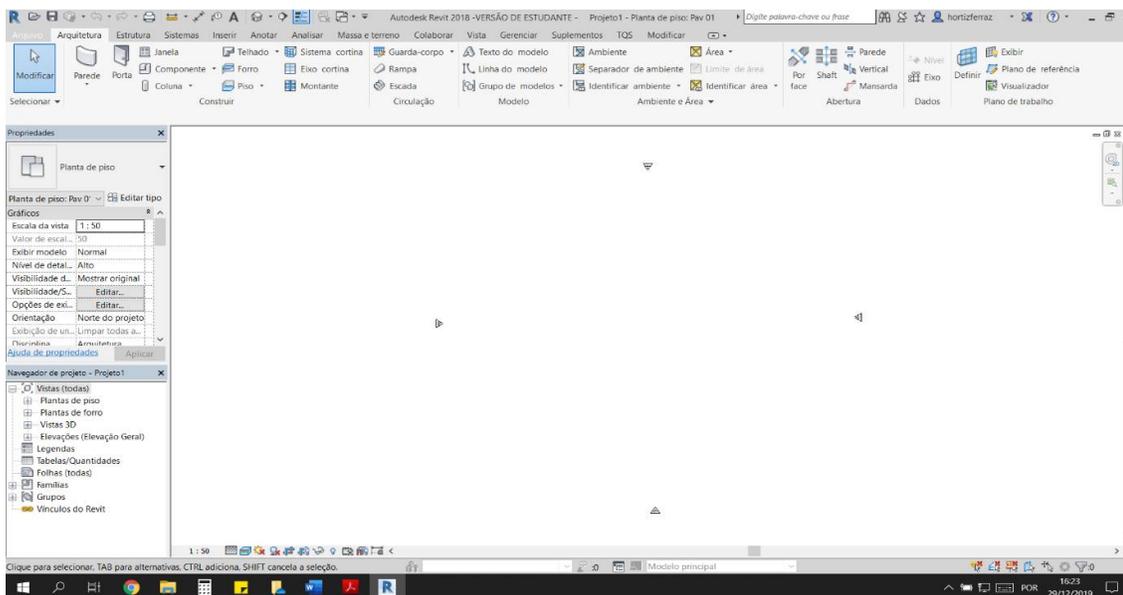
2.2 AUTODESK REVIT

Para o Instituto Bramante (2013), o *software* Revit é o mais importante com o conceito BIM. Nele não se elabora uma série de desenhos, tabelas e imagens separadas que, em conjunto, são utilizados para se transformar em um empreendimento. Faz-se um modelo central único de onde são extraídas as informações necessárias para a execução e manutenção da obra.

O Revit possui três modalidades de projeto: *Architecture*, para projetos arquitetônicos; *Structure*, para projeto estrutural; e MEP, para projetos de instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas. Em um cenário ideal, cada profissional desenvolve seu projeto sobre o mesmo modelo arquitetônico. Obtêm-se, deste modo, todas as instalações e especialidades do projeto em um único modelo. Com isto, é possível conferir as interferências entre projetos. As soluções são propostas na fase de projeto, levando menos problema para a obra (HELM, 2012).

Na Figura 3 é possível visualizar como é a interface do *software* Revit.

Figura 3 - Interface do Revit.



Fonte: Acervo pessoal.

O Revit possui uma ferramenta que permite a extração de dados, como os quantitativos de determinado serviço representados na Figura 4. Segundo Reis (2018), o Revit trabalha com margem de erro quase nula, já que simplifica o trabalho e permite eficácia na qualidade do projeto. Qualquer alteração realizada é refletida em todo o projeto, tornando o desenvolvimento do mesmo até 70% mais rápido.

Figura 4 - Tabela de extração de quantitativos no Revit.

Materiais das Paredes		
Material	Área	Volume
Alvenaria de Bloco Cerâmico - 9cm	336,59 m ²	30,29 m ³
Cerâmica Azul 25x25cm	10,21 m ²	0,05 m ³
Chapisco Externo	211,55 m ²	3,12 m ³
Chapisco Interno	461,63 m ²	6,92 m ³
Massa Corrida Externa	211,55 m ²	1,06 m ³
Massa Corrida Interna	461,63 m ²	2,31 m ³
Reboco Externo	211,55 m ²	2,12 m ³
Reboco Interno	461,63 m ²	4,62 m ³
Tinta Branca	662,96 m ²	0,00 m ³

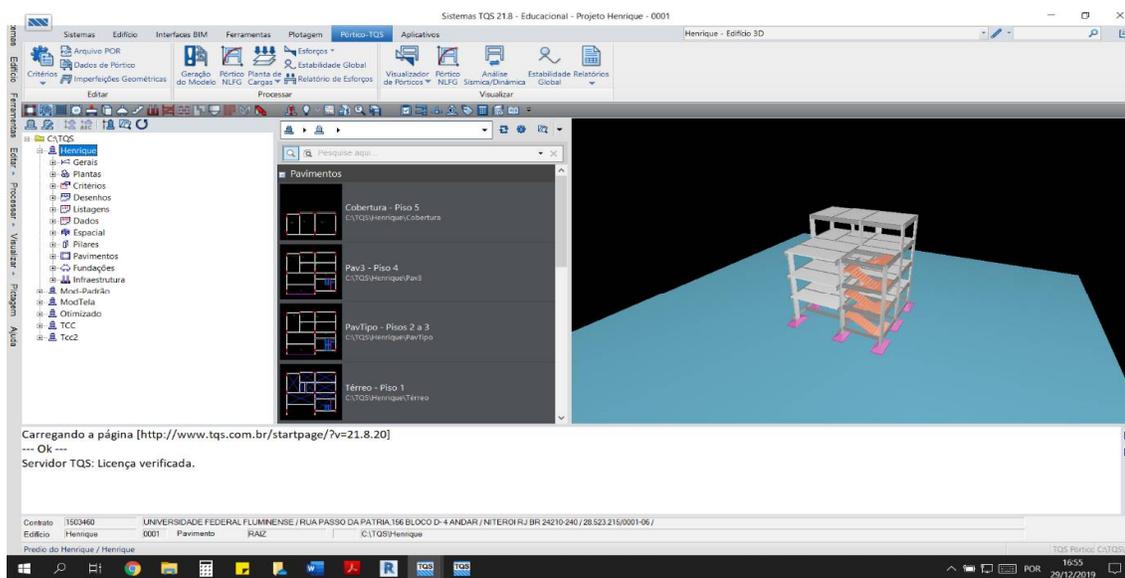
Materiais das Paredes por Pavimento		
Material	Área	Volume
TÉRREO		
Alvenaria de Bloco Cerâmico - 9cm	168,29 m ²	15,15 m ³
Cerâmica Azul 25x25cm	5,11 m ²	0,03 m ³

Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/oT-Rf49NrX4/maxresdefault.jpg>.

2.3 CAD/TQS

O CAD/TQS é um sistema computacional gráfico destinado à elaboração de projetos de estruturas de concreto armado, protendido e alvenaria estrutural. O seu desenvolvimento está baseado nas normas técnicas de concreto armado e protendido, bem como na metodologia usual de elaboração e representação de projetos estruturais empregada pelas empresas brasileiras (TQS, 2019). Na Figura 5 é apresentada a interface do programa.

Figura 5 - Interface do TQS.



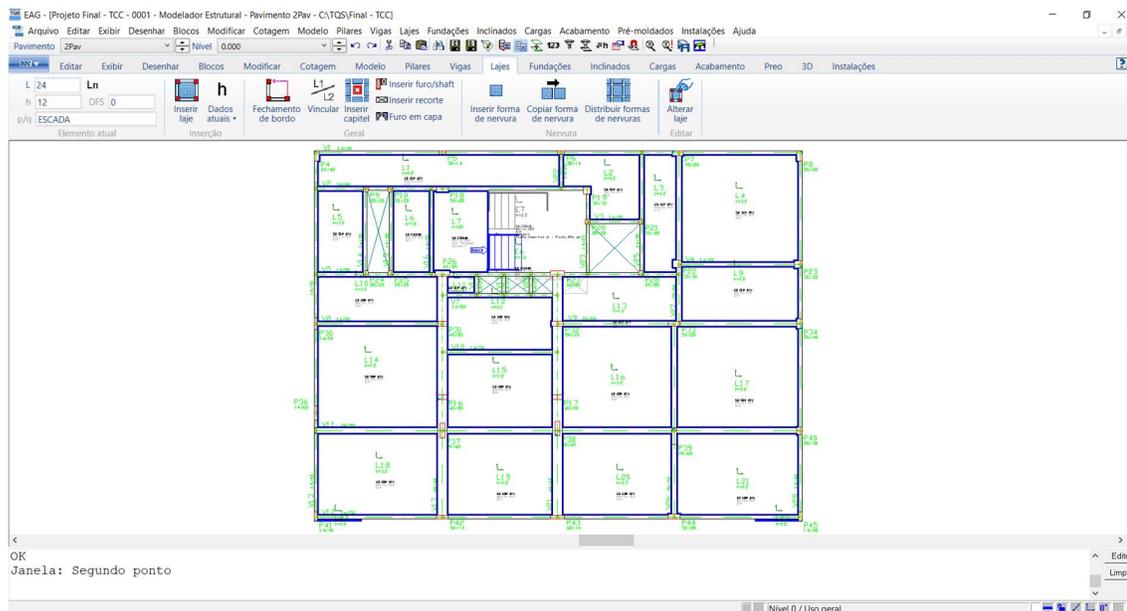
Fonte: Acervo pessoal.

Com um editor CAD, visto na Figura 6, o usuário define a posição, dimensões dos elementos estruturais e as ações que atuam na estrutura. Com base nos dados fornecidos pelos usuários, o sistema calcula os modelos matemáticos por meio de sistemas de grelhas e de pórticos espaciais. A partir dos diagramas de esforços solicitantes obtidos, os usuários devem interpretar os resultados e verificar sua consistência. O programa computacional automaticamente dimensiona e detalha as armaduras dos elementos, no entanto, o sistema permite que o usuário otimize o dimensionamento e o detalhamento com o uso de editores espaciais (TQS, 2019).

O CAD/TQS, por ser da plataforma BIM, permite integração com outros programas. Segundo Bessoni (2019), essa integração traz inúmeros benefícios para a equipe de projeto, possibilitando a aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento do mesmo. Desta forma, o

arquiteto e engenheiro estrutural podem trabalhar juntos, de forma a conceber a estrutura de forma integrada, levando em conta a melhor comunicação entre os projetistas.

Figura 6 - Modelador estrutural do TQS.



Fonte: Acervo pessoal.

2.4 PROJETO ARQUITETÔNICO

O projeto arquitetônico é a materialização da ideia, do espaço imaginado, é a representação da concepção da proposta. A partir dele, é possível estudar a melhor maneira de atender às necessidades dos usuários (SALLES, 2017).

Para Godoy (2019), as etapas citadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na Norma Brasileira (NBR) 13532 (1995) – podem ser detalhadas da seguinte maneira:

- Levantamento de dados para arquitetura: é basicamente a etapa em que são levantadas todas as informações sobre o local em que será realizado o projeto. Alguns levantamentos importantes são os topográficos, para que o arquiteto possa projetar com economia e com qualidade, consulta às informações cadastrais, sejam elas municipais, estaduais ou federais, consulta de eventuais pontos de água, esgoto, energia elétrica, pavimentações e iluminação pública e também verificação da orientação solar e dos ventos, com o objetivo de dar conforto aos usuários.

- Programa de necessidades de arquitetura: é quando o cliente diz ao profissional os seus desejos e qual a finalidade de cada ambiente. São feitas perguntas sobre a quantidade e tamanhos que os ambientes devem ter, sobre sua ampliação ou redução, além da idade e quantidade de pessoas que frequentarão o local. Devem ser realizadas perguntas com o objetivo de identificar e satisfazer todas as demandas do cliente, como a necessidade ou não de instalações especiais de água, energia, equipamentos e mobiliários que serão necessários para atender ao uso de cada ambiente.
- Estudo de viabilidade de arquitetura: o profissional deve reunir todas as informações obtidas nas etapas anteriores e apresentar ao cliente com o objetivo de auxiliá-lo na tomada de decisão. Normas técnicas e leis são consultadas e devem ser identificados os fatores que mais influenciam o projeto e sua viabilidade. São apresentados por meio de desenhos, esquemas gráficos e relatórios.
- Estudo preliminar de arquitetura: fase em que são propostas as primeiras ideias, como o uso e dimensão de cada ambiente, os tipos e cores de revestimentos a serem adotados. O profissional consegue transmitir sua visão no meio de plantas, cortes e elevações, além de imagens tridimensionais.
- Anteprojeto de arquitetura: é a etapa em que o projeto obtém informações mais detalhadas. É a partir desta etapa que podem ser iniciados os projetos estrutural, hidráulico e elétrico. Nesta etapa, não são esperadas mudanças significativas no projeto.
- Projeto legal de arquitetura: conjunto de documentos que são entregues aos órgãos fiscalizadores para verificar se o projeto se encontra dentro das normas técnicas e das legislações vigentes. Somente após sua aprovação, é concedido o alvará de construção.
- Projeto básico de arquitetura: conjunto de elementos que caracterizam a obra e que foram elaborados com os estudos técnicos preliminares, assegurando a viabilidade técnica e que possibilitem uma estimativa precisa do custo da obra, seu método e prazo de execução.
- Projeto executivo de arquitetura: nesta fase, são emitidos documentos necessários à execução do projeto. São fornecidos formatos, tamanhos, dimensões, fornecedores, quantidades e localizações. A partir das plantas,

cortes, elevações e de todos os componentes construtivos apresentados nesta etapa, que a obra irá ser concluída.

2.5 PROJETO ESTRUTURAL

Para Daldegan (2016), a estrutura é classificada como boa quando atende aos critérios de compatibilidade com a arquitetura, segurança e economia. Para que esses critérios sejam satisfatórios é essencial que seja elaborado um projeto estrutural.

Na elaboração de um projeto estrutural, seja ele de grande ou pequeno porte, o calculista necessita de um conjunto de informações preliminares, dentre elas estão: o projeto de arquitetura, investigações do solo e levantamento topográfico (DALDEGAN, 2016).

Para o desenvolvimento do projeto estrutural, Daldegan (2016) cita algumas etapas para a execução de um bom projeto:

- Contato com o proprietário e o arquiteto: objetiva-se identificar as finalidades de uso e verificar a disponibilidade financeira dos clientes.
- Visita ao local: são avaliadas as condições da obra, construções vizinhas, análise visual do solo e viabilidade da entrada de equipamentos. É função do projetista analisar a disponibilidade de materiais e mão de obra qualificada na região para determinar o sistema estrutural mais adequado.
- Definição do sistema estrutural: fornecidas as informações necessárias, o engenheiro projetista sugere ao cliente o sistema estrutural adequado. Entre os sistemas estruturais convencionais, estão:
 - Concreto armado;
 - Concreto protendido;
 - Estrutura metálica;
 - Alvenaria estrutural.
- Cálculo da estrutura: após a escolha do sistema estrutural, é iniciada a fase de concepção, onde são definidos os posicionamentos e as dimensões dos elementos estruturais, dentre eles: vigas, pilares e lajes.
- Detalhamento e desenho: trata-se da demonstração visual dos elementos estruturais dimensionados. Para isto, são utilizados normas e padrões técnicos específicos. Essa etapa deve ser o mais autoexplicativa possível para que não ocorram erros na execução do projeto.

- Emissão do projeto: o projeto estrutural deve ser entregue em conjunto com a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), atribuindo ao engenheiro responsável pelo cálculo estrutural, a responsabilidade sobre a estrutura.

Para o dimensionamento de uma estrutura, diversas considerações são levadas em conta, entre elas estão as cargas permanentes e acidentais, ações do vento e a resistência do aço e do concreto (ANJOS, 2017).

As condições citadas acima, devem se basear nas referências normativas existentes:

- a) ABNT NBR 6118 (2014) – Projeto de estruturas em concreto - Procedimento
- b) ABNT NBR 6120 (1980) – Ações para o cálculo de estruturas de edificações
- c) ABNT NBR 6123 (1988) – Forças devidas ao vento em edificações
- d) ABNT NBR 8681 (2003) – Ações e segurança nas estruturas - Procedimento

2.6 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

No dimensionamento de estruturas em concreto armado, é necessário respeitar as premissas estabelecidas nas NBRs, como demonstra os itens a seguir.

2.6.1 DURABILIDADE

A agressividade ambiental é uma variável importantíssima no dimensionamento estrutural, visto que a corrosão de armaduras reduz a durabilidade da estrutura, impactando diretamente na sua vida útil. Para atender aos requisitos de durabilidade, impostos pela ABNT NBR 6118 (2014), é necessário considerar os seguintes fatores que influenciam diretamente a vida útil da estrutura: características do concreto, cobrimento das armaduras e relação água-cimento. As classes de agressividade ambientais podem ser visualizadas no Quadro 1.

Com base na classe de agressividade ambiental da região onde será realizada a construção, são definidos vários critérios de dimensionamento. O Quadro 2 apresenta limites máximos e mínimos para a relação água/cimento e resistência do concreto, respectivamente.

Quadro 1 - Classes de agressividade ambiental.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014).

Quadro 2 - Correspondência entre classes de agressividade e qualidade do concreto.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

NOTAS

1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014).

O cobrimento é a camada de concreto que fica entre a armadura mais superficial e a face externa do elemento estrutural. Sua espessura é diretamente ligada à classe de agressividade ambiental. Segundo a ABNT NBR 6118 (2014), devem ser respeitados os cobrimentos nominais C_{nom} , que são os cobrimentos mínimos C_{min} acrescidos da tolerância de execução D_c . Em geral, é recomendado o uso de D_c de 10 mm ou superior, no entanto, se houver

um adequado controle de qualidade, pode ser utilizado o valor de $D_c = 5 \text{ mm}$, desde que seja explicitado no projeto.

Os valores de cobrimentos nominais estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15 \text{ mm}$.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45 \text{ mm}$.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014).

2.6.2 SEGURANÇA E QUALIDADE

Segundo Cardoso (2013), a estrutura deve suportar as cargas solicitantes sem a ocorrência da ruína ou ruptura ao longo de sua vida útil e durante o período de sua construção. Ela também deve ser livre de grandes deformações para que não haja dano em elementos não estruturais e que não gere desconforto aos usuários. Para Cardoso (2013), pode-se afirmar que a estrutura atende aos requisitos de qualidade e segurança quando ela suporta as ações solicitantes sem ocorrer a ruptura, fissuração e deformações excessivas durante sua vida útil.

Quando uma estrutura atinge o estado em que deixa de atender aos seus requisitos de forma plena, sejam eles por razões de segurança, funcionalidade ou estética, pode-se dizer que a estrutura está em seu estado limite (VIANA, 2018).

A ABNT NBR 6118 (2014) divide os estados limites em dois: o Estado de Limite Último (ELU) e o Estado de Limite em Serviço (ELS).

O ELS é o critério de segurança utilizado para verificar questões como o conforto dos usuários, a durabilidade e boa utilização de modo geral. Nesse estado de limite, são verificadas questões como:

- a) Formação e abertura de fissuras;
- b) Deformações excessivas;
- c) Vibrações excessivas.

O Quadro 4 mostra os valores limites para deslocamentos de elementos estruturais após as análises realizadas com as combinações no ELS.

Quadro 4 - Limites para deslocamentos.

