



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



Sara Lilian Ribeiro

11621ECV030

**COMPARAÇÃO DE CUSTO ENTRE MÉTODOS CONSTRUTIVOS: PAREDES DE
CONCRETO E ESTRUTURA CONVENCIONAL EM CONCRETO ARMADO**

Uberlândia – MG

2022

Sara Lilian Ribeiro

**COMPARAÇÃO DE CUSTO ENTRE MÉTODOS CONSTRUTIVOS: PAREDES DE
CONCRETO E ESTRUTURA CONVENCIONAL EM CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade da
Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Carolina Fernandes Maciel

Uberlândia – MG

2022

I

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu forças para concluir essa etapa tão importante da minha vida, sem Ele nada seria possível.

Aos meus pais pelo carinho, afeto, cuidado, paciência e suporte que sempre tiveram e me deram durante esse percurso, e aos meus irmãos que sempre foram presentes com muita compreensão e amor.

Dedico também à minha querida avó Maria Avelina Ribeiro e ao meu irmão Davi Sávio Ribeiro Junior (in memoriam) que sempre me apoiaram nos meus sonhos e projetos.

À professora Ana Carolina Fernandes Maciel pela sua atenção dedicada ao longo do desenvolvimento deste presente projeto.

“Só se pode alcançar um grande êxito quando
nos mantemos fiéis a nós mesmos.”

(FRIEDRICK NIETZSCHE)

RESUMO

No Brasil alguns métodos construtivos se consolidaram e se adaptaram melhor as condições locais, sendo que muitas vezes as pessoas buscam por esses métodos tradicionais, devido a facilidade de encontrar mão de obra barata para execução desses sistemas, além da cultura já estabelecida. Em contrapartida a estes, existe a construção industrializada, onde a mão de obra é mais qualificada e há maior otimização de custo em relação ao desperdício de materiais e retrabalhos, envolvendo maior planejamento e organização da construção. A todo instante surgem novidades tecnológicas que auxiliam na melhoria do processo de construção, assim como colaboram na qualidade da edificação e na redução com manutenção. Este trabalho teve como objetivo realizar a comparação de dois sistemas construtivos, aplicados em obras residenciais, em relação ao custo da superestrutura e revestimento sendo estes: paredes de concreto e estrutura convencional de concreto armado, com a vedação em blocos cerâmicos. Para alcançar o objetivo foi utilizado o *software* Revit® para modelagem dos projetos, o dimensionamento do projeto estrutural do sistema de estrutura convencional foi realizado por meio de planilhas eletrônicas, a compatibilização dos projetos utilizando o *software* Navisworks® e por último o orçamento na plataforma online Orçafascio®. Comparando o custo final para o revestimento e superestrutura dos sistemas construtivos, verificou-se custo de 20% a mais para o sistema de estrutura convencional em concreto armado.

Palavras-chave: paredes de concreto; estrutura convencional; custo; revestimento; estrutura; superestrutura.

ABSTRACT

In Brazil, some built methods are consolidated and better adapted to local conditions, and people seek these traditional methods, due to the ease of finding cheap labor to execute these systems, in addition to the already established culture. In contrast to these, there is industrialized construction, where the workforce is more qualified and there is greater optimization of work in relation to the waste of materials and rework, involving greater planning and organization of construction. Technological innovations appear all the time that help to improve the construction process, as well as contribute to the quality of the building and the reduction in maintenance. This work aimed to compare two construction systems, applied in residential works, in relation to the cost of the superstructure and coating, namely: concrete walls and conventional reinforced concrete structure, with sealing in ceramic blocks. To achieve the objective, the Revit® software was used for modeling the projects, the structural design of the conventional structure system was carried out through electronic spreadsheets, the compatibility of the projects using the Navisworks® software and finally the budget on the online platform. Orçafascio®. Comparing the final cost for the coating and superstructure of the construction systems, it was verified a cost of 20% more for the conventional structure system in reinforced concrete.

Keywords: concrete walls; conventional structure; cost; coating; structure; superstructure.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 Justificativa de escolha do tema	9
1.2 Objetivos do estudo	9
1.3 Estrutura do Trabalho	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO	10
2.2 MÉTODO CONSTRUTIVO EM ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO	10
2.1.1 <i>Vantagens</i>	11
2.1.2 <i>Desvantagens</i>	11
2.3 MÉTODO CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO.....	11
2.2.1 <i>Vantagens</i>	12
2.2.2 <i>Desvantagens</i>	12
3 ESTUDO DE CASO	13
3.1 ESCOLHA DO PROJETO	13
3.2 DIMENSIONAMENTO DO PROJETO DE SUPERESTRUTURA PARA O SISTEMA EM ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO	14
3.2.1 <i>Pré-dimensionamento</i>	15
3.2.2 <i>Dimensionamento</i>	20
3.3 MODELAGEM DOS PROJETOS ARQUITETÔNICOS E ESTRUTURAIS	34
3.3.1 <i>Modelagem projeto arquitetônico</i>	34
3.3.2 <i>Modelagem projeto estrutural</i>	36
3.4 COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS	41
3.4.1 <i>Paredes de concreto</i>	41
3.4.2 <i>Estrutura convencional em concreto armado</i>	42
3.5 ANÁLISE DE REVESTIMENTOS.....	44
3.5.1 <i>Paredes de concreto</i>	44
3.5.2 <i>Estrutura convencional em concreto armado</i>	45
3.6 ORÇAMENTO	45
4 RESULTADOS	49
5 CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXO A –PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL, PARCIAL, NA EXTENSÃO DE ARQUIVO .dwg	57
ANEXO B – TABELAS UTILIZADAS PARA DIMENSIONAMENTO DAS LAJES.....	59

ANEXO C – TABELAS UTILIZADAS PARA DIMENSIONAMENTO DA AREA DE AÇO	61
APÊNDICE A – PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS	63
APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO DAS LAJES.....	65
APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS	73
APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO DOS PILARES.....	84
APÊNDICE E – RELATÓRIOS DE INTERFERÊNCIAS	88
APÊNDICE F – LEVANTAMENTO DOS MATERIAIS	100
APÊNDICE G – ORÇAMENTOS	104

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento significativo na área da construção civil, sempre surgem novidades tecnológicas que auxiliam na melhoria do processo de construção, assim como na qualidade do resultado final (a própria edificação) e na redução com a manutenção. Estes métodos, por exemplo, estão constantemente sendo inovados com o intuito racionalizar e industrializar este setor, e com isso, ganhar na melhoria do processo, garantindo maior qualidade e menor desperdício e retrabalhos.

Os sistemas construtivos têm como objetivo promover estabilidade à edificação, por meio da tipologia estrutural escolhida. Dentre os principais sistemas, atualmente, estão: estrutura convencional, paredes de concreto, alvenaria estrutural, *wood frame* e *steel frame* (Revista E.A., 2019).

O sistema construtivo de estrutura convencional em concreto armado, com utilização de blocos cerâmicos, é um dos sistemas mais utilizados nacionalmente para vedação interna e externa, visto que não exige mão de obra altamente qualificada e há disponibilidade de materiais, porém causa grande desperdício de materiais e demanda maior tempo para a construção (CASSAR, 2018).

