

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Eduardo Carneiro Daniel

Estudo de alternativas para a estrutura sem transição de um edifício comercial em concreto armado utilizando como condicionante de projeto a malha de pilares para vagas de estacionamento

Porto Alegre

2020

Eduardo Carneiro Daniel

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA A ESTRUTURA SEM TRANSIÇÃO DE UM
EDIFÍCIO COMERCIAL EM CONCRETO ARMADO UTILIZANDO COMO
CONDICIONANTE DE PROJETO A MALHA DE PILARES PARA VAGAS DE
ESTACIONAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a): João Ricardo Masuero

Porto Alegre

2020

Eduardo Carneiro Daniel

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA A ESTRUTURA SEM TRANSIÇÃO DE UM
EDIFÍCIO COMERCIAL EM CONCRETO ARMADO UTILIZANDO COMO
CONDICIONANTE DE PROJETO A MALHA DE PILARES PARA VAGAS DE
ESTACIONAMENTO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, novembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. João Ricardo Masuero (UFRGS)

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. Alexandre Rodrigues Pacheco (UFRGS)

PhD. pela The Pennsylvania State University

Prof. Jean Marie Désir (UFRGS)

Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

AGRADECIMENTO

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Otilia e Erio, por terem me ensinado o valor da educação desde cedo, por terem me motivado a entrar na universidade e por terem permanecido ao meu lado durante a graduação, fornecendo todo aporte financeiro e, principalmente, emocional, não deixando que faltasse absolutamente nada para que eu pudesse concluir esta etapa com tranquilidade. É a eles que dedico este trabalho e toda a caminhada que me trouxe até aqui. Apesar dos tropeços e das dificuldades, foi saber que podia contar com eles, assim como com meus irmãos, Juliana e Everton, que me manteve firme. A vocês quatro, muito obrigado!

Agradeço aos meus tios, Alice e Olavo Junior, por terem aberto as portas da casa deles e me recebido da mesma forma que pais recebem a um filho. Juntamente com meus pais, forneceram tudo que eu precisava para me preocupar única e exclusivamente com os estudos. Ao longo desses anos, somei alegrias e dividi tristezas com eles, o que fez com que se tornassem uma verdadeira família, juntamente com a Ana Julia e o Guilherme, que me receberam como irmão.

Gostaria de agradecer demais ao professor João Ricardo Masuero, pelos inúmeros ensinamentos ao longo da graduação e pelo apoio incondicional ao longo do desenvolvimento deste trabalho, inclusive nos finais de semana. Além de grande professor no que tange à técnica, é um dos professores mais humanos, empáticos e companheiros que tive a oportunidade de conhecer na vida.

Não poderia deixar de agradecer aos amigos que caminharam ao meu lado nestes anos, em especial aos que conheci no primeiro semestre do curso e que continuam presentes na minha vida até hoje: Matheus, Leandro, Tatiélla, Hugo e Eduarda, sem eles essa jornada teria sido muito mais difícil.

A finalização do trabalho de conclusão de curso encerra um ciclo único e importantíssimo, repleto de realizações e aprendizados, de muito amadurecimento pessoal e profissional. Nestes 6 anos e meio que estive na universidade, tive a oportunidade de conhecer e conviver com diversas pessoas que me ajudaram no decorrer desta longa e linda caminhada, mesmo sendo impossível citar todas elas aqui, fica registrado o meu muito obrigado.

“O que a literatura faz é o mesmo que acender um fósforo no campo no meio da noite. Um fósforo não ilumina quase nada, mas nos permite ver quanta escuridão existe ao redor.”

William Faulkner

RESUMO

O presente trabalho busca analisar quantitativamente cinco concepções estruturais para um mesmo edifício comercial de dez pavimentos em concreto armado, sendo os dois primeiros pavimentos garagem, e os outros oito, salas comerciais. Tem-se como condicionante de projeto o espaçamento entre pilares necessário para a alocação de vagas de garagem nos dois primeiros pavimentos sem a necessidade de vigas de transição, pois entende-se que estes elementos são utilizados quando não há um desenvolvimento conjunto e unificado entre o projeto arquitetônico e o estrutural. Além disso, estas estruturas frequentemente geram custos maiores, maior dificuldade de execução, e por fim, impactam o pé direito dos pavimentos. Sendo assim, os pilares foram distribuídos em eixos espaçados de 5 x 5m e 7,5 x 7,5 m, possibilitando a colocação, respectivamente, de duas e três vagas de estacionamento entre eles; considerando o disposto na **lei complementar municipal nº 284 de Porto Alegre**. Foram adotadas as dimensões de 2,5 x 5 m para cada vaga de estacionamento, incluindo a folga para os pilares. Após a elaboração de uma planta arquitetônica simplificada que possibilitasse o uso destas malhas de pilares, cujo desenvolvimento foi realizado de maneira a aproximar-se de um projeto arquitetônico real, foi utilizado o programa computacional TQS para o estudo das viabilidades técnica e econômica. As cinco concepções escolhidas foram: pilares distribuídos em malha de 5 x 5m com lajes maciças e com lajes nervuradas; pilares distribuídos em malha de 7,5 x 7,5m com lajes maciças, com lajes maciças com vigas formando uma malha de 3,75 x 3,75m e, por fim, com lajes nervuradas. Posteriormente ao lançamento e projeto das estruturas correspondentes de modo a atender todas as exigências de Estado Limite Último e de Serviço das normas brasileiras, comparou-se o consumo de concreto, armaduras e fôrmas em cada uma das opções estudadas, bem como os custos de mão de obra. As configurações mais econômicas resultaram na utilização de malhas estruturais de 5x5m. O uso de lajes nervuradas para essa malha resultou em quantitativos menores que os correspondentes para lajes maciças, mas o mesmo custo total devido à mão de obra. Para a malha de 7,5x7,5m, as opções mais econômicas foram com o uso de lajes nervuradas, embora o custo da estrutura tenha sido maior que na configuração de malha de 5x5m. Os resultados obtidos indicam que as comparações entre sistemas estruturais visando identificar o mais eficiente economicamente devem obrigatoriamente considerar os custos totais, incluindo mão de obra, e a edificação como um todo, e não somente partes da mesma, ou apenas os quantitativos de materiais.

Palavras-chave: Lajes maciças. Lajes Nervuradas. Custo de materiais. Concepção estrutural. Software TQS.

ABSTRACT

The present work aims to quantitatively analyze five structural conceptions of the same commercial building comprising 10 floors in reinforced concrete — the two first floors allocate a garage and the other eight floors commercial rooms. The space between columns required to allocate parking spaces was used as conditioning design, in order not to use transition beams, because it is understood that these elements are used when there is not a unified development between architectural and structural design of a building. Besides that, these structures frequently generate higher costs, make the execution harder, and affect the ceiling height. Therefore, the columns were distributed in a grid of 5 x 5m and 7,5 x 7,5m, making it possible to allocate, respectively, 2 to 3 parking spaces between them, according to the provisions of the complementary municipal law n° 284 of Porto Alegre. For each parking space the 2,5 x 5m dimensions were adopted, designating the extra space to the mentioned columns. A simplified architectural plan was done in a way that allowed the use of the two grids above. The computational software TQS, which is widely used in Brazil, was used to study the technical and economical viabilities. The five models chosen were: columns distributed in a mesh of 5 x 5m with massive slabs and waffle slabs; columns distributed in a mesh of 7,5 x 7,5m with: massive slabs, massive slabs with beams making a mesh of 3,75 x 3,75m and finally, waffle slabs. After the designs were concluded, respecting all the Ultimate and Serviceability limit states of Standard Brazilian requirements, the models were compared in relation to the volume of concrete, reinforcements and formwork in each one, including labor costs. The cheaper configuration used is the mesh of 5 x 5m. The use of waffle slabs with this mesh resulted in smaller quantities than the corresponding one using the massive slabs, but it was the same total cost due to labor. It was concluded that the comparisons between different structural systems to be accurate, one must consider the total costs, including labor, and the building as a whole, not just parts of it.

Keywords: Massive slabs. Waffle slabs. Material costs. Structural conception. Software TQS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de desenvolvimento do trabalho.....	15
Figura 2 - Valores do coeficiente adicional de gama n para pilares e pilares-parede	16
Figura 3 - Dimensões de vagas para deficientes	17
Figura 4 - Limites para deslocamentos.....	18
Figura 5 - Valores do coeficiente adicional γ_n para lajes em balanço	19
Figura 6 - Cargas variáveis para edifícios comerciais	21
Figura 7 - Cargas variáveis para escadas e passarelas.....	22
Figura 8 - Ações em garagens.....	22
Figura 9 - Cargas variáveis para coberturas	23
Figura 10 - Cargas variáveis para áreas técnicas	23
Figura 11 - Ábaco coeficiente de arrasto (Ca)	25
Figura 12 – Excentricidade da carga e magnitude da solicitação de vento em função da altura considerada	26
Figura 13 - Efeitos globais, locais e localizados de 2ª ordem	28
Figura 14 – Disposição das vagas de garagem entre as malhas de pilares de 5x5m (esquerda) e 7,5x7,5m (direita)	34
Figura 15 - Corte Esquemático da edificação.	36
Figura 16 - Esquema da edificação em planta.	37
Figura 17 - Planta arquitetônica simplificada do pavimento tipo dos modelos com malha 5x5m	38
Figura 18 - Planta arquitetônica simplificada do pavimento tipo dos modelos com malha 7,5x7,5m.	39
Figura 19 - Planta do pav. tipo - Modelo 1.....	49
Figura 20 - Planta do pav. tipo - Modelo 2.....	52
Figura 21 - Planta do pav. tipo - Modelo 3.....	54
Figura 22 - Planta do pav. tipo - Modelo 4.....	57
Figura 23 - Planta do pav. tipo - Modelo 5.....	59
Figura 24 - Gráfico: comparação do custo de mão de obra para lajes e, pilares e vigas	63
Figura 25 - Gráfico: comparação do custo de materiais para lajes e, pilares e vigas	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Combinações de ações do TQS. Fonte: Autor	21
Tabela 2 - Modelo e concepções estruturais e arquitetônica. Fonte: Autor	37
Tabela 3 - Coeficiente de arrasto para as diferentes considerações de dimensões em planta.....	41
Tabela 4 - Carga de paredes utilizadas.....	43
Tabela 5 - Cargas distribuídas utilizadas nas lajes.....	44
Tabela 6 – Insumos.....	47
Tabela 7 – Parâmetros do Modelo 1 e limites fornecidos pela NBR6118.....	48
Tabela 8 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 1	48
Tabela 9 - Tabela resumo das dimensões dos pilares - Modelo 1	49
Tabela 10 - Quantitativo - Modelo 1	50
Tabela 11- Orçamento - Modelo 1	50
Tabela 12 – Parâmetros do Modelo 2 e limites fornecidos pela NBR6118.....	50
Tabela 13 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 2	51
Tabela 14 - Tabela resumo das dimensões dos pilares - Modelo 2	51
Tabela 15 - Quantitativo - Modelo 2	52
Tabela 16 - Orçamento - Modelo 2	52
Tabela 17 – Parâmetros do Modelo 3 e limites fornecidos pela NBR6118.....	53
Tabela 18 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 3	53
Tabela 19 - Tabela resumo das dimensões dos pilares - Modelo 3	54
Tabela 20 - Quantitativo - Modelo 3	55
Tabela 21 - Orçamento - Modelo 3	55
Tabela 22 – Parâmetros do Modelo 4 e limites fornecidos pela NBR6118.....	55
Tabela 23 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 4	56
Tabela 24 - Tabela resumo das dimensões dos pilares - Modelo 4	56
Tabela 25 - Quantitativo - Modelo 4	57
Tabela 26 - Orçamento - Modelo 4	58
Tabela 27– Parâmetros do Modelo 5 e limites fornecidos pela NBR6118	58
Tabela 28 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 5	58
Tabela 29 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 5	59
Tabela 30 - Quantitativo - Modelo 5	60
Tabela 31 - Orçamento - Modelo 5	60
Tabela 32 - Comparativo de consumo: concreto, formas e aço	61
Tabela 33 - Comparativo de custo: pilares e vigas, e lajes.....	61
Tabela 34 - Comparativo de custo: mão de obra e material.....	61
Tabela 35 - Comparativo de consumo: concreto, formas e aço – malha 5x5m (1 e 4) e malha 7,5x7,5m (2, 3 e 5).....	61
Tabela 36 - Comparativo de consumo: pilares e vigas, e lajes – malha 5x5m (1 e 4) e malha 7,5x7,5m (2, 3 e 5).....	62
Tabela 37 - Comparativo de consumo: mão de obra e material – malha 5x5m (1 e 4) e malha 7,5x7,5m (2,3 e 5).....	62
Tabela 38 - Comparação do custo de mão de obra para lajes e, pilares e vigas.....	62
Tabela 39 - Comparação do custo de materiais para lajes e, pilares e vigas	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	12
2.1 OBJETIVOS DA PESQUISA	12
2.2 PRESSUPOSTO	12
2.3 PREMISA.....	12
2.4 LIMITAÇÕES	12
2.5 PESQUISA	13
3 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.....	15
3.1 BASES DE DIMENSIONAMENTO	15
3.2 AÇÕES E COMBINAÇÃO DE AÇÕES	20
3.3 CARGAS	21
4 ESTABILIDADE DE EDIFÍCIOS.....	27
4.1 ANÁLISE DE 1ª E 2ª ORDEM	27
4.2 NÃO-LINEARIDADE FÍSICA E GEOMÉTRICA DO CONCRETO	28
4.3 PARÂMETROS DE ESTABILIDADE.....	29
4.4 DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS	30
5 FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE PROJETO (TQS)	31
5.1 MODELOS DE ANÁLISE.....	31
5.2 ESTABILIDADE.....	31
5.3 SOLICITAÇÕES HORIZONTAIS – VENTO.....	32
5.4 DESLOCAMENTO DE LAJES	33
5.5 ARMADURA DE PUNÇÃO EM LAJES	33
6 PESQUISA	34
6.1 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO	34
6.2 CRITÉRIOS DE PROJETO	39
6.3 ERROS, AVISOS E LIMITAÇÕES DO PROGRAMA DE PROJETO UTILIZADO.....	44
6.4 ORÇAMENTO	46
6.5 MODELOS	47
7 ANÁLISE COMPARATIVA.....	61
8 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	66
APÊNDICE A – Composições.....	67

1 INTRODUÇÃO

Pavimentos destinados a estacionamento é uma das soluções mais utilizadas diante da obrigatoriedade de vagas para veículos em edificações, prevista no plano diretor de diversas cidades. No entanto, dispor de uma malha de pilares que consiga conciliar o espaçamento necessário para vagas com os outros pavimentos da edificação destinados a outros usos é um grande desafio. Em alguns casos, a utilização de vigas de transição se torna inevitável, no entanto estas estruturas são demasiado robustas e oneram o empreendimento, além da possibilidade de interferirem no projeto arquitetônico, visto que podem alterar a altura do pé direito.

Outro desafio da engenharia de estruturas é determinar a solução mais econômica diante das diversas opções construtivas. A escolha da malha de pilares, que determinam os vãos a serem vencidos pelas vigas, bem como o tipo de sistema estrutural para lajes tem grande influência no custo final do empreendimento.

Com o intuito de avaliar quantitativamente o consumo de materiais e mão de obra em função da disposição de pilares, sem utilização de elementos de transição, e de alguns tipos de lajes, desenvolveu-se uma planta arquitetônica que permitisse a utilização de uma malha estrutural de 5x5 m e 7,5x7,5 m, possibilitando 2 e 3 vagas entre pilares, respectivamente, variando o tipo de laje entre maciça e nervurada.

Cada sistema possui suas vantagens e desvantagens. Por exemplo, o sistema de lajes nervuradas, de acordo com ALBUQUERDE (1999), possui como principal vantagem a redução do peso próprio da estrutura, já que o volume de concreto diminui, e ainda há um aumento na inércia, já que a laje tem sua altura aumentada, fato que a torna adequada para vencer vãos maiores que os usualmente vencidos por lajes maciças. Em compensação, esta solução tem em geral um custo maior de mão de obra que a solução de lajes maciças.

Apesar da economia no consumo de material, é importante levar em consideração os custos de mão de obra das soluções adotadas, visto que estes podem alterar consideravelmente os custos finais. Além disso, os elementos que compõe o edifício (lajes, pilares e vigas) influenciam-se mutuamente, ou seja, alterações em um deles tem reflexo sobre os demais. Análises de soluções e custos de apenas um destes elementos pode levar a resultados equivocados, pois a economia obtida pela adoção de um sistema para um deles, em compensação, pode ter como consequência a oneração de outro.

Utilizando o software TQS para dimensionamento estrutural, foram elaboradas cinco concepções estruturais diferentes, visando estabelecer a melhor em termos econômicos. Apesar de não serem usuais plantas arquitetônicas que permitam a disposição de pórticos com

vãos tão regulares quanto os utilizados no presente trabalho, o objetivo é extrapolar as conclusões a partir dos modelos simplificados para projetos mais complexos

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

2.1 Objetivos da Pesquisa

Os objetivos são divididos em principal e secundários conforme apresentado abaixo.

2.1.1 Objetivo principal

A partir do lançamento dos pilares em malhas de 5x5m e 7,5x7,5m, cujos espaçamentos permitem, respectivamente, 2 e 3 vagas de estacionamento entre pilares dispensando o uso de vigas de transição; buscou-se determinar a opção mais econômica no dimensionamento de um edifício comercial de 10 pavimentos, sendo os dois primeiros deles destinados a garagem.

2.1.2 Objetivos secundários

Identificar os procedimentos de análise e projeto, as limitações e a adequação às normas vigentes de um programa computacional comercial de projeto de estruturas de concreto.

Mostrar os conflitos existentes, entre projetos arquitetônicos e a concepção estrutural de um edifício, bem como a forma de solucioná-los.

2.2 Pressuposto

O presente trabalho tem por pressuposto que o software TQS[®] fornece resultados adequados de análise e dimensionamento estrutural de acordo com a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) para os diferentes componentes do edifício como pilares, vigas, e lajes maciças e nervuradas.

2.3 Premissa

Um projeto arquitetônico para um edifício comercial baseado em uma malha regular que coordena a distribuição de espaços e a estrutura é representativo de projetos reais para edificações comerciais, e as conclusões obtidas com o trabalho, dentro de certos limites, pode ser estendida para configurações reais semelhantes de edifícios comerciais.

2.4 Limitações

As limitações do trabalho são:

- a) Análise e dimensionamento estrutural utilizando os valores fornecidos pelo software TQS;

- b) Restrição do número de nós do modelo de análise da estrutura devido à licença utilizada; limitando o número de pavimentos, e impossibilitando o lançamento e dimensionamento da escada.
- c) Todos os elementos dimensionados com o concreto do Grupo I C35 ($f_{ck} = 35 \text{ MPa}$) e aço CA-50 ($\phi \geq 6,3\text{mm}$) e CA-60 ($\phi \leq 6,3\text{mm}$);
- d) Estruturas de nós móveis limitadas a $\gamma_z \leq 1.3$;
- e) Análise de lajes por grelha linear com modulação de 60x60 cm;
- f) Não foram definidos carregamentos de temperatura e retração;
- g) O edifício anexo de circulação vertical em rampa para acesso ao segundo pavimento de estacionamento não foi dimensionado juntamente com a estrutura, pois previu-se junta de dilatação na ligação com o corpo principal da edificação, caracterizando esse anexo como uma estrutura independente;
- h) O trabalho não abrange a análise e dimensionamento das fundações da edificação, considerando-a engastada em seus apoios.
- i) Não foi considerada a interferência entre os projetos estrutural, hidrossanitário e elétrico. Ou seja, foi desconsiderada a existência de furos em lajes e vigas, shafts etc
- j) O edifício foi dimensionado para cargas estáticas, nenhuma verificação para cargas dinâmicas e vibração excessiva foi realizada;
- k) Não foram realizadas as verificações adicionais previstas em norma para o dimensionamento de lajes e vigas nos pavimentos garagem nem dos trechos de pilares destes andares.
- l) Pilares-parede e vigas-parede não foram usados no dimensionamento estrutural;

2.5 Pesquisa

As etapas que constituíram o desenvolvimento do trabalho são as seguintes:

- a) Pesquisa bibliográfica;
- b) Definição dos modelos a serem estudados;
- c) Definição dos critérios;
- d) Lançamento do Modelo 1 no software TQS;
- e) Lançamento dos Modelos 2, 3, 4 e 5 no software TQS;
- f) Quantitativos;
- g) Orçamentos;

h) Comparação dos resultados.