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento limite	
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	$\ell / 250$	
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	$\ell / 350$	
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	$\ell / 250^{1)}$	
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total	$\ell / 350 +$ contraflecha ²⁾	
			Ocorrido após a construção do piso	$\ell / 600$	
Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento		
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	$\ell / 500^{3)}$ ou 10 mm ou $\theta = 0,0017 \text{ rad}^{4)}$	
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	$\ell / 250^{3)}$ ou 25 mm	
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação freqüente ($v_1=0,30$)	$H/1 700$ ou $H/850^{5)}$ entre pavimentos ⁶⁾	
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	$\ell / 400^{7)}$ ou 15 mm	
	Forros	Movimentos térmicos horizontais	Provocado por diferença de temperatura	$H/500$	
		Revestimentos colados	Ocorrido após construção do forro	$\ell / 350$	
	Pontes rolantes	Desalinhamento de trilhos	Revestimentos pendurados ou com juntas	Deslocamento ocorrido após construção do forro	$\ell / 175$
			Deslocamento provocado pelas ações decorrentes da frenagem		$H/400$
Efeitos em elementos estruturais	Afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas	Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-os ao modelo estrutural adotado.			

¹⁾ As superfícies devem ser suficientemente inclinadas ou o deslocamento previsto compensado por contraflechas, de modo a não se ter acúmulo de água.
²⁾ Os deslocamentos podem ser parcialmente compensados pela especificação de contraflechas. Entretanto, a atuação isolada da contraflecha não pode ocasionar um desvio do plano maior que $\ell / 350$.
³⁾ O vão ℓ deve ser tomado na direção na qual a parede ou a divisória se desenvolve.
⁴⁾ Rotação nos elementos que suportam paredes.
⁵⁾ H é a altura total do edifício e H_i o desnível entre dois pavimentos vizinhos.
⁶⁾ Esse limite aplica-se ao deslocamento lateral entre dois pavimentos consecutivos devido à atuação de ações horizontais. Não devem ser incluídos os deslocamentos devidos a deformações axiais nos pilares. O limite também se aplica para o deslocamento vertical relativo das extremidades de lintéis conectados a duas paredes de contraventamento, quando H_i representa o comprimento do lintel.
⁷⁾ O valor ℓ refere-se à distância entre o pilar externo e o primeiro pilar interno.

NOTAS
1 Todos os valores limites de deslocamentos supõem elementos de vão ℓ suportados em ambas as extremidades por apoios que não se movem. Quando se tratar de balanços, o vão equivalente a ser considerado deve ser o dobro do comprimento do balanço.
2 Para o caso de elementos de superfície, os limites prescritos consideram que o valor ℓ é o menor vão, exceto em casos de verificação de paredes e divisórias, onde interessa a direção na qual a parede ou divisória se desenvolve, limitando-se esse valor a duas vezes o vão menor.
3 O deslocamento total deve ser obtido a partir da combinação das ações características ponderadas pelos coeficientes definidos na seção 11.
4 Deslocamentos excessivos podem ser parcialmente compensados por contraflechas.

O ELU, segundo a ABNT NBR 6118 (2014), é classificado como o estado relacionado ao colapso ou qualquer outra inconformidade que determine a paralisação da estrutura. É neste estado de limite que são realizadas as análises para os dimensionamentos dos elementos estruturais do edifício, como se a estrutura estivesse na iminência da ruptura. Para Baldissera (2014), ao dimensionar a estrutura no ELU, é dada uma margem de resistência aos carregamentos solicitantes da estrutura, visto que, para ocorrer a ruptura, seriam necessárias solicitações superiores às consideradas inicialmente.

A margem citada acima é concebida por meio de coeficientes de segurança que majoram as solicitações adotadas e minoram a resistência dos materiais utilizado.

2.6.3 AÇÕES

As ações são solicitações que provocam o aparecimento de esforços e deformações na estrutura. Na análise estrutural, todas as solicitações que produzam efeitos de escala significativa para a segurança e qualidade da estrutura devem ser consideradas. A ABNT NBR 8681 (2003) as classificam de acordo com sua variabilidade no tempo em permanentes, variáveis e excepcionais.

As ações permanentes são aquelas que estão atuando constantemente durante a vida útil da construção, podendo ser dividida em permanentes diretas, como o peso próprio da estrutura e dos equipamentos fixos, e ações permanentes indiretas, como a retração do concreto, recalques de apoio e imperfeições geométricas.

As ações variáveis são aquelas que atuam praticamente durante toda a vida útil do empreendimento, no entanto, de forma variável. A ABNT NBR 8681 (2003) as dividem em função da probabilidade de ocorrência em ações variáveis normais, como as cargas acidentais previstas para o uso da construção e ações do vento e ações variáveis especiais, como ações sísmicas.

A ABNT NBR 8681 (2003) considera como ações excepcionais aquelas que possuem pouca probabilidade de ocorrência ou com curta duração. Alguns exemplos desse tipo de ação são: explosões, incêndios, choques de veículos, enchentes e sismos excepcionais.

Os valores de cálculos das ações são obtidos pela multiplicação entre os valores representativos e os coeficientes de ponderação γ_f .

O coeficiente é o produto de três fatores:

$$\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f2} \cdot \gamma_{f3} \quad (1)$$

onde:

γ_{f1} - fator que considera a variabilidade das ações;

γ_{f2} - fator que considera a simultaneidade de atuação das ações;

γ_{f3} – fator que considera os desvios gerados nas construções e as aproximações feitas em projeto.

Os valores dos coeficientes estão representados no Quadro 5 e no Quadro 6.

Quadro 5 - Valores dos coeficientes γ_{f1}, γ_{f3} .

Combinações de ações	Ações							
	Permanentes (g)		Variáveis (q)		Protensão (p)		Recalques de apoio e retração	
	D	F	G	T	D	F	D	F
Normais	1,4 ¹⁾	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	0	0

Onde:
D é desfavorável, *F* é favorável, *G* representa as cargas variáveis em geral e *T* é a temperatura.
¹⁾ Para as cargas permanentes de pequena variabilidade, como o peso próprio das estruturas, especialmente as pré-moldadas, esse coeficiente pode ser reduzido para 1,3.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

Quadro 6 - Valores do coeficiente γ_{f2} .

Ações		γ_{f2}		
		ψ_0	ψ_1 ¹⁾	ψ_2
Cargas acidentais de edifícios	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ²⁾	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas ³⁾	0,7	0,6	0,4
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Vento	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

¹⁾ Para os valores de ψ_1 relativos às pontes e principalmente aos problemas de fadiga, ver seção 23.
²⁾ Edifícios residenciais.
³⁾ Edifícios comerciais, de escritórios, estações e edifícios públicos.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

Para o ELU, considera-se $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f3}$ e para o ELS a consideração é $\gamma_f = \gamma_{f2}$, em que:

- $\gamma_{f2} = 1$, para combinações raras;
- $\gamma_{f2} = \psi_1$, para combinações frequentes;
- $\gamma_{f2} = \psi_2$, para combinações quase permanentes.

A ABNT NBR 6118 (2014) define carregamento como a combinação de ações que possuem probabilidades não desprezíveis de ocorrerem simultaneamente na estrutura, durante um período preestabelecido. Essa combinação deve ser obtida pelas ações que gerem os efeitos mais desfavoráveis para a estrutura.

As verificações da segurança no ELS e ELU devem ser realizadas em função de combinações de serviço e combinações últimas, respectivamente.

As combinações de serviços são classificadas como:

- Combinações quase permanentes, quando atuam na maior parte da vida útil da estrutura e sua consideração é necessária para a verificação do estado limite de deformações excessivas;
- Combinações frequentes, quando as ações se repetem muitas vezes ao longo da vida útil da estrutura e sua consideração é necessária na verificação do estado limite de formação e aberturas de fissuras e vibrações excessivas;
- Combinações raras, ocorrem poucas vezes durante a vida útil e são consideradas para a verificação do estado limite de formação de fissuras.

A ABNT NBR 6118 (2014) detalha as combinações de serviço conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 - Combinações de serviço.

Combinações de serviço (ELS)	Descrição	Cálculo das solicitações
Combinações quase permanentes de serviço (CQP)	Nas combinações quase permanentes de serviço, todas as ações variáveis são consideradas com seus valores quase permanentes $\psi_2 F_{qk}$	$F_{d,ser} = \Sigma F_{gk} + \Sigma \psi_2 F_{qk}$
Combinações frequentes de serviço (CF)	Nas combinações frequentes de serviço, a ação variável principal F_{q1} é tomada com seu valor frequente $\psi_1 F_{q1k}$ e todas as demais ações variáveis são tomadas com seus valores quase permanentes $\psi_2 F_{qk}$	$F_{d,ser} = \Sigma F_{gk} + \psi_1 F_{q1k} + \Sigma \psi_2 F_{qk}$
Combinações raras de serviço (CR)	Nas combinações raras de serviço, a ação variável principal F_{q1} é tomada com seu valor característico F_{q1k} e todas as demais ações são tomadas com seus valores frequentes $\psi_1 F_{qk}$	$F_{d,ser} = \Sigma F_{gk} + F_{q1k} + \Sigma \psi_1 F_{qk}$
Onde: $F_{d,ser}$ é o valor de cálculo das ações para combinações de serviço; F_{q1k} é o valor característico das ações variáveis principais diretas; ψ_1 é o fator de redução de combinação frequente para ELS; ψ_2 é o fator de redução de combinação quase permanente para ELS.		

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014).

As combinações últimas são subdivididas em normais, onde se enquadram as ações permanentes e variáveis, especiais ou de construção e excepcionais. No Quadro 8, pode-se observar as diferentes formas de combinações.

Quadro 8 - Combinações últimas.

Combinações últimas (ÉLU)	Descrição	Cálculo das solicitações
Normais	Esgotamento da capacidade resistente para elementos estruturais de concreto armado ¹⁾	$F_d = \gamma_g F_{gk} + \gamma_{sg} F_{sgk} + \gamma_q (F_{q1k} + \sum \psi_{0j} F_{qjk}) + \gamma_{eq} \psi_{0c} F_{eqk}$
	Esgotamento da capacidade resistente para elementos estruturais de concreto protendido	Deve ser considerada, quando necessário, a força de protensão como carregamento externo com os valores P_{kmax} e P_{kmin} para a força desfavorável e favorável, respectivamente, conforme definido na seção 9
	Perda do equilíbrio como corpo rígido	$S(F_{sd}) \geq S(F_{nd})$ $F_{sd} = \gamma_{gs} G_{sk} + R_d$ $F_{nd} = \gamma_{gn} G_{nk} + \gamma_q Q_{nk} - \gamma_{qs} Q_{s,min}$, onde: $Q_{nk} = Q_{1k} + \sum \psi_{0j} Q_{jk}$
Especiais ou de construção ²⁾	$F_d = \gamma_g F_{gk} + \gamma_{sg} F_{sgk} + \gamma_q (F_{q1k} + \sum \psi_{0j} F_{qjk}) + \gamma_{eq} \psi_{0c} F_{eqk}$	
Excepcionais ²⁾	$F_d = \gamma_g F_{gk} + \gamma_{sg} F_{sgk} + F_{q1exc} + \gamma_q \sum \psi_{0j} F_{qjk} + \gamma_{eq} \psi_{0c} F_{eqk}$	

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014).

Nos estados limites também são considerados os coeficientes de ponderação das resistências dos materiais, que visam minorar seus valores com o objetivo de fornecer uma margem de segurança ao projetista. No ELS, esse coeficiente tem o valor de 1, já no ELU, os valores variam de acordo com as combinações realizadas e o material utilizado, conforme mostra o Quadro 9.

Quadro 9 - Coeficientes de ponderação de resistência.

Combinações	Concreto	Aço
	γ_c	γ_s
Normais	1,4	1,15
Especiais ou de construção	1,2	1,15
Excepcionais	1,2	1,0

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014).

3 ESTUDO DE CASO

Com a finalidade de avaliar a compatibilidade entre os modelos arquitetônico e estrutural com o uso da plataforma BIM, desenvolveu-se o estudo de caso aqui apresentado.

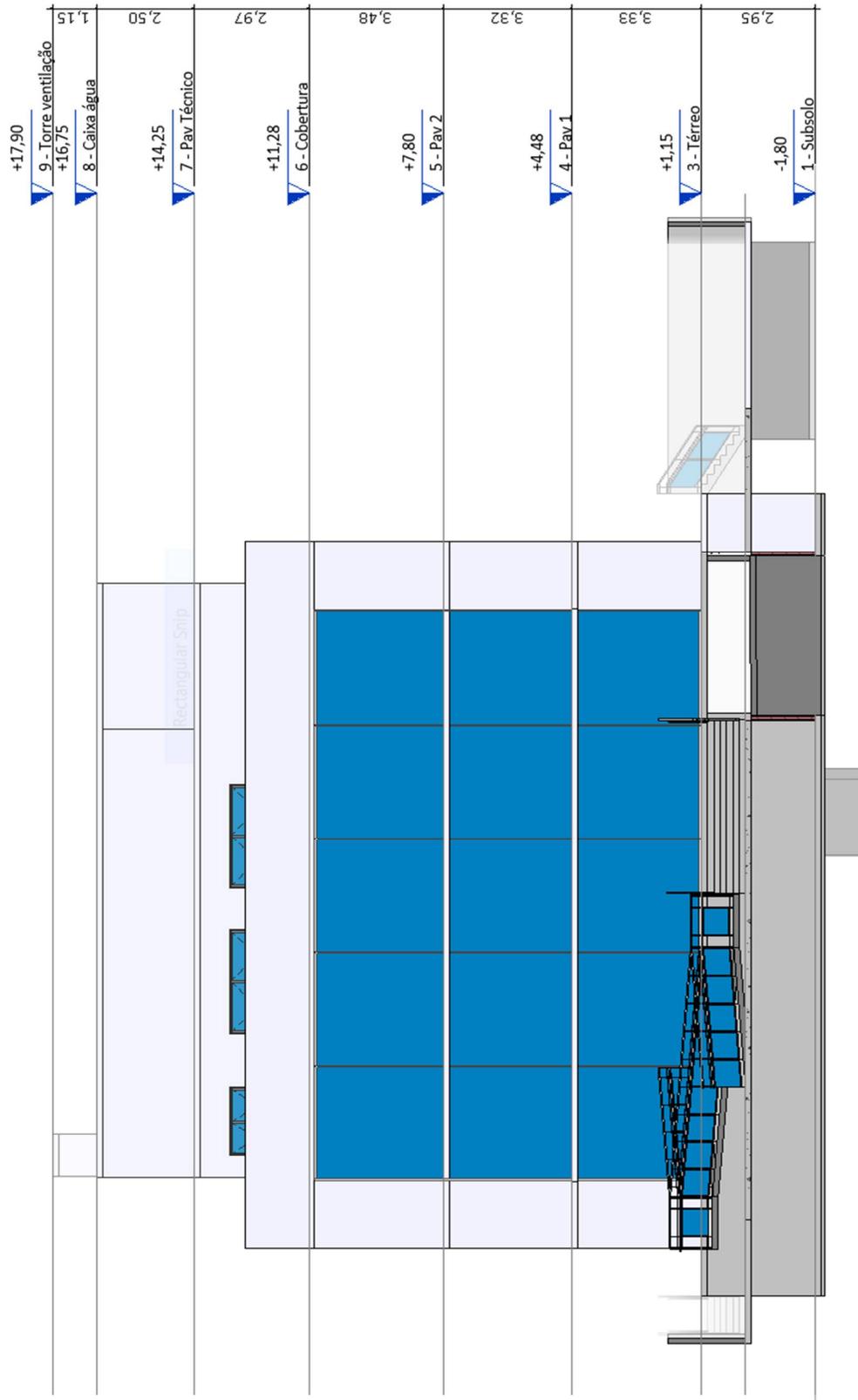
A modelagem computacional da arquitetura foi executada no *software* Revit 2020, desenvolvido pela Autodesk, Inc. A estrutura foi concebida com o auxílio do *software* CAD/TQS, produzido pela TQS Informática Ltda, aplicando as recomendações normativas prescritas pela ABNT NBR 6118 (2014). Todas as unidades de força estão em tf por limitação do programa. Ambos os programas apresentam a versão gratuita para estudantes e são compatíveis entre si.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

O edifício em análise refere-se ao Centro Integrado de Segurança Pública (CISP) construído em terreno de aproximadamente 750 m², localizado na Estrada Francisco da Cruz Nunes no bairro de Itaipu, Niterói. O projeto foi gentilmente cedido pela MP Engenharia, construtora do empreendimento. A área estruturada é de 2.068 m². Na Figura 7, pode-se visualizar a planta de situação do empreendimento. A edificação, com estrutura em concreto armado, é composta por um subsolo, quatro pavimentos de uso comum e um pavimento técnico, conforme mostra a fachada principal ilustrada na Figura 8.

As demais plantas arquitetônicas se encontram no Anexo A.

Figura 8 – Fachada principal do edifício.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

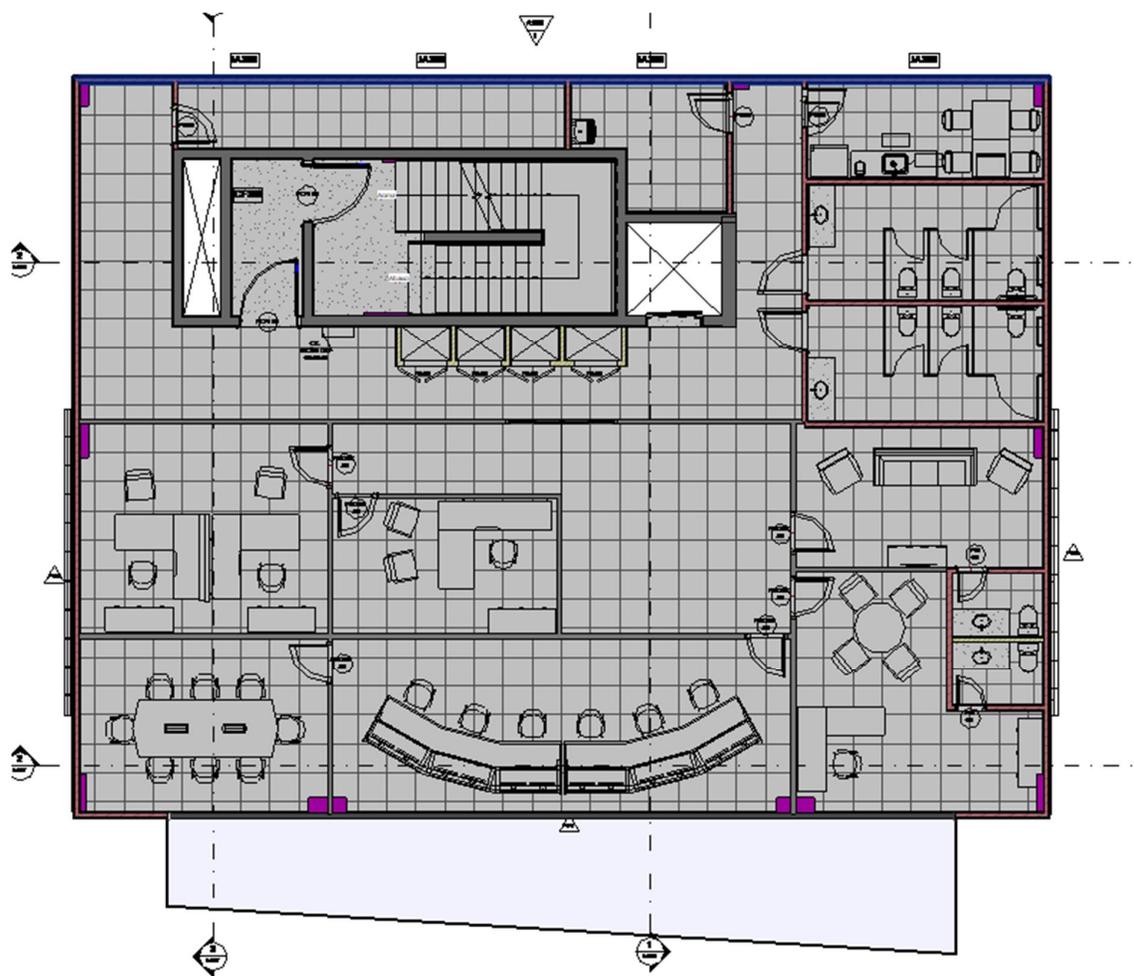
3.2 MODELAGEM ARQUITETÔNICA

De modo a possibilitar a visualização do modelo proposto em 3D, representou-se a arquitetura do empreendimento no programa Revit. Objetivou-se preparar o modelo para receber os elementos estruturais modelados com o software CAD/TQS.