Em contrapartida, devido a facilidade e rapidez, as paredes de concreto vêm sendo muito utilizadas no Brasil, uma vez que esse sistema oferece produtividade, economia e qualidade, principalmente quando se busca a redução do déficit habitacional. (MISURELLI e MASSUDA, 2009). Possui alto valor inicial, devido a fabricação das formas, porém é viável dependendo da quantidade de edifícios a serem construídos.

O sistema de paredes de concreto vem ganhando maior adesão por parte das construtoras brasileiras, devido à grande demanda por habitações de interesse social, que demandou o investimento em sistemas inovadores, com processos construtivos racionalizados, que buscam menor consumo de mão de obra e otimização do tempo de execução.

Com isso, surgiu a necessidade de se adotar requisitos mínimos referentes a conforto do usuário, estabilidade, vida útil, segurança estrutural e contra incêndios, visto que muitos dos sistemas inovadores e muitas das construções convencionais destinadas a atender aos programas sociais, não atendiam as necessidades dos consumidores que as adquiriam (CBIC, 2018).

1.1 Justificativa de escolha do tema

A indústria da construção civil cresceu cerca de 8% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2021, segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil (Sinduscon-SP) do Estado de São Paulo e a Fundação Getúlio Vargas (FGV). (QUINTÃO, 2022).

Com o crescimento da indústria da construção civil, a demanda por habitações de interesse social e a utilização do sistema construtivo paredes de concreto, faz-se necessário o estudo comparativo desse sistema frente ao método mais utilizado até então, estrutura convencional em concreto armado, com vedações em blocos cerâmicos.

1.2 Objetivos do estudo

Este trabalho pretende realizar uma comparação em relação ao custo da superestrutura e revestimento dos dois métodos construtivos: estrutura convencional em concreto armado e paredes de concreto, para que se analise qual método é mais vantajoso, do ponto de vista econômico.

1.3 Estrutura do Trabalho

Para desenvolvimento deste trabalho foram realizadas várias etapas, assim descritas:

- a) Escolha de um projeto existente em paredes de concreto;
- b) Ajustes no projeto arquitetônico para os dois sistemas construtivos;
- c) Desenvolvimento do projeto estrutural de estrutura convencional;
- d) Modelagem dos projetos arquitetônicos e estruturais dos dois sistemas, em *software* BIM;
- e) Compatibilização dos projetos;
- f) Desenvolvimento do orçamento de revestimentos e estrutura de cada um dos métodos construtivos;
- g) Análise do custo final em relação a estrutura e revestimento de cada método construtivo.

Para a etapa “d” foi utilizado o *software* Revit® para modelagem dos projetos. Para a etapa “e”, de compatibilização, foi utilizado o *software* Navisworks® para compatibilização dos projetos, e para etapa “f”, de orçamento, foi utilizada a plataforma online Orçafascio®.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo descrever o sistema de revestimento e os dois métodos construtivos abordados, expondo algumas vantagens e desvantagens de cada um.

2.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO

O sistema de revestimento é um conjunto formado por revestimento de argamassa, por exemplo, mais o acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho, previstos em projetos. Alguns exemplos de revestimentos são chapisco, revestimento de massa única ou gesso liso.

O chapisco é uma camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto a absorção e melhorar a aderência do revestimento. O revestimento de massa única, é executado para cobrir e regularizar a superfície da base, propiciando uma superfície que permita receber o acabamento final (ABNT NBR 13529:1995). O gesso liso garante coesão e consistência, visto que as paredes de concreto possuem superfície lisa e de difícil aderência devido aos desmoldantes utilizados nas formas. (PEREIRA e PINHEIRO, 2021)

2.2 MÉTODO CONSTRUTIVO EM ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO

Esse sistema é composto de estrutura em concreto armado (pilares, vigas e lajes) e os fechamentos podem ser preenchidos com blocos cerâmicos ou de concreto. A carga da edificação é absorvida pela estrutura de lajes, vigas e pilares, que descarregam na fundação. O objetivo das alvenarias é somente de vedação, ou seja, de preenchimentos dos espaços entre estruturas.

Para realizar o dimensionamento de uma estrutura em concreto armado precisa-se definir as dimensões preliminares dos elementos estruturais, ou seja, realizar um pré-dimensionamento, para isto não existem normas, mas sim recomendações práticas. Já para a realização do dimensionamento, deverá seguir as orientações da ABNT NBR 6118:2014 sendo recomendado o uso das tabelas de PINHEIRO (1993) e os ábacos de VENTURINO (1887) para definição da taxa de armadura.

2.1.1 Vantagens

- a) **Acessibilidade:** Por ser o sistema construtivo mais utilizado no Brasil, mão de obra e materiais são encontrados com facilidade;
- b) **Flexível:** Como não possui função estrutural as alvenarias podem ser facilmente alteradas (BARTUCCI, 2020).

2.1.2 Desvantagens

- a) **Menor custo-benefício:** os materiais geram alto desperdício e muito resíduo. Ainda, os blocos cerâmicos não podem ser manuseados em dias chuvosos, o que pode causar atrasos na construção;
- b) **Maior tempo de execução;**
- c) **Desperdício:** para passar a tubulação hidráulica ou elétrica é necessário quebrar as alvenarias para encaixá-las, o que gera grande quantidade de resíduos. (BARTUCCI, 2020).

2.3 MÉTODO CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO

No sistema de paredes de concreto, a vedação e a estrutura são compostas por um único elemento. As paredes são moldadas “in loco”, e as instalações elétricas e hidráulicas são embutidas, assim como as esquadrias (MISURELLI e MASSUDA, 2009).

Como é um sistema construtivo industrializado sua característica básica é permitir uma obra de grande velocidade e repetitividade, com uso intenso de formas manoportáveis, que permitem a execução de duas a quatro unidades por dia.

Em qualquer tipo de obra, ao se adotar os sistemas de formas metálicas para paredes de concreto (de aço ou alumínio) é importante ter claro que esse tipo de forma, ao contrário das formas plásticas modulares, é produzido originalmente por encomenda do cliente para um projeto específico, tornando-se muito difícil ao fabricante recebe-la de volta e adequar a sua estrutura para outros usos. Por isso as formas metálicas normalmente são adquiridas definitivamente, somente viabilizando-se para locação quando a obra permite um número muito grande de repetições (MODULAR, 2020).

Nas obras com paredes de concreto, um cuidado especial deve ser dado ao planejamento, com estudos sobre a logística a ser empregada, treinamento de mão de obra de montadores,

plano de ataque e plano de controle de qualidade, visto que com a velocidade da obra a organização da produção é essencial (IBRACON, 2018).

2.2.1 Vantagens

- a) Agilidade na construção: as formas podem ser retiradas no dia seguinte de cada concretagem e serem reutilizadas novamente, com vida útil média de 500 até 2000 utilizações (CORSINI, 2011);
- b) Racionalização dos materiais: não há desperdício e nem resíduo, o que contribui para a sustentabilidade.

2.2.2 Desvantagens

- a) Alto custo inicial: as formas requerem alto investimento inicial;
- b) Falta de flexibilidade: devido as paredes serem um elemento estrutural, não podem ser demolidas total ou parcialmente pelo usuário, dificultando a manutenção, onde se forem constatados pontos de corrosão de armaduras, devem ser providenciado o tratamento adequado, com assistência técnica do engenheiro ou empresa especializada (IBRACON, 2018).