A primeira etapa do trabalho, chamada **pesquisa bibliográfica**, tem como objetivo a revisão de conceitos, o estudo dos parâmetros a serem adotados e a compreensão das normas que regem os projetos de estruturas, entre elas a NBR6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, NBR6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações e a NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Ademais, dedicou-se parte desta etapa ao aprendizado do software TQS.

A segunda parte foi definir o que seria estudado e como seria realizada a pesquisa. A partir daí, definiram-se os **modelos a serem estudados**, além do desenho da planta arquitetônica compatível com as malhas de 5 x 5m e 7,5 x 7,5m para posicionamento dos pilares, sem necessidade de vigas de transição.

O próximo passo foi a **determinação dos critérios** que guiariam o dimensionamento e a otimização dos elementos estruturais, de forma a obter uma comparação mais justa e imparcial.

Depois foi feito o lançamento da planta arquitetônica do **Modelo 1** no software, seguidos pela modelagem, dimensionamento, análise estrutural, solução de incompatibilidades e otimização das seções de concreto.

Após a conclusão e entendimento do primeiro modelo, seguiu-se ao lançamento dos próximos modelos: **2, 3, 4 e 5**, que foram realizados e analisados da mesma maneira que o primeiro citado, considerando os mesmos parâmetros para as tomadas de decisão.

O software TQS auxiliou no próximo passo, em que se extraiu o **quantitativo** de concreto, aço e formas para posterior análise e comparação.

Por fim, o trabalho foi concluído com a comparação das soluções estudadas através do quantitativo e **orçamentação**. A Figura 1 sintetiza todos as etapas do trabalho.

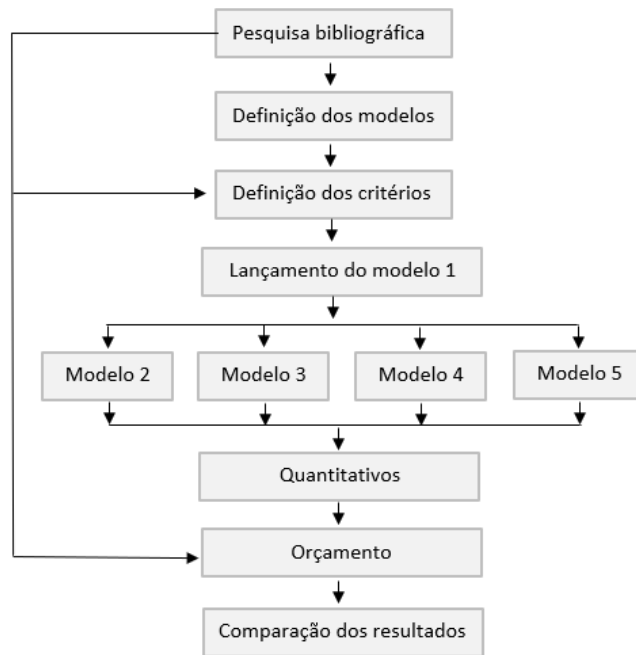


Figura 1 – Etapas de desenvolvimento do trabalho

3 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Os parâmetros de dimensionamento utilizados ao longo do trabalho para os diferentes elementos estruturais, bem como dimensões mínimas, taxas máximas e mínimas de armaduras, foram extraídos da NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto.

3.1 Bases de dimensionamento

3.1.1 Pilares

Segundo a NBR 6118, “os pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes.” Para estes elementos serem considerados pilares, ao invés de pilares-paredes, a maior dimensão da seção transversal do elemento deve ser menor ou igual a 5 vezes a menor.

A NBR 6118 estabelece 19 cm como a dimensão mínima para pilares e pilares-parede, independente de qual seja sua forma. Há a possibilidade de reduzir a menor dimensão para até 14cm, neste caso, as solicitações de cálculo devem ser majoradas segundo tabela 13.1 da mesma norma, apresentada na Figura 2. Em qualquer caso, deve-se assegurar uma área transversal mínima de 360cm².

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.						

Figura 2 - Valores do coeficiente adicional de gama n para pilares e pilares-parede. Fonte: NBR6118:2014

No que se refere às armaduras, a NBR6118 especifica que o valor máximo de área de armadura longitudinal é 8% da área da seção do elemento; no entanto, a área máxima aqui fornecida precisa considerar a sobreposição de armadura do pilar em regiões de emenda por traspasse com outros elementos, reduzindo na prática a taxa máxima a 4% da área da seção.

Em relação a disposição em planta dos pilares, caso o edifício possua pavimentos destinados a garagens, é importante atentar para o espaçamento recomendado pelo Plano Diretor da cidade para vagas de estacionamento. Em Porto Alegre, a lei complementar municipal nº 284, especifica que as vagas para cada carro em garagens de edifícios comerciais, residenciais etc deverão ter, no mínimo, a largura de 2,30m e comprimento de 4,60m. Em geral, buscam-se vagas com uma largura maior que a mínima permitida no plano diretor, de modo que as dimensões máximas dos pilares, transversais às vagas, tendam a ter uma limitação maior. Adotando as dimensões de 2,5x5m para cada vaga, a recomendação do plano diretor permitiria, para uma malha com um pilar entre cada vaga, uma dimensão transversal máxima do pilar de 20cm; para uma malha de 5,00 x 5,00m, uma dimensão transversal máxima de pilar de 40cm; para uma malha de 7,5 x 7,5m, uma dimensão transversal máxima de pilar de 60cm.

Além dessas especificações, é importante ressaltar que a lei municipal exige que 2% do total das vagas, garantida, no mínimo, uma vaga, sejam reservadas próximas aos acessos de circulação de pedestres para deficientes. A menor dimensão da vaga deve ser acrescida de uma faixa de 1,2m para garantir a movimentação, conforme Figura 3, segundo a NBR9050:2004. Essas vagas especiais podem ser obtidas através da junção de vagas tradicionais, duas vagas normais formando uma vaga de deficiente, três vagas normais formando duas vagas de deficientes, de forma que as dimensões extras das vagas de deficientes não precisam ser tomadas como condicionantes para a definição da malha estrutural ou arquitetônica..

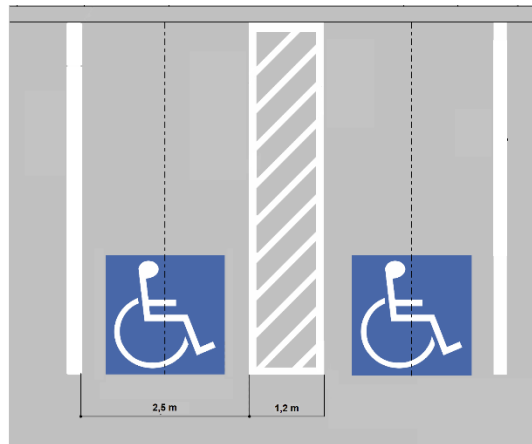


Figura 3 - Dimensões de vagas para deficientes. Fonte: NBR9050:2004

3.1.2 Vigas

A NBR 6118 define viga como “elemento linear em que a flexão é preponderante”. Vigas são assim classificadas, quando vencem um vão pelo menos três vezes maior que a maior dimensão da seção transversal, caso contrário, são chamadas de vigas-parede. (NBR 6118)

As vigas devem apresentar, no mínimo, 12cm de largura e as vigas-parede, 15cm. É possível reduzir estes valores para 10cm respeitando duas condições apresentadas na NBR6118:

- Deve-se garantir o alojamento das armaduras e suas interferências com a armadura de outros elementos, bem como respeitados espaçamentos e cobrimentos apresentados na mesma norma.

- Lançamento e a correta vibração do concreto.

A NBR6118 explica a taxa de armadura máxima: “a soma das armaduras de tração e de compressão ($A_s + A_s'$) não pode ter valor maior que 4% A_c , calculada na região fora da zona de emendas.”

Ademais, é importante verificar os deslocamentos-limites dos elementos horizontais. Os valores máximos permitidos são apresentados na tabela 13.3, da NBR6118:2014, mostrada na Figura 4.

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	$l/250$
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	$l/350$
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	$l/250^a$
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total	$l/350 + \text{contraflecha}^b$
			Ocorrido após a construção do piso	$l/600$
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	$l/500^c$ e 10 mm e $\theta = 0,0017 \text{ rad}^d$
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	$l/250^c$ e 25 mm
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação frequente ($\psi_1 = 0,30$)	$H/1700$ e $H/850^e$ entre pavimentos ^f
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	$l/400^g$ e 15 mm

Figura 4 - Limites para deslocamentos. Fonte: NBR6118:2014

3.1.3 Lajes maciças e nervuradas

As lajes são elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações normais a seu plano (NBR 6118). As lajes maciças e as nervuradas são os principais tipos utilizados atualmente em estruturas moldadas no local. Lajes formadas por vigotas e tabelas são muito empregadas em edificações de pequeno porte, com poucos andares, sendo pouco empregadas em edifícios.

3.1.3.1 Lajes maciças

As lajes maciças são as mais usuais no Brasil, principalmente devido à sua facilidade de execução. Porém, conforme mencionado por Albuquerque (1999), a laje maciça não pode vencer grandes vãos devido ao seu peso próprio e é prática usual adotar-se como vão médio econômico das lajes um valor entre 3,5 e 5m.

Como ponto negativo desse sistema, podem ser citadas a grande quantidade de vigas e consequente aumento no número de recortes das formas, o que diminui a produtividade, além de consumir muito concreto, aço e formas. Em contrapartida, o maior número de vigas citados, formam mais pórticos, resultando em uma estrutura mais estável (Albuquerque, 1999).

Os limites mínimos de espessura para lajes dependem do uso e de suas vinculações conforme apresenta a NBR6118:

- 7 cm para cobertura não em balanço;

- 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 kN;
- 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;

As lajes em balanço, em função da sua espessura, podem ter um coeficiente adicional de majoração das cargas, assim como os pilares, conforme Figura 5

h cm	≥ 19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45

onde

$$\gamma_n = 1,95 - 0,05 h;$$

h é a altura da laje, expressa em centímetros (cm).

NOTA O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo nas lajes em balanço, quando de seu dimensionamento.

Figura 5 - Valores do coeficiente adicional γ_n para lajes em balanço. Fonte: NBR6118:2014

A taxa máxima de armadura e os deslocamentos máximos permitidos para lajes correspondem aos mesmos limites impostos às vigas.

3.1.3.2 Lajes nervuradas

As lajes nervuradas, “são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte” (NBR 6118:2014). Como explicado por Albuquerque (1999), o fato de as armaduras serem responsáveis pelos esforços resistentes de tração permite que a zona tracionada seja reduzida na forma de nervuras, não comprometendo a zona comprimida, que será resistida pela mesa de concreto. Ainda de acordo com o autor, a vantagem principal desta utilização é a redução do peso próprio da estrutura, já que o volume de concreto diminui, e ainda há um aumento na inércia, já que a laje tem sua altura aumentada.

A NBR6118:2014 estabelece os seguintes critérios de projeto: “Quando não há tubulações horizontais embutidas, a mesa deve possuir no mínimo 4cm de espessura, garantindo que a mesma seja maior que 1/15 da distância entre as faces das nervuras.”

Além disso a NBR6118:2014 estabelece:

O valor mínimo absoluto da espessura da mesa deve ser 5 cm, quando existirem tubulações embutidas de diâmetro menor ou igual a 10 mm. Para tubulações com diâmetro Φ maior que 10 mm, a mesa deve ter a espessura

mínima de 4 cm + Φ , ou 4 cm + 2 Φ no caso de haver cruzamento destas tubulações.

Em relação às nervuras, estas não podem apresentar espessuras inferiores a 5 cm. Além disso, caso possua espessura menor que 8 cm, não pode conter armadura de compressão. Outro ponto importante, é que o espaçamento entre nervuras determina a forma pela qual o modelo da laje deve ser analisado. A NBR6118:2014 apresenta três casos em função do espaçamento entre eixo de nervuras:

- Espaçamento ≤ 65 cm: é necessária apenas a verificação do cisalhamento na região das nervuras, segundo os mesmos critérios de lajes.

- Espaçamento entre 65 cm e 110 cm: “exige-se a verificação da flexão da mesa, e as nervuras devem ser verificadas ao cisalhamento como vigas; permite-se essa verificação como lajes se o espaçamento entre eixos de nervuras for até 90 cm e a largura média das nervuras for maior que 12 cm”.

- Espaçamento ≥ 110 cm: “a mesa deve ser projetada como laje maciça, apoiada na grelha de vigas, respeitando-se os seus limites mínimos de espessura”

3.2 Ações e combinação de ações

As ações a serem consideradas na edificação se dividem em permanentes, variáveis e excepcionais, segundo a NBR 6118:2014, e devem ser combinadas de diferentes formas para o estado-limite último e para o de serviço.

Segundo a NBR6118:2014, um carregamento é definido pela combinação das ações que têm probabilidades não desprezíveis de atuarem simultaneamente sobre a estrutura, durante um período preestabelecido. As combinações são divididas em combinações últimas e combinações de serviços para serem usadas para análise, respectivamente, do ELU e ELS.

As principais combinações consideradas pelo TQS em cada análise serão apresentadas na Tabela 1. Onde:

- **PP**: peso próprio;
- **PERM**: cargas permanentes;
- **ACID**: cargas acidentais verticais (ou variáveis);
- **VENT**: cargas de vento. Apesar de todas as situações de vento estarem representadas como uma única carga, cada situação de vento (centrado, com excentricidade à esquerda e à direita, para cada direção) gera uma nova combinação.

Estado Limite	Combinação	Descrição
Último	Permanentes e acidentais	$1,4 \times (PP+PERM+ACID)$
	Acidentais combinadas	$1,4 \times (PP+PERM+0.8 \times ACID+VENT)$
		$1,4 \times (PP+PERM+ACID+0.6 \times VENT)$

de Serviço	Combinações frequentes	PP+PERM+0.7×ACID
		PP+PERM+0.6×ACID+0.3×VENT
		PP+PERM+0.6×ACID

Tabela 1 - Combinações de ações do TQS. Fonte: Autor

É importante destacar que em todas as combinações, para os coeficientes que ponderam as cargas acidentais (ACID), por padrão e a favor da segurança, o TQS utiliza os valores tabelados para “Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens” apresentados na tabela 11.2 da NBR6118:2014.

O TQS, no entanto, não considera a combinação de cargas em que atua somente o vento, sem a carga acidental; situação típica de um edifício concluído esperando o habite-se ou a comercialização de suas unidade. Tal combinação pode levar a resultados mais críticos em alguns componentes estruturais e deveria ser considerada dentro do elenco de combinações de carregamento utilizadas pelo programa.

3.3 Cargas

3.3.1 Ações Verticais

Para os Edifícios comerciais, corporativos e de escritórios a NBR6120:2019 fornece os valores de carga variável, ou seja, devido ao uso da edificação, de 2,5 kN/m² para salas de uso geral e sanitários, e 3 kN/m² para corredores de uso comum. Além disso, caso o edifício comercial seja um Call Center, a norma recomenda a utilização de carga variável de 3 kN/m². A Figura 6 apresenta parte da tabela 10.

Local		Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Edifícios comerciais, corporativos e de escritórios	Salas de uso geral e sanitários	2,5	–
	Regiões de arquivos deslizantes	5	–
	Call center	3	–
	Corredores dentro de unidades autônomas	2,5	–
	Corredores de uso comum	3	–
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)		
	Jardins (ver item nesta Tabela)		

Figura 6 - Cargas variáveis para edifícios comerciais. Fonte: NBR6120:2019

O valor das ações variáveis que devem ser consideradas para Escadas e passarelas, conforme a NBR 6120:2019, para edifícios comerciais, clubes, escritórios e bibliotecas é 3 kN/m², conforme Figura 7.

Escadas e passarelas ^t	Hospitais	3	–
	Residenciais, hotéis (dentro de unidades autônomas)	2,5	–
	Residenciais, hotéis (uso comum)	3	–
	Edifícios comerciais, clubes, escritórios, bibliotecas	3	–
	Centros de exposição	5	–
	Centros de convenções e locais de reunião de pessoas, teatros, igrejas	5	–
	Escolas	3	–
	Cinemas, centros comerciais, <i>shopping centers</i>	4	–
	Servindo arquibancadas	5	–
	Com acesso público	3	–
	Sem acesso público	2,5	–

Figura 7 - Cargas variáveis para escadas e passarelas. Fonte: NBR6120:2019

No que se refere a ações em garagens, a norma possui 5 categorias de acordo com o Peso Bruto Total (PBT) em kN dos veículos. A categoria mais usual corresponde a categoria I, cujo PBT é menor ou igual a 30 kN e a carga uniformemente distribuída a ser considerada é de 3kN/m². A Figura 8 apresenta a tabela com os valores a serem considerados em função do PBT.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Categoria	PBT kN	Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Altura máx. m	Cargas concentradas Q _k kN	Força horizontal F _x ^e kN	Força horizontal F _y ^e kN	Altura H de aplicação das forças F _x e F _y ^e m
I ^a	≤ 30	3	2,3	12 ^b	100	50	0,5
II ^f	≤ 90	5	2,6	60 (Figura 3)	180	90	0,5
III	≤ 160	7	3,0	100 (Figura 4)	240	120	1,0
IV	> 160	10	> 3,0	170 (Figura 5) 255 (Figura 6)	320	160	1,0
V ^c	≤ 230	10	≥ 4,5	170 (Figura 5)	320 ^d	160 ^d	1,0 ^d

Figura 8 - Ações em garagens. Fonte: NBR6120:2019

Ademais, a tabela 13 da norma fornece uma série de valores de carga que devem ser verificados, como os valores de força horizontal de ação excepcional em duas direções nos pilares sujeitos ao impacto acidental de veículos e o valor de carga concentrada na laje do pavimento. Estas verificações fogem do escopo do trabalho.

A carga de uso de coberturas depende de poucos fatores e o valor das solicitações para as que possuem acesso apenas para inspeção é de 1 kN/m², conforme Figura 9.

Coberturas ^{a,g,n,o}	Com acesso apenas para manutenção ou inspeção	1	g
Cargas para estruturas de concreto armado, mistas de aço e concreto e alvenaria estrutural. Outras coberturas: ver 6.4	Com placas de aquecimento solar ou fotovoltaicas Outros usos: conforme o item pertinente desta Tabela.	1,5	g

Figura 9 - Cargas variáveis para coberturas. Fonte: NBR6120:2019

Quanto à casa de máquinas localizada na laje de cobertura acima dos poços do elevador, considera-se uma carga distribuída de 30 kN/m², um valor bastante alto fornecido pela norma NBR6120:2019 e apresentado na Figura 10, para elevador com velocidade menor ou igual que um metro por segundo. Além dessa carga, a norma recomenda calcular pela ABNT NBR NM 207 as forças impostas pelo motor, guias, para-choques, polias etc a serem fornecidas pelo fabricante e também, recomenda considerar uma carga de, no mínimo, 40 kN por gancho de elevador no teto da casa de máquinas para a suspensão dos equipamentos.