O modelo no Revit foi desenvolvido a partir das plantas arquitetônicas já existentes disponibilizadas em arquivo digital com extensão em .dwg. Estas serviram de referência para a modelagem das pranchas de cada pavimento.

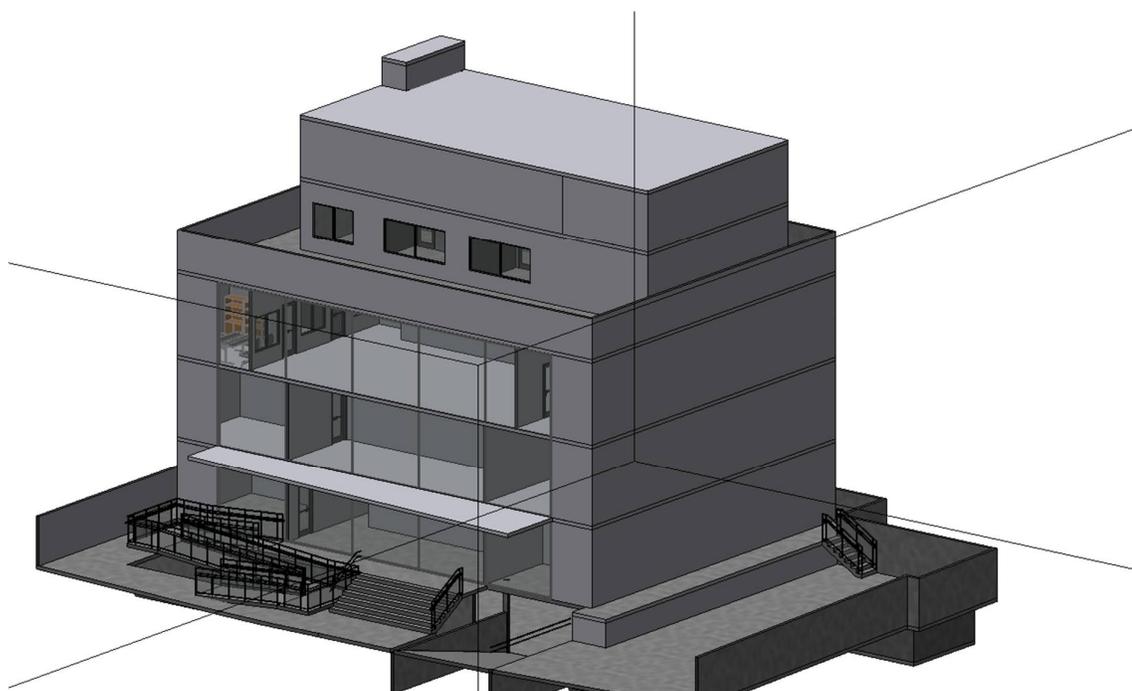
A Figura 9 ilustra o primeiro pavimento humanizado. A Figura 10 e a Figura 11 mostram a vista 3D da edificação e uma vista interna do segundo pavimento, respectivamente. A Figura 12 mostra outra vista em 3D do interior do segundo pavimento.

Figura 9 - Modelagem arquitetônica do primeiro pavimento.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 10 - Vista 3D do modelo arquitetônico.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 11 - Vista da sala de crise no segundo pavimento.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 12 - Vista da sala de inteligência no segundo pavimento.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

O Quadro 10 apresenta a área por pavimento e a área total da edificação.

Quadro 10 - Área por pavimento e a área total da edificação.

PAVIMENTO	ÁREA (m ²)
Subsolo	372
Térreo	394
Primeiro	357
Segundo	317
Cobertura	317
Técnico	153
TOTAL	1910

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

3.3 PROJETO ESTRUTURAL

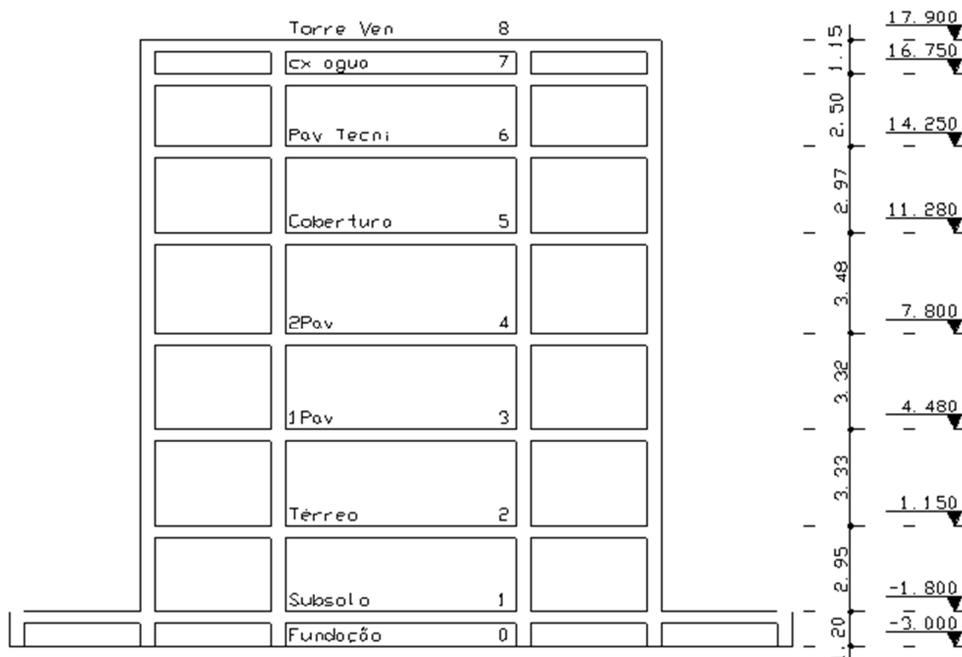
A estrutura é convencional em concreto armado, formada por lajes, vigas e pilares. Os vão máximo entre pilares é de aproximadamente 7,0 m. A resistência à compressão característica do concreto (f_{ck}) é de 30 MPa para todos os elementos estruturais. O concreto apresenta peso específico de 25 kN/m³. O aço é o CA-50, cuja tensão de escoamento característica (f_{yk}) é de 500 MPa.

O acesso ao pavimento térreo (+1,15) é feito pela rampa ou escada interna principal, tal como ilustrado na Figura 8 e na Figura 10. A entrada dos veículos no pavimento semienterrado é feita pela rampa frontal, localizada à direita da edificação. Um elevador e uma caixa de escada localizam-se na região central da edificação.

A concepção estrutural do edifício seguiu as referências normativas, proporcionando segurança e conforto ao usuário visando evitar o surgimento de patologias na edificação.

O projeto consiste em uma estrutura de cinco pavimentos com uma altura de 17,90 m sobre o nível do terreno e um subsolo posicionado a 1,80m abaixo do nível do terreno com pé direito de 2,95 m. O corte esquemático da planta pode ser observado na Figura 13.

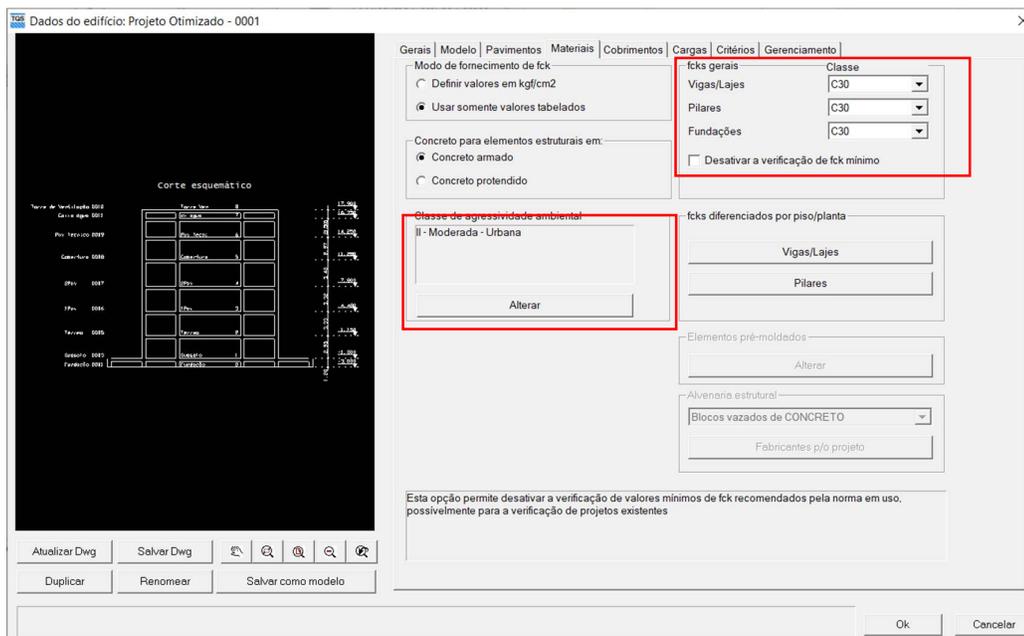
Figura 13 - Corte esquemático do edifício.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

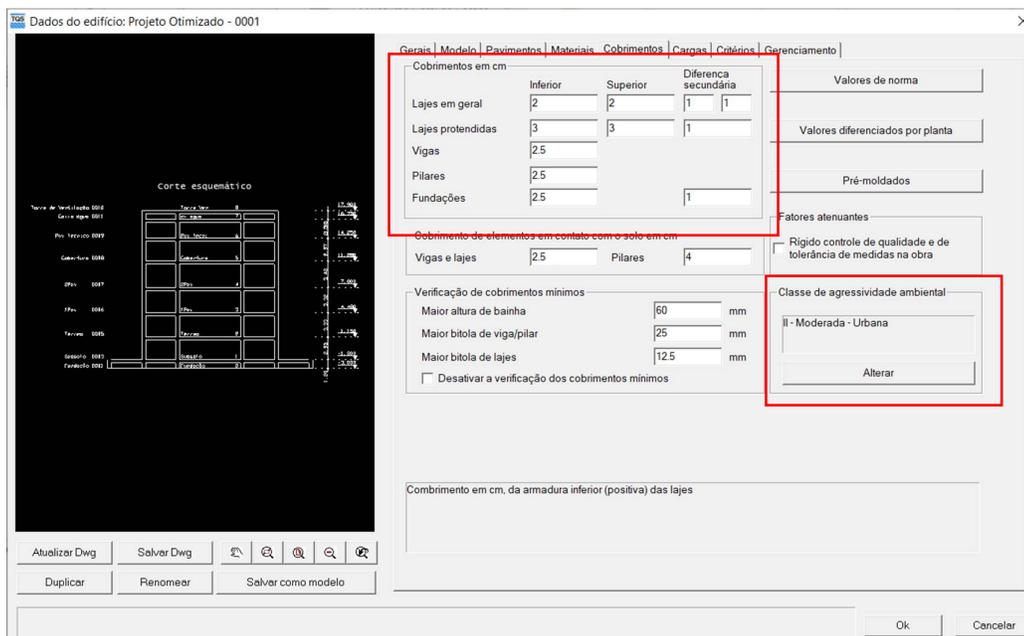
Como pode ser observado na Figura 14 e na Figura 15, foram inseridas a classe de agressividade ambiental da construção, a classe do concreto e os cobrimentos mínimos de cada elemento estrutural.

Figura 14 - Classe de agressividade ambiental e resistência do concreto.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 15 - Classe de agressividade ambiental e cobrimentos utilizados.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Inicialmente, foi realizado o pré-dimensionamento dos elementos estruturais do edifício com o objetivo de se obter um estudo preliminar da estrutura.

Para pré-dimensionar os pilares, fez-se a locação dos mesmos evitando vãos superiores a 7,0 m e locais que interferissem no projeto arquitetônico. Em seguida, foram obtidas as áreas de influência de cada pilar, como mostra a Tabela 1. Aplicou-se carregamento médio de 10,0 kN/m² que representa as cargas permanentes e acidentais. Assim, pôde-se estimar a força normal e a área de concreto da seção de cada pilar, necessária para suportar esse carregamento.

Tabela 1 - Pré-dimensionamento dos pilares.

ID	Área total (m ²)	Força normal (kN)	Área de concreto necessária (cm ²)	Seção adotada inicialmente	ID	Área total (m ²)	Força normal (kN)	Área de concreto necessária (cm ²)	Seção adotada inicialmente
P1	1,45	14,5	9,47	20x20cm	P25	32,3	323	211	20x20cm
P2	8,22	82,2	53,7	20x20cm	P26	96,0	960	627	40x20cm
P3	0,46	4,60	3,01	20x20cm	P27	88,5	885	578	40x20cm
P4	19,3	193	126	20x20cm	P28	38,2	382	250	20x20cm
P5	21,9	219	143	20x20cm	P29	46,2	462	302	20x20cm
P6	19,4	194	127	20x20cm	P30	56,7	567	371	20x20cm
P7	52,0	520	340	20x20cm	P31	79,8	798	521	40x20cm
P8	30,6	306	200	20x20cm	P32	73,7	737	481	40x20cm
P9	25,3	253	165	20x20cm	P33	55,7	557	364	20x20cm
P10	25,3	253	165	20x20cm	P34	46,5	465	304	20x20cm
P11	6,11	61,1	39,9	20x20cm	P35	18,6	186	121	20x20cm
P12	17,8	178	116	20x20cm	P36	58,3	583	381	20x20cm
P13	6,59	65,9	43,1	20x20cm	P37	118	1.184	774	40x20cm
P14	6,32	63,2	41,3	20x20cm	P38	92,3	923	603	40x20cm
P15	13,9	139	91,0	20x20cm	P39	131	1.310	856	50x20cm
P16	23,5	235	154	20x20cm	P40	56,4	564	368	20x20cm
P17	35,3	353	230	20x20cm	P41	31,2	312	204	20x20cm
P18	72,1	721	471	20x20cm	P42	60,7	607	397	20x20cm
P19	36,0	360	235	20x20cm	P43	59,5	595	389	20x20cm
P20	48,1	481	314	20x20cm	P44	57,5	575	376	20x20cm
P21	28,6	286	187	20x20cm	P45	21,0	210	137	20x20cm
P22	90,2	902	589	40x20cm	P46	0,60	6,00	3,92	20x20cm
P23	51,7	517	338	20x20cm	P47	0,60	6,00	3,92	20x20cm
P24	31,1	311	203	20x20cm					

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Segundo a ABNT NBR 6118 (2014), um pilar não pode apresentar área inferior a 360 cm² e não deve possuir dimensão inferior a 19,0 cm. É permitido o uso de pilares com dimensões entre 14,0 e 19,0 cm, desde que haja majoração dos esforços solicitantes pelo coeficiente adicional fornecido no Quadro 11.

Quadro 11 - Valores do coeficiente adicional em função de b .

b cm	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
onde $\gamma_n = 1,95 - 0,05 b$; b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm). NOTA O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento.						

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014).

As vigas, segundo a ABNT NBR 6118 (2014), não devem apresentar largura inferior a 12 cm, podendo ser reduzida ao valor mínimo de 10,0 cm, em casos excepcionais. Deve-se, portanto, alojar as armaduras, respeitando os cobrimentos e espaçamentos exigidos pela norma e realizar o lançamento e vibração do concreto. No estudo de caso, as vigas foram inseridas com largura de 14 cm e altura aproximada de 10% do comprimento do vão, adotando-se 25,0 cm como altura mínima de viga.

A ABNT NBR 6118 (2014) prescreve que, para lajes maciças em concreto armado, devem ser respeitadas as seguintes espessuras mínimas:

- a) 7,0 cm para cobertura não em balanço;
- b) 8,0 cm para lajes de piso não em balanço;
- c) 10,0 cm para lajes em balanço;
- d) 10,0 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 20,0 kN.

A espessura das lajes da estrutura em estudo foi definida com altura preliminar de 12,0 cm.

Após a modelagem inicial e com os elementos estruturais pré-dimensionados, foi realizado o cálculo das cargas permanentes a partir dos materiais de revestimento previstos no projeto, que variam de acordo com a utilização do espaço. Logo, foram realizados cálculos com diferentes revestimentos e foi estabelecido o maior valor para cada pavimento.

O CISP é um empreendimento altamente tecnológico e que necessitou de muitos cabos para alimentação de energia elétrica para os equipamentos que foram instalados. Para atender a essa questão, foram projetados pisos elevados para a passagem de cabos. Para efeitos de cálculo, o piso elevado foi considerado em toda a estrutura, com exceção das escadas, do pavimento técnico e das lajes sobre as caixas d'água. Na expressão 2, é apresentada a discriminação da sobrecarga permanente deste piso, que contempla sua estrutura, o revestimento de piso

emborrachado e 0,50 kN/m² que representa os cabos. Ao consultar os fornecedores, chegou-se ao valor de 0,40 kN/m² para a estrutura do piso e para o revestimento emborrachado, foi multiplicado o peso específico da borracha de 17,0 kN/m³, segundo a ABNT NBR 6120 (1980), por sua espessura de 2,0 cm

$$CP = \frac{0,40 \text{ kN}}{\text{m}^2} + 0,020\text{m} \times \frac{17\text{kN}}{\text{m}^3} + \frac{0,50 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 1,24\text{kN}/\text{m}^2 \quad (2)$$

Apesar do valor encontrado ser de 1,24 kN/m², foi considerada carga de 1,50 kN/m² como efeito desses elementos. No pavimento técnico, assim como na escada, há uma camada de concreto endurecedor com adição de fibra de aço, com 3,0 cm de espessura, chegando ao valor de 0,75 kN/m², no entanto, para efeito de cálculo, foi considerada sobrecarga permanente de 1,0 kN/m². Na laje superior ao pavimento técnico, existe uma camada de impermeabilização de manta asfáltica que pesa 0,03 kN/m², segundo os fabricantes, e a proteção mecânica dessa impermeabilização de 2,50 cm, em argamassa. O cálculo das sobrecargas permanentes que atuam sobre essa laje é mostrado a seguir:

$$\text{Impermeabilização} = \frac{0,03\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (3)$$

$$\text{Proteção da impermeabilização} = 2,5\text{cm} \times \frac{21\text{kN}}{\text{m}^3} = \frac{0,55\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (4)$$

$$\text{Total} = \frac{0,03\text{kN}}{\text{m}^2} + \frac{0,55\text{kN}}{\text{m}^2} \cong \frac{0,60\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (5)$$

A sobrecarga permanente contempla, também, a alvenaria. Na estrutura em estudo, existem três tipos diferentes de paredes e divisórias, dentre eles estão:

- Paredes de 15 cm de espessura em blocos de concreto de 9 cm;
- Paredes de 25 cm de espessura em blocos de concreto de 19 cm;
- Divisórias elaboradas com painéis de gesso acartonado, tipo *Drywall*, com espessura de 10 cm.

Segundo a ABNT NBR 6120 (1980), para a região onde há paredes divisórias cuja posição não esteja definida em projeto, é permitida a adição de uma sobrecarga uniforme mínima de 1,0 kN/m². Apesar das posições das divisórias já estarem determinadas em projeto, pode haver alterações futuras em suas posições. Por isso, adiciona-se essa carga de 1,0 kN/m² nessas regiões. Na Figura 16 e na Figura 17, é possível visualizar a adição dos carregamentos, em tf/m², no programa CAD/TQS.