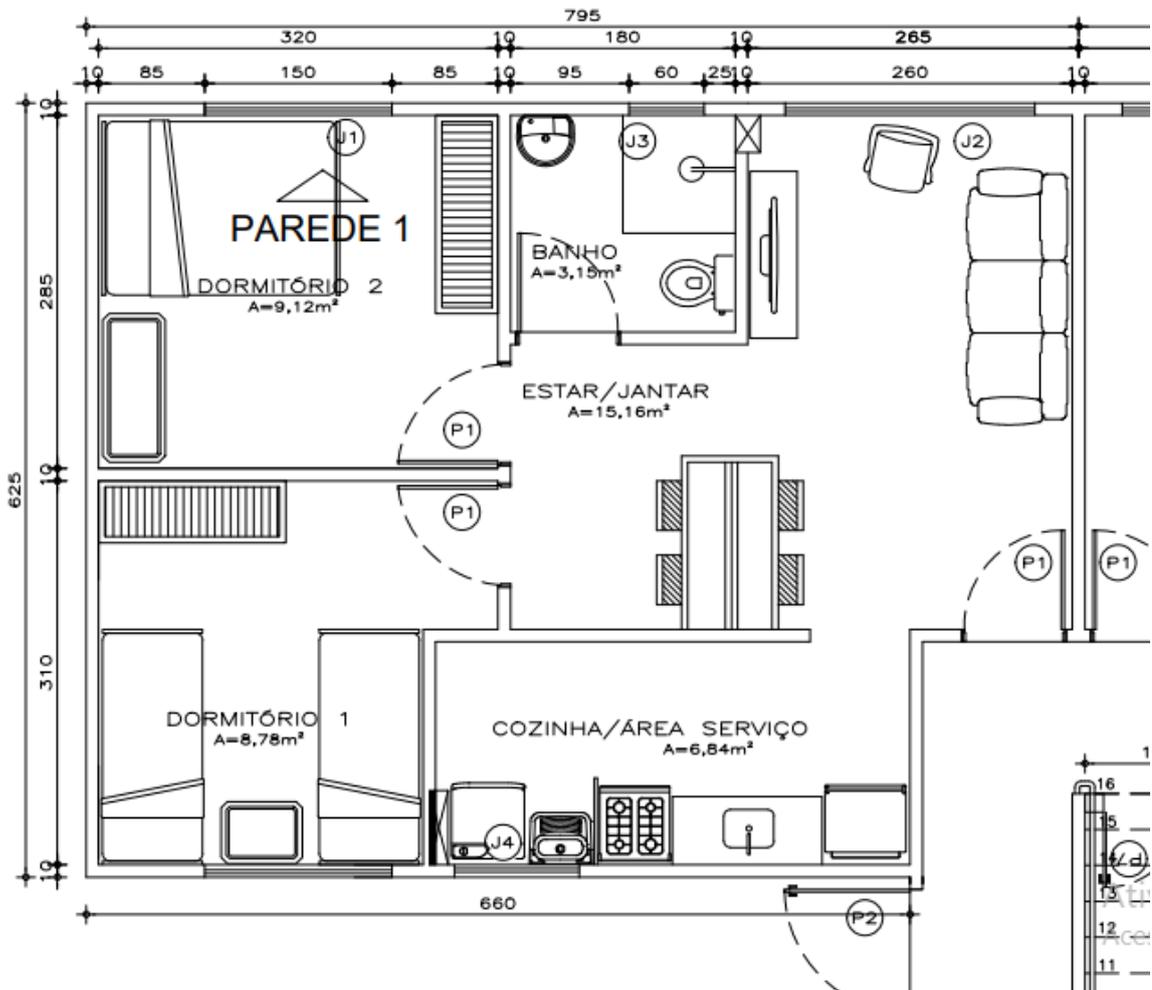
3 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será demonstrado como foi desenvolvida cada etapa descrita no item 1.3.

3.1 ESCOLHA DO PROJETO

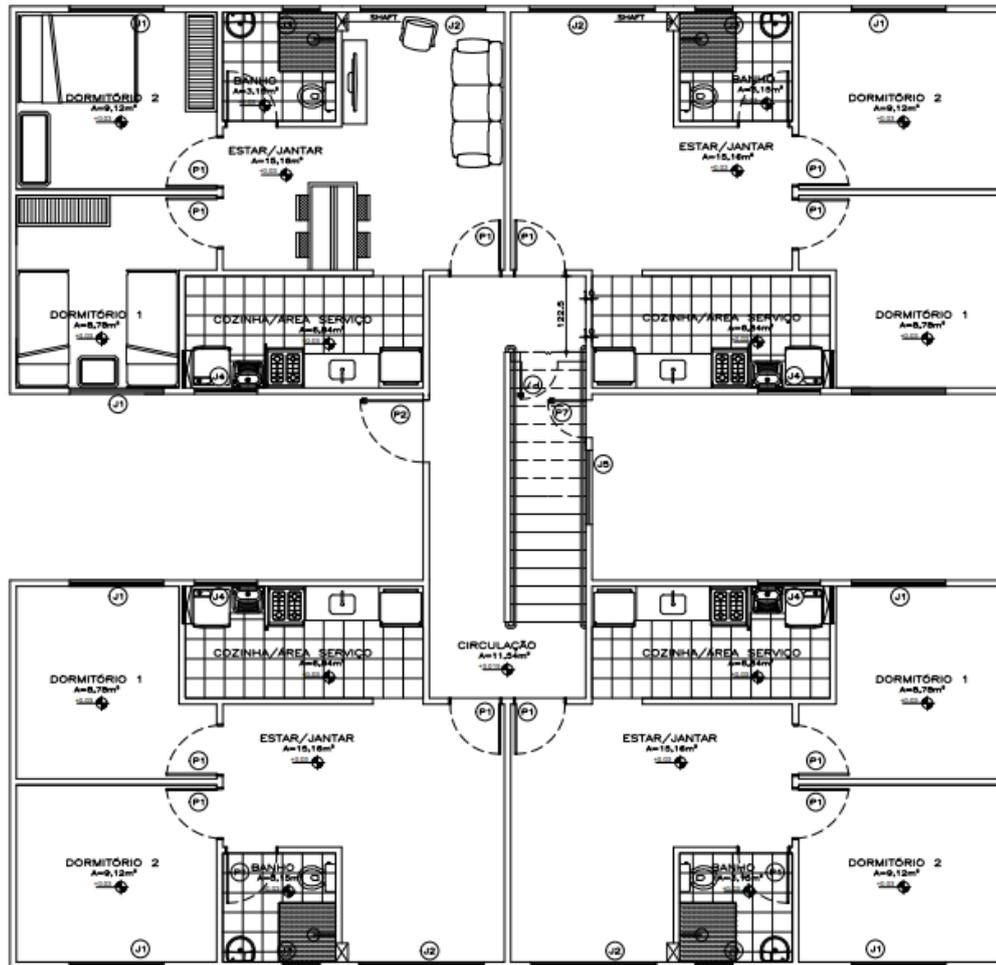
O projeto utilizado para realização deste trabalho foi um edifício residencial com apartamentos de 47m² (Figura 01), sendo 4 apartamentos por andar (Figura 02) distribuídos em 4 pavimentos. Projeto concedido e disponibilizado pela construtora HLTS Engenharia e Construções.

Figura 01 - Planta baixa do apartamento



Fonte: HLTS Engenharia e Construções

Figura 02: Planta baixa do pavimento térreo



Fonte: HLTS Engenharia e Construções.