Áreas técnicas ^{a,c} As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Barrilete	1,5	d
	Áreas técnicas em geral (fora da projeção dos equipamentos), exceto barrilete	3	-
	Sala de ventiladores, pressurização, exaustores	3	-
	Sala de ar-condicionado (<i>fan coil</i>)	4	-
	Sala de painéis elétricos de baixa tensão	4	-
	Sala de gerador e transformador (com leiaute)	3	-
	Sala de gerador e transformador (sem leiaute)	10	-
	Sala de <i>no-breaks</i>	7,5	-
	Sala de baterias	10	-
	CPD (centro de processamento de dados)	5	-
	Casa de máquinas de elevador de passageiros ($v \leq 1,0$ m/s)	30 ^{e,f}	g
	Casa de máquinas de elevador de passageiros ($v > 1,0$ m/s)	50 ^{e,f}	g
	Poço de elevador de passageiros	50 ^f	-
	Poço de plataforma de elevação motorizada para pessoas com mobilidade reduzida	2,5 ^h	-

Figura 10 - Cargas variáveis para áreas técnicas. Fonte: NBR6120:2019

A NBR6120:2019 também discorre sobre a possibilidade da redução de cargas variáveis transmitidas aos pilares e fundações oriundas de pavimentos tipos que se repetem n vezes. O valor da redução permitida varia de acordo com o número de pavimentos com o mesmo tipo de uso, ou seja, quanto mais pavimentos com o mesmo uso se repetem considera-se que a probabilidade de eles estarem com a carga máxima de utilização ao mesmo tempo é menor. Para andares que se repetem 6 ou mais vezes, é possível reduzir as cargas variáveis em até 60%,

mas as cargas permanentes diretas e indiretas continuam com seus valores de cálculo. Vale salientar que não é permitida a redução das cargas variáveis de garagens, reservatórios, coberturas, jardins, [...] (NBR 6120:2019).

Quando serão dispostas paredes divisórias sobre as lajes sem definição no projeto arquitetônico, a NBR6120:2019 permite considerar essa carga adicional como uma carga uniformemente distribuída sobre toda a superfície. A magnitude desta carga distribuída é função da carga linear da parede acabada, conforme tabela 13 da norma.

3.3.2 Ações horizontais

O valor das ações e as considerações devidas ao vento nas estruturas são fornecidas pela NBR6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações.

A velocidade característica do vento (V_k), é obtida a partir do produto da velocidade básica do vento na região do empreendimento (V_0 - velocidade de uma rajada de 3 s, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno, em campo aberto e plano), cujo valor pode ser encontrado no gráfico de isopleias da mesma norma, e de três outros parâmetros chamados S1, S2 e S3. O primeiro deles (S1) refere-se as variações do relevo do terreno sobre o qual a edificação será construída, adotando-se o valor 1,0 para terrenos planos ou pouco acidentados. O segundo (S2) é definido em função das dimensões da edificação, bem como das características de rugosidade superficial do entorno, como a altura média e o tipo de obstáculos que minimizam as ações do vento, e da altura do ponto considerado em relação ao solo. O último fator (S3) é baseado no nível de probabilidade de ocorrência do valor de vento com tempo de retorno de 50 anos, também leva em consideração o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. Por fim, a pressão dinâmica do vento é calculada da seguinte forma:

$$q = 0,613 \times V_k^2$$

A força de arrasto, ou seja, a componente da força devida ao vento na direção do vento, é dada por:

$$F_a = C_a \times q \times A$$

Onde:

- C_a é o coeficiente de arrasto, fornecido em ábaco em função da geometria da edificação e do nível de turbulência do vento (Figura 11);
- q é a pressão dinâmica do vento, anteriormente descrita;
- A é a área em projeção no plano ortogonal à direção do vento da forma do objeto em estudo.

Como mencionado, o C_a depende do nível de turbulência do vento, que pode ser classificada em baixa e alta. A NBR6123:1988 permite, para edificações paralelepípedicas, expostas a ventos de alta turbulência, algumas reduções no coeficiente de arrasto. E descreve as situações nas quais a edificação pode ser considerada exposta a essa condição: quando sua altura não excede duas vezes a altura média das edificações nas vizinhanças, estendendo-se estas, na direção e no sentido do vento incidente. A extensão a ser considerada para o cálculo da altura média dos edifícios da vizinhança, varia de acordo com a altura da edificação, conforme abaixo:

- 500 m, para uma edificação de até 40 m de altura;
- 1000 m, para uma edificação de até 55 m de altura;
- 2000 m, para uma edificação de até 70m de altura;
- 3000 m, para uma edificação de até 80 m de altura

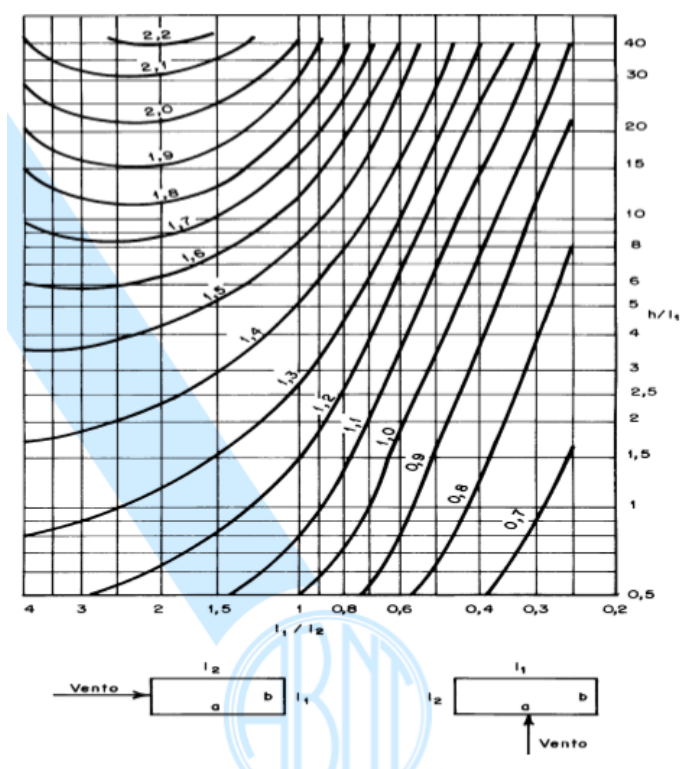


Figura 11 - Ábaco coeficiente de arrasto (C_a). Fonte: NBR6123:1988

É interessante observar que apesar do C_a ser estabelecido em função das dimensões da edificação como um todo, o fator S_2 , que está incluído no cálculo do V_k e, conseqüentemente, no valor de q (carga dinâmica), depende da altura considerada. Assim sendo, para a altura de cada pavimento, um diferente S_2 é calculado e um outro valor de Fa é encontrado, de forma

que a força do vento, mantida a área de influência constante, aumente com a altura do pavimento considerado. A Figura 12 ilustra essa situação.

Além disso, a NBR6123:1988, acrescenta que a resultante dessa força em edificações paralelepípedicas deve ser aplicada no centro da dimensão em planta, mas também deve-se considerar algumas excentricidades em função das características da região vizinha, pois o efeito de vizinhança pode gerar o aparecimento de efeitos torcionais na estrutura. Esses valores de excentricidade são função da dimensão da edificação, em planta, perpendicular ao vento na direção considerada, conforme segue abaixo:

- Edificações sem efeitos de vizinhança:

$$e_a = 0,075 a \quad e \quad e_b = 0,075 b$$

- Edificações com efeitos de vizinhança:

$$e_a = 0,15 a \quad e \quad e_b = 0,15 b.$$

Sendo e_a medido na direção do lado maior, a , e e_b medido na direção do lado menor, b . Essas excentricidades devem ser consideradas nos dois sentidos, em cada direção do vento. A Figura 12 apresenta essa situação.

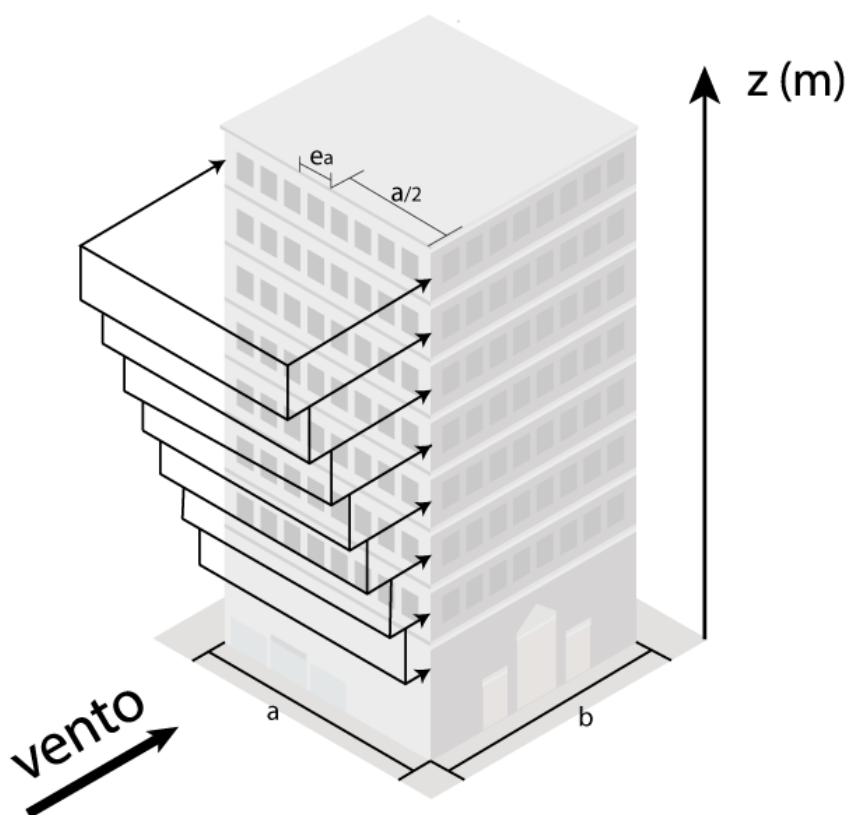


Figura 12 – Excentricidade da carga e magnitude da solicitação de vento em função da altura considerada.
Fonte: Autor

4 ESTABILIDADE DE EDIFÍCIOS

A melhoria da qualidade e da tecnologia empregada nos materiais da construção civil, bem como a evolução nos estudos e pesquisas sobre o comportamento dos materiais, permitiu aos engenheiros projetar estruturas cada vez mais altas, desta forma, as solicitações horizontais devidas ao vento e os deslocamentos laterais tornaram-se ainda mais importantes.

Antes de apresentar os parâmetros presentes na norma para estudar a estabilidade global de edificações, é importante fazer a revisão de alguns conceitos.

4.1 Análise de 1ª e 2ª ordem

A análise de 1ª ordem, como explica KIMURA (2007), é aquela em que o cálculo da estrutura é realizado na sua configuração geométrica inicial não deformada, gerando os chamados ‘efeitos de primeira ordem’. Esta análise é a mais básica e tradicional no estudo de estruturas.

Já a análise de segunda ordem fornece os esforços de 2ª ordem, que de acordo com a NBR6118:2014, “são os esforços decorrentes do deslocamento horizontal da estrutura sob a ação de cargas verticais e horizontais.” Os seja, os esforços adicionais que surgem na estrutura em função da sua deformação.

Esses efeitos são classificados em três tipos, descritos no item 15.4.1 da NBR6118:2014: efeitos globais, locais e localizados de 2ª ordem:

Sob a ação das cargas verticais e horizontais, os nós da estrutura deslocam-se horizontalmente. Os esforços de 2ª ordem decorrentes desses deslocamentos são chamados efeitos globais de 2ª ordem. Nas barras da estrutura, como um lance de pilar, os respectivos eixos não se mantêm retilíneos, surgindo aí efeitos locais de 2ª ordem que, em princípio, afetam principalmente os esforços solicitantes ao longo delas.

Em pilares-parede (simples ou compostos) pode-se ter uma região que apresenta não retilineidade maior do que a do eixo do pilar como um todo. Nessas regiões surgem efeitos de 2ª ordem maiores, chamados de efeitos de 2ª ordem localizados. O efeito de 2ª ordem localizado, além de aumentar nessa região a flexão longitudinal, aumenta também a flexão transversal, havendo a necessidade de aumentar a armadura transversal nessas regiões.

Esses efeitos podem ser melhor compreendidos e visualizados na Figura 13, extraídos de KIMURA (2007).

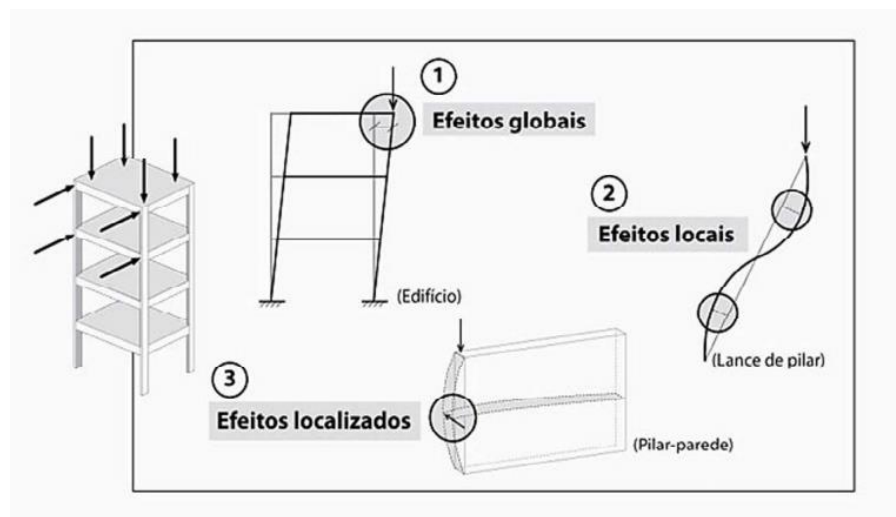


Figura 13 - Efeitos globais, locais e localizados de 2ª ordem. Fonte: KIMURA (2007)

4.2 Não-linearidade física e geométrica nas estruturas de concreto

As estruturas das edificações e os elementos que a compõe estão cada vez mais esbeltos, daí a importância de se considerar as não-linearidades, visto que nestas situações elas passam a ser preponderantes (KIMURA, 2007). Uma análise considerando esses efeitos altera, em alguns casos, de maneira significativa os valores dos esforços e deslocamentos calculados a partir de uma análise linear.

A não-linearidade física refere-se às propriedades do concreto armado, material que, quando fletido, fissa na parte tracionada, e ao fissurar, não se deforma linearmente com o aumento das solicitações. Além disso, quando comprimido, a relação tensão deformação é igualmente não linear. A não-linearidade física influencia na análise da não linearidade geométrica da estrutura.

Sob certas circunstâncias, a NBR 6118:2014 permite considerar a não-linearidade física de maneira aproximada, reduzindo os valores de rigidez do material de acordo com a sua função estrutural. Como já citado, fissuras no concreto armado acentuam esses efeitos, logo peças fletidas devem ter uma redução maior. Quando as consequências desses efeitos devem ser levadas em consideração na análise dos esforços globais de 2ª ordem (não sendo permitido para a análise local de 2ª ordem), em estruturas reticuladas com no mínimo quatro andares, é possível utilizar os valores aproximados fornecidos pela NBR6118:2014:

- Lajes: $(EI)_{sec} = 0,3 E_c I_c$
- Vigas com $A_s' \neq A_s$: $(EI)_{sec} = 0,4 E_c I_c$
- Vigas com $A_s' = A_s$: $(EI)_{sec} = 0,5 E_c I_c$
- Pilares: $(EI)_{sec} = 0,8 E_c I_c$

Onde:

I_c é o momento de inércia da seção bruta de concreto, incluindo, quando for o caso, as mesas colaborantes.

E_c é o valor representativo do módulo de deformação do concreto considerado como o Módulo de Deformação Secante E_{cs} majorado em 10%., conforme itens 8.2.8 e 15.5.1.

Já a não-linearidade geométrica, segundo KIMURA (2007), se refere não mais as alterações no material que a compõe, mas sim as mudanças na *geometria* dos elementos estruturais à medida que um carregamento é aplicado ao edifício.

Essa característica é especialmente importante quando as solicitações de 2ª ordem são relevantes para a análise da estrutura, ou seja, quando os efeitos das deformações devido ao carregamento aumentam as solicitações em mais de 10% dos seus valores de primeira ordem.

4.3 Parâmetros de estabilidade

A NBR6118:2014 apresenta dois critérios para análise da estabilidade global da edificação, sendo eles: parâmetro de estabilidade alfa (α) e coeficiente gama z (γ_z). Estes critérios são analisados para determinar se a estrutura pode ser considerada de nós fixos, isto é, se os efeitos globais de 2ª ordem podem ser desconsiderados, ou se a estrutura é considerada como de nós móveis, nas quais os efeitos de segunda ordem não podem ser desprezados. Neste trabalho, apenas o coeficiente gama z será considerado.

A referente norma apresenta, no item 15.4.2, as definições de estruturas de nós fixos e estruturas de nós móveis e as considerações a serem feitas:

As estruturas são consideradas, para efeito de cálculo, como de nós fixos, quando os deslocamentos horizontais dos nós são pequenos e, por decorrência, os efeitos globais de segunda ordem são desprezíveis (inferiores a 10% dos respectivos esforços de primeira ordem). Nessas estruturas, basta considerar os efeitos locais e localizados de 2ª ordem.

As estruturas de nós móveis são aquelas onde os deslocamentos horizontais não são pequenos e, em decorrência, os efeitos globais de 2ª ordem são importantes (superiores a 10% dos respectivos esforços de primeira ordem). Nessas estruturas devem ser considerados tanto os esforços de 2ª ordem globais como os locais e localizados.

4.3.1 Coeficiente γ_z

Este deve ser utilizado para edifícios de, no mínimo, 4 andares e quando seu valor é menor ou igual a 1,1, a estrutura é considerada de nós fixos. Quando seu valor está entre 1,1 e 1,3, a avaliação dos esforços globais de 2ª ordem pode ser determinada a partir da majoração dos esforços horizontais de primeira ordem por $0,95 \times \gamma_z$; considerando-se para os valores de

rigidez das diversas barras os valores aproximados, reduzidos em consequência da não linearidade física.

O parâmetro γ_z pode ser determinado a partir dos resultados de uma análise linear de primeira ordem, para cada caso de carregamento, adotando-se os valores de rigidez fornecidos pela NBR6118:2014 que levam em consideração a não-linearidade física de maneira aproximada.

A fórmula do γ_z fornecido pela NBR6118:2014 é:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad (1)$$

Onde:

- $M_{1,tot,d}$ é o momento de tombamento, ou seja, a soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, com seus valores de cálculo, em relação à base da estrutura;

- $\Delta M_{tot,d}$ é a soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada, com seus valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de 1ª ordem.

4.4 Deslocamentos horizontais

Além de analisar os parâmetros de estabilidade definidos na NBR6118:2014 para as combinações de Estado limite último, é indispensável fazer a verificação dos deslocamentos da estrutura para as combinações do Estado Limite de Serviço, que se referem a vibrações, deslocamentos e abertura de fissuras excessivas. A norma acima citada fixa dois limites importantes, o primeiro deles é o deslocamento no topo do edifício, que deve ser, no máximo, $H/1700$, sendo H a altura total da edificação. O outro limite, refere-se ao deslocamento entre pavimentos consecutivos, o valor máximo permitido é $H_i/850$, onde H_i é o desnível entre dois pavimentos vizinhos.

5 FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE PROJETO (TQS)

Em síntese, o software TQS, segundo a própria empresa, é:

[...] destinado à elaboração de projetos estruturais de edificações de concreto armado. É composto por um conjunto de sistemas que, de forma totalmente integrada e automatizada, fornecem recursos necessários para a concepção estrutural, análise estrutural, dimensionamento e detalhamento de armaduras, geração de desenhos até a emissão de plantas.

5.1 Modelos de análise

No início de um novo projeto, o programa permite escolher entre diferentes modelos de análise estrutural, os mais utilizados são os *Modelo IV – Modelo de vigas e pilares, flexibilizado conforme critérios* e o *Modelo VI – Modelo de vigas, pilares e lajes, flexibilizado conforme critérios*.