Na Figura 16, é visto o carregamento sobre os espaços que possuem divisórias em *Drywall*, logo, foi adicionada uma sobrecarga de 1,0 kN/m² além da sobrecarga calculada de 1,50 kN/m², totalizando 2,50 kN/m². Como os dados são inseridos em tf/m², ao realizar a conversão, chega-se ao valor de 0,25 tf/m².

A Figura 17 mostra os carregamentos onde não há divisórias *Drywall*, logo, a sobrecarga permanente é de somente 1,50 kN/m². Após a conversão para tf/m², chega-se ao valor de 0,15 tf/m².

Ao lado das sobrecargas permanentes, vistas na Figura 16 e na Figura 17, é possível visualizar outra carga de 0,20 tf/m². Esse valor é referente à sobrecarga acidental do espaço que pode ser consultada no Quadro 12 e no Quadro 13.

Figura 16 - Carregamento de lajes com paredes divisórias.

The screenshot shows a software dialog box titled "Definição de carregamentos". On the left, a list box contains "COM DIV" which is selected. The main area has two tabs: "Numéricas" (selected) and "Alfanuméricas". Under "Carga distribuída por área", a dropdown menu shows "COM DIV" and a text field contains "0.25/0.20 : ED.COMERCIAL - C/DIVISÓRIAS". Below this, the "Carga distribuída linear:" section has two radio buttons: "P/unidade de comprimento" (selected) and "P/unidade de área mais altura de parede". The "Altura de parede" field is set to "0" with a unit of "m". A "Zerar" button and a file path "C:\TQS\Otimizado\TABCAR.DAT" are also visible. At the bottom, there are "Inserir" and "Apagar" buttons, a "Caso" dropdown menu set to "0001-TODAS - Todas permanentes e acidentais dos pavimentos", and "OK" and "Cancelar" buttons. A note at the bottom states: "Esta é a lista de tipos de cargas, que pode ser editada no gerenciador TQS Formas, através do comando 'Editar, Tipos de cargas'."

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 17 - Carregamento de lajes sem paredes divisórias.

The screenshot shows the same "Definição de carregamentos" dialog box, but with "SEM DIV" selected in the list box. The "Carga distribuída por área" dropdown menu shows "SEM DIV" and the text field contains "0.15/0.20 : ED.COMERCIAL- S/DIVISÓRIAS". The "Carga distribuída linear:" section has the same radio buttons and "Altura de parede" field set to "0" m. The "Zerar" button and file path "C:\TQS\Otimizado\TABCAR.DAT" are also visible. The "Caso" dropdown menu is set to "0001-TODAS - Todas permanentes e acidentais dos pavimentos". The "OK" and "Cancelar" buttons are at the bottom right. The note at the bottom is identical to the previous figure: "Esta é a lista de tipos de cargas, que pode ser editada no gerenciador TQS Formas, através do comando 'Editar, Tipos de cargas'."

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

As cargas provenientes das alvenarias em blocos de concreto foram calculadas linearmente de acordo com a sua largura e altura. O peso específico, de acordo com a ABNT NBR 6120 (1980), é de 22,0 kN/m³. Para blocos de largura de 9,0 cm e de 20,0 cm têm-se os valores de 0,20 e 0,44 tf/m², respectivamente. A altura das paredes foram inseridas diretamente no *software*, como pode ser visto na Figura 18 e na Figura 19.

Figura 18 - Carregamentos de paredes com blocos de concreto de 9 cm.

Definição de carregamentos

Caso/Carga

BCONC9 H3.36

Numéricas Alfanuméricas

Carga distribuída linear

BCONC9 0.20/0.00 : BLOCO DE CONCRETO 9CM

Carga distribuída linear:

P/unidade de comprimento

P/unidade de área mais altura de parede

Altura de parede

3.36 m

Zerar C:\TQS\Otimizado\TABCAR.DAT

Inserir Apagar Caso 0001- TODAS - Todas permanentes e acidentais dos pavimentos

Esta é a lista de tipos de cargas, que pode ser editada no gerenciador TQS Formas, através do comando "Editar, Tipos de cargas".

OK Cancelar

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 19 - Carregamentos de paredes com blocos de concreto de 20 cm.

Definição de carregamentos

Caso/Carga

BCONC20 H2.88

Numéricas Alfanuméricas

Carga distribuída linear

BCONC20 0.44/0.00 : BLOCO DE CONCRETO 20CM

Carga distribuída linear:

P/unidade de comprimento

P/unidade de área mais altura de parede

Altura de parede

2.88 m

Zerar C:\TQS\Otimizado\TABCAR.DAT

Inserir Apagar Caso 0001- TODAS - Todas permanentes e acidentais dos pavimentos

Esta é a lista de tipos de cargas, que pode ser editada no gerenciador TQS Formas, através do comando "Editar, Tipos de cargas".

OK Cancelar

Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Quadro 12 - Cargas acidentais mínimas.

		Unid.: kN/m ²	
Local		Carga	
1	Arquibancadas	4	
2	Balcões	Mesma carga da peça com a qual se comunicam e as previstas em 2.2.1.5	
3	Bancos	Escritórios e banheiros Salas de diretoria e de gerência	
4	Bibliotecas	Sala de leitura	2,5
		Sala para depósito de livros	4
		Sala com estantes de livros a ser determinada em cada caso ou 2,5 kN/m ² por metro de altura observado, porém o valor mínimo de	6
5	Casas de máquinas	(incluindo o peso das máquinas) a ser determinada em cada caso, porém com o valor mínimo de	7,5
6	Cinemas	Platéia com assentos fixos	3
		Estúdio e platéia com assentos móveis	4
		Banheiro	2
7	Clubes	Sala de refeições e de assembleia com assentos fixos	3
		Sala de assembleia com assentos móveis	4
		Salão de danças e salão de esportes	5
		Sala de bilhar e banheiro	2
8	Corredores	Com acesso ao público	3
		Sem acesso ao público	2
9	Cozinhas não residenciais	A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo de	3
10	Depósitos	A ser determinada em cada caso e na falta de valores experimentais conforme o indicado em 2.2.1.3	-
11	Edifícios residenciais	Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro	1,5
		Dispensa, área de serviço e lavanderia	2
12	Escadas	Com acesso ao público (ver 2.2.1.7)	3
		Sem acesso ao público	2,5
13	Escolas	Anfiteatro com assentos fixos	3
		Corredor e sala de aula	2
		Outras salas	2
14	Escritórios	Salas de uso geral e banheiro	2
15	Forros	Sem acesso a pessoas	0,5
16	Galerias de arte	A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo	3
17	Galerias de lojas	A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo	3
18	Garagens e estacionamentos	Para veículos de passageiros ou semelhantes com carga máxima de 25 kN por veículo. Valores de ϕ indicados em 2.2.1.6	3
19	Ginásios de esportes		5

Fonte: ABNT NBR 6120 (1980).

Quadro 13 - Cargas acidentais mínimas.

Local		Carga	
20	Hospitais	Dormitórios, enfermarias, sala de recuperação, sala de cirurgia, sala de raio X e banheiro	2
		Corredor	3
21	Laboratórios	Incluindo equipamentos, a ser determinado em cada caso, porém com o mínimo	3
22	Lavanderias	Incluindo equipamentos	3
23	Lojas		4
24	Restaurantes		3
25	Teatros	Palco	5
		Demais dependências: cargas iguais às especificadas para cinemas	-
26	Terraços	Sem acesso ao público	2
		Com acesso ao público	3
		Inacessível a pessoas	0,5
		Destinados a heliportos elevados: as cargas deverão ser fornecidas pelo órgão competente do Ministério da Aeronáutica	-
27	Vestibulo	Sem acesso ao público	1,5
		Com acesso ao público	3

Fonte: ABNT NBR 6120 (1980).

Com exceção das lajes sobre as duas caixas d'água, localizadas no pavimento técnico, todas as cargas acidentais utilizadas foram extraídas do Quadro 12 e do Quadro 13, respeitando o uso de cada ambiente.

Em relação às lajes sob as caixas d'água, a carga foi calculada para o pior caso, quando as caixas se encontram com todo seu volume ocupado. Seu cálculo pode ser visto na Equação 6, onde $\gamma_{\text{água}}$ é o peso específico da água.

$$CA = \gamma_{\text{água}} \times h = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 2,38 \text{ m} = 2,38 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (6)$$

Após a definição das cargas permanentes e acidentais que atuam sobre o edifício, foram definidos os critérios que determinam os esforços gerados pela força do vento. A norma brasileira que define os parâmetros a serem utilizados é a ABNT NBR 6123:1988.

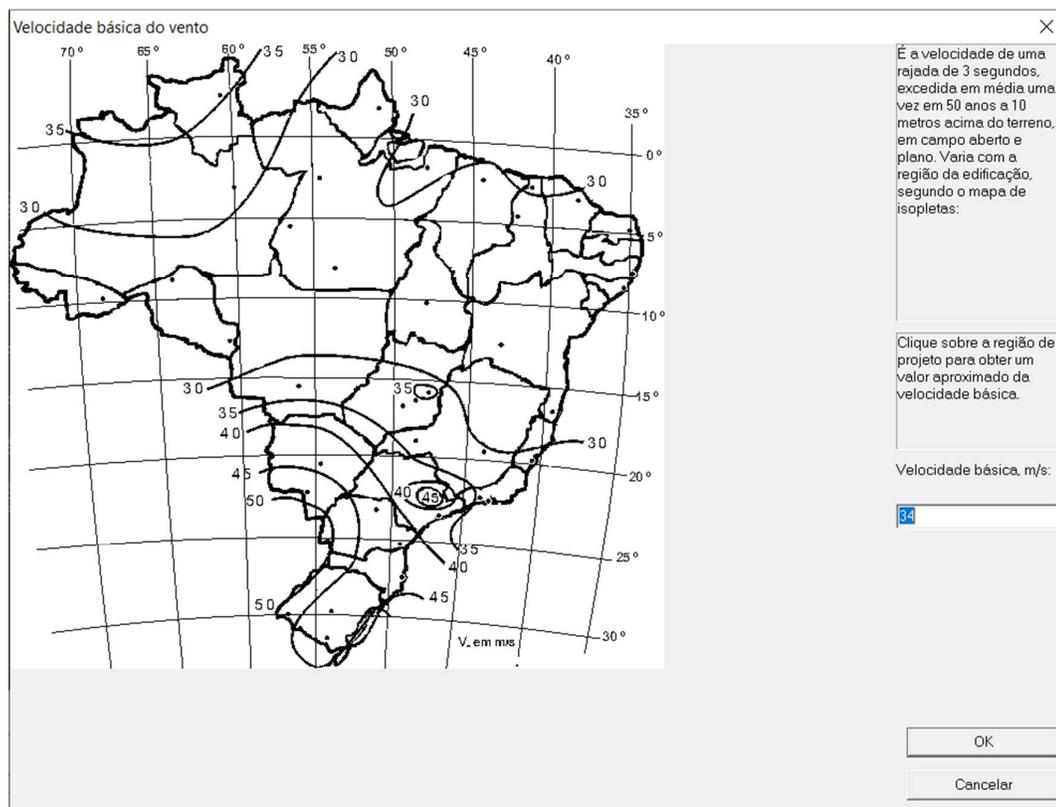
Segundo esta norma, os fatores que influenciam o cálculo dessas forças são a geometria do edifício e a região em que o mesmo se localiza.

A região da construção é importante para a análise, pois a partir dela é possível obter informações como a velocidade básica do vento, que é a velocidade de uma rajada de três segundos, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno em campo aberto e plano. O fator topográfico, a rugosidade do terreno também são informações que são extraídas de acordo com a localização do edifício.

A geometria do prédio determina como a ação do vento irá agir na estrutura. Suas dimensões são usadas em diversas equações para a obtenção dos esforços.

Da Figura 20 à Figura 24, é possível ver as informações inseridas no *software* de cálculo CAD/TQS para determinar os esforços gerados pela ação do vento.

Figura 20 - Velocidade básica do vento.



Fonte: Software CAD/TQS.

Figura 21 - Classe da edificação.

Classe da edificação

A - Maior dimensão horizontal ou vertical < 20 m

B - Maior dimensão horizontal ou vertical entre 20 e 50 m

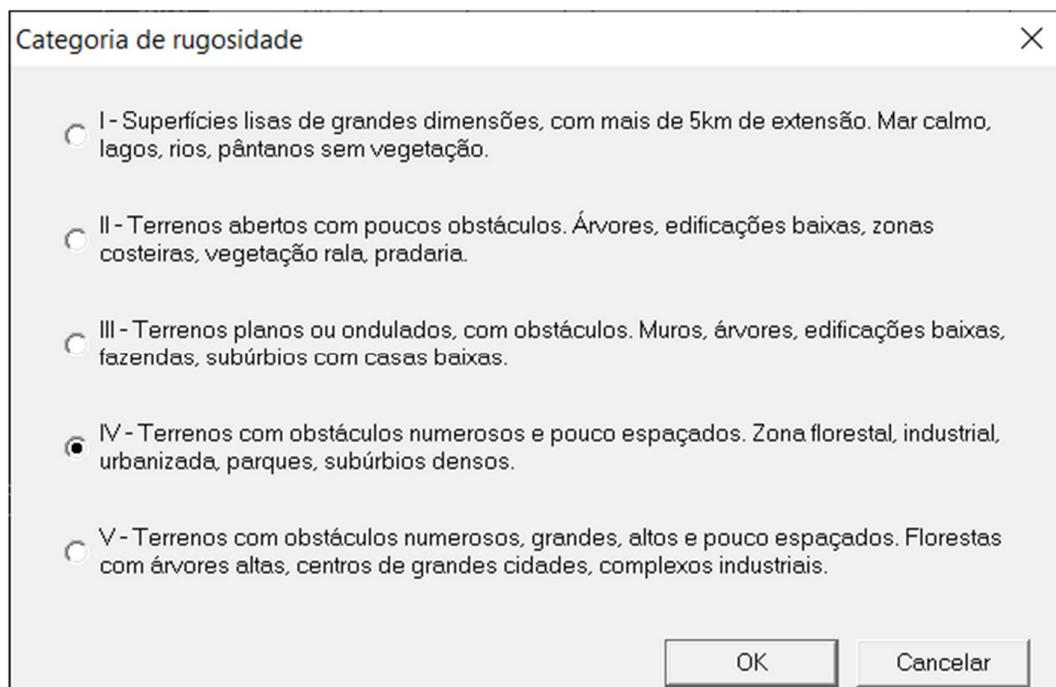
C - Maior dimensão horizontal ou vertical > 50 m

OK

Cancelar

Fonte: Software CAD/TQS.

Figura 22 - Categoria de rugosidade do terreno.



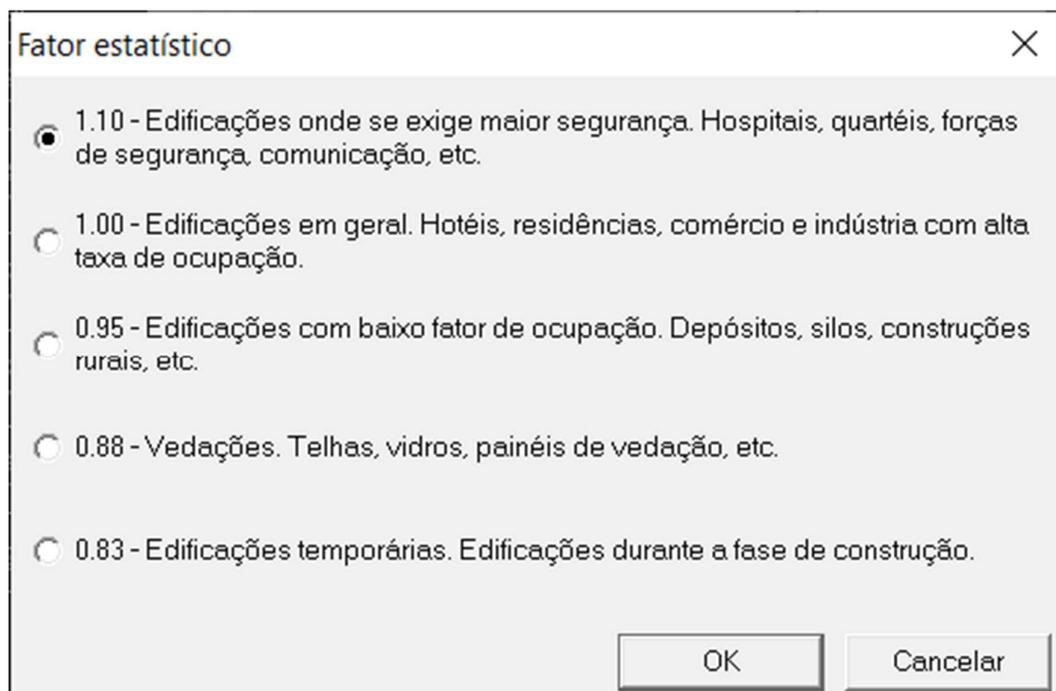
Categoria de rugosidade [X]

- I - Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão. Mar calmo, lagos, rios, pântanos sem vegetação.
- II - Terrenos abertos com poucos obstáculos. Árvores, edificações baixas, zonas costeiras, vegetação rala, pradaria.
- III - Terrenos planos ou ondulados, com obstáculos. Muros, árvores, edificações baixas, fazendas, subúrbios com casas baixas.
- IV - Terrenos com obstáculos numerosos e pouco espaçados. Zona florestal, industrial, urbanizada, parques, subúrbios densos.
- V - Terrenos com obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. Florestas com árvores altas, centros de grandes cidades, complexos industriais.

OK Cancelar

Fonte: Software CAD/TQS.

Figura 23 - Fator estático do edifício.



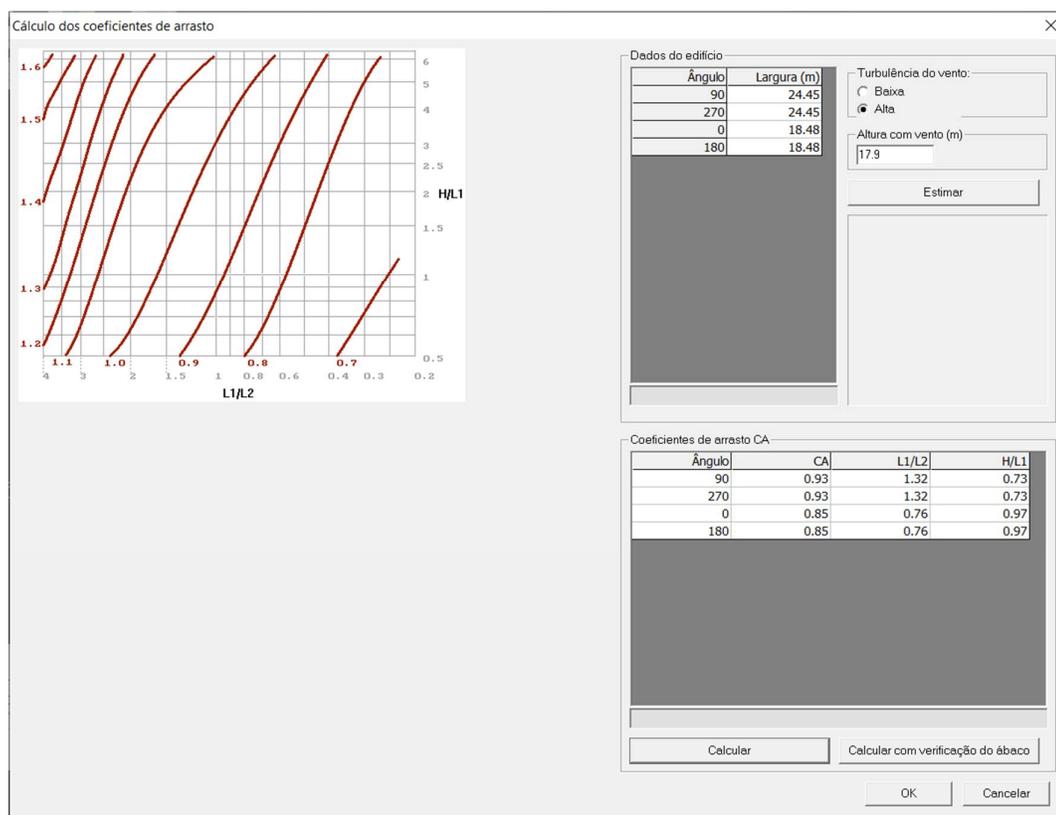
Fator estatístico [X]

- 1.10 - Edificações onde se exige maior segurança. Hospitais, quartéis, forças de segurança, comunicação, etc.
- 1.00 - Edificações em geral. Hotéis, residências, comércio e indústria com alta taxa de ocupação.
- 0.95 - Edificações com baixo fator de ocupação. Depósitos, silos, construções rurais, etc.
- 0.88 - Vedações. Telhas, vidros, painéis de vedação, etc.
- 0.83 - Edificações temporárias. Edificações durante a fase de construção.