Os projetos foram disponibilizados na extensão de arquivo .dwg, sendo o projeto arquitetônico e estrutural do sistema construtivo de paredes de concreto. No ANEXO A encontra-se partes do projeto arquitetônico e do projeto de superestrutura.

3.2 DIMENSIONAMENTO DO PROJETO DE SUPERESTRUTURA PARA O SISTEMA EM ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO

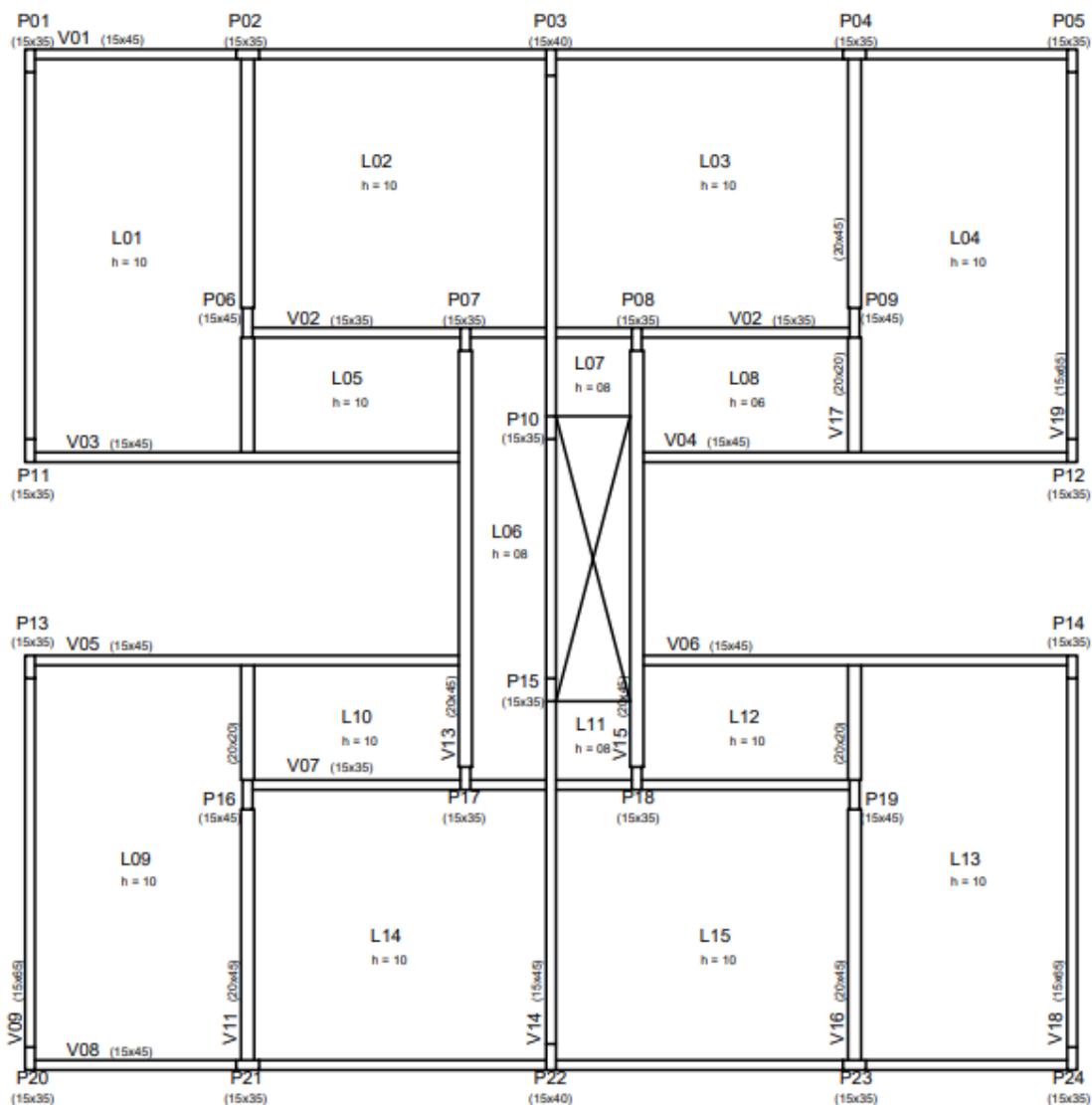
Como foi disponibilizado somente o projeto de superestrutura do sistema construtivo de paredes de concreto, foi necessário realizar o pré-dimensionamento e o dimensionamento dos elementos estruturais do sistema em estrutura convencional em concreto armado.

Para isto, foi consultada a norma ABNT NBR 6118:2014, e todos os cálculos foram realizados em planilha eletrônica, *Microsoft Excel*.

3.2.1 Pré-dimensionamento

Para o pré-dimensionamento dos elementos estruturais é necessário calcular o peso próprio da estrutura, que é a primeira parcela considerada no cálculo das ações. O conhecimento das dimensões permite determinar os vãos equivalentes e as rigidezes, necessários para os cálculos das ligações entre os elementos (PINHEIRO, 2007). Para efetuar os cálculos foi realizado o lançamento estrutural, apresentado na Figura 03.

Figura 03: Planta de formas



Fonte: Autora (2022)

Nos itens 3.2.1.1, 3.2.1.2 e 3.2.2.2 está demonstrado como foram obtidas as dimensões de cada elemento estrutural.

3.2.1.1 Pré-dimensionamento das lajes

Para o pré-dimensionamento das lajes foi utilizado o modelo proposto por Pinheiro (2007), cujo processo dimensiona apenas lajes com bordas engastadas ou apoiadas para chegar à uma espessura final adotada da laje. Os parâmetros para obtenção da espessura da laje são:

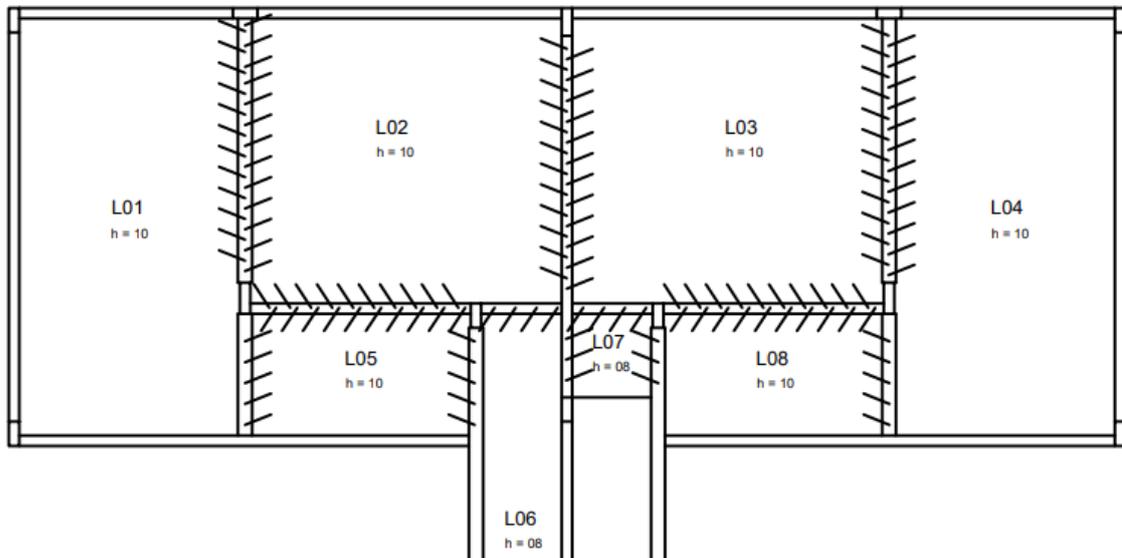
a) Comprimentos l_x e l_y ,

Onde l_x é a menor dimensão da laje e l_y é a maior dimensão. Para laje L02, $l_x = 415cm$ e $l_y = 450cm$

b) Número de bordas engastadas (n)

Se refere a quantidade de bordas de uma laje que esteja em contato com outra laje. Supondo quais lajes seriam engastadas e quais seriam apoiadas, chegou-se ao esquema da Figura 04.