Para o primeiro modelo citado, o edifício será modelado por um pórtico espacial, que recebe as ações tanto verticais, quanto horizontais devido às vigas e pilares, e os modelos dos pavimentos (vigas contínuas ou grelhas), que sofre apenas as ações verticais das lajes. O efeito de diafragma rígido da laje é devidamente considerado. (TQS, 2020)

Já no segundo modelo mencionado, o prédio é modelado por um pórtico espacial, que engloba todos os elementos da estrutura, ou seja, vigas, pilares e lajes. Todas as ações neste modelo, verticais e horizontais, são resistidas por todos os elementos, o que faz a laje resistir a parte dos esforços do vento, o que não ocorre nos outros modelos. (TQS, 2020)

5.2 Estabilidade

O software fornece relatório de estabilidade global, onde estão dispostos os parâmetros γ_z , FAVt, parâmetro alfa e os deslocamentos total e entre pavimentos do edifício.

O parâmetro γ_z e FAVt estão relacionados, no entanto o software faz uma diferente consideração dos esforços atuantes na edificação para o cálculo de cada um deles. O parâmetro chamado de FAVt pelo TQS, na verdade, possui a definição do γ_z fornecido pela NBR6118:2014, e o γ_z definido pelo programa, parece um outro parâmetro sem definição de norma.

Segundo a empresa TQS, para o cálculo do γ_z , os valores de $M_{tot,d}$ e $M_{1,tot,d}$ utilizam resultados obtidos da análise linear do pórtico espacial ELU, e depende da aplicação de forças **horizontais** na estrutura, isto é, os deslocamentos horizontais provocados pelas **cargas verticais não são considerados**. O parâmetro é calculado para todas as angulações definidas do vento, para a forma padrão, são elas: 0°, 90°, 180° e 270°.

A empresa explica o que considera para o cálculo de cada uma das parcelas que compõe o γ_z :

O momento de tombamento ($M_{1,tot,d}$) é calculado por meio da somatória do produto das cargas horizontais projetadas na direção do vento pela suas distâncias à cota inicial do pórtico.

O momento adicional ($M_{tot,d}$) é calculado por meio da somatória do produto das cargas verticais nodais pelos seus respectivos deslocamentos horizontais projetados na direção do vento. Para carga sobre barras, considera-se o deslocamento médio de seus nós extremos.

Enquanto o FAVt, também chamado de fator de amplificação de esforços horizontais, é calculado, segundo a TQS, exatamente com a mesma formulação do coeficiente γ_z ; a diferença é que os deslocamentos horizontais provocados pelas cargas verticais são considerados e o resultado final passa a depender da magnitude das forças horizontais (vento). A empresa ainda explica que é este o parâmetro a ser usado para a aplicação do método aproximado para avaliação dos efeitos globais de 2ª ordem ($0,95 \times \gamma_z$) proposto pela NBR 6118.

A empresa finaliza explicando:

Quando os deslocamentos horizontais provocados pelas cargas verticais atuam no mesmo sentido do vento presente na combinação analisada, o FAVt é maior que o γ_z . Em situações contrárias, isto é, quando os deslocamentos oriundos das cargas verticais atuam em sentido oposto a do vento (favorecendo a estabilidade do edifício), o FAVt é menor que o γ_z . Nesse caso, o sistema adota um valor mínimo para FAVt igual ao correspondente γ_z calculado para o vento isolado presente na combinação.

5.3 Solicitações horizontais – vento

O software TQS aplica as cargas de vento diferente da forma como estas cargas atuam na prática.

Na realidade, a ação do vento atua diretamente sobre a fachada perpendicular de barlavento (lado de onde sopra o vento), gerando uma sobrepressão que solicita horizontalmente os pilares ali presentes. Já na face oposta, perpendicular ao sotavento, ocorre sucção, e os pilares daquela região são “puxados” para fora do edifício. A força de arrasto considera simultaneamente essas duas parcelas, sendo que, na maioria das situações, a primeira (parcela de sobrepressão na fachada de barlavento) é bastante maior que a segunda.

Entretanto, o software distribui as cargas de vento em todos os pilares da edificação, a consequência disso é que todos os pilares estão sendo solicitados na mesma direção, ao invés de considerar os efeitos somente nos nós de barlavento, ou com uma parcela maior nos nós de barlavento e uma parcela menor nos nós de sotavento. O modelo de aplicação de cargas de

vento do TQS gera, em alguns casos, o aparecimento de esforços normais de tração em vigas que dificilmente podem ser explicados pelo modelo real de aplicação das cargas de vento.

5.4 Deslocamento de lajes

O software fornece as flechas estimadas de longa duração e máxima permitidas da laje com maior deformação de cada pavimento do edifício, através do Resumo Estrutural. No entanto, os valores fornecidos de limites, que estão configurados para $L/250$, não são usados pelo software, que apresenta um valor diferente, de difícil interpretação, fazendo com que lajes dentro dos limites normativos sejam apontadas como muito deformáveis. Além disso, o software recomenda que a análise de flechas (lajes e vigas) em cada pavimento seja realizada através do grelha não-linear. Sendo assim, os limites fornecidos automaticamente foram ignorados e utilizou-se comparação manual para garantir que as mesmas estavam, de fato, respeitando os limites previstos pela NBR6118:2014.

5.5 Armadura de punção em lajes

Quando a dimensão da base da viga é menor que a dimensão perpendicular do pilar que a apoia, o software prevê de forma aparentemente equivocada, em alguns pontos, a necessidade de armadura de punção. Este tipo de armadura é usual quando há lajes apoiadas diretamente sobre pilares ou capteis, pela reduzida superfície resistente ao cortante, sendo que em casos onde há vigas, esta armadura não é, em geral, indicada, pois o contorno apoiado nas vigas garante tensões de cisalhamento suficientemente baixas para dispensar armadura.

6 PESQUISA

6.1 Considerações de projeto

A concepção da planta do edifício teve como ponto de partida a distribuição dos pilares em dois sistemas de eixos: 5 x 5m e 7,5 x 7,5m, sendo assim, as dimensões da planta principal foram determinadas de forma a serem múltiplas destes números. Estes dois sistemas foram escolhidos por serem modelos que possibilitam uma concepção estrutural sem vigas de transição quando há pavimentos na edificação destinados a estacionamento e outros com diferentes usos, uma vez que as estruturas de transição são, em geral, demasiado robustas e têm custo alto e execução complicada, podendo inclusive exigir modificações na altura do pé-direito. Foram adotadas as dimensões de 2,5 x 5m para cada vaga de estacionamento, destinando a folga nos valores para a interferência dos pilares, pois os locais de estacionamento para cada carro, devem ter largura mínima de 2,30m, e comprimento mínimo de 4,60m (PORTO ALEGRE, 1992). A Figura 14 ilustra de maneira simplificada a disposição das vagas nas duas malhas de pilares adotadas.

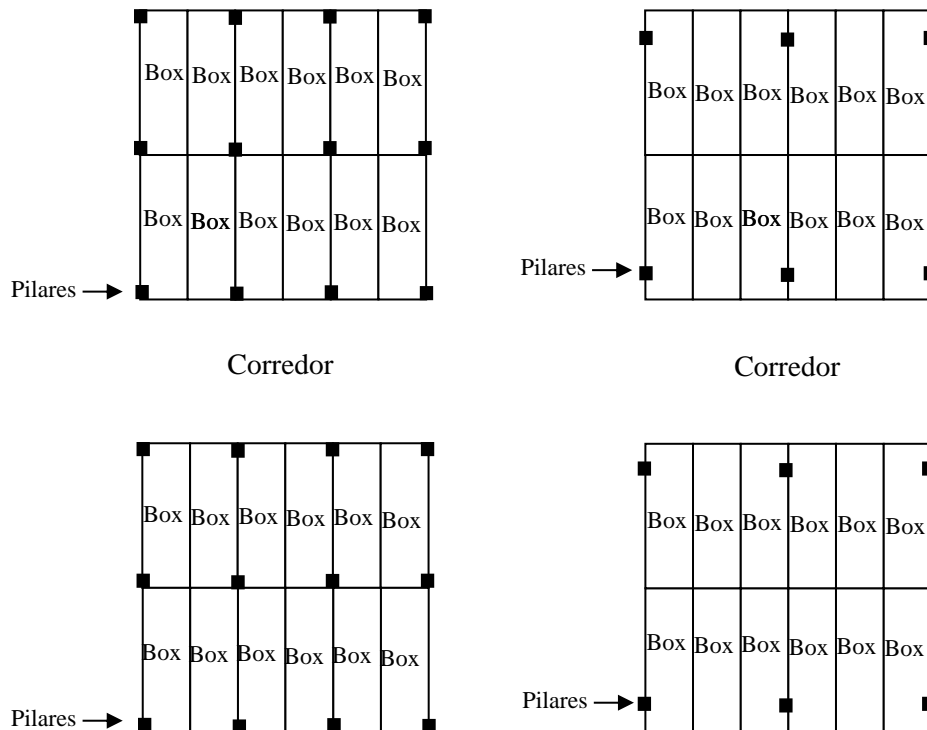


Figura 14 – Disposição das vagas de garagem entre as malhas de pilares de 5x5m (esquerda) e 7,5x7,5m (direita). Fonte: Autor

Visando buscar coerência entre os projetos estruturais e arquitetônicos, sem deter-se demasiado no segundo, optou-se por um edifício de uso comercial, pois o menor número de divisórias e as salas amplas facilitam a utilização de pilares nestas posições, evitando conflitos.

O projeto arquitetônico do edifício comercial foi elaborado de maneira simplificada, com o objetivo de representar satisfatoriamente uma concepção possível e usual, como dito anteriormente, sem deter-se demasiado em detalhes arquitetônicos. Apesar disso, para resolver certas divergências foram utilizados critérios arquitetônicos de projeto, visando melhorar a utilização das áreas e o conforto dos usuários.

Outro ponto importante foi a definição do número de pavimentos do projeto, visto que o intuito era estudar os parâmetros de estabilidade e a maneira como o edifício se comporta frente às solicitações horizontais. Devido às restrições do programa, dada a planta finalizada, o software permitiu a análise de um máximo de 10 pavimentos no total, onde os dois primeiros são destinados a estacionamentos e os outros oito, a salas comerciais. O pavimento térreo, onde estariam dispostas vigas baldrame, não foi lançado no software nem considerado no quantitativo dos modelos, em função da limitação da versão do programa de projeto utilizado em relação ao número de nós máximo do modelo.

O edifício possui 32m de altura e foi mantido um pé direito de 3,2 m em todos os pavimentos (inclusive garagem) de todos os modelos, portanto o ganho qualitativo devido a este item foi desconsiderado, isto é, nos casos em que as vigas puderam ser dimensionadas com uma altura reduzida, se poderia reduzir a altura dos pavimentos e assim, reduzir a altura total do edifício, ou então, caso fosse definido que a altura deveria ser constante, isto possibilitaria, em alguns casos, o acréscimo de um pavimento. Foi previsto forro em todos os pavimentos, exceto nos dois primeiros destinados a estacionamentos. A Figura 15 mostra o corte esquemático da edificação.

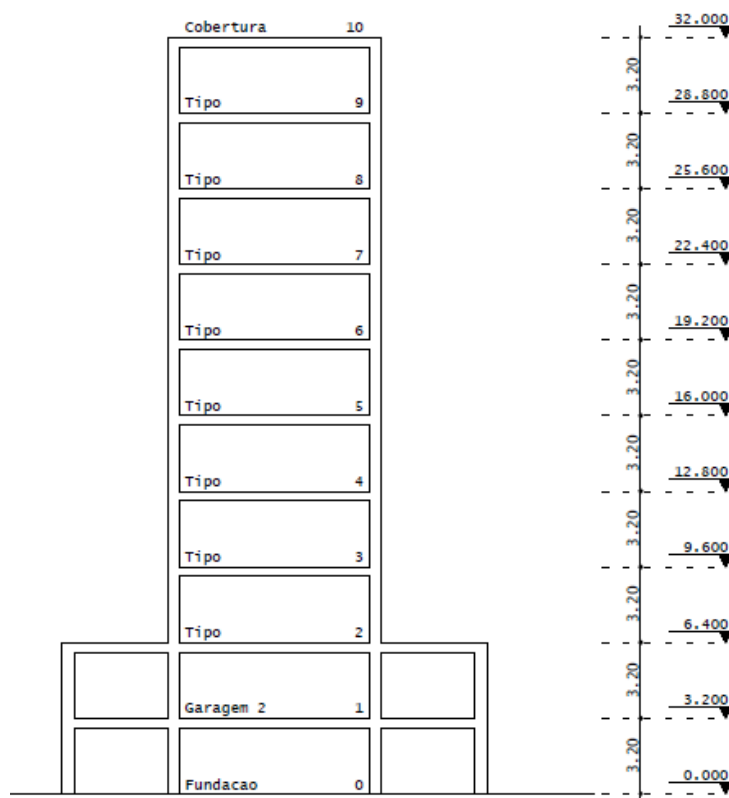


Figura 15 - Corte Esquemático da edificação. Fonte: TQS

6.1.1 Considerações arquitetônicas e concepções estruturais

Pode-se dividir a planta do edifício em três blocos: circulação vertical, planta principal, e rampa da garagem.

O primeiro bloco construtivo possui planta retangular de 7,65 x 9,05 m totalizando 69,23 m², composto por uma escada ampla com espaço para espera de cadeirante, três elevadores, corredor e hall de entrada. Este bloco foi mantido constante ao longo de todos os projetos, ou seja, eles foram considerados no quantitativo total de materiais das diferentes soluções, no entanto, comparativamente, todas as concepções estruturais possuem as mesmas quantidades e características. O número e dimensões dos pilares, vigas e lajes foram mantidos iguais nos cinco modelos de estudo.

A rampa da garagem, que possibilita o acesso do primeiro ao segundo pavimento de garagem, foi inicialmente lançada no software, mas devido às restrições da licença utilizada, este bloco não foi considerado no dimensionamento. No entanto, foram deslocados os pilares na borda direita do bloco principal, em planta, em função da área necessária para manobra, de forma a tentar abranger, ainda que aproximadamente, a existência desse bloco fundamental. Abaixo, na Figura 16, esquema em planta da edificação apresentando os diferentes blocos.

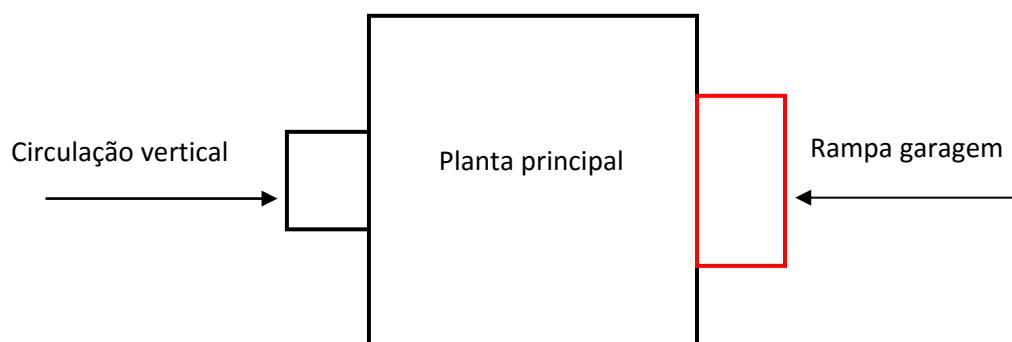


Figura 16 - Esquema da edificação em planta. Fonte: Autor

Para o bloco principal, há cinco diferentes concepções de combinações de malha de lançamento de pilares: 5 x 5m ou 7,5 x 7,5m, e dois tipos de laje: maciça e nervurada. A diferença entre malhas interfere na definição das áreas comerciais dos pavimentos tipos, mas não modificam o número de vagas de garagem no primeiro e segundo pavimento, que são 34 e 36, respectivamente. O número de vagas necessário para atender as exigências de acessibilidade, bem como as suas dimensões, não foram consideradas no lançamento da malha estrutural, no entanto, podem ser obtidas através da junção de vagas tradicionais.

As configurações com malha de 5 x 5m, possuem, em cada pavimento, 6 salas comerciais de, aproximadamente, 61 m² e outras 6 com 73 m², além de um corredor central. Já os outros três casos com malha de 7,5 x 7,5, possuem 4 salas comerciais com 93 m² e mais 4 salas de 110 m². Na Tabela 2 é apresentado a nomenclatura dos modelos e as áreas das salas comerciais de cada um deles.

Modelo	Malha pilares	Tipo de laje	Salas comerciais	Esquema
Modelo 1	5x5	Maciça	6 x 61m ² + 6 x 73 m ²	
Modelo 4	5x5	Nervurada	6 x 61m ² + 6 x 73 m ²	
Modelo 3	7,5x7,5	Maciça e vigas em malha de 3,5 x 3,5 m	4 x 93m ² + 4 x 110 m ²	
Modelo 2	7,5x7,5	Maciça	4 x 93m ² + 4 x 110 m ²	
Modelo 5	7,5x7,5	Nervurada	4 x 93m ² + 4 x 110 m ²	

Tabela 2 - Modelo e concepções estruturais e arquitetônica. Fonte: Autor

Na Figura 17 é possível visualizar a planta arquitetônica do pavimento tipo dos modelos 1 e 4. Já na Figura 18 está presente a planta do pavimento tipo dos modelos 2, 3 e 5, com malha de 7,5x7,5m.



Figura 17 - Planta arquitetônica simplificada do pavimento tipo dos modelos com malha 5x5m

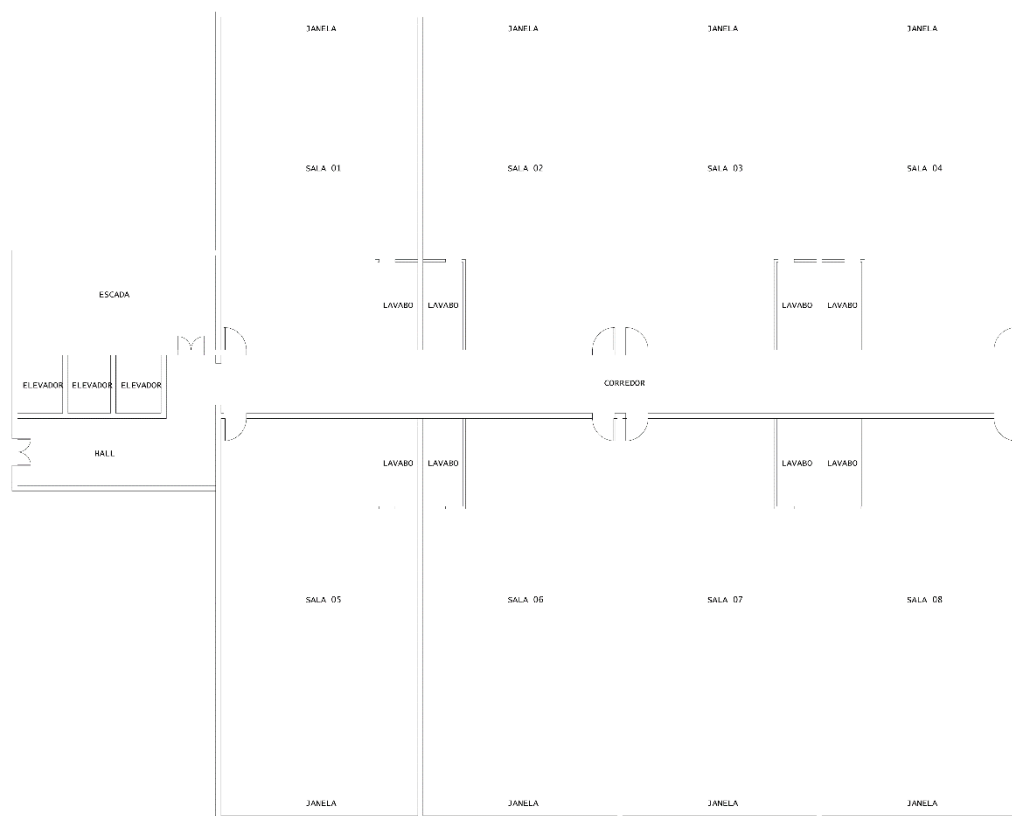


Figura 18 - Planta arquitetônica simplificada do pavimento tipo dos modelos com malha 7,5x7,5m

6.2 Critérios de projeto

Diversos critérios foram estabelecidos para a realização de uma comparação usando um mesmo algoritmo de detalhamento entre todos os modelos estudados. Abaixo, os critérios utilizados para o dimensionamento e análise são apresentados.