OK Cancelar

Fonte: Software CAD/TQS.

Figura 24 - Coeficiente de arrasto.



Fonte: Software CAD/TQS.

Após inserir no programa todos os carregamentos que agem na estrutura, foram gerados relatórios e modelos para verificar a consistência do projeto e, por meio deles, extrair informações para identificar possíveis incompatibilidades com as normas vigentes.

No estudo de caso, foram realizadas diversas modificações ao longo da sua concepção até chegar ao modelo final. Foram verificadas a compatibilidade do modelo estrutural com o modelo arquitetônico, taxas de armaduras máximas e mínimas, tanto nos pilares como em vigas, verificação quanto à ruptura das bielas de compressão em vigas, quanto às deformações máximas em lajes e vigas, além da estabilidade global da estrutura.

Da Figura 25 à Figura 33, podem ser analisadas algumas das modificações e análises realizadas para que não houvesse incompatibilidades entre o modelo estrutural elaborado, as normas vigentes e o modelo arquitetônico.

A Figura 25 mostra a planta de forma do subsolo, onde foi necessário realizar a remoção de três pilares dos locais indicados com a justificativa de inviabilizar algumas vagas de garagem previstas na arquitetura.

Com a remoção dos pilares ilustrados na Figura 25, houve a necessidade de duas alterações diretamente ligadas a este fato. Primeiro, foi necessário criar três vigas de transição no pavimento térreo para suportar outros três pilares que nascem sobre elas. Além disso, alterou-se a geometria da seção de dois pilares localizados no subsolo afim de reduzir as deformações dessas vigas, que estavam acima do permitido pelas normas vigentes. As vigas de transição e as alterações de geometria dos pilares podem ser vistos, respectivamente, na Figura 27 e na Figura 29.

Na Figura 26 e na Figura 28, é possível visualizar, na modelagem 3D, as mudanças citadas na Figura 25 e na Figura 27, respectivamente.

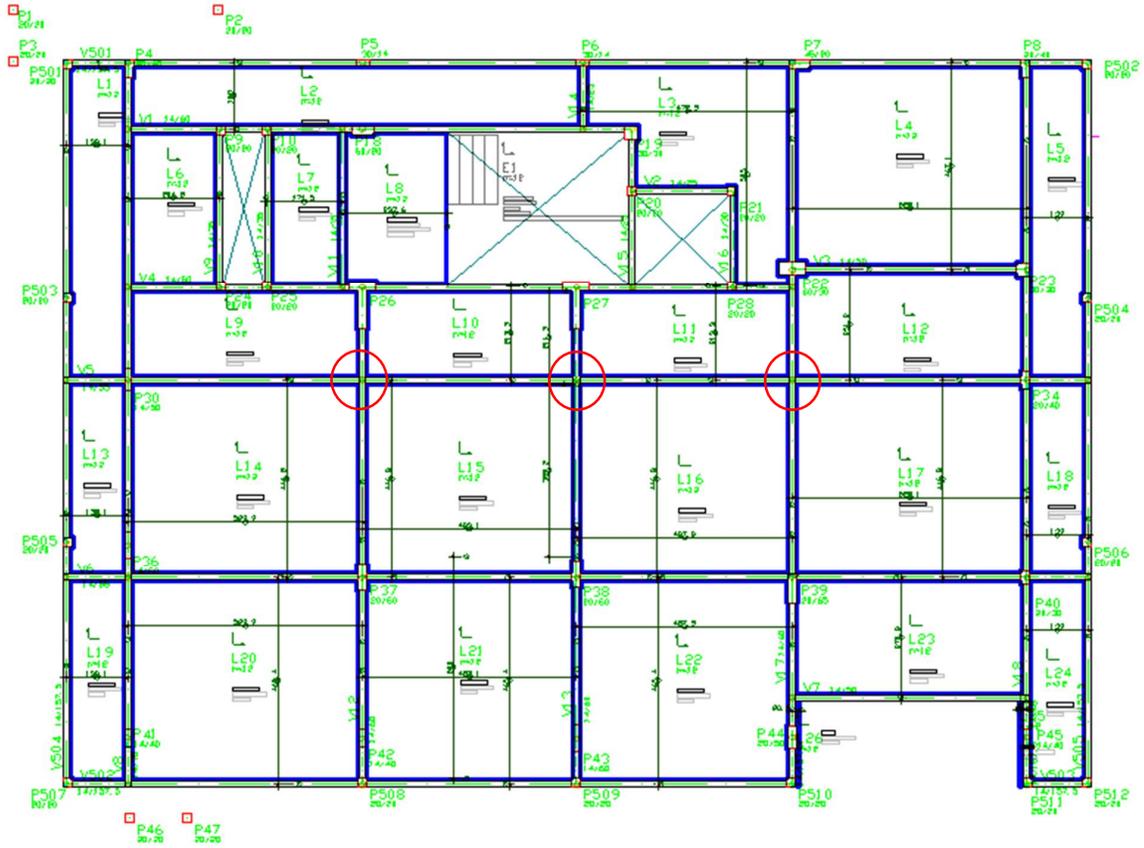
Na Figura 30 e na Figura 31 são apresentados os relatórios quanto ao dimensionamento dos pilares e vigas, respectivamente. Na Figura 30, consegue-se extrair as taxas de aço dos pilares, que tem o mínimo de 0,40% e o máximo de 8% estipulados pela ABNT NBR 6118 (2014). Como o relatório emitido pelo *software CAD/TQS* separa essas taxas por pavimento, para que não haja taxa superior a 8% na união entre dois pavimentos, foi considerado que o valor máximo em cada pavimento fosse de 4%. Foram promovidas alterações nas dimensões de alguns pilares que apresentaram taxas inferiores a 0,40% ou superiores a 4%.

Observa-se na Figura 31 que a força cortante solicitante de cálculo (V_{sd}) é inferior à força cortante resistente de cálculo (V_{rd2}). Caso contrário, haveria o rompimento das bielas de compressão, levando a estrutura ao colapso.

A Figura 32 mostra os deslocamentos do segundo pavimento da estrutura no ELS. Para se adequar às normas vigentes, os deslocamentos não devem ultrapassar os previstos no Quadro 4. Houve alguns deslocamentos excessivos e para solucionar essa questão, algumas alterações foram realizadas, como as seções dos pilares, citados na Figura 29, e na geometria das vigas.

A Figura 33 mostra o relatório de estabilidade global da estrutura onde os parâmetros que avaliam a estabilidade da estrutura em relação aos esforços gerados pelo vento, os coeficientes γ_z , para diferentes direções do vento, são inferiores à 1,10. Assim, a estrutura pode ser classificada como uma estrutura de nós fixos, dispensando os efeitos globais de 2ª ordem.

Figura 25 - Remoção de pilares nas áreas indicadas.



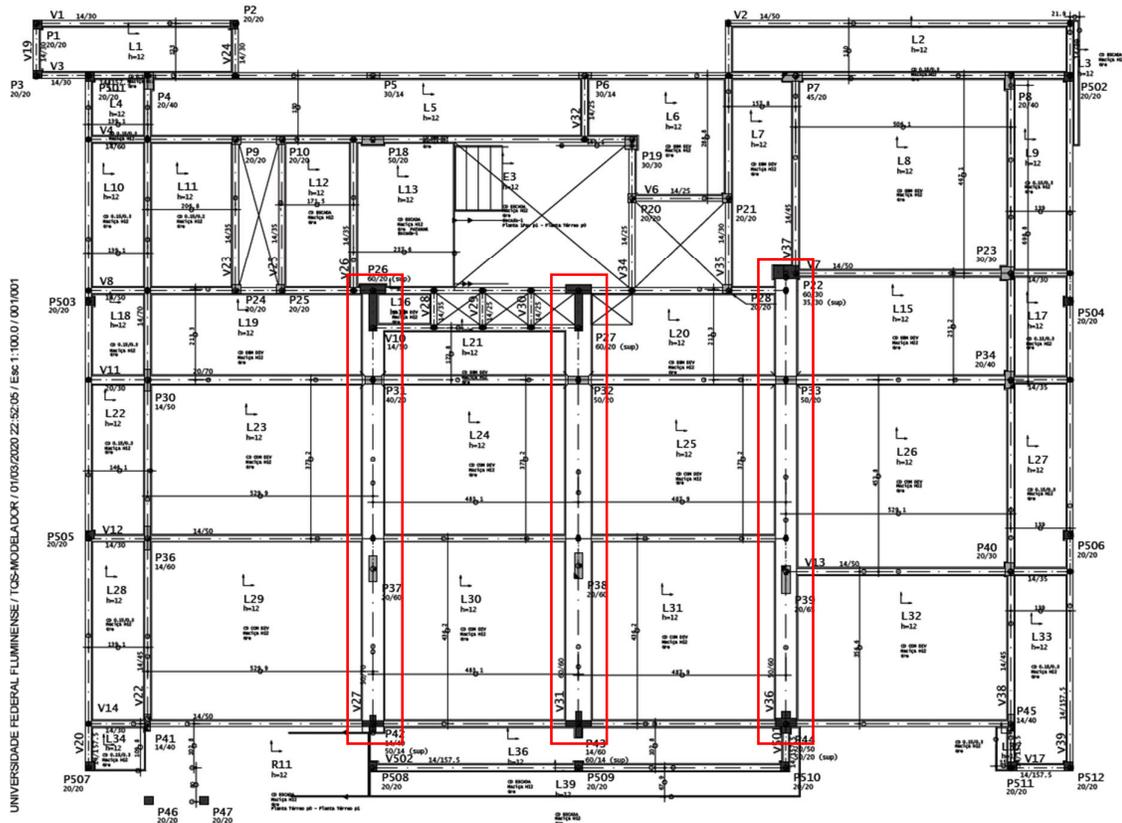
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 26 - Vista 3D do subsolo.



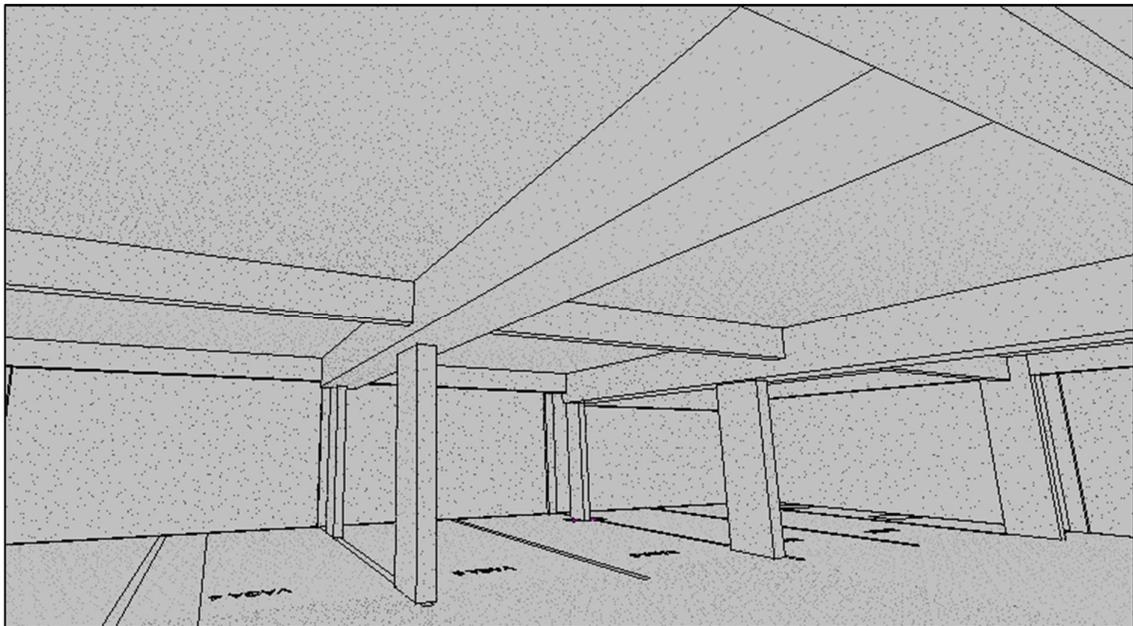
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 27 - Indicação das vigas de transição no térreo.



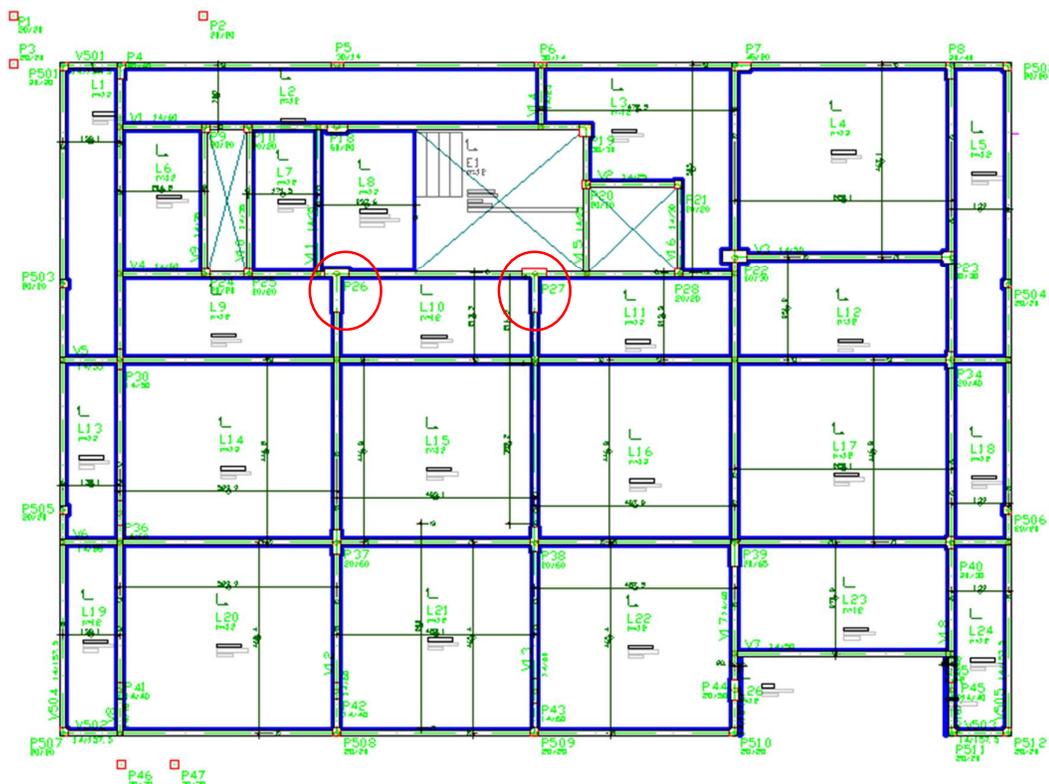
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 28 - Vista 3D do subsolo.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 29 - Alteração da geometria dos pilares indicados.



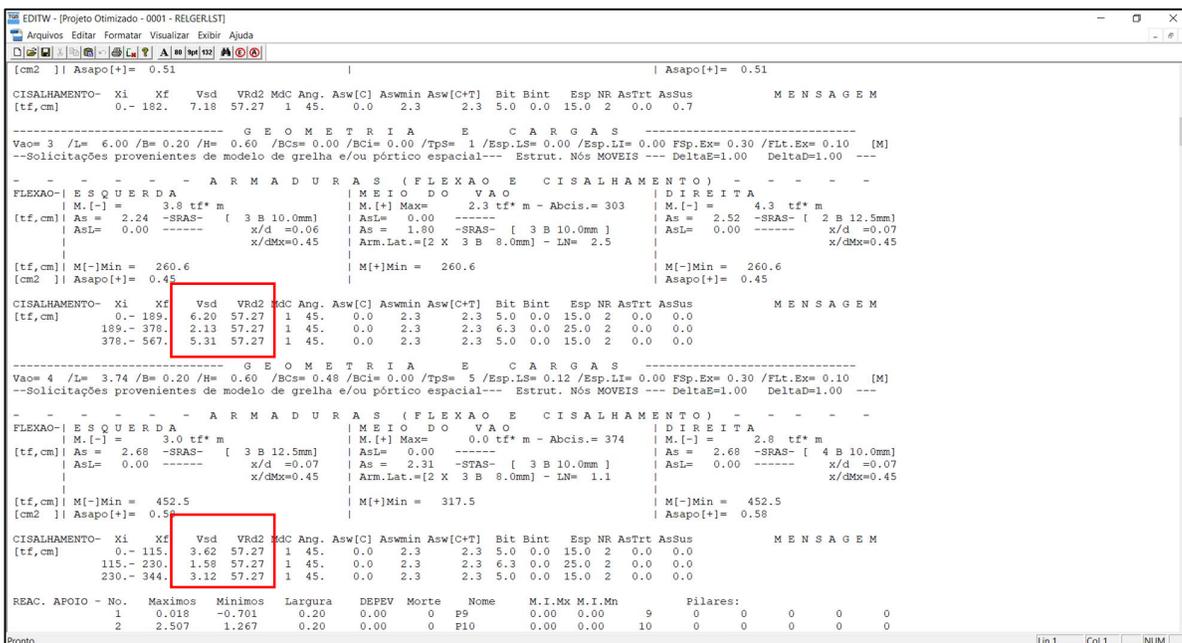
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 30 - Relatório emitido para verificação dos pilares.