Figura 04: Esquema de engastamento das lajes



Fonte: Autora (2022)

Para a laje 02, a quantidade de bordas engastadas são duas.

c) Comprimento estimado da laje (l^*)

O valor de l^* utilizado é o menor resultado encontrado na Equação 01.

$$l^* \leq \begin{cases} l_x \\ 0,7 \times l_y \end{cases}, \text{ para laje L02, } l^* \leq \begin{cases} 415 \text{ cm} \\ 0,7 \times 450 = 315 \end{cases} = 315 \text{ cm} \quad (01)$$

d) Altura estimada (d_{est})

Essa altura estimada é a altura da parte mais comprimida da laje até o topo da armadura transversal, que geralmente se encontra na parte de baixo devido a tração, como demonstra na Equação 02.

$$d_{est} = \frac{(2,5-0,1 \times n) \times l^*}{100}, \text{ para laje L02, } d_{est} = \frac{(2,5-0,1 \times 2) \times 315}{100} = 7,245 \text{ cm} \quad (02)$$

e) Cobrimento nominal (c_{nom})

O cobrimento nominal se refere a distância em que a armadura deverá ser coberta para que não haja exposição no final da concretagem, evitando assim patologias futuras, provenientes da armadura exposta. Para encontrar o valor do cobrimento nominal foi consultada a ABNT NBR 6118:2014, para chegar a um resultado, foi obtido alguns parâmetros.

Tipo de ambiente urbano → agressividade moderada → Classe de agressividade 2

Concreto armado → Laje → Classe de agressividade 2 → $c_{nom} = 25 \text{ mm}$

f) Espessura da laje calculada (h_{calc})

A espessura calculada da laje é obtida por meio da Equação 03, onde ϕ_{lx} é a bitola das barras transversais, que foi adotada como sendo 5mm.

$$h_{calc} = d_{est} + \phi_{lx} + c_{nom}, \text{ para laje L02, } h_{calc} = 7,245 + 0,5 + 2,5 = 10,245 \text{ cm} \quad (03)$$

g) Espessura da laje adotada (h_{adot})

Para obtenção da espessura final é necessário obedecer à alguns critérios da norma, sendo ele a espessura mínima de uma laje, que se encontra na ABNT NBR 6118:2014, item 13.2.4.1, onde a espessura mínima para laje de piso não em balanço é de 8cm. Portanto a altura adotada para a laje 5 foi 10cm.

O pré-dimensionamento completo das lajes encontra-se no APÊNDICE A.

3.2.1.2 Pré-dimensionamento das vigas

Para as vigas são analisadas três situações.

a) Tramos internos:

$$h_{est} = \frac{l_0}{12} \quad (04)$$

b) Tramos externos ou vigas biapoiadas:

$$h_{est} = \frac{l_0}{10} \quad (05)$$

c) Balanços:

$$h_{est} = \frac{l_0}{05} \quad (06)$$

Para a viga VB09, por exemplo, usou-se a Equação 05, a qual foi encontrada a altura estimada da viga, demonstrada pela Equação 07.

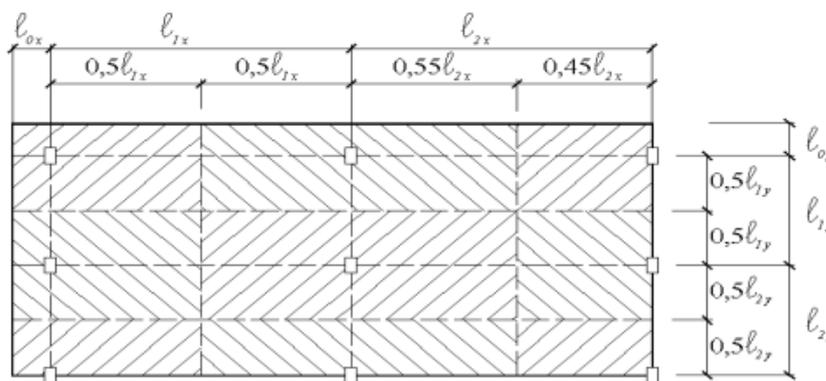
$$h_{est} = \frac{615}{10} = 61,5 = 65cm. \quad (07)$$

O pré-dimensionamento completo das vigas encontra-se no APÊNDICE A.

3.2.1.3 Pré-dimensionamento dos pilares

Iniciou-se o pré-dimensionamento dos pilares estimando a sua carga utilizando o processo das áreas de influência.

Figura 05: Area de influência dos pilares



Fonte: Libânio, 2003

Após avaliar a força nos pilares nos pilares pelo processo das áreas de influência, foi determinado o coeficiente de majoração da força normal (α) que leva em conta as excentricidades da carga.

$\alpha=1,3$, para pilares de internos,

$\alpha=1,5$, para pilares de extremidade,

$\alpha=1,8$, para pilares de canto.

A seção abaixo do primeiro andar-tipo foi estimada através da Equação 08, onde considerou a compressão simples com carga majorada pelo coeficiente α .

$$A_c = \frac{30 \times \alpha \times A_i \times (n+0,7)}{f_{ck} + 0,01 \times (69,2 - f_{ck})} \quad (08)$$

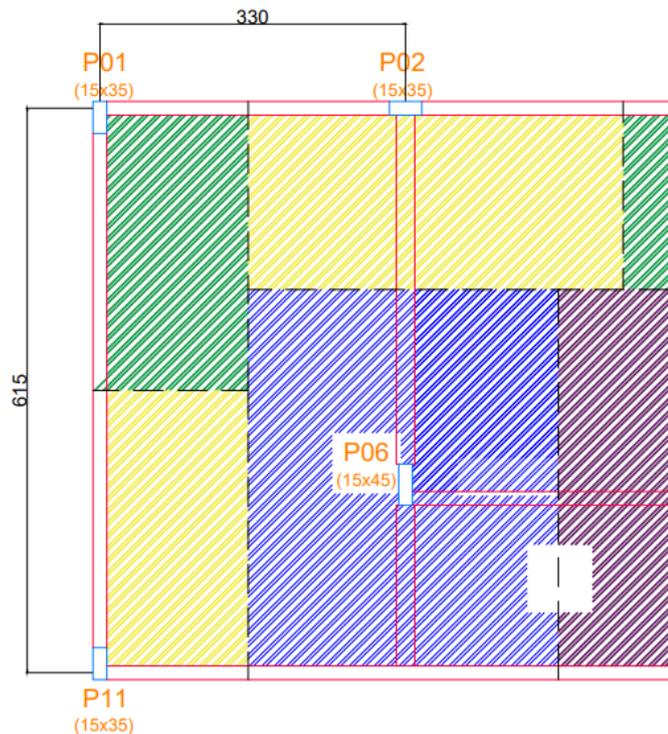
Onde:

Número de pavimento (n) = 4

Resistência característica do concreto (f_{ck}) = 25 MPa.