6.2.1 Dados dos materiais

O concreto utilizado foi o C35 e o cobrimento adotado foi de 3 cm para pilares e vigas, e 2,5 para lajes. O aço utilizado para $\varnothing 5,0$ foi o CA60 e para os demais, CA50.

6.2.2 Estabilidade global

Neste trabalho, para a análise da estabilidade global, optou-se por utilizar o parâmetro γ_z , visto que este possui uma definição mais clara e compreensível em comparação com o parâmetro α . Ademais, todos os modelos foram dimensionados de forma a obter-se $\gamma_z \leq 1,3$, garantindo que, mesmo que a estrutura seja de nós móveis ($\gamma_z \geq 1,1$), os efeitos de segunda ordem global possam ser considerados de maneira aproximada.

6.2.3 Dimensões de pilares, vigas e lajes

Para facilitar o pré-dimensionamento e futuros ajustes nas dimensões, os pilares foram agrupados de acordo com os esforços de compressão axial solicitantes; adotando-se a menor dimensão da seção transversal como constante e com o mesmo valor para todos os pilares, em cada um dos modelos. Além disso, tentou-se buscar certa simetria entre as dimensões dos pilares espelhados nos dois eixos centrais da planta do bloco principal. Os pilares foram divididos em 5 grupos: de canto, centrais, internos, de extremidade (ao longo da fachada) e divisa (pilares que suportam tanto o bloco principal quanto a estrutura da circulação vertical), nas plantas mostradas, eles são identificados e agrupados por cores. Os pilares denominados centrais são os únicos pilares no interior da edificação que, devido às restrições das vagas de garagem, têm maior inércia em torno do eixo vertical em planta; estes elementos são os responsáveis por grande parte da estabilidade da edificação no eixo horizontal, por conta disso possuem grandes dimensões em comparação com os demais.

Em cada modelo, a seção transversal das vigas possui a mesma dimensão de base, alterando-se apenas sua altura, reduzindo-se assim uma variável no seu dimensionamento.

Já para as lajes, buscou-se utilizar a mesma espessura em cada pavimento, de maneira a simplificar a análise. Em alguns casos, por questões de deslocamento excessivo, modificou-se localmente a espessura da laje.

Para todos os elementos acima mencionados, buscaram-se as menores seções transversais que passassem na verificação e dimensionamento do programa de projeto empregado. É sabido que não necessariamente a menor seção corresponde ao modelo mais econômico, uma vez que essa premissa minimiza a quantidade de concreto, mas tende a gerar taxas de armadura mais altas. No entanto adotou-se esse critério como forma de padronização para comparação entre as soluções, visto que isto estabelece um critério único de fácil aplicação para os cinco modelos estruturais propostos.

6.2.4 Vigas e pilares no enrijecimento da estrutura

Para definir se os pilares ou as vigas deveriam ter suas dimensões aumentadas em caso de instabilidade global, ou seja, $\gamma_z > 1,3$, ou de deslocamento horizontal excessivo, fez-se um pequeno estudo com um dos modelos e analisou-se, de forma simplificada, qual seria mais econômico considerando apenas os custos de consumo dos materiais aço e concreto. Apesar da diferença percentual observada entre as duas soluções ter sido pequena frente ao custo total, aumentar as dimensões dos pilares resultou mais econômico. Apesar disso, é válido ressaltar que a rigidez da estrutura como um todo é alcançada através dos pórticos que a compõe, estes,

por sua vez, compostos por pilares e vigas, logo a rigidez relativa entre eles, e não somente a rigidez isolada de cada elemento, é que, de fato, estabelece o nível de estabilidade da edificação.

6.3 Cargas de vento

A velocidade básica do vento foi definida como 45 m/s², referente à região de Porto Alegre.

O fator S1 foi considerada igual a 1.

Na definição do parâmetro S2, foi considerada a Categoria IV, correspondente a bairros densamente urbanizados, e Classe, B, contemplando dimensão máxima da edificação entre 20 e 50m.

O fator S3 é determinado em função do uso da edificação, utilizou-se o valor 1, que caracteriza edificações em geral (hotéis, residências, comércio e indústria com alta taxa de ocupação).

Ademais, foram fornecidos os valores das dimensões em planta e a altura total da edificação. A altura total da edificação é de 32 m e as dimensões em planta devem ser fornecidas nas direções do vento a serem consideradas, neste caso, 0, 90, 180 e 270 graus. A dimensão nas direções 0° e 180° é 30,45m. No entanto, para as direções 90 e 270 graus fez-se um pequeno teste, pois havia duas alternativas possíveis: a dimensão apenas do bloco principal da edificação (30,40 m) ou a dimensão incluindo o bloco da circulação vertical (38,05). Sendo assim, optou-se pelo primeiro caso, pois gerou os maiores coeficientes de arrasto (C.A.) de um modo geral, conforme apresentado na Tabela 3.

Direções do vento	Bloco principal (30,40 x 30,45)	Ambos os blocos (38,05 x 30,45)
0°	1,14	1,06
90°	1,14	1,16
180°	1,14	1,06
270°	1,14	1,16

Tabela 3 - Coeficiente de arrasto para as diferentes considerações de dimensões em planta. Fonte: Autor

A norma também sugere considerar uma excentricidade das forças de arrasto devido às ações do vento para edificações paralelepípedicas, agindo perpendicularmente a cada uma das fachadas. Essas excentricidades são causadas por vento agindo obliquamente ou por efeitos de vizinhança, e foram implementadas nas configurações do software. Os esforços de torção daí oriundos são calculados considerando estas forças agindo com excentricidades de 15%, quando levados em consideração os efeitos de vizinhança, em relação ao eixo vertical geométrico em cada uma das faces da edificação.

6.4 Cargas verticais

O software TQS 21.8 utilizado para a realização do trabalho ainda não está atualizado com as recentes alterações ocorridas na NBR 6120:2019 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, sendo assim, algumas mudanças nos critérios padrão de cargas do programa foram realizadas manualmente de forma a aproximar-se da nova normativa.

Com o intuito de utilizar um único valor para todo o pavimento comercial e pela incerteza da exata utilização das salas comerciais, optou-se pela utilização da carga variável de 3 kN/m^2 , sendo este o valor que está a favor da segurança.

Pavimento garagem foi utilizada a categoria I, cujo PBT é menor ou igual a 30 kN e a carga uniformemente distribuída a ser considerada é de 3 kN/m^2 , ademais a tabela 13 da NBR6120:2019 fornece uma série de valores de carga que devem ser verificados, como os valores de força horizontal F_x e F_y de ação excepcional em duas direções e o valor de carga concentrada (Q_k), essas verificações foram desprezadas, pois concluiu-se que não interfeririam significativamente no objetivo principal do trabalho.

Para a cobertura foi utilizada uma carga de 1 kN/m^2 , considerando que há acesso apenas para manutenção ou inspeção, que já inclui tampas de reservatórios de concreto armado no topo dos edifícios

Para a casa de máquinas, localizadas na laje de cobertura acima dos poços do elevador, considerou-se uma carga distribuída de 30 kN/m^2 . Neste trabalho, o teto da casa de máquinas não foi lançado no software e, avaliando a magnitude das cargas sugeridas, optou-se por utilizar somente a carga distribuída de 30 kN/m^2 citada anteriormente, visto que esta já possui um valor bastante elevado.

No trabalho, não se utilizou a redução permitida pela NBR6120:2019 no cálculo do carregamento dos pilares para pavimentos repetidos com o mesmo tipo de utilização. Sendo assim, o carregamento considerado está maior que o normativo e, portanto, a favor da segurança.

6.4.1 Cargas lineares de alvenaria

Para a carga de alvenaria de vedação, bem como de todas as divisórias internas da edificação (com exceção dos banheiros), foi considerado blocos de concreto vazado (Classe C-ABNT NBR 6136) de 19 cm de largura, com 1 cm de argamassa de assentamento vertical e horizontal e 2 cm de espessura de revestimento por face, resultando em uma carga distribuída de $2,6 \text{ kN/m}^2$, conforme Tabela 2 da mesma norma. Nas faces superior e inferior, em planta, da fachada do edifício, foi considerada uma carga referente a uma parede de bloco de concreto do

mesmo tipo mencionado acima, mas com uma altura de 1,2 m, sendo o restante da área fechada com janelas de vidro, cuja carga foi desconsiderada. Observou-se que os valores de carga de alvenaria fornecidos pela Norma 6120:2019 são menores que os valores reais calculados manualmente, ainda assim, optou-se por utilizar os valores determinados por ela. As possíveis subdivisões internas das salas comerciais foram consideradas como sendo executadas com divisórias leves, e tais divisões não foram consideradas como cargas lineares (exceto as divisórias do banheiro), nem como carga distribuída sobre a laje, conforme permitido pela NBR6120:2019.

As áreas destinadas aos banheiros foram delimitadas por divisórias *Drywall* com espessura nominal do elemento de 7 a 30 cm, sendo considerado um peso de 0,5 kN/m², conforme Tabela 3 da norma. A norma ainda informa que este valor de carga se refere a montantes metálicos, quatro chapas com 12,5 mm de espessura cada e isolamento acústico com lã de rocha ou lã de vidro com 50 mm de espessura.

A Tabela 4 fornece as cargas consideradas para as paredes, cujo valor linear é obtido através da multiplicação dos valores em kN/m² pela altura da parede. A altura das paredes que cobrem todo pé direito foi considerada descontando a altura das vigas automaticamente, e nos casos em que foi considerada a existência de janelas, esta altura foi de 1,2m.

Título	Descrição	Carga Permanente (kN/m ²)	Localização
BLOCO19	ALVENARIA DE BLOCO DE CONCRETO C/ 19 cm	2,60	Paredes internas e externas, exceto banheiros.
DRYWALL	PAREDE DRYWALL	0,50	Parede banheiros

Tabela 4 - Carga de paredes utilizadas. Fonte: Autor

6.4.2 Cargas lineares de alvenaria

A Tabela 5 apresenta as cargas distribuídas sobre as lajes, que são divididas em duas parcelas, variável e permanente. A parcela variável foi explicada anteriormente, já a parte permanente, refere-se ao peso próprio dos elementos construtivos, como contrapiso, piso e forro.

Título	Descrição	Carga (kN/m ²)		Localização
		Variável	Permanente	
COMERC1	AREAS DE USO COMERCIAL	3,0	2,0	Nas lajes dos pavimentos tipo e do acesso vertical
GARAGEM1	GARAGEM	3,0	1,0	Nas lajes do pavimento garagem (2º pav.)
COBERT1	TERRAÇO DESCOBERTO (Impermeabilizado)	1,0	1,5	Nas lajes do terraço, exceto na laje acima do poço dos elevadores.
CASAMAQ	CASA DE MAQUINAS	1,0	5,0	Nas lajes acima do poço dos elevadores.

Tabela 5 - Cargas distribuídas utilizadas nas lajes. Fonte: Autor

6.5 Erros, avisos e limitações do programa de projeto utilizado

6.5.1 Limitações do programa de projeto

O programa TQS versão *UNIPRO* possui uma série de limitações. Essas restrições foram decisivas para a tomada de decisões.

A uma das maiores limitações foi o número de pavimentos, esta versão permite apenas o lançamento de 20 pavimentos, no entanto, também fixa a área máxima de cada pavimento em 1000 m² e a área total construída em 10000 m². Sendo assim, para obter-se uma concepção de planta arquitetônica interessante para o estudo das duas distribuições de pilares propostas, optou-se pela utilização de uma planta com uma área maior e por consequência, com menor número de pavimentos.

Outra limitação bastante significativa é o número máximo de nós permitidos para a geração da grelha que simula o comportamento das lajes. Este limite é fixado em 10000, por essa razão, a escada não pôde ser diretamente dimensionada e considerada no lançamento estrutural. Uma alternativa discutida foi a possibilidade de utilizar vigas intermediárias para apoiar o patamar da escada e, então dispor das cargas de peso próprio e utilização manualmente, no entanto, essa opção mostrou-se também inviável, visto que qualquer elemento estrutural intermediário excedia o número de nós possíveis. Por fim, foi desconsiderado o carregamento e o desenho da escada no trabalho por questões de simplificação, pois o objetivo do trabalho é pouco afetado pela desconsideração desses esforços. Optou-se por não colocar laje no local onde a escada seria implantada.

Para possibilitar o processamento da planta, que já havia sido elaborada antes do lançamento no modelador estrutural, as configurações padrão do TQS referentes ao espaçamento da malha que compõe a grelha tiveram que ser alteradas. O espaçamento foi

aumentado de 30 x 30cm para 60 x 60cm com o intuito de diminuir o número de nós no processamento estrutural, tornando viável assim, calcular a estrutura.

6.5.2 Erros e avisos

Após o processamento do modelo estrutural, o software TQS fornece um relatório de erros e avisos de diferentes níveis (leve, médio e grave). Considerou-se alguns avisos leves e médios aceitáveis, pois eles não são necessariamente erros de concepção estrutural, mas sim, alertas do software quanto à ocorrência de situações pouco usuais ou que ele identifica como uma possível falha de lançamento. Como exemplo, vale citar o aviso leve sobre a falta de carga de alvenaria sobre algumas vigas, o software visa alertar sobre o possível esquecimento das cargas, apesar de não representar um problema estrutural uma viga sem nenhuma carga distribuída de alvenaria diretamente sobre ela. A seguir, esses avisos e erros são apresentados e explicados separadamente.

6.5.2.1 Retirado engaste de laje - leve

Este aviso ocorre quando um mesmo lado de uma laje possui trechos com dois diferentes tipos de apoio: engastado, ou seja, possui continuidade da laje do outro lado da viga, e apoio simples, sem continuidade do outro lado da viga. O programa gera um aviso, pois o modelo de cálculo comporta-se de maneira não usual nesses casos.

6.5.2.2 Falta carga de alvenaria - leve

Erro já mencionado acima. Como a maioria das vigas do edifício tem carga de alvenaria, mas algumas não a tem, o software sugere fazer uma verificação. Este aviso apareceu para todos os pavimentos a partir do segundo.

6.5.2.3 Estrutura de nós móveis (Coeficiente Alfa) - leve

O programa indica, em alguns casos, que o coeficiente alfa está muito elevado e, portanto, a estrutura se comporta como de nós móveis. Contudo, este parâmetro não foi considerado no desenvolvimento do trabalho, uma vez que a análise da estabilidade global dos modelos foi feita com base no parâmetro gama z.

6.5.2.4 Largura do apoio insuficiente - leve

Alerta que a largura do apoio é insuficiente para ancorar as armaduras negativas à direita ou esquerda do vão. No entanto, este problema pode ser solucionado alterando manualmente o detalhamento das armaduras. Neste trabalho evitou-se fazer qualquer alteração na resolução

automática de armaduras, com o objetivo de padronizar o detalhamento e, conseqüentemente, ter um critério único na obtenção dos quantitativos. O erro foi desconsiderado.

6.5.2.5 Excesso de armaduras no apoio à esquerda ou direita do vão - leve

“A quantidade real de armadura detalhada, com base nos critérios de projeto, no apoio à esquerda/direita do vão está superior a armadura real necessária.” Foi aceito quando o excesso resultou pequeno. Pode ocorrer em situações em que o comprimento do vão da viga em um dos lados de um apoio em pilar é consideravelmente menor que o comprimento do outro lado, e o pilar tem rigidez da mesma ordem de grandeza da viga. No lado do vão maior, haverá um maior momento negativo em módulo, com sua correspondente armadura calculada. Por outro lado, o vão menor tem um momento negativo em módulo menor, exigindo menos armadura. Como a armadura para atender os dois momentos é a mesma, o programa identifica excesso (armadura efetiva superior a 50% da armadura calculada) no vão menor.

6.5.2.6 Diagrama de $M(-)$ na viga não ideal - médio

Ocorre quando o valor do momento fletor negativo em um determinado ponto está maior do que os momentos fletor negativos nos pontos próximo, formando assim um pico. O programa reconhece isso como uma anormalidade e automaticamente ajusta os pontos próximos para corrigir a curvatura do diagrama.

6.5.2.7 Ancoragem de vigas com tração - médio

Conforme mencionado anteriormente, a forma com que o programa de projeto aplica os carregamentos de vento na edificação, distribuindo a carga entre todos os pilares, faz com que surjam esforços de tração nas vigas no modelo de cálculo, o que dificilmente tem correspondência com os esforços reais.

6.6 Orçamento

Para a precificação dos materiais e serviços utilizou-se o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que tem por objetivo a produção de séries mensais de custos e índices para o setor habitacional. Neste trabalho, foram utilizados os valores desonerados e com 11/09/2020 como data de referência técnica, para o estado do Rio Grande do Sul. No apêndice A, encontram-se as composições detalhadas dos serviços.

Os insumos, bem como suas unidades, origem, custo e fator estão presentes na Tabela 6. O ‘fator material’ é a quantidade de material consumida dentro de cada composição, cujo valor é sempre maior que um, pois se considera a perda. Para as composições de dobra de aço de pilares, vigas e lajes, o fator é o mesmo, variando em função da bitola. Já para as fôrmas,

esse valor depende da composição referente a cada elemento estrutural, valendo 0,1428 para lajes maciças, 0,1402 para pilares, 0,1964 para vigas e 0,1544 para lajes nervuradas, estes valores variam também de acordo com o número de vezes que se pode repetir as fôrmas; todas as fôrmas podem ser usada 10 vezes.

A composição de custo de mão de obra das fôrmas de laje nervurada é dada em m², no entanto, o TQS disponibiliza o quantitativo deste tipo de sistema em número de cubetas. Para resolver esta incompatibilidade, para os modelos com lajes nervuradas, utilizou-se as mesmas áreas de fôrmas fornecidas pelo software para os respectivos modelos com lajes maciças. Além disso, para o cálculo da composição acima citada, a SINAPI utiliza por padrão o custo de aluguel da forma de 60x60x16cm.

Em relação ao quantitativo e orçamentação das lajes, o anexo de circulação vertical, que apesar de ter se mantido com laje maciça e com as mesmas dimensões de pilares e vigas em todos os modelos, teve sua área integralizando o total de área considerada no custo como laje nervurada nos modelos 4 e 5, que possuem laje nervurada no bloco principal da edificação.

A composição de concretagem levava em consideração o concreto C25, sendo assim, alterou-se a composição, trocando o preço do m³ deste concreto pelo concreto utilizado no trabalho, o C35.

Código	Material	Unidade	origem	Custo Material	Fator material
00034495	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C35, COM BRITA 0 E 1, SLUMP =100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m ³	CR	325,07	1,103
00001345	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA PARA FORMA DE CONCRETO, DE *2,2 X 1,1* M, E = 10 MM	m ²	CR	30,82	variável
00043059	ACO CA-60, 4,2 MM, OU 5,0 MM, OU 6,0 MM, OU 7,0 MM, VERGALHAO	kg	CR	5,13	1,07
00000032	ACO CA-50, 6,3 MM, VERGALHAO	kg	CR	5,72	1,07
00000033	ACO CA-50, 8,0 MM, VERGALHAO	kg	CR	5,75	1,11
00000034	ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO	kg	CR	5,42	1,11
00043055	ACO CA-50, 12,5 MM OU 16,0 MM, VERGALHAO	kg	C	4,7	1,11
00043056	ACO CA-50, 20,0 MM OU 25,0 MM, VERGALHAO	kg	CR	5,42	1,14

Tabela 6 – Insumos

6.7 Modelos

A seguir, serão apresentadas as plantas estruturais do pavimento tipo de cada modelo com cada grupo de pilares identificado com uma cor diferente, bem como as considerações e erros apontados pelo software em cada modelo; além do quantitativo de materiais e o orçamento. É importante destacar que apesar do dimensionamento ter sido realizado automaticamente pelo software, os relatórios bem como o detalhamento de pilares, vigas e lajes foram cuidadosamente analisados e revisados.