EDITW - [Projeto Otimizado - 0001 - SELEC.LST]																	
Arquivos Editar Formatar Visualizar Exibir Ajuda																	
6 Pav Tecnic	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	11.3	52.	0.0527	ELOL KAPA	
5 Cobertura	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	25.8	60.	0.1205	ELOL KAPA	
4 2Pav	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	50.4	58.	0.2353	ELOL KAPA	
3 1Pav	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	73.0	58.	0.3405	ELOL KAPA	
2 Térreo	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	93.8	51.	0.4377	ELOL KAPA	
1 Subsolo	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	108.9	19.	0.5091	----	
PILAR: P22 num: 22 Lances: 1 à 5																	
Lance	Titulo	Seção [cm]	Área [cm2]	NFer	Bitola [mm]	PDD x y	As [cm2]	Taxa [%]	Estr [mm]	C/ [cm]	PP [cm]	fck [MPa]	Cobr [cm]	T	Lhd	Ni	2orDM
5	Cobertura	30. x 35.	1050.0	6	12.5	N N	7.4	0.70	6.3	15.0	N	30.0	2.5	150.0	38.	0.7002	ELOL KAPA
4	2Pav	30. x 35.	1050.0	6	16.0	N N	12.1	1.15	6.3	19.0	N	30.0	2.5	173.8	38.	0.8109	ELOL KAPA
3	1Pav	30. x 35.	1050.0	8	20.0	N N	25.1	2.39	6.3	20.0	N	30.0	2.5	197.7	38.	0.9226	ELOL KAPA
2	Térreo	30. x 60.	1800.0	12	16.0	N N	24.1	1.34	6.3	19.0	N	30.0	2.5	154.3	34.	0.7201	----
1	Subsolo	30. x 60.	1800.0	12	16.0	N N	24.1	1.34	6.3	19.0	N	30.0	2.5	167.3	10.	0.7808	----
PILAR: P23 num: 23 Lances: 1 à 5																	
Lance	Titulo	Seção [cm]	Área [cm2]	NFer	Bitola [mm]	PDD x y	As [cm2]	Taxa [%]	Estr [mm]	C/ [cm]	PP [cm]	fck [MPa]	Cobr [cm]	T	Lhd	Ni	2orDM
5	Cobertura	30. x 30.	900.0	4	12.5	N N	4.9	0.55	6.3	15.0	N	30.0	2.5	47.4	40.	0.2210	ELOL KAPA
4	2Pav	30. x 30.	900.0	4	12.5	N N	4.9	0.55	6.3	15.0	N	30.0	2.5	66.2	38.	0.3090	ELOL KAPA
3	1Pav	30. x 30.	900.0	4	12.5	N N	4.9	0.55	6.3	15.0	N	30.0	2.5	84.2	38.	0.3930	ELOL KAPA
2	Térreo	30. x 30.	900.0	4	12.5	N N	4.9	0.55	6.3	15.0	N	30.0	2.5	107.9	34.	0.5037	----
1	Subsolo	30. x 30.	900.0	4	12.5	N N	4.9	0.55	6.3	15.0	N	30.0	2.5	121.1	11.	0.5653	----
PILAR: P24 num: 24 Lances: 1 à 8																	
Lance	Titulo	Seção [cm]	Área [cm2]	NFer	Bitola [mm]	PDD x y	As [cm2]	Taxa [%]	Estr [mm]	C/ [cm]	PP [cm]	fck [MPa]	Cobr [cm]	T	Lhd	Ni	2orDM
8	Torre Vent	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	2.1	22.	0.0100	----
7	cx agua	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	13.7	43.	0.0637	ELOL KAPA
6	Pav Tecnic	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	34.5	52.	0.1613	ELOL KAPA
5	Cobertura	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	73.0	60.	0.3406	ELOL KAPA
4	2Pav	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	103.9	58.	0.4850	ELOL KAPA
3	1Pav	20. x 20.	400.0	4	12.5	N N	4.9	1.23	6.3	15.0	N	30.0	2.5	129.3	58.	0.6036	ELOL KAPA
2	Térreo	20. x 20.	400.0	4	16.0	N N	8.0	2.01	6.3	19.0	N	30.0	2.5	158.6	51.	0.7401	ELOL KAPA
1	Subsolo	20. x 20.	400.0	4	16.0	N N	8.0	2.01	6.3	19.0	N	30.0	2.5	180.5	18.	0.8425	----
PILAR: P25 num: 25 Lances: 1 à 8																	
Lance	Titulo	Seção [cm]	Área [cm2]	NFer	Bitola [mm]	PDD x y	As [cm2]	Taxa [%]	Estr [mm]	C/ [cm]	PP [cm]	fck [MPa]	Cobr [cm]	T	Lhd	Ni	2orDM
8	Torre Vent	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	2.4	22.	0.0112	----
7	cx agua	20. x 20.	400.0	4	10.0	N N	3.1	0.79	5.0	12.0	N	30.0	2.5	12.8	43.	0.0597	----

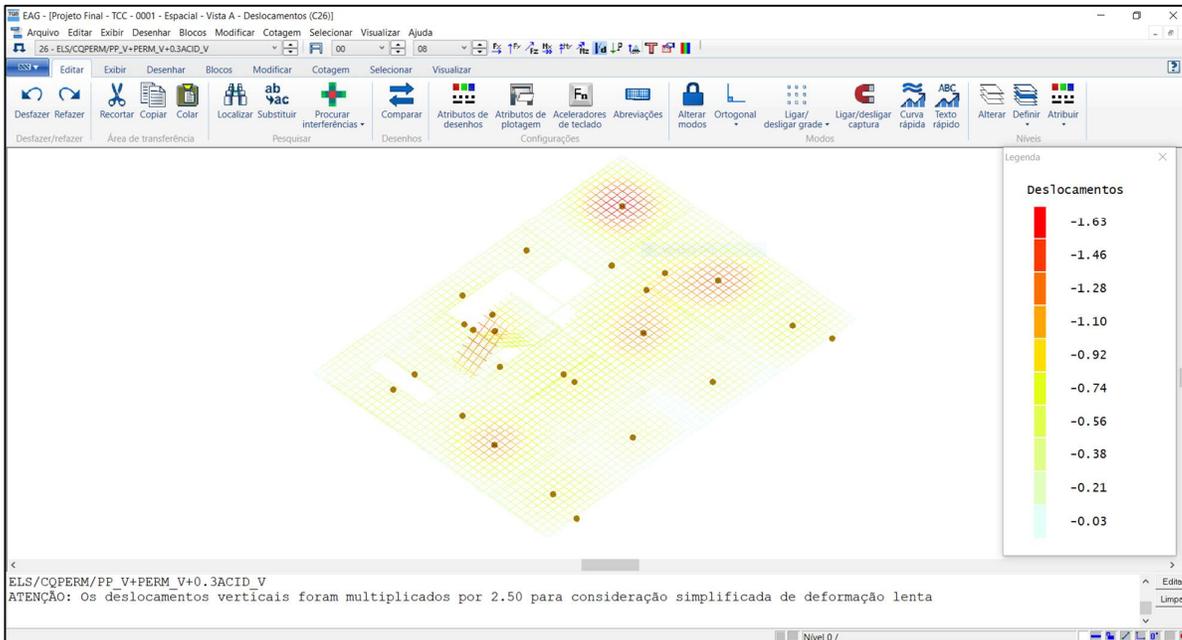
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 31 - Relatório emitido para verificação das vigas.



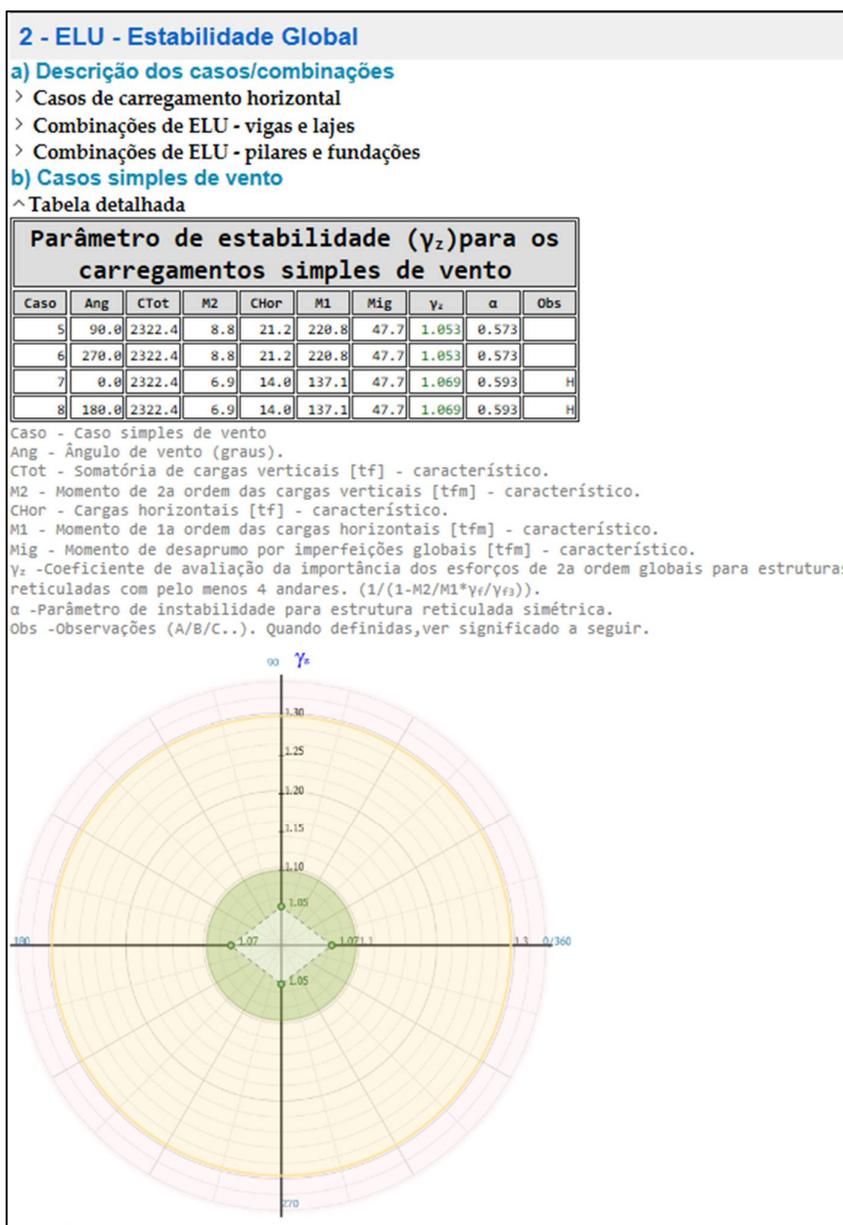
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 32 - Deslocamentos da estrutura no segundo pavimento.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 33 - Análise da Estabilidade global do edifício.

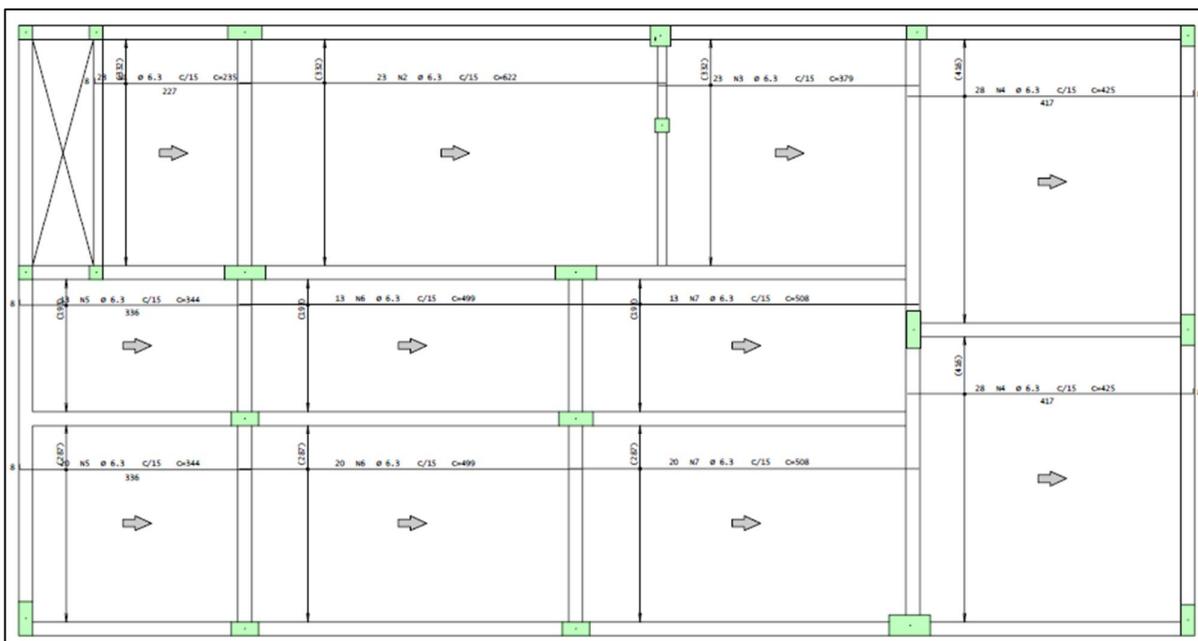


Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Após realizar todas as correções e o projeto não apresentar divergências às normas, foram gerados os detalhamentos dos elementos estruturais, como podem ser visualizados na Figura 34, na Figura 35 e na Figura 36.

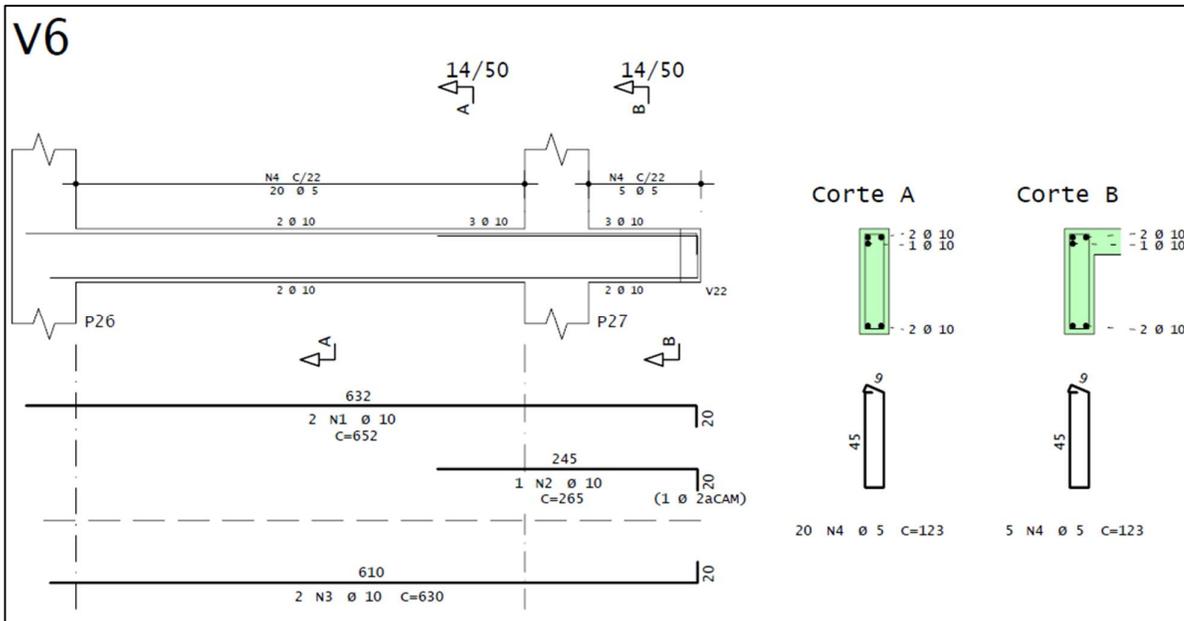
As plantas de formas estão apresentadas no ANEXO B.

Figura 34 - Detalhamento da armadura positiva das lajes do pavimento caixa d'água.



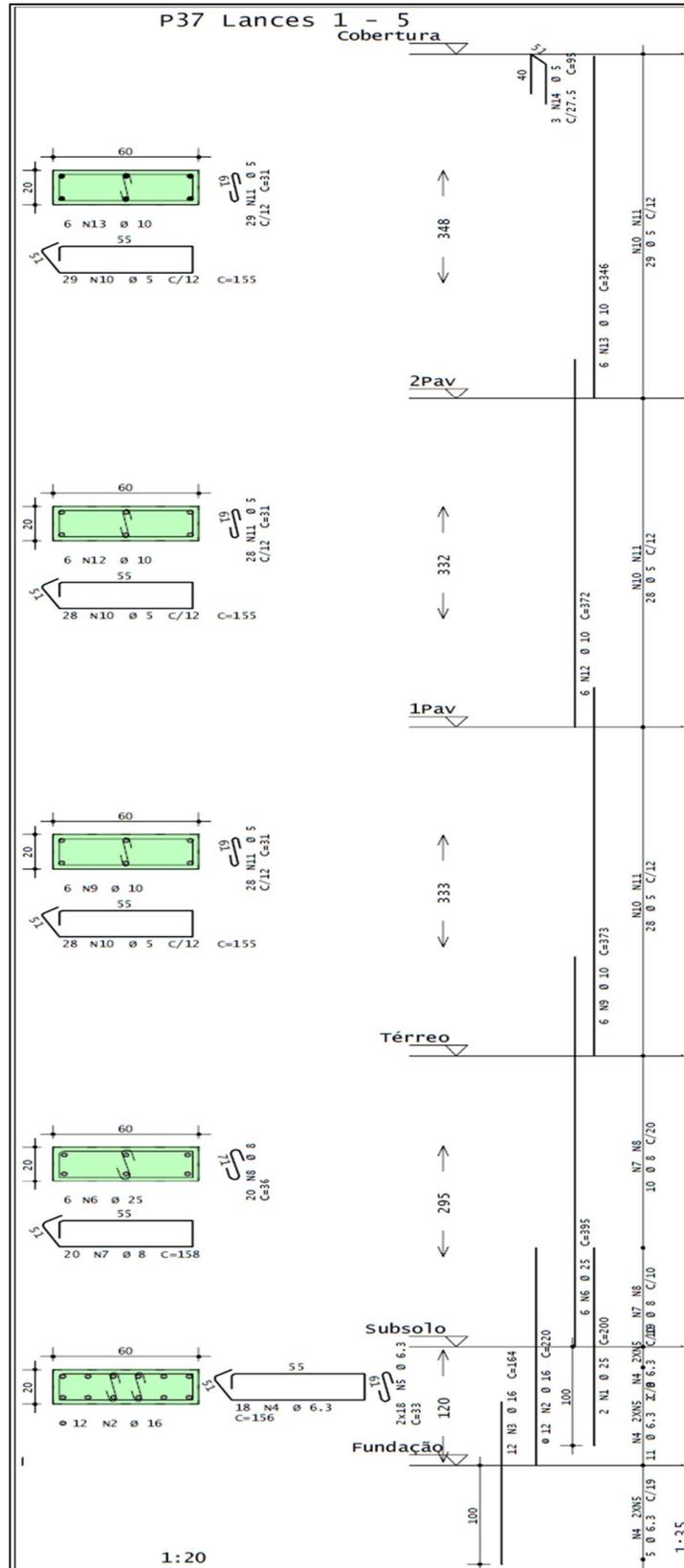
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 35 - Detalhamento das armaduras da viga V6 do pavimento cobertura.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 36 - Detalhamento do pilar P37.



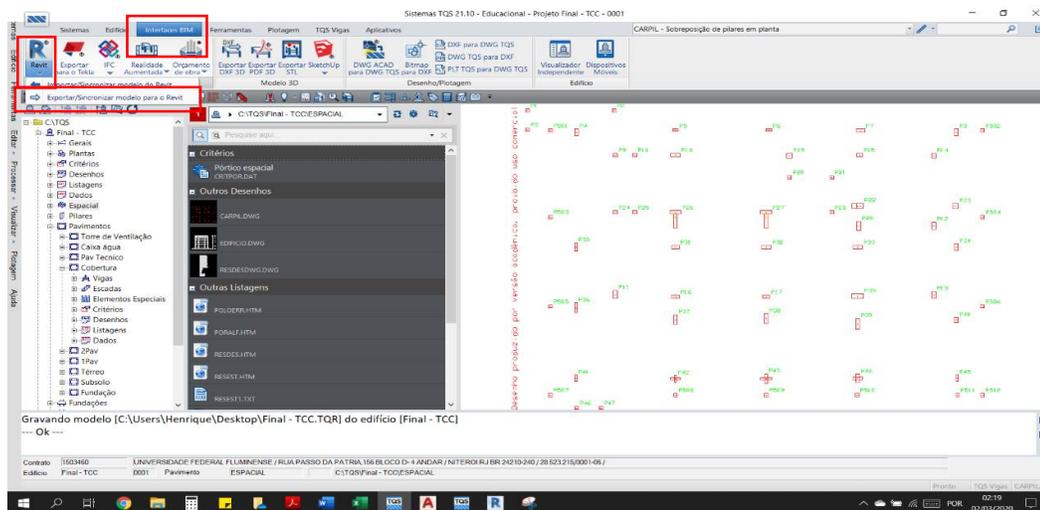
Fonte: Desenvolvida pelo autor.