Para o pilar P01, por exemplo, a área de influência está representada em verde (Figura 06), sendo demonstrada pela Equação 09.

Figura 06: Área de influência dos pilares



Fonte: Autora (2022)

$$A_i = 0,45 \times 303 + 0,5 \times 615 = 4,56m^2 \quad (09)$$

$\alpha=1,8$, pilar de canto

$$A_c = \frac{30 \times 1,8 \times 4,56 \times (4+0,7)}{2500 + 0,01 \times (69,2 - 2500)} = 0,04676m^2 = 467,59cm^2 \quad (10)$$

Por meio da área, obtida pela Equação 10, e com a largura do pilar é possível descobrir o comprimento, adotando a largura dos pilares igual a 15 cm, que é a largura da alvenaria de vedação, encontra-se a largura do pilar P01, que aproximando tem 35cm.

O pré-dimensionamento completo dos pilares encontra-se no APÊNDICE A.

3.2.2 Dimensionamento

3.2.2.1 Dimensionamento das lajes

Após o pré-dimensionamento, foram calculados os vãos efetivos, conforme Equação 11.

$$l_{efe} = l_0 + a_1 + a_2, \text{ onde } a_1 \leq \begin{cases} t_1/2 \\ 0,3h \end{cases} \text{ e } a_2 \leq \begin{cases} t_2/2 \\ 0,3h \end{cases} \quad (11)$$

Em seguida foi realizado o cálculo das ações, que correspondem ao carregamento que aplicado nas lajes. O peso próprio dos materiais para o cálculo das ações permanentes foi obtido pela ANBT NBR 6120:2019, item 5, e as cargas variáveis no Item 6 da ANBT NBR 6120:2019.

Nas lajes geralmente atuam, além do seu peso próprio, pesos de revestimento e de forro, peso de paredes divisórias e cargas de uso (PINHEIRO e MUZARDO, 2009). Para a laje L02, que será a laje exemplificada, os carregamentos considerados foram:

Cargas permanentes

Forro de gesso - $g_1=0,015 \text{ kN/m}^2$

Peso próprio da laje maciça - $g_2=2,750 \text{ kN/m}^2$,

Contrapiso - $g_3=0,630 \text{ kN/m}^2$

Piso - $g_4=0,230 \text{ kN/m}^2$

Peso da alvenaria do banheiro - $galv.=0,641 \text{ kN/m}^2$

Carga variáveis

Banheiro - $q_1 = 1,5 \text{ kN/m}^2$

Sala - $q_2 = 1,5 \text{ kN/m}^2$

Cargas totais = $7,266 \text{ kN/m}^2$

As ações completas de todas as lajes encontram-se no APÊNDICE B.

Em seguida foram calculadas as reações nos apoios, que são as ações transferidas para as vigas de apoio. O cálculo das reações pode ser feito mediante o uso de tabelas, como as encontradas em PINHEIRO (1993). Tais tabelas, baseadas no processo de áreas, fornecem

coeficientes adimensionais (v_x, v'_x, v_y, v'_y) , a partir da relação $\lambda = \frac{l_y}{l_x}$, com a qual se calcula as reações, que são dadas pelas Equações 12, 13, 14 e 15. Exemplificando para a laje L02.

$$V_x = v_x \frac{p \cdot l_x}{10} \rightarrow V_{x,L02} = 1,566 \frac{7,266 \cdot 4,216}{10} = 4,8 \text{ kN/m} \quad (12)$$

$$V'_x = v'_x \frac{p \cdot l_x}{10} \rightarrow V'_{x,L02} = 0 \quad (13)$$

$$V_y = v_y \frac{p \cdot l_x}{10} \rightarrow V_{y,L02} = 0 \quad (14)$$

$$V'_y = v'_y \frac{p \cdot l_x}{10} \rightarrow V'_{y,L02} = 3,719 \frac{7,266 \cdot 4,216}{10} = 11,4 \text{ kN/m} \quad (15)$$

As lajes são solicitadas essencialmente por momentos fletores e forças cortantes, por isso, o próximo passo foi calcular o momento fletor correspondente a cada laje. Utilizou-se novamente as tabelas de PINHEIRO (1993), sendo encontrado coeficientes adimensionais $(\mu_x, \mu'_x, \mu_y, \mu'_y)$, que foram utilizados para o cálculo dos momentos fletores (PINHEIRO, 2007). As Equações 16, 17, 18 e 19 demonstram o cálculo da Laje 02.

$$m_x = \mu_x \frac{p \cdot l_x^2}{100} \rightarrow m_{x,L02} = 3,525 \frac{7,266 \cdot 4,216^2}{100} = 4,55 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (16)$$

$$m'_x = \mu'_x \frac{p \cdot l_x^2}{100} \rightarrow m'_{x,L02} = 0 \quad (17)$$

$$m_y = \mu_y \frac{p \cdot l_x^2}{100} \rightarrow m_{y,L02} = 3,316 \frac{7,266 \cdot 4,216^2}{100} = 4,28 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (18)$$

$$m'_y = \mu'_y \frac{p \cdot l_x^2}{100} \rightarrow m'_{y,L02} = 7,721 \frac{7,266 \cdot 4,216^2}{100} = 9,97 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (19)$$

No APÊNDICE B, encontram-se os cálculos das reações de apoio e dos momentos fletores de todas as lajes e no ANEXO B, localizam-se todas as tabelas utilizadas.

Os momentos fletores nos vãos e nos apoios também são conhecidos como momentos positivos e negativos, respectivamente. Na compatibilização dos momentos negativos, o critério usual consiste em adotar o maior valor entre a média dos dois momentos e 80% do maior. Em decorrência da compatibilização dos momentos negativos, os momentos positivos na mesma direção devem ser analisados.

Se essa correção tende a diminuir o valor do momento positivo ignora-se a redução, Caso contrário, se houver acréscimo no valor do momento positivo, a correção deverá ser feita, somando-se ao valor deste momento fletor a média das variações ocorridas nos momentos fletores negativos sobre os respectivos apoios. Se um dos momentos negativos for muito menor

do que o outro um critério melhor consiste em considerar uma laje engastada e a outra simplesmente apoiada (PINHEIRO, 2007).