6.7.1 Modelo 1

O primeiro modelo consiste numa malha de pilares de 5 x 5m e laje maciça, conforme Figura 19, onde é apresentada a planta do pavimento tipo. A taxa de consumo de concreto (m^3/m^2) foi de 0,17 e as taxas de aço foram $15,6 \text{ kg/m}^2$ e $94,2 \text{ kg/m}^3$.

Como mencionado anteriormente, os pilares P8 e P42 (circulados na imagem) da face direita, em planta, da edificação, foram deslocados da malha regular com o intuito de considerar o espaço necessário para a manobra e acesso dos automóveis ao anexo de circulação vertical. Na Tabela 7 – Parâmetros do Modelo 1 e Tabela 7 estão fornecidos alguns parâmetros do modelo, bem como seus limites estabelecidos por norma.

Parâmetro	Calculado	Limite
Deslocamento Topo do edifício (cm)	(H/ 2378) 1.35	(H/ 1700) 1.88
Deslocamento Entre pisos (cm)	(H _i / 1522) 0.21	(H _i / 850) 0.38
γ_z (direção crítica 0° e 180°)	1.23	1.30
FAVt (direção crítica 0°)	1.25 – nós móveis	1.30

Tabela 7 – Parâmetros do Modelo 1 e limites fornecidos pela NBR6118

Neste modelo, a laje do pavimento tipo possui espessura de 12 cm, a menor dimensão dos pilares foi estabelecida como 25 cm e a dimensão da base das vigas, 20 cm. A Tabela 8 apresenta um resumo da dimensão das vigas e a Tabela 9, dos pilares por grupo.

Descrição	Identificação	Dimensões (cm)
Vigas verticais	V1	20x55
	V2 a V6	20x40
	V7	20x45
Vigas horizontais	V8, V9, V10, V12 e V14	20x30
	V11	20x40
	V13	20x35

Tabela 8 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 1

Grupo	Identificação	Dimensões (cm)
De canto	P1, P7, P43 e P49	25x35
Internos	P10 ao P14 / P16 ao P 20 / P30 a P34 / P37 a P41	25x60 a 25x70
Centrais	P30 ao P34	25x115
Extremidade	P2 ao P9 / P12, P13, P21, P28, P35 e P42 / P44 ao P48	25x40 a 25x60
Divisa	P15 e P22	25x70 a 25x90

Tabela 9 - Tabela resumo das dimensões dos pilares - Modelo 1

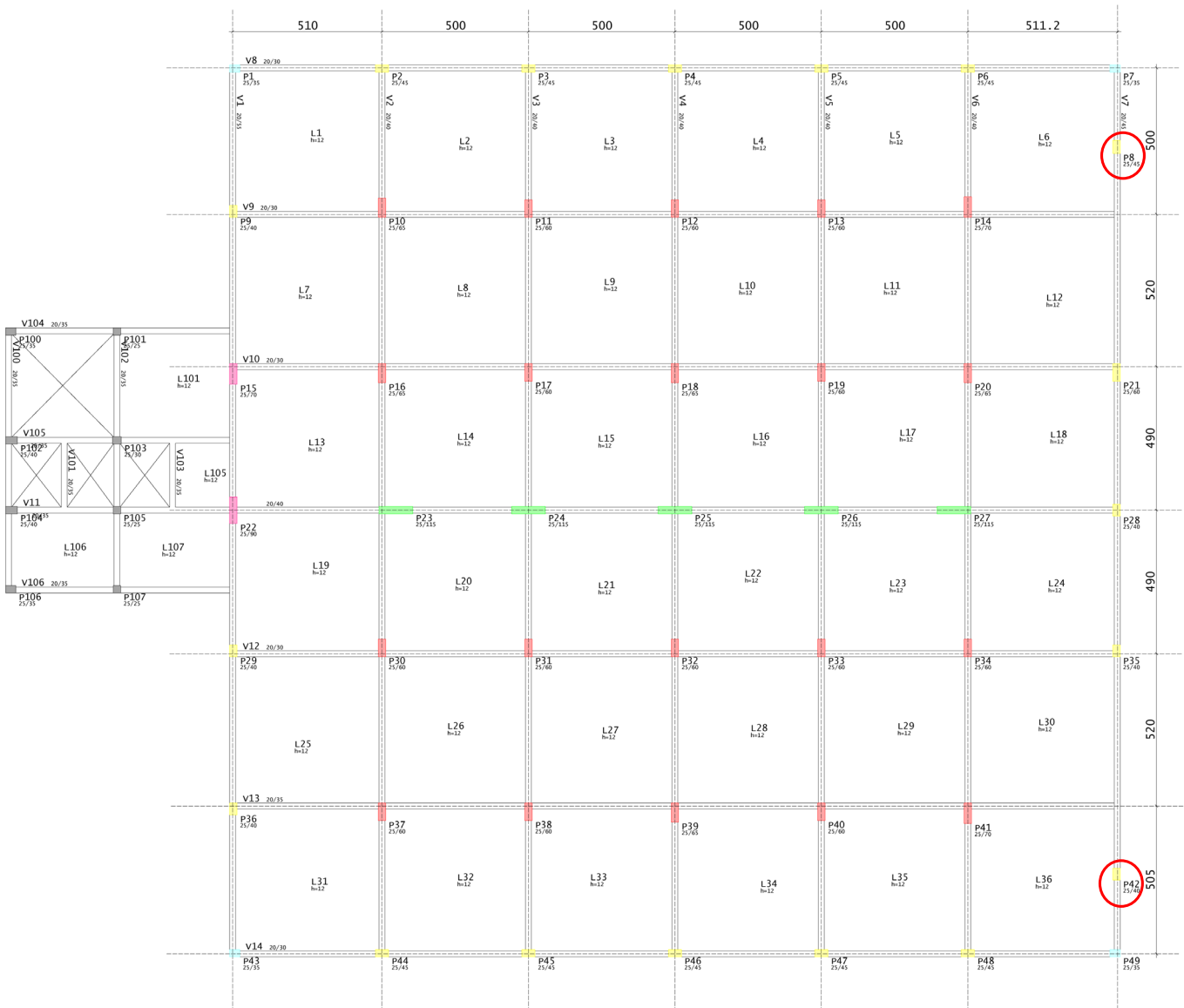


Figura 19 - Planta do pav. tipo - Modelo 1

Na Tabela 10 é possível observar o consumo de concreto, fôrmas e aço do modelo 1. Já na Tabela 11 é apresentado o orçamento, mostrando o custo de mão de obra e o custo de materiais, bem como o total.

Concreto C35	m ³	1607,60
Formas	m ²	14835,00
Aço	kg	151449,7

Tabela 10 - Quantitativo - Modelo 1

Componente	Ítem	Unidade	Quantidade	Custo mão de obra	Custo material	Custo
Pilares e vigas	Concreto C35	m ³	561,30	R\$ 12.251,97	R\$ 201.255,36	R\$ 213.507,32
	Formas	m ²	6041,10	R\$ 324.000,17	R\$ 31.466,31	R\$ 355.466,48
	Aço	kg	86742,7	R\$ 111.314,32	R\$ 502.262,45	R\$ 613.576,77
Lajes	Concreto C35	m ³	1046,30	R\$ 20.266,83	R\$ 375.153,18	R\$ 395.420,01
	Formas	m ²	8793,90	R\$ 135.944,06	R\$ 38.702,80	R\$ 174.646,85
	Aço	kg	64707	R\$ 144.996,97	R\$ 395.467,15	R\$ 540.464,12
			TOTAL	R\$ 748.774,31	R\$ 1.544.307,25	R\$ 2.293.081,55

Tabela 11- Orçamento - Modelo 1

6.7.2 Modelo 2

Este modelo possui malha 7,5x7,5m e laje maciça. Previamente, sabe-se que este é um dos modelos mais desfavoráveis, visto que o vão a ser vencido pela laje maciça é maior que o usualmente considerado econômico para o sistema. Neste modelo, não houve necessidade de se deslocar pilares para considerar a circulação dos veículos vindos da rampa de acesso.

A taxa de consumo de concreto (m³/m²) deste modelo foi de 0,22 e as taxas de aço foram 20,3 kg/m² e 90,3 kg/m³. Demais informações são fornecidas na Tabela 12. Tabela 7 – Parâmetros do Modelo 1 e

Parâmetro	Calculado	Límite
Deslocamento Topo do edifício (cm)	(H/ 2996) 1.07	(H/ 1700) 1.88
Deslocamento Entre pisos (cm)	(Hi/ 1959) 0.16	(Hi/ 850) 0.38
γ_z (direção crítica 0° e 180°)	1.22	1.30
FAVt (direção crítica 0°)	1.23 – nós móveis	1.30

Tabela 12 – Parâmetros do Modelo 2 e limites fornecidos pela NBR6118

No presente modelo, a laje do pavimento tipo possui espessura de 19 cm, aumento esperado visto o tamanho dos vãos. Agora, a menor dimensão dos pilares foi estabelecida como 30 cm e a dimensão da base das vigas, 20 cm. A Tabela 13 apresenta um resumo da dimensão das vigas e Tabela 14, dos pilares por grupo. A Figura 20 apresenta a planta do pavimento tipo.

Descrição	Identificação	Dimensões (cm)
Vigas verticais	V1 e V3	20x65
	V2 e V4	20x70
	V5	20x50
Vigas horizontais	V6 e V10	20x50
	V7	20x55
	V8	20x65
	V9	20x55

Tabela 13 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 2

Grupo	Identificação	Dimensões (cm)
De canto	P1, P5, P21 e P25	30x30 a 30x50
Internos	P7 ao P9 / P17 ao P19	30X115
Centrais	P12 ao P14	30x115
Extremidade	P2 ao P6 / P10, P15, P16, P20 e P42 / P22 ao P24	30x50 a 30x70
Divisa	P11	30x105

Tabela 14 - Tabela resumo das dimensões dos pilares - Modelo 2

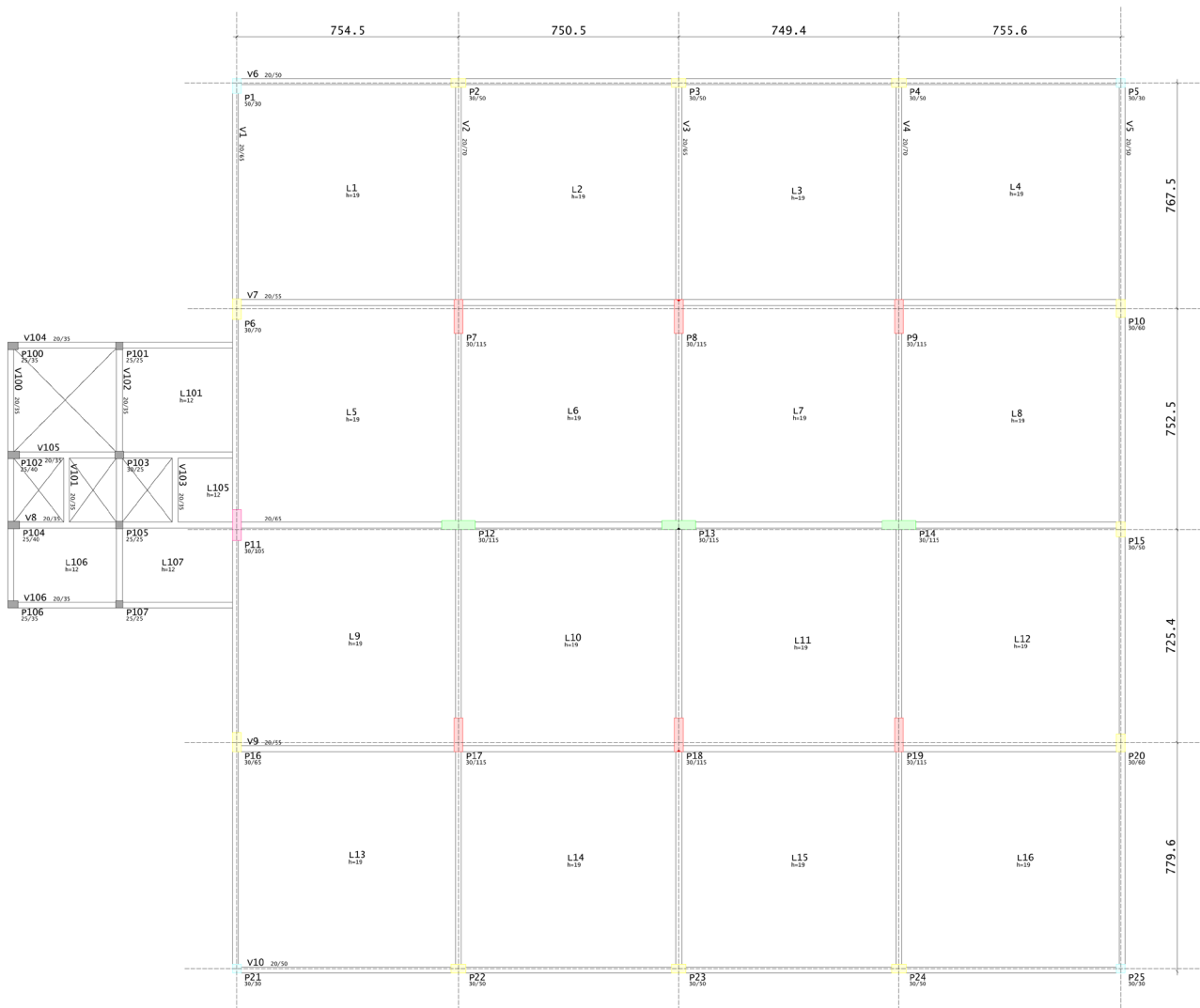


Figura 20 - Planta do pav. tipo - Modelo 2

A Tabela 15 e a Tabela 16 apresentam, respectivamente, o quantitativo e o orçamento do modelo 2.

Concreto C35	m ³	2185,40
Formas	m ²	14348,60
Aço	kg	197270,7

Tabela 15 - Quantitativo - Modelo 2

Componente	Ítem	Unidade	Quantidade	Custo mão de obra	Custo material	Custo
Pilares e vigas	Concreto C35	m ³	558,00	R\$ 11.904,08	R\$ 200.072,13	R\$ 211.976,21
	Formas	m ²	5324,90	R\$ 303.674,01	R\$ 28.799,82	R\$ 332.473,83
	Aço	kg	101656,7	R\$ 114.944,19	R\$ 606.444,62	R\$ 721.388,81
Lajes	Concreto C35	m ³	1627,40	R\$ 31.522,74	R\$ 583.507,87	R\$ 615.030,60
	Formas	m ²	9023,70	R\$ 139.496,51	R\$ 39.714,17	R\$ 179.210,68
	Aço	kg	95614	R\$ 112.952,60	R\$ 584.252,11	R\$ 697.204,71
				R\$ 714.494,12	R\$ 2.042.790,73	R\$ 2.757.284,85

Tabela 16 - Orçamento - Modelo 2

6.7.3 Modelo 3

Este modelo possui malha 7,5 x 7,5m, com vigas secundárias compondo uma outra malha de 3,75 x 3,75m e laje maciça. Este modelo foi adicionado com o intuito de tornar a comparação entre os modelos mais justa, visto que 7,5m de vão para lajes maciças, como no modelo 2, está no limite de viabilidade técnica e econômica para o sistema.

Um observação interessante sobre este modelo é que, apesar de os vãos a serem vencidos pelas vigas secundárias em ambas as direções sejam praticamente iguais, o software exige que no cruzamento entre elas seja definido qual viga é apoio e qual é apoiada, e assim, automática e erroneamente, transfere mais esforços para a viga definida como apoio; na prática, o que define qual das vigas absorverá mais esforços é a rigidez relativa entre elas. Em uma situação como a em estudo, o modelo mais correto seria considerar que ambas as vigas vencem o vão de forma independente, não havendo apoio mútuo entre elas.

A taxa de consumo de concreto (m^3/m^2) foi de 0,20 e as taxas de aço foram 18,9 kg/m² e 93,5 kg/m³. Demais informações estão presentes na Tabela 17.

Parâmetro	Calculado	Limite
Deslocamento Topo do edifício (cm)	(H/ 3073) 1.04	(H/ 1700) 1.88
Deslocamento Entre pisos (cm)	(Hi/ 2000) 0.16	(Hi/ 850) 0.38
γ_z (direção crítica 0° e 180°)	1.20	1.30
FAVt (direção crítica 0°)	1.20 – nós móveis	1.30

Tabela 17 – Parâmetros do Modelo 3 e limites fornecidos pela NBR6118

A laje deste modelo possui espessura de 14 cm. A Tabela 18 e Tabela 19 apresentam o resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo e dos pilares, respectivamente. E na Figura 21 é possível visualizar a planta do pavimento tipo.

Descrição	Identificação	Dimensões (cm)
Vigas verticais principais	V1	20x65
	V3, V5 e V7	20x70
	V9	20x55
Vigas verticais secundárias	V2, V4, V6 e V8	20x45
Vigas horizontais principais	V10	20x50
	V12, V16 e V18	20x55
	V14	20x70
Vigas horizontais secundárias	V11, V13, V15 e V17	20x50

Tabela 18 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 3

Grupo	Identificação	Dimensões (cm)
De canto	P1, P5, P21 e P25	30x30 a 30x60
Internos	P7 ao P9 / P17 ao P19	30X115
Centrais	P12 ao P14	30x115
Extremidade	P2 ao P6 / P10, P15, P16, P20 e P42 / P22 ao P24	30x50 a 30x75
Divisa	P11	30x105

Tabela 19 - Tabela resumo das dimensões dos pilares - Modelo 3

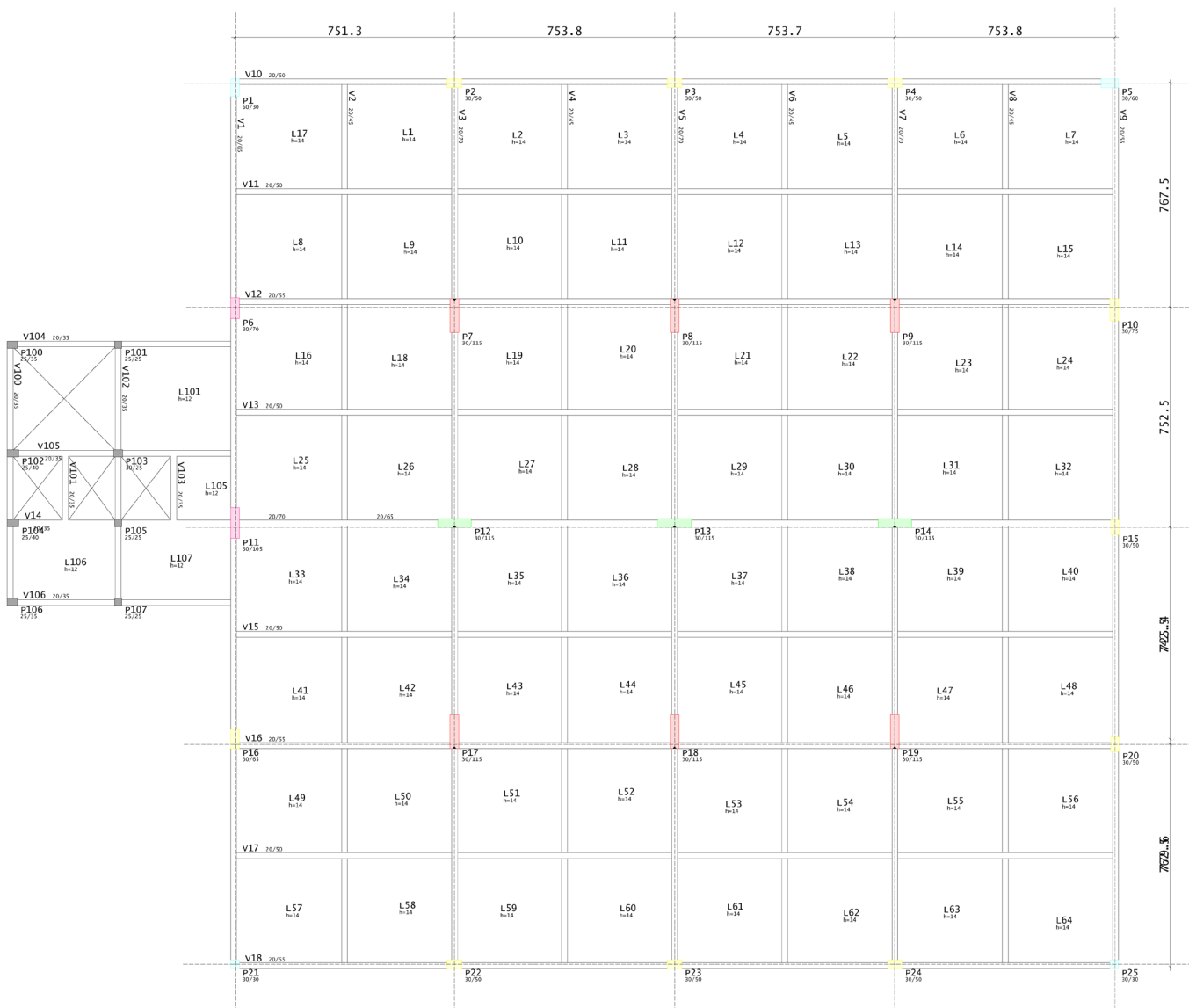


Figura 21 - Planta do pav. tipo - Modelo 3

As Tabela 20 e Tabela 21 apresentam, respectivamente, o quantitativo e o orçamento do modelo 3.