3.4 COMPATIBILIZAÇÃO REVIT-TQS

Programas computacionais como o Revit e o CAD/TQS, por serem programas que trabalham na plataforma BIM, conseguem se conectar entre si. Essa conexão é realizada por meio de um *plug-in* no Revit, que realiza a importação dos elementos estruturais do CAD/TQS e viabiliza a visualização dos dois modelos em conjunto. O nível de detalhamento utilizado nos modelos é o ND 300.

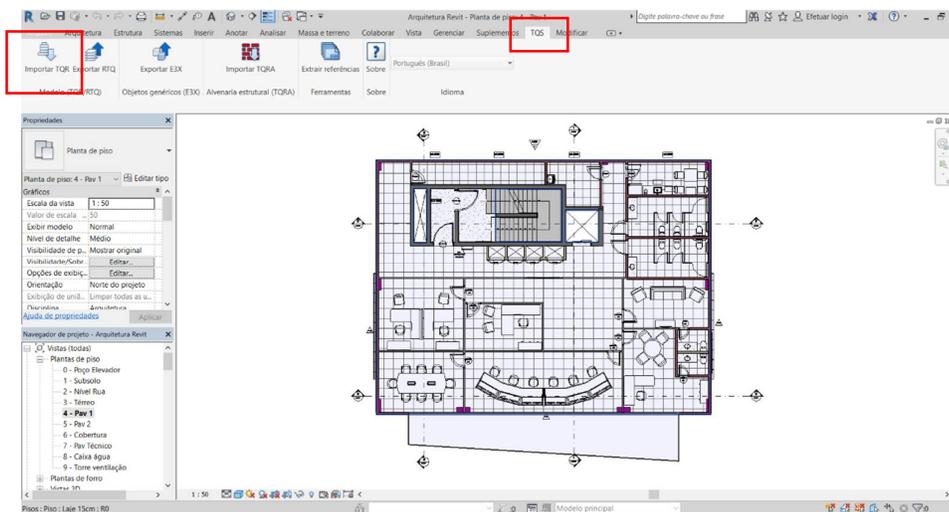
O processo de exportação do arquivo do CAD/TQS e sua importação no Revit podem ser visualizados na Figura 37 e na Figura 38.

Figura 37 - Exportação do modelo estrutural do software CAD/TQS para o Revit.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

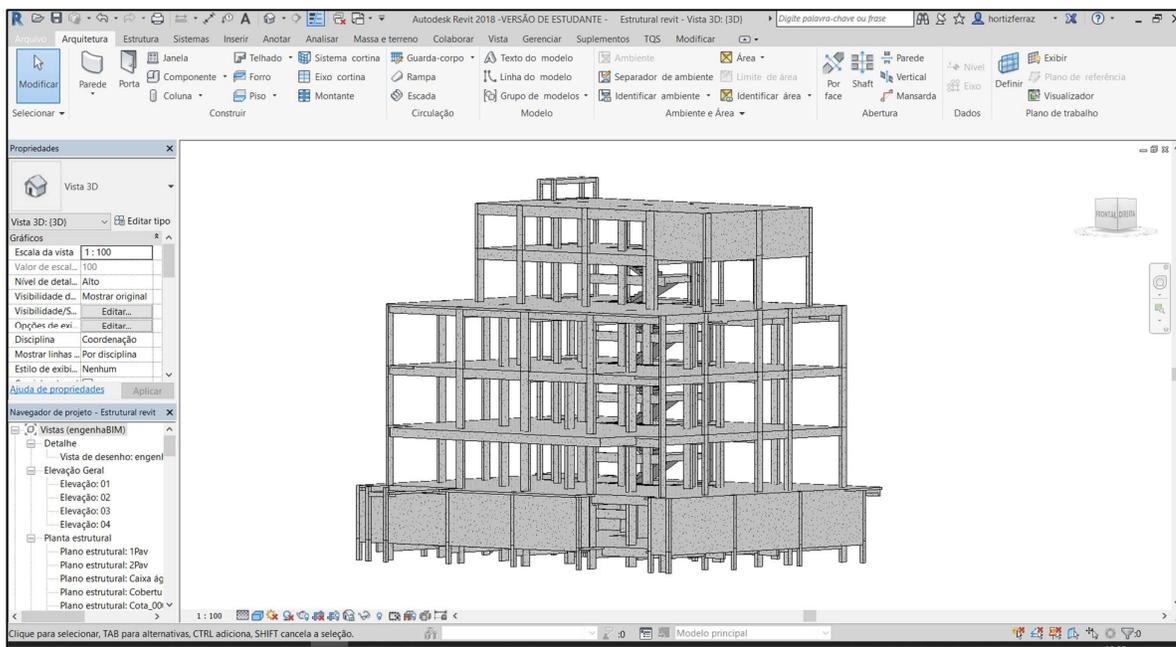
Figura 38 - Importação do modelo estrutural através do plugin do TQS no Revit.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Na Figura 39, é possível visualizar o projeto estrutural calculado pelo *software* CAD/TQS na interface do Revit, após a sua importação.

Figura 39 - Projeto estrutural importado pelo software Revit.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Realizada a importação, o arquivo contendo o modelo estrutural foi vinculado ao arquivo com o modelo arquitetônico, permitindo, assim, visualizar os dois modelos em conjunto, como mostram a Figura 40 e a Figura 41.

Figura 40 - Projeto estrutural e arquitetônico unidos.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

Figura 41 - Vista no interior do auditório no segundo pavimento após a inserção dos elementos estruturais.



Fonte: Desenvolvida pelo autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o uso de *softwares* para a realização de projetos estruturais implica em grande responsabilidade por parte do usuário, visto que é necessário conhecimento técnico prévio para definir os dados de entrada no programa e analisar os dados de saída.

O trabalho foi finalizado de forma satisfatória, executando os objetivos propostos ao realizar as modelagens em 3D da arquitetura e da estrutura, além da compatibilização dos modelos por meio da plataforma BIM.

De acordo com o estudo de caso executado neste trabalho, é possível concluir que a compatibilização dos modelos é necessária, trazendo economia e facilitando o planejamento de obra. A eficácia da modelagem em 3D em *softwares* da plataforma BIM abre portas para outras dimensões do BIM, como o planejamento de obra (4D) e a definição do custo do empreendimento (5D).

Como trabalhos futuros, sugere-se que sejam feitas as modelagens 3D dos projetos de instalações prediais utilizando *softwares* BIM, com o objetivo de efetuar a compatibilização dos projetos. Além disso, propõe-se desenvolver o orçamento do empreendimento, utilizando *softwares* da plataforma BIM.

5 BIBLIOGRAFIA

ANJOS, P. **O que é um projeto estrutural?** Disponível em: <<https://www.concretaconsultoria.com.br/single-post/2017/03/21/O-que-é-um-projeto-estrutural>>. Acesso em: 30 dez. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6120:1980 - Concreto Pré-moldado: Fundamentos e aplicações. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**, v. I, p. 1–30, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13532 - Elaboração de projetos de Arquitetura. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, p. 8, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, p. 18, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, p. 66, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, p. 256, 2014.

AZEVEDO, O. Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras. p. 114, 2009.

BALDISSERA, T. **Estados limites e combinações de ações**. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/multiplo-login?returnUrl=%2FArquivo%2F2085712%2Festados-limites-e-combinacoes-de-acoas>>. Acesso em: 3 jan. 2020.

BESSONI, A. **BIM e os níveis de desenvolvimento**. Disponível em: <<https://www.bimexperts.com.br/post/bim-e-os-niveis-de-desenvolvimento>>. Acesso em: 5 abr. 2020a.

BESSONI, A. **Integração Revit Structure-TQS**. Disponível em: <<https://www.bimexperts.com.br/post/integracao-revit-structure-tqs-2>>. Acesso em: 26 dez. 2019b.

BUBNIAK, T. **BIM promete economia de 20% na obra**. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/imoveis/bim-promete-economia-de-20-na-obra-c7hemf63ms2xhdptwdb1590em/>>. Acesso em: 22 dez. 2019.

CARDOSO, R. DO V. P. Projeto estrutural em concreto armado. p. 288, 2013.

DALDEGAN, E. **Projeto Estrutural: Fases do projeto e principais vantagens**. Disponível em: <<https://engenhariaconcreta.com/projeto-estrutural-fases-do-projeto-e-principais-vantagens/>>. Acesso em: 30 dez. 2019.

GAO, J.; FISCHER, M. CIFE CENTER FOR INTEGRATED FACILITY ENGINEERING Framework & Case Studies Comparing Implementations & Impacts of 3D/4D Modeling Across Projects. n. March, p. 113, 2008.

GODOY, M. **As 7 etapas de um projeto arquitetônico e porque elas são importantes para você**. Disponível em: <<https://mararquitectura.com.br/blog/etapas-de-um-projeto-arquitetonico>>. Acesso em: 30 dez. 2019.

HELM, J. **BIM: vantagens e características**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-49221/bim-vantagens-e-caracteristicas-eron-costin>>. Acesso em: 22 dez. 2019.

INSTITUTO BRAMANTE. **Conheça o software Revit Architecture**. Disponível em: <<https://www.institutobramante.com.br/conheca-o-software-revit-architecture/>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

REIS, C. **O Que É REVIT? Entenda a Definição e Suas Vantagens!** Disponível em: <<https://revitdozero.com.br/o-que-e-revit/>>. Acesso em: 23 dez. 2019.

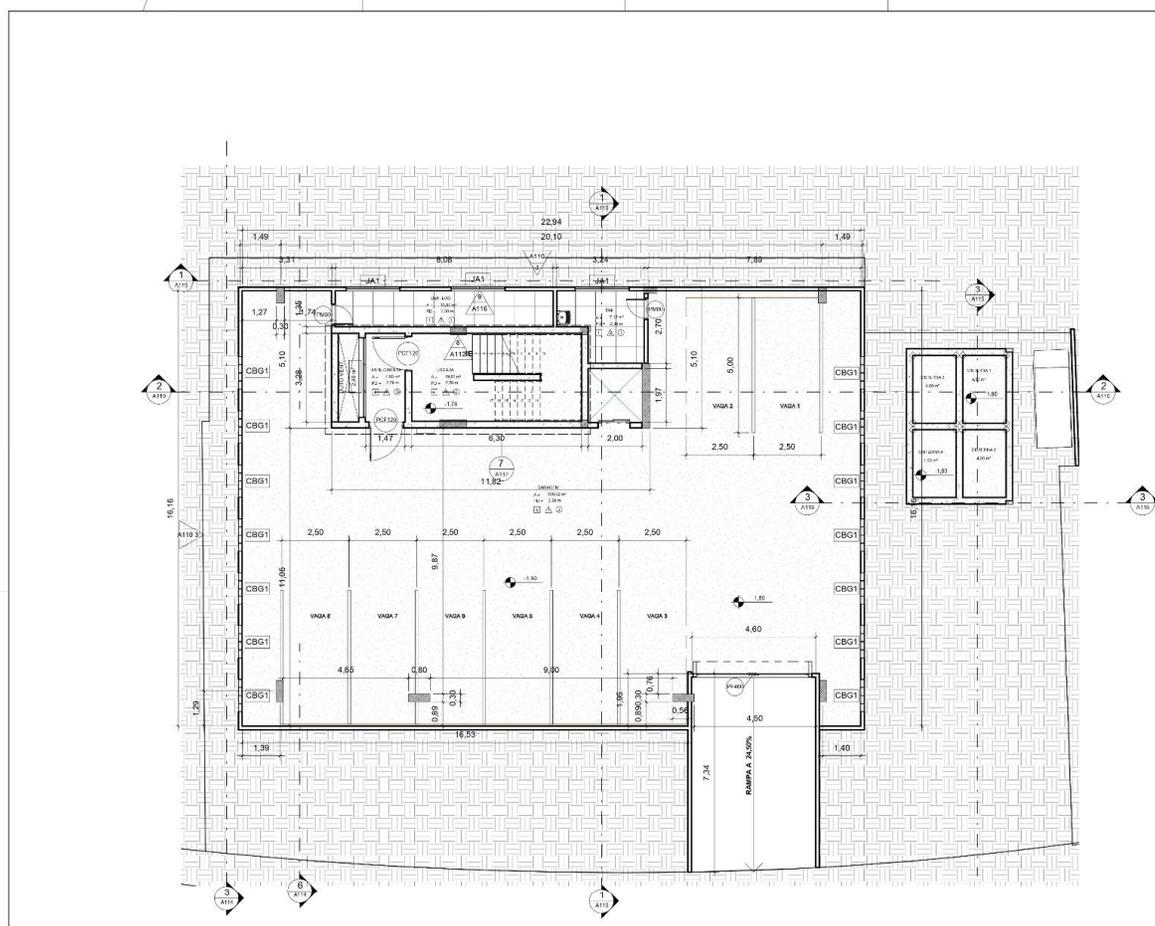
SALLES. O que é um projeto arquitetônico e para que serve. Disponível em: <<https://www.salles.imb.br/conteudo/307/o-que-e-projeto-arquitetonico>>. Acesso em: 28 dez. 2019.

TQS. O que é o sistema CAD/TQS? Pra quê ele serve? Disponível em: <<https://www.tqs.com.br/conheca-os-sistemas-cadtqs/visao-geral/sobre-o-sistema-cadtqs>>. Acesso em: 26 dez. 2019.

VIANA, D. Estados Limites ELU e ELS: aprenda a diferença! Disponível em: <<https://www.guiadaengenharia.com/estados-limites/>>. Acesso em: 2 jan. 2020.

6 ANEXOS

6.1 ANEXO A - PLANTAS ARQUITETÔNICOS

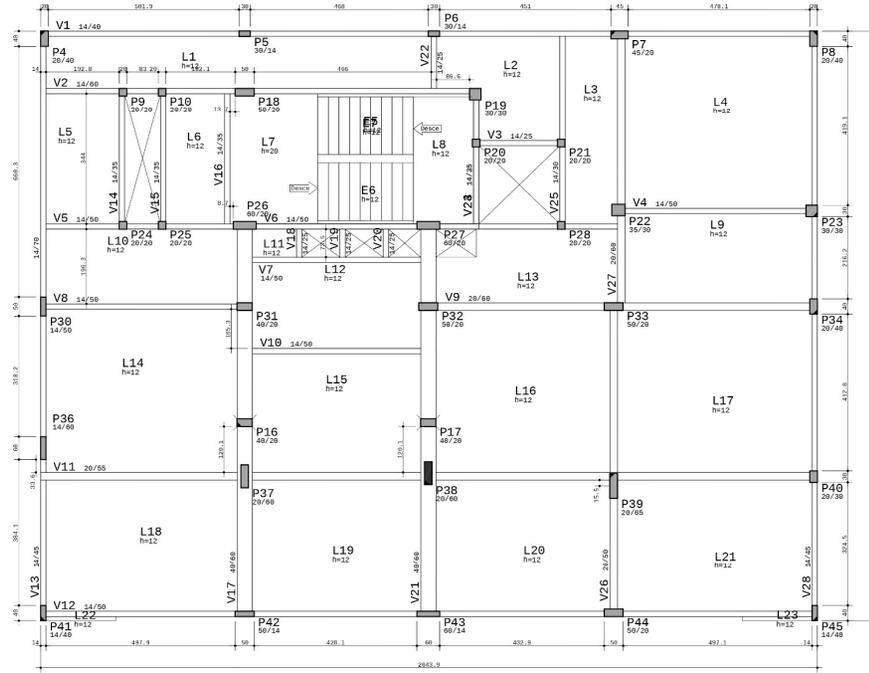


1 PLANTA - SUBSOLO

PROJETO DE OBRAS DE REFORMA E AMPLIAÇÃO DE OBRAS									
Quantidade	Descrição	Unidade	Valor	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total
1	Reforma completa de 100 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	148,00	148,00	148,00	148,00	148,00	148,00
2	Reforma de 50 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	74,00	74,00	74,00	74,00	74,00	74,00
3	Reforma de 25 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	37,00	37,00	37,00	37,00	37,00	37,00
4	Reforma de 12,5 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50
5	Reforma de 6,25 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	9,25	9,25	9,25	9,25	9,25	9,25
6	Reforma de 3,125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	4,625	4,625	4,625	4,625	4,625	4,625
7	Reforma de 1,5625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	2,3125	2,3125	2,3125	2,3125	2,3125	2,3125
8	Reforma de 0,78125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	1,15625	1,15625	1,15625	1,15625	1,15625	1,15625
9	Reforma de 0,390625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,578125	0,578125	0,578125	0,578125	0,578125	0,578125
10	Reforma de 0,1953125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,2890625	0,2890625	0,2890625	0,2890625	0,2890625	0,2890625
11	Reforma de 0,09765625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,14453125	0,14453125	0,14453125	0,14453125	0,14453125	0,14453125
12	Reforma de 0,048828125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,072265625	0,072265625	0,072265625	0,072265625	0,072265625	0,072265625
13	Reforma de 0,0244140625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,0361328125	0,0361328125	0,0361328125	0,0361328125	0,0361328125	0,0361328125
14	Reforma de 0,01220703125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,01806640625	0,01806640625	0,01806640625	0,01806640625	0,01806640625	0,01806640625
15	Reforma de 0,006103515625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,009033203125	0,009033203125	0,009033203125	0,009033203125	0,009033203125	0,009033203125
16	Reforma de 0,0030517578125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,0045166015625	0,0045166015625	0,0045166015625	0,0045166015625	0,0045166015625	0,0045166015625
17	Reforma de 0,00152587890625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,00225830078125	0,00225830078125	0,00225830078125	0,00225830078125	0,00225830078125	0,00225830078125
18	Reforma de 0,000762939453125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,001129150390625	0,001129150390625	0,001129150390625	0,001129150390625	0,001129150390625	0,001129150390625
19	Reforma de 0,0003814697265625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,0005645751953125	0,0005645751953125	0,0005645751953125	0,0005645751953125	0,0005645751953125	0,0005645751953125
20	Reforma de 0,00019073486328125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,00028228759765625	0,00028228759765625	0,00028228759765625	0,00028228759765625	0,00028228759765625	0,00028228759765625
21	Reforma de 0,000095367431640625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,000141143798828125	0,000141143798828125	0,000141143798828125	0,000141143798828125	0,000141143798828125	0,000141143798828125
22	Reforma de 0,0000476837158203125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,0000705718994140625	0,0000705718994140625	0,0000705718994140625	0,0000705718994140625	0,0000705718994140625	0,0000705718994140625
23	Reforma de 0,00002384185791015625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,00003528594970703125	0,00003528594970703125	0,00003528594970703125	0,00003528594970703125	0,00003528594970703125	0,00003528594970703125
24	Reforma de 0,000011920928955078125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,000017642974853515625	0,000017642974853515625	0,000017642974853515625	0,000017642974853515625	0,000017642974853515625	0,000017642974853515625
25	Reforma de 0,0000059604644775390625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,0000088214874267578125	0,0000088214874267578125	0,0000088214874267578125	0,0000088214874267578125	0,0000088214874267578125	0,0000088214874267578125
26	Reforma de 0,00000298023223876953125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,00000441074371337890625	0,00000441074371337890625	0,00000441074371337890625	0,00000441074371337890625	0,00000441074371337890625	0,00000441074371337890625
27	Reforma de 0,000001490116119384765625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,000002205371856689453125	0,000002205371856689453125	0,000002205371856689453125	0,000002205371856689453125	0,000002205371856689453125	0,000002205371856689453125
28	Reforma de 0,0000007450580596923828125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,0000011026859283447265625	0,0000011026859283447265625	0,0000011026859283447265625	0,0000011026859283447265625	0,0000011026859283447265625	0,0000011026859283447265625
29	Reforma de 0,00000037252902984619140625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,00000055134296417236328125	0,00000055134296417236328125	0,00000055134296417236328125	0,00000055134296417236328125	0,00000055134296417236328125	0,00000055134296417236328125
30	Reforma de 0,000000186264514923095703125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,000000275671482086181640625	0,000000275671482086181640625	0,000000275671482086181640625	0,000000275671482086181640625	0,000000275671482086181640625	0,000000275671482086181640625
31	Reforma de 0,0000000931322574615478515625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,0000001378357410430908203125	0,0000001378357410430908203125	0,0000001378357410430908203125	0,0000001378357410430908203125	0,0000001378357410430908203125	0,0000001378357410430908203125
32	Reforma de 0,000000046566128730773928125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,00000006891787052154541015625	0,00000006891787052154541015625	0,00000006891787052154541015625	0,00000006891787052154541015625	0,00000006891787052154541015625	0,00000006891787052154541015625
33	Reforma de 0,0000000232830643653869640625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,000000034458935260772705078125	0,000000034458935260772705078125	0,000000034458935260772705078125	0,000000034458935260772705078125	0,000000034458935260772705078125	0,000000034458935260772705078125
34	Reforma de 0,00000001164153218269348203125 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,0000000172294676303863525390625	0,0000000172294676303863525390625	0,0000000172294676303863525390625	0,0000000172294676303863525390625	0,0000000172294676303863525390625	0,0000000172294676303863525390625
35	Reforma de 0,000000005820766091346741015625 m² de área coberta, incluindo: pintura, elétrica, hidráulica, gás, ar-condicionado, etc.	m²	148	0,00000000861473381519317626953125	0,000000008614				