Dessa forma, devido as 4 lajes engastadas entre si, laje 01, 02, 03 e 04 (Figura 04, Item 3.2.1.1), é necessário verificar se elas atendem a condição de engastamento (Equação 20) e calcular o momento compatibilizado (Equação 21). Como a laje 02 e 03 são simétricas, os momentos serão iguais, não tendo a necessidade de compatibilizar, entretanto as lajes L01 e L02 possuem momentos diferentes, desse modo necessitaram de compatibilização.

$$L01/L02 = \frac{m'_{y,L01}}{m'_{x,L02}} = \frac{9,971}{8,867} = 1,125 < 2 \therefore \text{Atende a condição de engaste!} \quad (20)$$

$$m_c \geq \left\{ \frac{\delta * m'_{\text{máx}}}{(m'_{\text{máx}} + m'_{\text{mín}})/2} = \frac{0,8 * 9,971}{(9,971 + 8,867)/2} = \frac{7,977}{9,419} \rightarrow m_c = 9,419 \text{ kN} * m \quad (21) \right.$$

Quando se altera o momento de engaste os em uma das lajes o momento naquele eixo também aumenta, como foi alterado o momento de engaste na direção y, o momento normal na direção x também foi recalculado, como demonstra na Equação 25. Para isso foram encontrados alguns parâmetros antes, Equações 22, 23 e 24.

$$\delta_{efetivo} = \frac{m_c}{m'_{\text{máx}}} \rightarrow \delta_{efetivo} = 0,966 \quad (22)$$

$$\beta_{corr,lim} = \frac{\delta_{efetivo} - 0,44}{1,25} \rightarrow \beta_{corr,lim} = 0,42 \quad (23)$$

$$\Delta_c = m'_{\text{máx}} - m_c = 9,971 - 9,419 = 0,552 \quad (24)$$

$$m_{corr,y,L02} = m'_{\text{máx}} - m_{y,L02} + (\Delta_c/2) = 4,282 + \left(\frac{0,552}{2}\right) = 4,558 \text{ kN} * m \quad (25)$$

Conhecidos os momentos fletores característicos compatibilizados (m_k), passa-se à determinação das armaduras. Esse dimensionamento é realizado da mesma forma que para vigas, admitindo-se a largura $b = 1\text{m} = 100\text{cm}$. Obteve-se assim, uma armadura por metro linear (PINHEIRO, 2007).

Antes de dimensionar a armadura, é preciso definir alguns parâmetros. Considerando classe de agressividade ambiental II (CAA-II), segundo a ANBT NBR 6118:2014, Tabela 7.2, os cobrimentos para as armaduras positivas foram de 25mm e para as armaduras negativas 15mm.

Outra consideração que foi feita, foi o diâmetro da barra longitudinal na direção x e y , adotado diâmetro de 6,3mm em ambas as direções para a armação positiva e 10mm para a armação negativa.

Podem ser utilizadas as tabelas de PINHEIRO (1993), sendo a Tabela 1.1 para o cálculo das áreas necessárias das armaduras e a Tabela 1.4a para a escolha do diâmetro e do espaçamento das barras, ambas as tabelas se encontram no ANEXO C.

Para determinação da área de armadura, é necessário determinar a altura útil da viga e o momento fletor de cálculo, depois o valor do coeficiente k_c e k_s através da Tabela 1.1 e finalmente a área da armadura, através das Equações 26, 27, 28 e 29 respectivamente. Os cálculos são realizados da seguinte forma, que será exemplificada para a armação positiva da laje L02, na direção y.

$$d_y = h - c_{nom,inf} - \phi_{lx} - \left(\frac{\phi_{ly}}{2}\right) = 11 - 2,5 - 0,63 - \left(\frac{0,63}{2}\right) = 7,56cm \quad (26)$$

$$m_{sd,y} = m_{sk} * Y_f = 4,56 * 100 * 1,4 = 638,17 kN * cm/m \quad (27)$$

$$k_c = \frac{b_w * d_y^2}{m_{sd}} = \frac{100 * 7,56^2}{638,17} = 8,944 \quad (28)$$

$$k_c = 8,944 \rightarrow k_s = 0,024$$

$$k_s = \frac{a_s * d_y}{m_{sd}} \rightarrow a_{s,y} = \frac{0,024 * 638,17}{7,56} = 2,027 cm^2/m \quad (29)$$

Outro critério é que as armaduras devem respeitar os valores mínimos recomendados pela ABNT NBR 6118:2014, demonstrados pela Equação 30.

$$a_{s,min} \geq \begin{cases} a_{s,min 2} = \rho_{s,min} * A_c \\ a_{s,min 1} \end{cases} \quad (30)$$

Para calcular a área de armadura mínima 1 (Equação 33), é necessário primeiro calcular o momento mínimo (Equação 31) e posteriormente usar a Tabela 1.1 de PINHEIRO (1993) novamente, encontrando a área mínima 1, utilizando as Equações 32 e 33.

$$M_{Rd,min} = 0,8 * W_0 * f_{ctk,sup} = 0,8 * 2016,67 * 3,334 = 537,958 kN * cm/m \quad (31)$$

$$k_c = \frac{b_w * d_y^2}{M_{Rd,min}} = \frac{100 * 7,56^2}{537,958} = 10,61 \quad (32)$$

$$k_c = 10,61 \rightarrow k_s = 0,024$$

$$k_s = \frac{a_s * d_y}{m_{sd}} \rightarrow a_{s,mín 1} = \frac{0,024 * 537,958}{7,56} = 1,709 \text{ cm}^2/m \quad (33)$$

De acordo com a ABNT NBR 6118:2014, Tabela 6, a taxa de armadura mínima para concreto de 25MPa é de 0,15%, assim foi calculada a área armadura mínima 2 representada pela Equação 34.

$$a_{s,mín 2} = 0,0015 * 1100 = 1,65 \text{ cm}^2/m \quad (34)$$

Voltando para a equação 20, $a_{s,mín} = 1,709 \text{ cm}^2/m$, comparando com a área de aço encontrada anteriormente pela Equação 19, $a_{s,y} = 2,03 \text{ cm}^2/m$.

Após ser encontrada a área da armadura foi consultada a Tabela 1.4 para ver a área efetiva ($a_{s,efey}$) e qual o espaçamento (s) utilizado. Sendo para o diâmetro de 6,3mm, $a_{s,efey} = 2,07 \text{ cm}^2/m$, e com $s = 15 \text{ cm}$.

Em seguida foi realizado o detalhamento de cada barra, para ser possível a realização da modelagem dos projetos. Como na direção y a laje L02 é engastada nas 2 extremidades a barra não possuem gancho nas pontas, portanto terá somente os comprimentos de ancoragem, de acordo com a Equação 5.

$$l_{total,y} = l_o + 2 * l_{ancoragem} = 450 + 2 * (10 * 0,63) = 462,6 \text{ cm} \quad (35)$$

O detalhamento completo da armação positiva e negativa das lajes encontra-se no APÊNDICE B e as tabelas utilizadas estão no ANEXO C.

3.2.2.2 Dimensionamento das vigas

Para o dimensionamento das vigas o primeiro passo foi calcular o comprimento efetivo de cada uma, conforme o Item 14.6.2.4, da ABNT NBR 6118:2014, de acordo com a Equação 36.

$$l_{efe} = l_o + a_1 + a_2, \text{ onde } a_1 \leq \begin{cases} t_1/2 \\ 0,3h \end{cases} \text{ e } a_2 \leq \begin{cases} t_2/2 \\ 0,3h \end{cases} \quad (36)$$