Concreto C35	m ³	1963,70
Formas	m ²	16004,50
Aço	kg	183683,2

Tabela 20 - Quantitativo - Modelo 3

Componente	Ítem	Unidade	Quantidade	Custo mão de obra	Custo material	Custo
Pilares e vigas	Concreto C35	m ³	772,50	R\$ 16.082,33	R\$ 276.981,58	R\$ 293.063,92
	Formas	m ²	7445,50	R\$ 446.939,24	R\$ 41.582,79	R\$ 488.522,03
	Aço	kg	111035,2	R\$ 129.835,94	R\$ 655.490,96	R\$ 785.326,90
Lajes	Concreto C35	m ³	1191,20	R\$ 23.073,54	R\$ 427.107,39	R\$ 450.180,94
	Formas	m ²	8559,00	R\$ 132.312,76	R\$ 37.668,98	R\$ 169.981,74
	Aço	kg	72648	R\$ 167.572,22	R\$ 442.344,59	R\$ 609.916,81
				R\$ 915.816,05	R\$ 1.881.176,29	R\$ 2.796.992,33

Tabela 21 - Orçamento - Modelo 3

6.7.4 Modelo 4

Este é o primeiro modelo com lajes nervuradas, e os pilares estão distribuídos em uma malha de 5 x 5m. Assim como no modelo 5, neste modelo, as dimensões utilizadas de fôrmas para lajes nervuradas foram as disponibilizadas pela marca *Atex*, cujas dimensões dos modelos comerciais já estão implementados no programa de projeto. Neste modelo, também foi necessário o deslocamento dos dois pilares da direita, em planta.

A taxa de consumo de concreto (m³/m²) foi de 0,16 e as taxas de aço foram 14,9 kg/m² e 93,3 kg/m³. Outros parâmetros do modelo são fornecidos na Tabela 22.

Parâmetro	Calculado	Limite
Deslocamento Topo do edifício (cm)	(H/ 2263) 1.41	(H/ 1700) 1.88
Deslocamento Entre pisos (cm)	(Hi/ 1465) 0.22	(Hi/ 850) 0.38
γ_Z (direção crítica 0° e 180°)	1.24	1.30
FAVt (direção crítica 0°)	1.25 – nós móveis	1.30

Tabela 22 – Parâmetros do Modelo 4 e limites fornecidos pela NBR6118

As lajes do tipo possuem uma capa de 5 cm e mais 15 cm da altura da nervura. As Tabela 23 e Tabela 24 apresentam as dimensões das vigas do pavimento tipo e dos pilares, respectivamente. A Figura 22 apresenta a planta do pavimento tipo.

Descrição	Identificação	Dimensões (cm)
Vigas verticais	V1	20x55
	V2 e V6	20x40
	V3, V4, V5	20x35
	V7	20x45
Vigas horizontais	V8 e V14	20x35
	V9, V10, V12, V13	20x30
	V11	20x40

Tabela 23 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 4

Grupo	Identificação	Dimensões (cm)
De canto	P1, P7, P43 e P49	25x35
Internos	P10 ao P14 / P16 ao P 20 / P30 a P34 / P37 a P41	25x60 a 25x70
Centrais	P30 ao P34	25x115
Extremidade	P2 ao P9 / P12, P13, P21, P28, P35 e P42 / P44 ao P48	25x40 a 25x60
Divisa	P15 e P22	25x70 a 25x90

Tabela 24 - Tabela resumo das dimensões dos pilares - Modelo 4

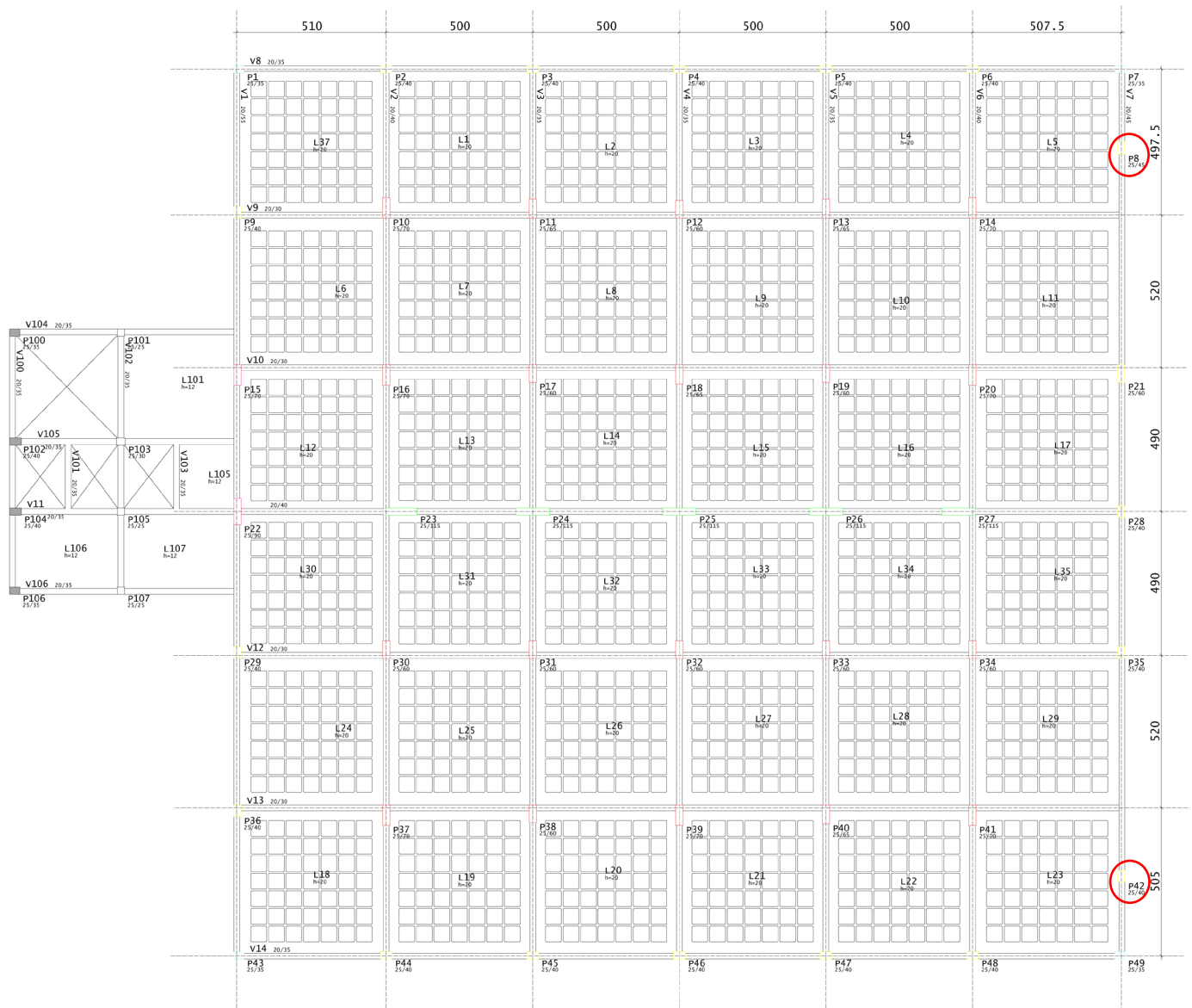


Figura 22 - Planta do pav. tipo - Modelo 4

As Tabela 25 e Tabela 26 apresentam, respectivamente, o quantitativo e o orçamento do modelo 4.

Concreto C35	m ³	1560,50
Formas	m ²	14248,20
Aço	kg	145596,8

Tabela 25 - Quantitativo - Modelo 4

Componente	Ítem	Unidade	Quantidade	Custo mão de obra	Custo material	Custo
Pilares e vigas	Concreto C35	m ³	555,90	R\$ 12.145,19	R\$ 199.319,17	R\$ 211.464,36
	Formas	m ²	5454,30	R\$ 284.216,30	R\$ 27.920,83	R\$ 312.137,13
	Aço	kg	103097,8	R\$ 128.951,48	R\$ 584.775,46	R\$ 713.726,94
Lajes	Concreto C35	m ³	1004,60	R\$ 19.459,10	R\$ 360.201,55	R\$ 379.660,65
	Formas	m ²	8793,90	R\$ 315.111,23	R\$ 41.833,17	R\$ 356.944,40
	Aço	kg	42499	R\$ 70.755,57	R\$ 254.933,52	R\$ 325.689,09
				R\$ 830.638,88	R\$ 1.468.983,70	R\$ 2.299.622,58

Tabela 26 - Orçamento - Modelo 4

6.7.5 Modelo 5

Este modelo possui malha de 7,5x7,5m e lajes nervuradas. A taxa de consumo de concreto (m³/m²) foi de 0,17 e as taxas de aço foram 17,4 kg/m² e 103,2 kg/m³. Outros parâmetros do modelo são fornecidos na Tabela 27.

Parâmetro	Calculado	Limite
Deslocamento Topo do edifício (cm)	(H/ 2717) 1.18	(H/ 1700) 1.88
Deslocamento Entre pisos (cm)	(H _i / 1772) 0.18	(H _i / 850) 0.38
γZ (direção crítica 0° e 180°)	1.20	1.30
FAVt (direção crítica 0°)	1.21 – nós móveis	1.30

Tabela 27– Parâmetros do Modelo 5 e limites fornecidos pela NBR6118

Neste segundo modelo com lajes nervuradas, as lajes do tipo possuem uma capa de 5cm e mais 18cm da altura da nervura, totalizando 23cm. As Tabelas Tabela 28 e Tabela 29 apresentam as dimensões das vigas do pavimento tipo e dos pilares, respectivamente. É possível verificar a planta do pavimento tipo na Figura 23.

Descrição	Identificação	Dimensões (cm)
Vigas verticais	V1 a V5	20x65
Vigas horizontais	V6 e V10	20x65
	V7	20x55
	V8	20x65
	V9	20x55

Tabela 28 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 5

Grupo	Identificação	Dimensões (cm)
De canto	P1, P5, P21 e P25	30x30 a 30x60
Internos	P7 ao P9 / P17 ao P19	30x115
Centrais	P12 ao P14	30x115
Extremidade	P2 ao P6 / P10, P15, P16, P20 e P42 / P22 ao P24	30x50 a 30x70
Divisa	P11	30x105

Tabela 29 - Tabela resumo das dimensões das vigas do pavimento tipo - Modelo 5

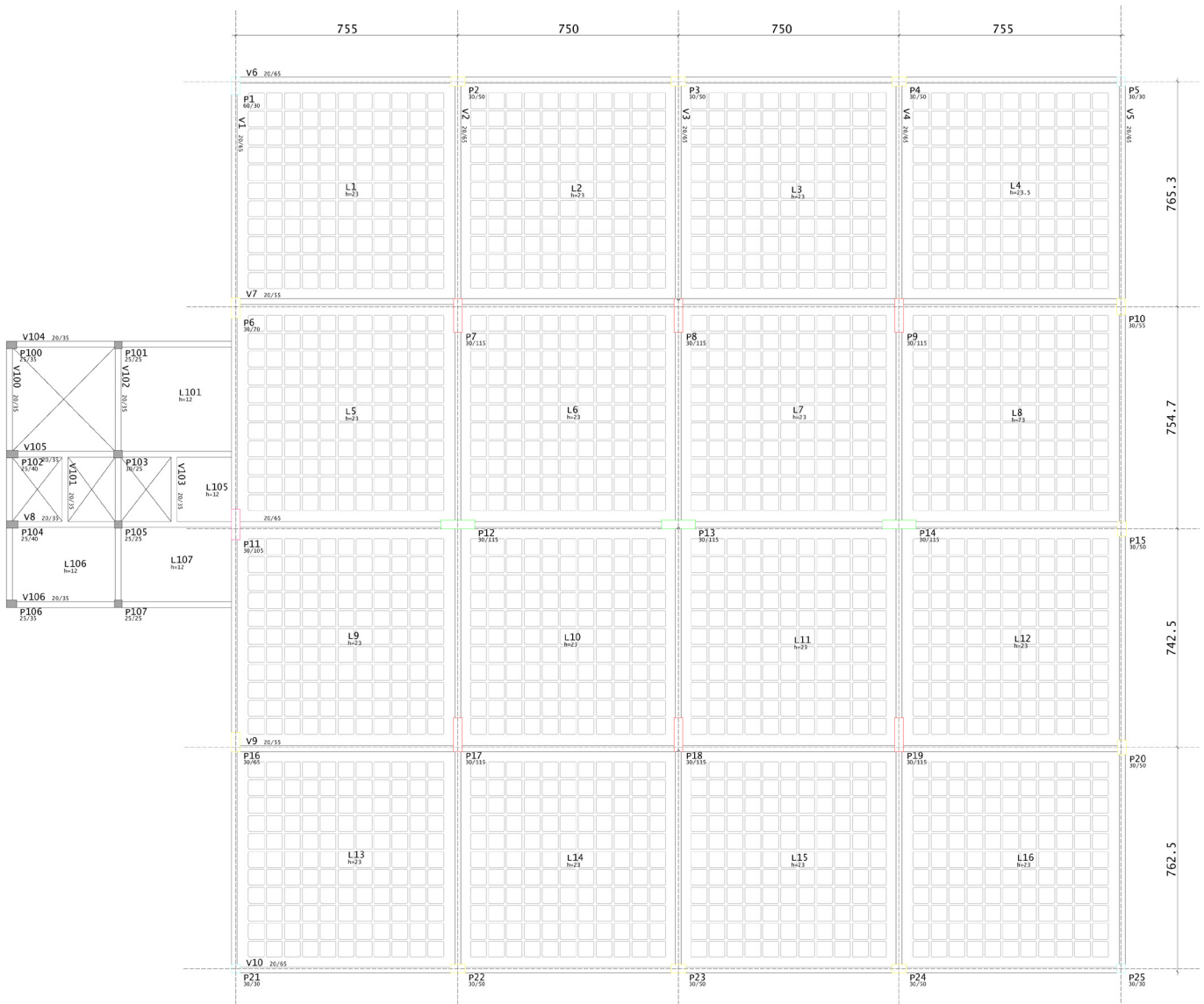


Figura 23 - Planta do pav. tipo - Modelo 5

As Tabela 30 e Tabela 31 apresentam, respectivamente, o quantitativo e o orçamento do modelo 5.

Concreto C35	m ³	1643,20
Formas	m ²	14387,30
Aço	kg	169625,3

Tabela 30 - Quantitativo - Modelo 5

Componente	Ítem	Unidade	Quantidade	Custo mão de obra	Custo material	Custo
Pilares e vigas	Concreto C35	m ³	581,70	R\$ 12.360,43	R\$ 208.569,82	R\$ 220.930,25
	Formas	m ²	5363,60	R\$ 306.398,17	R\$ 29.039,56	R\$ 335.437,73
	Aço	kg	111432,3	R\$ 134.816,00	R\$ 647.540,42	R\$ 782.356,42
Lajes	Concreto C35	m ³	1061,50	R\$ 20.561,26	R\$ 380.603,17	R\$ 401.164,43
	Formas	m ²	9023,70	R\$ 323.345,64	R\$ 42.926,35	R\$ 366.271,98
	Aço	kg	58193	R\$ 80.493,25	R\$ 345.600,89	R\$ 426.094,14
				R\$ 877.974,74	R\$ 1.654.280,21	R\$ 2.532.254,95

Tabela 31 - Orçamento - Modelo 5

7 ANÁLISE COMPARATIVA

As Tabela 32, Tabela 33 e Tabela 34 mostram o comparativo de consumo considerando diferentes fatores: consumo por materiais (concreto, formas e aço), por elementos (pilares e vigas, e lajes) e, mão de obra e materiais.

Tipo de laje	Modelo		Consumo					
			Concreto (m³)	%	Formas (m²)	%	Aço (kg)	%
Maciça	1	5x5m	1607,60	100%	14835,00	100%	151449,7	100%
	2	7,5x7,5m	2185,40	136%	14348,60	97%	197270,7	130%
	3	7,5x7,5m (3,75x3,75m)	1963,70	122%	16004,50	108%	183683,2	121%
Nervurada	4	5x5m	1560,50	97%	14248,20	96%	145596,8	96%
	5	7,5x7,5m	1643,20	102%	14387,30	97%	169625,3	112%

Tabela 32 - Comparativo de consumo: concreto, formas e aço

Tipo de laje	Modelo		Custo					
			Pilares e vigas	%	Lajes	%	Total	%
Maciça	1	5x5m	R\$ 1.182.550,57	100%	R\$ 1.110.530,98	100%	R\$ 2.293.081,55	100%
	2	7,5x7,5m	R\$ 1.265.838,85	107%	R\$ 1.491.446,00	134%	R\$ 2.757.284,85	120%
	3	7,5x7,5m (3,75x3,75m)	R\$ 1.566.912,85	133%	R\$ 1.230.079,49	111%	R\$ 2.796.992,33	122%
Nervurada	4	5x5m	R\$ 1.237.328,43	105%	R\$ 1.062.294,14	96%	R\$ 2.299.622,58	100%
	5	7,5x7,5m	R\$ 1.338.724,40	113%	R\$ 1.193.530,55	107%	R\$ 2.532.254,95	110%

Tabela 33 - Comparativo de custo: pilares e vigas, e lajes

Tipo de laje	Modelo		Custo					
			Mão de obra	%	Material	%	Total	%
Maciça	1	5x5m	R\$ 748.774,31	100%	R\$ 1.544.307,25	100%	R\$ 2.293.081,55	100%
	2	7,5x7,5m	R\$ 714.494,12	95%	R\$ 2.042.790,73	132%	R\$ 2.757.284,85	120%
	3	7,5x7,5m (3,75x3,75m)	R\$ 915.816,05	122%	R\$ 1.881.176,29	122%	R\$ 2.796.992,33	122%
Nervurada	4	5x5m	R\$ 830.638,88	111%	R\$ 1.468.983,70	95%	R\$ 2.299.622,58	100%
	5	7,5x7,5m	R\$ 877.974,74	117%	R\$ 1.654.280,21	107%	R\$ 2.532.254,95	110%

Tabela 34 - Comparativo de custo: mão de obra e material

As Tabela 35, Tabela 36 e Tabela 37 apresentam as mesmas comparações anteriores, mas agora são feitas comparações entre os modelos com malha de 5 x 5m com laje maciça (modelo 1) e laje nervurada (modelo 2), bem como entre os modelos com malha de 7,5 x 7,5m com laje maciça (modelo 2 e 3) e laje nervurada (modelo 5).