6.2 ANEXO B - PLANTAS DE FORMA

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial

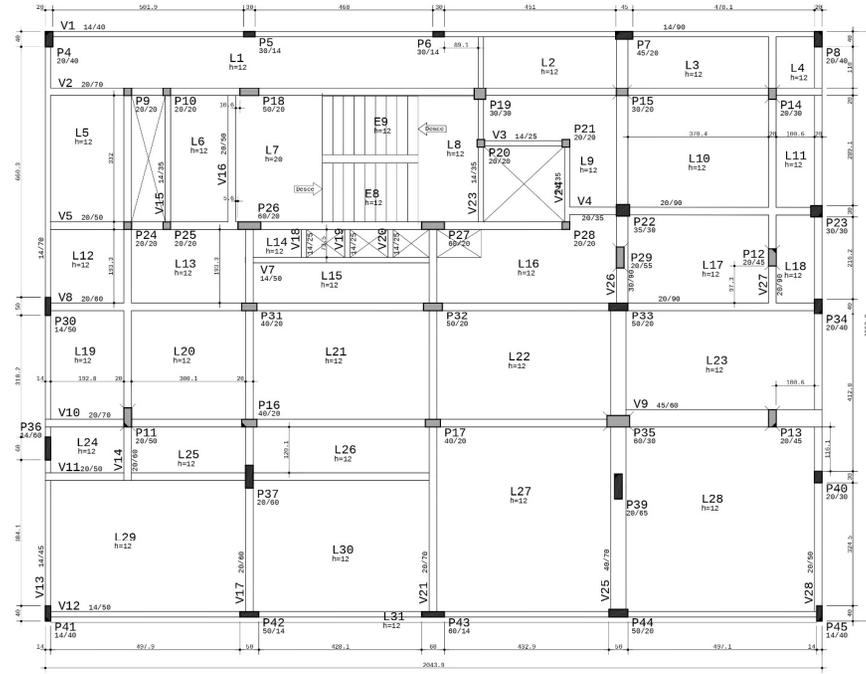


INFORMACÖES TÉCNICAS: TUBULARES 40x40x1,25mm; TUBULARES 40x40x1,25mm; TUBULARES 40x40x1,25mm; TUBULARES 40x40x1,25mm; TUBULARES 40x40x1,25mm

TQS Informática Ltda RUA PIMENTAS, 706 L77 - TEL: (011)3863 7777 - CEP: 05437-001 - SÃO PAULO	
CONCRETO TCC = 30 MPa	0001 00
TÍTULO TCC Planta de forma - 2 pavimento	010
DATA: 10/03/2020 ESCALA: 1:50 PROJETO: F30-TCC-000-000-000	00

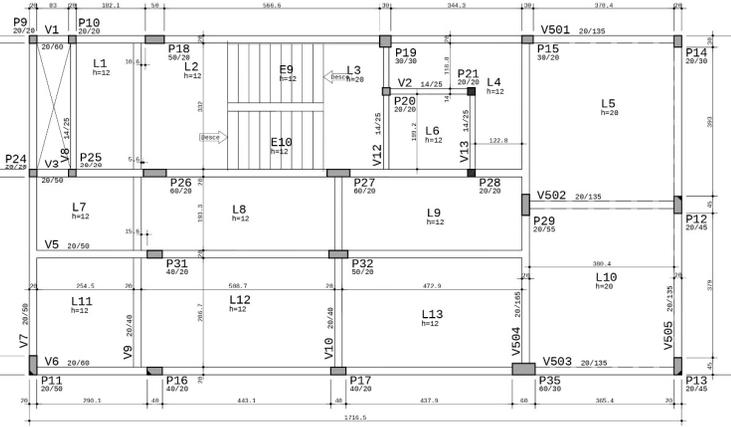
ESTUDO - NÃO EXECUTAR

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial
 Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial

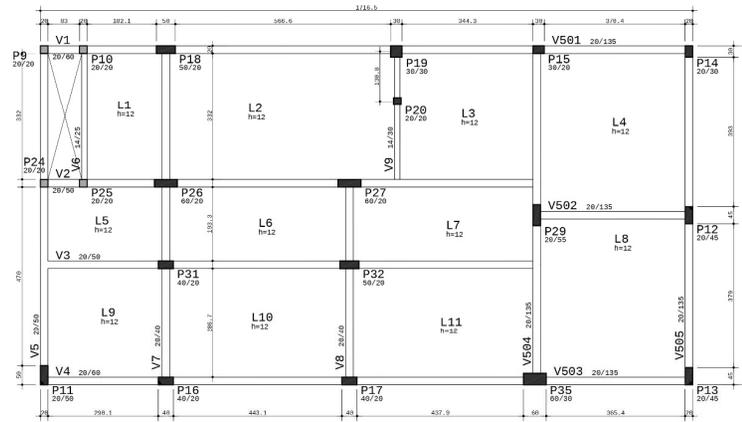


INFORMACOES TÉCNICAS: TUBERIAS: 1" - 1/2" - 1" - 3/4" - 3/8" - 1/2" - 1/4" - 1/8" - 1/16" - 1/32" - 1/64" - 1/128" - 1/256" - 1/512" - 1/1024" - 1/2048" - 1/4096" - 1/8192" - 1/16384" - 1/32768" - 1/65536" - 1/131072" - 1/262144" - 1/524288" - 1/1048576" - 1/2097152" - 1/4194304" - 1/8388608" - 1/16777216" - 1/33554432" - 1/67108864" - 1/134217728" - 1/268435456" - 1/536870912" - 1/1073741824" - 1/2147483648" - 1/4294967296" - 1/8589934592" - 1/17179869184" - 1/34359738368" - 1/68719476736" - 1/137438953472" - 1/274877906944" - 1/549755813888" - 1/1099511627776" - 1/2199023255552" - 1/4398046511104" - 1/8796093022208" - 1/17592186044416" - 1/35184372088832" - 1/70368744177664" - 1/140737488355328" - 1/281474976710656" - 1/562949953421312" - 1/1125899906842624" - 1/2251799813685248" - 1/4503599627370496" - 1/9007199254740992" - 1/18014398509481984" - 1/36028797018963968" - 1/72057594037927936" - 1/144115188075855872" - 1/288230376151711744" - 1/576460752303423488" - 1/1152921504606846976" - 1/2305843009213693952" - 1/4611686018427387904" - 1/9223372036854775808" - 1/18446744073709551616" - 1/36893488147419103232" - 1/73786976294838206464" - 1/147573952589676412928" - 1/295147905179352825856" - 1/590295810358705651712" - 1/1180591620717411303424" - 1/2361183241434822606848" - 1/4722366482869645213696" - 1/9444732965739290427392" - 1/18889465931478580854784" - 1/37778931862957161709568" - 1/75557863725914323419136" - 1/151115727451828646838272" - 1/302231454903657293676544" - 1/604462909807314587353088" - 1/1208925819614629174706176" - 1/2417851639229258349412352" - 1/4835703278458516698824704" - 1/9671406556917033397649408" - 1/19342813113834066795298816" - 1/38685626227668133590597632" - 1/77371252455336267181195264" - 1/15474250491067253436239136" - 1/30948500982134506872478272" - 1/61897001964269013744956544" - 1/123794003928538027489913088" - 1/247588007857076054979826176" - 1/495176015714152109959652352" - 1/990352031428304219919304704" - 1/198070406285660843983869440" - 1/396140812571321687967738880" - 1/792281625142643375935477760" - 1/1584563250293286751870955520" - 1/3169126500586573503741911040" - 1/6338253001173147007483822080" - 1/12676506002346294014967644160" - 1/25353012004692588029935288320" - 1/50706024009385176059870576640" - 1/101412048018770352119741153280" - 1/202824096037540704239482306560" - 1/405648192075081408478964613120" - 1/811296384150162816957929226240" - 1/1622592768300325633915858532480" - 1/3245185536600651267831717064960" - 1/6490371073201302535663434129920" - 1/12980742146026050711326868459840" - 1/25961484292052101422653736919680" - 1/51922968584104202845307473839360" - 1/10384593716820840569061494767840" - 1/20769187433641681138122989535680" - 1/41538374867283362276245979071360" - 1/83076749734566724552491958142720" - 1/166153499469133449104983916285440" - 1/332306998938266898209967825170880" - 1/664613997876533796419935650341760" - 1/1329227995753067592839871300683520" - 1/2658455991506135185679742601367040" - 1/5316911983012270371359484402734080" - 1/1063382396602454074271896880547840" - 1/2126764793204908148543793761095680" - 1/4253529586409816297087587522191360" - 1/8507059172819632594175175044382720" - 1/1701411834563926518835035008876480" - 1/3402823669127853037670070017752960" - 1/6805647338255706075340140035505920" - 1/13611294676511412150680280071011840" - 1/27222589353022824301360560142039040" - 1/54445178706045648602721120284078080" - 1/10889035741209129720544224056156160" - 1/21778071482418259441088448112312320" - 1/43556142964836518882177888224624640" - 1/87112285929673037764355776449249280" - 1/17422457189346075552871155299498560" - 1/34844914378692151105742310598997120" - 1/69689828757384302211484621197994240" - 1/13937965751476860442296924395988480" - 1/27875931502953720884593848791976960" - 1/55751863005907441769187697583953920" - 1/11150372601181488353837539516790720" - 1/22300745202362976707675079033581440" - 1/44601490404725953415350158067162880" - 1/89202980809451906830700316134325760" - 1/178405961618903813661406622268651520" - 1/356811923237807627322813244537303040" - 1/713623846475615254645626489074606080" - 1/1427247692951230509291252978149212160" - 1/2854495385902461018582505956298424320" - 1/5708990771804922037176511912596848640" - 1/11417981543609844074353023825193697280" - 1/22835963087219688148706047650387394560" - 1/45671926174439376297412095300774791040" - 1/91343852348878752594824190601549582080" - 1/18268770479775750518964838120309165120" - 1/36537540959551501037929676240618330240" - 1/73075081919103002075859352481236660480" - 1/146150163838206004151718704962473320960" - 1/292300327676412008303437409924946641920" - 1/58460065535282401660687481984989323840" - 1/11692013107056480332137496396978647680" - 1/23384026214112960664274992793957295360" - 1/46768052428225921328549985587914590720" - 1/93536104856451842657099971175829181440" - 1/187072209712903685314199942351658362880" - 1/374144419425807370628399884703316725760" - 1/748288838851614741256799769406633451520" - 1/149657767730322948251359539881326903040" - 1/2993155354606458965027190797626818080" - 1/5986310709212917930054381595253636160" - 1/11972621418425835800108631900507272320" - 1/23945242836851671600217263800104444480" - 1/47890485673703343200434527600208888960" - 1/957809713474066864008690552004177777280" - 1/1915619426948133728017381104008355554560" - 1/3831238853896267456034762208016711111040" - 1/76624777077925349120695244160322222220480" - 1/15324955415585069824139488230644444444480" - 1/3064991083117013964827897646088888888960" - 1/61299821662340279296557952921777777777920" - 1/12259964332468055859311590443555555555440" - 1/245199286649361117186231808871111111111880" - 1/49039857329872223437246361774222222223760" - 1/9807971465974444687449273354844444447520" - 1/1961594291994888937489854670968888895040" - 1/392318858398977787497970934193777780080" - 1/784637716797955574995941868387555560160" - 1/1569275433595911149910837336775111120320" - 1/313855086719182229982167467355022240640" - 1/627710173438364459964334934710044481280" - 1/1255420346876728919288669869420088962560" - 1/251084069375345783857733973884017793120" - 1/502168138750691567715467947768035586240" - 1/1004336277501383135430935955536071172480" - 1/200867255500276627086187191107214494720" - 1/4017345110005532541723743822144289944480" - 1/80346902200110650834464864442857888960" - 1/1606938044002213116688897288857157793280" - 1/3213876088004426233377794577714155486560" - 1/6427752176008852466755589555428111311120" - 1/12855504352017704933511177910562226222240" - 1/2571100870403540986702235422112444444480" - 1/514220174080708197340447084422488888960" - 1/10284403481614163946808941688449777793280" - 1/2056880696322832789361788337699555486560" - 1/4113761392645665578723576755399111193120" - 1/822752278529133115744715351078222386240" - 1/1645504577058266235489427022156444772480" - 1/3291009154116532470978854044312889444960" - 1/65820183082330649419577080886257889920" - 1/131640366164661298391151761732515779840" - 1/263280732329322596782303523465031559680" - 1/526561464658645193564607046930063119360" - 1/105312292931729038712921408180126238720" - 1/210624585863458077425842816360252477440" - 1/421249171726916154851685626720504954880" - 1/842498343453832309703371253441009909760" - 1/168499668730766461940674250688201919520" - 1/336999337461532923881348501376403839040" - 1/673998674923065847762697002752807681920" - 1/134799734984613169552539400550561523840" - 1/269599469969226339105078801101122467840" - 1/539198939938452678210157602202244935680" - 1/1078397879876905364420315204404498711360" - 1/215679575975381072884063040880899442720" - 1/4313591519507621457681260817617988845440" - 1/86271830390152429153625216352359770880" - 1/172543660780304858307250432704719541760" - 1/345087321560609716614508665409439083520" - 1/690174643121219433229017330818878167040" - 1/1380349286242438866458034661377563334080" - 1/2760698572484877732916069322755126668160" - 1/5521397144969755465832138455502533336320" - 1/1104279428993951093166427111100506666720" - 1/2208558857987902186332854222201011333440" - 1/4417117715975804372665708444402022666880" - 1/8834235431951608745331416888804045333760" - 1/17668470863903217490662833777608090667520" - 1/35336941727806434981325667555216181335040" - 1/70673883455612869962651331110432362667040" - 1/14134776691122573992530266222086473334080" - 1/2826955338224514798506053244417246668160" - 1/5653910676449029597012106488834493337280" - 1/1130782135289845919402421297766896667520" - 1/2261564270579691838804842595533793335040" - 1/4523128541159383677609685191067586670080" - 1/904625708231876735521937038213517334160" - 1/1809251416463753471043874076426346668320" - 1/361850283292750694208774815285273336640" - 1/723700566585501388417549630570546673280" - 1/1447401133171002776835099261141093365760" - 1/2894802266342005553670198522282186731520" - 1/578960453268401110734039704456437346240" - 1/115792090653680222146807940891287492480" - 1/23158418130736044429361588178257494960" - 1/46316836261472088858723176356514989920" - 1/92633672522944177717546352713029979840" - 1/185267345045888355435092705426599599680" - 1/370534690091776710870185410853199199360" - 1/741069380183553421740370821706398398720" - 1/1482138760367106843480741643412796797440" - 1/2964277520734213686961483286825593594880" - 1/5928555041468427373922966573651187189760" - 1/1185711008293685474784593314730237379520" - 1/2371422016587370949569186629460474759040" - 1/4742844033174741899133733258920949518080" - 1/9485688066349483798267466517841899036160" - 1/189713761326989675965349330356837980720" - 1/379427522653979351930698660713675961440" - 1/758855045307958703861397321427351922880" - 1/1517710090615917407322794642854637455680" - 1/3035420181231834814645589285709271111360" - 1/6070840362463669629291178571418542222720" - 1/12141680724927339258582377142370844445440" - 1/2428336144984667851716475428474168888960" - 1/48566722899693357034329508569483777793280" - 1/97133445799386714068659017138967555586560" - 1/194266891587733421373118034277935111173120" - 1/388533783175466842746236068555870222246240" - 1/777067566350933685492472137111740444492480" - 1/155413513270186737098494427422380888960" - 1/3108270265403734741969888548447617793280" - 1/6216540530807469483939777096895235586560" - 1/124330810616149389678795541937904711133120" - 1/248661621232298779357591083875809422266240" - 1/49732324246459755871518216775161884452480" - 1/994646484929195117430364335503237688960" - 1/198929296985839023486072867100675537793280" - 1/397858593971678046972145734201351155746560" - 1/79571718794335609394429146840270231149120" - 1/159143437588671218788858293680540462238240" - 1/318286875177342437577716587361080924476480" - 1/63657375035468487515543317472216184952960" - 1/1273147500709369750310866349444323699153280" - 1/2546295001418739500621732698888647398306560" - 1/5092590002837479001243465397777296696613120" - 1/101851800056749580024869309555558139322240" - 1/203703600113499160049738619111116268444480" - 1/407407200226998320099477238222232536888960" - 1/8148144004539966401989544764444650737793280" - 1/1629628800907993280397908928888930467546560" - 1/3259257601815986560795817857777860935113120" - 1/651851520363197312159163571555572187026240" - 1/130370304072639462431832714311114441744480" - 1/260740608145278924863665428622228888960" - 1/5214812162905578497273308572444577793280" - 1/104296243258111569745466174488895467546560" - 1/20859248651622313949093234897779111311360" - 1/41718497303244627898186469795558222622720" - 1/834369946064892557963729395911164452444480" - 1/166873989212978511592745879182232888960" - 1/3337479784259570239854917583644657793280" - 1/66749595685191404797098351672893155746560" - 1/133499191370382809594196703445783111311360" - 1/266998382740765619188393406891546222622720" - 1/533996765481531238376786813783092452444480" - 1/106799353096306247675357367576618490488960" - 1/21359870619261249535071475515323698097793280" - 1/4271974123852249907014351103064739619546560" - 1/8543948247704499814028702206129479339113120" - 1/170878964954089996280574044122587886782240" - 1/34175792990817999256114808824517577346480" - 1/6835158598163599851222961764903515494960" - 1/13670317196327199702447223529807030989920" - 1/27340

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial



Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial
Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial



TQS Informática Ltda		RUA PIMENTAS, 706 C/P - TEL: (011)3843 7777 - CEP 05437-001 - SÃO PAULO	
CONCRETO	TCA = 30 MPa	PROJETO	0001
CLARET		OPERAÇÃO	012
MAX		TÍTULO	00
TÍTULO <i>Planta de forma - Pav. Técnico</i> <i>Planta de forma - Caixa d'água</i>		PROJETO	1,50
DATA	10/03/2020	PROJETO	1,50
PROJETO	1,50	PROJETO	1,50