Tipo de laje	Modelo		Consumo					
			Concreto (m³)	%	Formas (m²)	%	Aço (kg)	%
5x5	1	Maciça	1607,60	100%	14835,00	100%	151449,70	100%
	4	Nervurada	1560,50	97%	14248,20	96%	145596,80	96%
7,5x7,5	2	Maciça	2185,40	100%	14348,60	100%	197270,70	100%
	3	Maciça	1963,70	90%	16004,50	90%	183683,2	107%
	5	Nervurada	1643,20	75%	14387,30	100%	169625,30	86%

Tabela 35 - Comparativo de consumo: concreto, formas e aço – malha 5x5m (1 e 4) e malha 7,5x7,5m (2, 3 e 5)

Tipo de laje	Modelo	Custo					
		Pilares e vigas		Lajes		Total	
		R\$	%	R\$	%	R\$	%
5x5	1 Maciça	1.182.550,57	100%	1.110.530,98	100%	2.293.081,55	100%
	4 Nervurada	1.237.328,43	105%	1.062.294,14	96%	2.299.622,58	100%
7,5x7,5	2 Maciça	1.265.838,85	100%	1.491.446,00	100%	2.757.284,85	100%
	3 Maciça	1.566.912,85	124%	1.230.079,49	121%	2.796.992,33	101%
	5 Nervurada	1.338.724,40	106%	1.193.530,55	80%	2.532.254,95	92%

Tabela 36 - Comparativo de consumo: pilares e vigas, e lajes – malha 5x5m (1 e 4) e malha 7,5x7,5m (2, 3 e 5)

Tipo de laje	Modelo	Custo					
		Mão de obra		Material		Total	
		R\$	%	R\$	%	R\$	%
5x5	1 Maciça	748.774,31	100%	1.544.307,25	100%	2.293.081,55	100%
	4 Nervurada	830.638,88	111%	1.468.983,70	95%	2.299.622,58	100%
7,5x7,5	2 Maciça	714.494,12	100%	2.042.790,73	100%	2.757.284,85	100%
	3 Maciça	915.816,05	128%	1.881.176,29	92,0885%	2.796.992,33	101%
	5 Nervurada	877.974,74	123%	1.654.280,21	81%	2.532.254,95	92%

Tabela 37 - Comparativo de consumo: mão de obra e material – malha 5x5m (1 e 4) e malha 7,5x7,5m (2, 3 e 5)

Por fim, a Tabela 38 e Tabela 39 apresentam, respectivamente, a comparação de custo de mão de obra e custo de materiais para os diferentes modelos, divididos em lajes e, pilares e vigas.

Tipo de laje	Modelo	mão de obra	
		lajes	pilares e vigas
Maciça	1	R\$ 301.207,86	R\$ 447.566,45
	2	R\$ 283.971,85	R\$ 430.522,27
Nervurada	3	R\$ 322.958,53	R\$ 592.857,52
	4	R\$ 405.325,90	R\$ 425.312,97
	5	R\$ 424.400,14	R\$ 453.574,60

Tabela 38 - Comparação do custo de mão de obra para lajes e, pilares e vigas

Tipo de laje	Modelo	materiais	
		lajes	pilares e vigas
Maciça	1	R\$ 809.323,13	R\$ 734.984,12
	2	R\$ 1.207.474,15	R\$ 835.316,58
Nervurada	3	R\$ 907.120,96	R\$ 974.055,33
	4	R\$ 656.968,24	R\$ 812.015,46
	5	R\$ 769.130,41	R\$ 885.149,80

Tabela 39 - Comparação do custo de materiais para lajes e, pilares e vigas

Os resultados das últimas duas tabelas podem ser melhor visualizados na Figura 24 e na Figura 25.

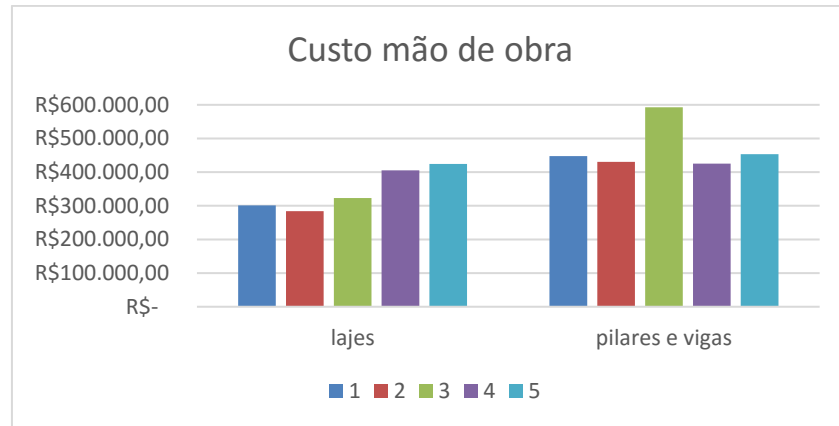


Figura 24 - Gráfico: comparação do custo de mão de obra para lajes e, pilares e vigas

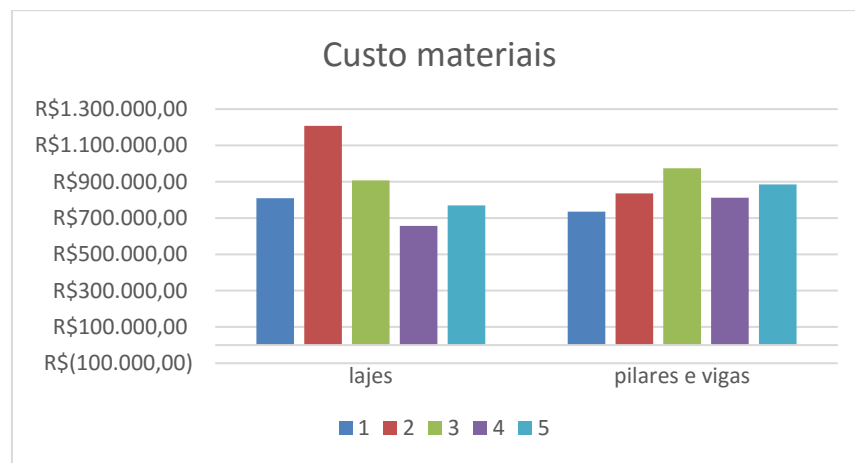


Figura 25 - Gráfico: comparação do custo de materiais para lajes e, pilares e vigas

8 CONCLUSÃO

Embora o estudo em questão restrinja-se a apenas uma topologia (edifício comercial de 10 andares, em concreto de 35MPa) e uma forma de otimização (redução do volume de concreto em detrimento de um maior consumo de armadura) e que as conclusões aqui encontradas não necessariamente possam ser diretamente estendidas a outras tipologias, necessitando estas de estudos específicos para garantir a validade das conclusões, alguns resultados interessantes podem ser elencados:

a) Para uma malha estrutural de 5 x 5m, o uso de lajes nervuradas levou a um menor consumo de materiais que o uso de laje maciças, um resultado obtido em configurações semelhantes na bibliografia. Na Figura 25 é possível observar que o custo de materiais da laje nervurada é menor que da laje maciça, no entanto o custo dos materiais dos pilares e vigas é maior.

b) Para a malha estrutural de 5 x 5m, o custo total das lajes nervuradas, incluindo materiais e mão de obra, é menor que o custo equivalente das lajes maciças, considerando somente as lajes. Contudo, o custo total da estrutura, incluindo materiais e mão de obra de todos os componentes estruturais, lajes, vigas e pilares, foi o mesmo para os dois sistemas, decorrente de um maior custo de materiais de vigas e pilares para o modelo com uso de lajes nervuradas, conforme observado na Figura 25. Tal resultado chama a atenção para o fato de que não basta fazer comparações entre soluções estruturais levando em consideração apenas os quantitativos de materiais ou somente os custos destes, sem considerar a mão de obra, e igualmente não basta comparar apenas parte da estrutura (somente as lajes) sem levar em consideração os reflexos sobre a estrutura como um todo.

c) Para uma malha estrutural de 7,5 x 7,5m, o uso de lajes nervuradas levou a uma estrutura que consome 25% menos concreto e 14% menos aço que a estrutura com uso de lajes maciças sem vigas intermediárias. Contudo, é importante perceber que o emprego de lajes nervuradas, embora represente um custo bastante menor nas lajes, provocou um aumento no custo associado a vigas e pilares.

d) Para uma malha estrutural de 7,5 x 7,5m, o custo da mão de obra para a execução da laje nervurada é cerca de 50% maior que o custo equivalente para a execução de lajes maciças, fazendo com que a solução com lajes nervuradas ficasse apenas 9% mais barata que a solução com lajes maciças, embora tenha uma redução nos quantitativos de todos os materiais consideravelmente maior (25% em concreto e 14% em aço). Mais uma vez, tal resultado mostra que, ao comparar os sistemas estruturais, é preciso considerar os custos totais, de materiais e

mão de obra, para a estrutura como um todo, e não somente para algumas partes ou componentes.

e) Para a malha de 7,5 x 7,5m com lajes maciças, sem vigas intermediárias (modelo 2) e com vigas intermediárias (modelo 3), nota-se que a disposição de vigas secundárias tem uma redução de 25% no custo de materiais da laje e um aumento de 17% no custo de mão de obra da mesma. No entanto, o que torna o modelo 3 consideravelmente mais caro é, primeiramente, o custo de mão de obra associado a pilares e vigas que é 38% maior e, em segundo lugar, o custo dos materiais que tem um aumento de 16% neste modelo.

f) Mesmo que o uso de lajes nervuradas tenha levado a configurações mais econômicas que o uso de lajes maciças para uma malha estrutural de 7,5 x 7,5m, a malha de 5 x 5m resultou em uma estrutura pelo menos 10% mais barata que a estrutura de 7,5 x 7,5m, quer ela seja executada com lajes maciças ou nervuradas. Para essa modulação de malha estrutural, há uma compensação nos dois sistemas estruturais estudados entre o custo de materiais e mão de obra, fazendo com que o custo final da estrutura seja equivalente para os dois sistemas.

g) O emprego da malha de 7,5 x 7,5m leva a uma estrutura mais cara para a tipologia estudada. Contudo, há outras vantagens que advêm da escolha dessa malha, como uma melhor organização do espaço de estacionamento de veículos, espaços mais amplos e desimpedidos nos diversos andares que podem trazer reflexos econômicos vantajosos. Tais reflexos qualitativos não foram considerados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6120**: cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, 2004.

ALBUQUERQUE, A. T. **Análise de alternativas para edifícios em concreto armado**. 1998. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1999.

TQS. Empresa. São Paulo, [2020]. Disponível em: < <https://www.tqs.com.br/tqsabout/company> > . Acesso em: 05 maio 2020.

Lei complementar 284/1992 (Compilada até maio 2018). Porto Alegre, [2020]. Disponível em:

<http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/edificapoa/usu_doc/codigodeedificacoes170707b.pdf>. Acesso em: 27 de agosto 2020

KIMURA, Alio. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado**. 2018

APÊNDICE A – COMPOSIÇÕES

1 Composições de serviço

1.1 Armação

1.1.1 Pilar ou viga

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	9,85			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,1900000	0,09	0,10
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0203000	13,55	0,27
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1241000	17,70	2,19
COMPOSICAO	92791	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000000	6,98	6,98

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	9,20			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,9700000	0,09	0,08
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0155000	13,55	0,21
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0947000	17,70	1,67
COMPOSICAO	92792	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000000	6,93	6,93

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	8,58			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,7430000	0,09	0,06
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0115000	13,55	0,15
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0707000	17,70	1,25
COMPOSICAO	92793	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000000	6,81	6,81

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	7,64			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,5430000	0,09	0,04
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0086000	13,55	0,11
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0529000	17,70	0,93
COMPOSICAO	92794	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000000	6,25	6,25

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	6,44			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,3670000	0,09	0,03
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0063000	13,55	0,08
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0386000	17,70	0,68
COMPOSICAO	92795	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 12,5 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000000	5,34	5,34

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92764	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	6,10			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,2120000	0,09	0,01
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0043000	13,55	0,05
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0261000	17,70	0,46
COMPOSICAO	92796	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 16,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000000	5,27	5,27

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92765	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	6,85			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,1130000	0,09	0,01
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0028000	13,55	0,03
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0172000	17,70	0,30
COMPOSICAO	92797	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 20,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000000	6,20	6,20

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92766	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 25,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	6,68			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0016000	13,55	0,02
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0101000	17,70	0,17
COMPOSICAO	92798	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 25,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	1,0000000	6,18	6,18

1.1.2 Lajes

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92767	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 4,2 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	9,94			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	2,8160000	0,09	0,25
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0171000	13,55	0,23
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1048000	17,70	1,85
COMPOSICAO	92799	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 4,2 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	1,0000000	7,30	7,30

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	8,80			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	2,1180000	0,09	0,19
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0140000	13,55	0,18
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0855000	17,70	1,51
COMPOSICAO	92800	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	1,0000000	6,61	6,61

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92769	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	8,41			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	1,3330000	0,09	0,11
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0105000	13,55	0,14
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0646000	17,70	1,14
COMPOSICAO	92801	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	1,0000000	6,71	6,71

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	8,00			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,7280000	0,09	0,06
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0078000	13,55	0,10
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0475000	17,70	0,84
COMPOSICAO	92802	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8,0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF 12/2015	KG	1,0000000	6,69	6,69

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92771	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	7,19			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,3570000	0,09	0,03
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0057000	13,55	0,07
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0348000	17,70	0,61
COMPOSICAO	92803	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10,0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF 12/2015	KG	1,0000000	6,17	6,17

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92772	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	6,09			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,1470000	0,09	0,01
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0040000	13,55	0,05
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0247000	17,70	0,43
COMPOSICAO	92804	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 12,5 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF 12/2015	KG	1,0000000	5,29	5,29

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92773	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	5,86			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0026000	13,55	0,03
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0158000	17,70	0,27
COMPOSICAO	92805	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 16,0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF 12/2015	KG	1,0000000	5,25	5,25

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92774	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	6,68			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEFICIENTE	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,0250000	12,50	0,31
COMPOSICAO	88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0015000	13,55	0,02
COMPOSICAO	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0094000	17,70	0,16
COMPOSICAO	92806	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 20,0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF 12/2015	KG	1,0000000	6,19	6,19

1.2 Formas

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UN.	CUSTO TOTAL			
92526	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA COM ÁREA MÉDIA MAIOR QUE 20 M ² , PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 10 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	M2	18,21			
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEF.	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	2692	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0040000	4,94	0,01
INSUMO	10749	LOCACAO DE ESCORA METALICA TELESCOPICA, COM ALTURA REGULAVEL DE *1,80* A *3,20* M, COM CAPACIDADE DE CARGA DE NO MINIMO 1000 KGF (10 KN), INCLUSO TRIPE E FORCADO	MES	0,3970000	9,52	3,77
INSUMO	40270	VIGA DE ESCORAMAENTO H20, DE MADEIRA, PESO DE 5,00 A 5,20 KG/M, COM EXTREMIDADES PLASTICAS	M	0,0300000	58,20	1,74
COMPOSICAO	88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0740000	14,75	1,09
COMPOSICAO	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4030000	17,66	7,11
COMPOSICAO	92268	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, E = 18 MM. AF 12/2015	M2	0,136	33,04	4,49

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO				UN.	CUSTO TOTAL
92430	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MENOR OU IGUAL A 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 10 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015				M2	42,79
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEF.	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	2692	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0040000	4,94	0,01
INSUMO	40271	LOCACAO DE APRUMADOR METALICO DE PILAR, COM ALTURA E ANGULO REGULAVEIS, EXTENSAO DE *1,50* A *2,80* M	MES	0,1960000	13,50	2,64
INSUMO	40275	LOCACAO DE VIGA SANDUICHE METALICA VAZADA PARA TRAVAMENTO DE PILARES, ALTURA DE *8* CM, LARGURA DE *6* CM E EXTENSAO DE 2 M	MES	0,3930000	20,78	8,16
INSUMO	40287	LOCACAO DE BARRA DE ANCORAGEM DE 0,80 A 1,20 M DE EXTENSAO, COM ROSCA DE 5/8", INCLUINDO PORCA E FLANGE	MES	0,7850000	5,19	4,07
INSUMO	40304	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	KG	0,0190000	13,63	0,25
COMPOSICAO	88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1590000	14,75	2,34
COMPOSICAO	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,8680000	17,66	15,32
COMPOSICAO	92264	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, E = 18 MM. AF_12/2015	M2	0,1050000	95,31	10,00

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO				UN.	CUSTO TOTAL
92468	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA PLASTIFICADA, 10 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015				M2	67,20
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEF.	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	2692	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0040000	4,94	0,01
INSUMO	4491	PONTALETE DE MADEIRA NAO APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3 ") PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	0,2080000	3,44	0,71
INSUMO	10749	LOCACAO DE ESCORA METALICA TELESCOPICA, COM ALTURA REGULAVEL DE *1,80* A *3,20* M, COM CAPACIDADE DE CARGA DE NO MINIMO 1000 KGF (10 KN), INCLUSO TRIPE E FORCADO	MES	1,1860000	9,52	11,29
INSUMO	40275	LOCACAO DE VIGA SANDUICHE METALICA VAZADA PARA TRAVAMENTO DE PILARES, ALTURA DE *8* CM, LARGURA DE *6* CM E EXTENSAO DE 2 M	MES	0,3560000	20,78	7,39
INSUMO	40287	LOCACAO DE BARRA DE ANCORAGEM DE 0,80 A 1,20 M DE EXTENSAO, COM ROSCA DE 5/8", INCLUINDO PORCA E FLANGE	MES	0,4740000	5,19	2,46
INSUMO	40304	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	KG	0,0330000	13,63	0,44
INSUMO	40339	LOCACAO DE CRUZETA PARA ESCORA METALICA	MES	1,1860000	5,19	6,15
COMPOSICAO	88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2370000	14,75	3,49
COMPOSICAO	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,2910000	17,66	22,79
COMPOSICAO	92266	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, E = 18 MM. AF 12/2015	M2	0,1650000	75,59	12,47

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO				UN.	CUSTO TOTAL
92494	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE NERVURADA COM CUBETA E ASSOALHO COM ÁREA MÉDIA MAIOR QUE 20 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 10 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015				M2	40,59
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEF.	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
INSUMO	2692	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,0080000	4,94	0,03
INSUMO	10749	LOCACAO DE ESCORA METALICA TELESCOPICA, COM ALTURA REGULAVEL DE *1,80* A *3,20* M, COM CAPACIDADE DE CARGA DE NO MINIMO 1000 KGF (10 KN), INCLUSO TRIPE E FORCADO	MES	0,3970000	9,52	3,77
INSUMO	40270	VIGA DE ESCORAMAENTO H20, DE MADEIRA, PESO DE 5,00 A 5,20 KG/M, COM EXTREMIDADES PLASTICAS	M	0,0300000	58,20	1,74
INSUMO	40290	LOCACAO DE FORMA PLASTICA PARA LAJE NERVURADA, DIMENSOES *60* X *60* X *16* CM	MES	1,0300000	13,71	14,12
COMPOSICAO	88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1500000	14,75	2,21
COMPOSICAO	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,8180000	17,66	14,44
COMPOSICAO	92267	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	M2	0,1470000	29,13	4,28

1.3 Concretagem

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO				UN.	CUSTO TOTAL
92720*	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015				M3	24,81
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEF.	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
COMPOSICAO	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1990000	17,66	3,51
COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1990000	17,79	3,54
COMPOSICAO	88316	SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,1920000	14,78	17,61
COMPOSICAO	90586	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	0,0680000	1,62	0,11
COMPOSICAO	90587	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF_06/2015	CHI	0,1310000	0,35	0,04

CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO				UN.	CUSTO TOTAL
92726*	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MAIOR QUE 20 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF 12/2015				M3	19,37
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UN. ITEM	COEF.	PRECO UN.	CUSTO TOTAL
COMPOSICAO	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0850000	17,66	1,50
COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,5120000	17,79	9,10
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,5860000	14,78	8,66
COMPOSICAO	90586	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	0,0440000	1,62	0,07
COMPOSICAO	90587	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF_06/2015	CHI	0,1270000	0,35	0,04