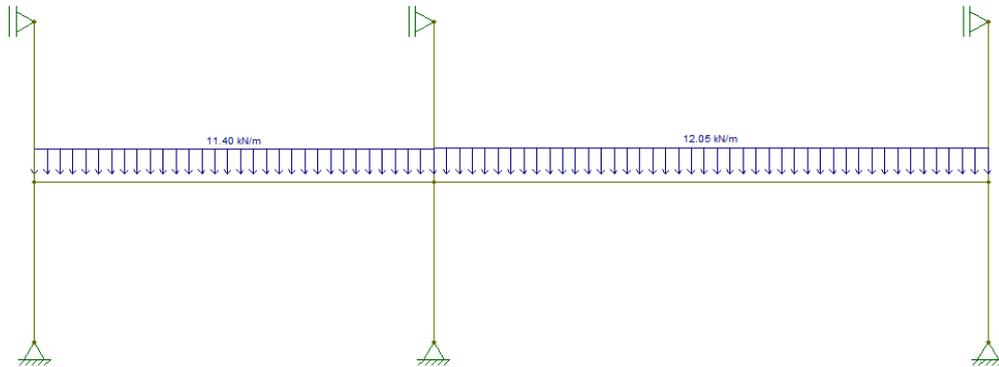
Em seguida, foram calculadas as ações nas vigas, o que ocorre pela soma das ações provenientes das lajes, que se encontram no APÊNDICE B e Tabela 6 deste trabalho, mais o peso próprio da viga e da alvenaria sobre a viga, se tiver. A Equação 37 é um exemplo, do cálculo da viga VB01, tramo 2.

$$(q + q)_{VB1,TR2} = (g + q)_{L02} + pp_{VB1} + p_{alv} \quad (37)$$

$$(q + q)_{VB1,TR2} = 4,798 + 1,688 + 5,562 = 12,047 \text{ kN/m}$$

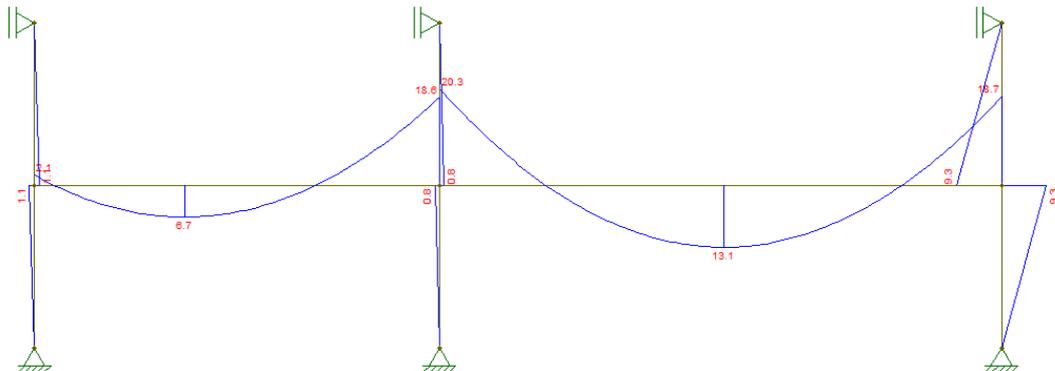
Com os carregamentos foi possível calcular as reações das vigas, para isso foi utilizado a ferramenta *Ftool*, um programa que se destina ao ensino do comportamento estrutural. Com o auxílio desse calculou-se o momento fletor de cada viga. Nas Figuras 07 e 08 é mostrado o exemplo da viga VB01, sendo essa simétrica, foi feito o lançamento somente em um eixo.

Figura 07: Carregamento da viga VB01



Fonte: Autora (2022)

Figura 08: Momentos fletoras da viga VB01



Fonte: Autora (2022)

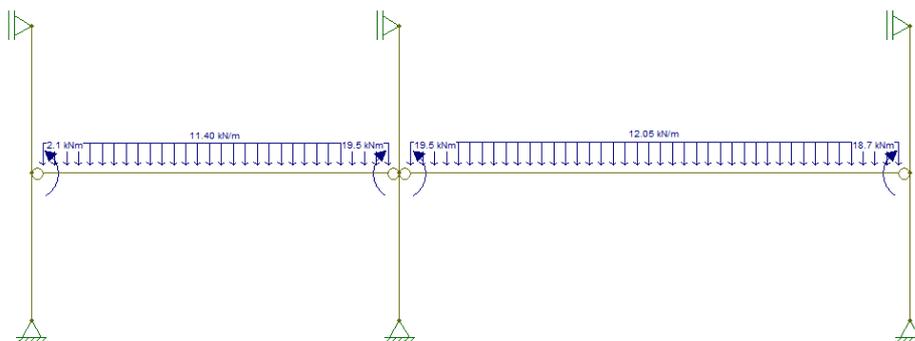
De acordo com a norma ABNT NBR6118:2014, Item 14.6.3, o diagrama do momento fletor pode ser arredondado sobre os apoios e pontos de aplicação de forças consideradas concentradas e em nós de pórticos. Esse arredondamento pode ser feito de maneira aproximada, parecido com a compatibilização de momentos das lajes, na Equação 38 apresentasse o exemplo da viga VB01.

$$m_{c,P02} \geq \left\{ \frac{\delta * m'_{\text{máx}}}{(m'_{\text{máx}} + m'_{\text{mín}})/2} \right. \quad (38)$$

$$m_{c,P02} \geq \left\{ \frac{0,75 * 20,3}{(20,3 + 18,6)/2} = \frac{15,225}{19,45} \rightarrow m_{c,P02} = 19,45 \text{ kN} * m \right.$$

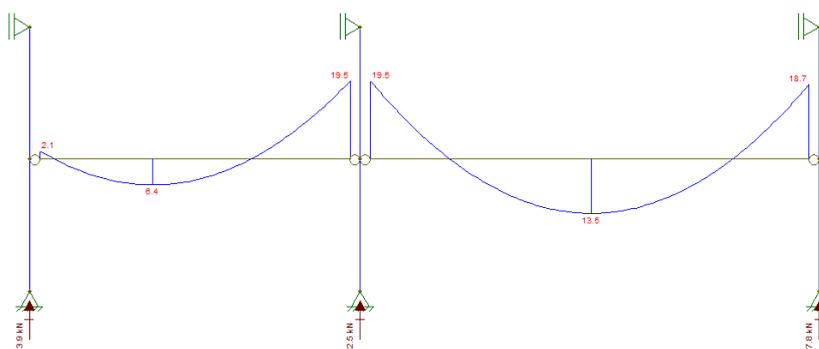
Após o arredondamento, retornou-se ao programa *Ftool* e os momentos de compatibilização são lançados e os pilares rotulados (Figura 09). Com isso, obteve-se os valores finais dos momentos no meio dos tramos, a força cortante e as cargas dos pilares, necessárias para o dimensionamento dos pilares, que se encontram nas Figuras 10 e 11 respectivamente.

Figura 09: Momentos compatibilizados aplicados na viga VB01.



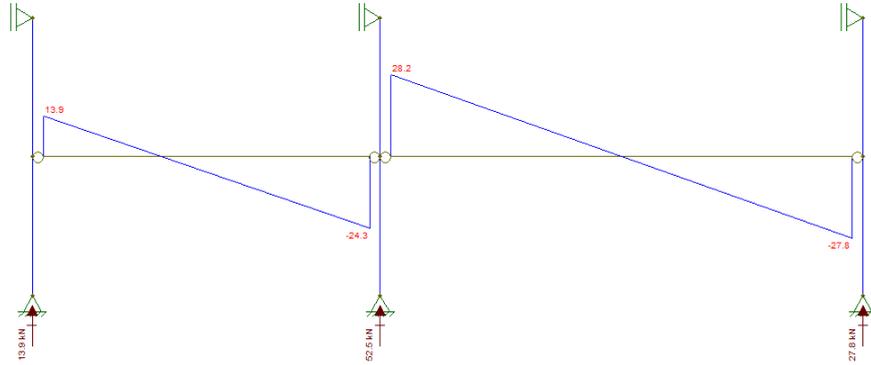
Fonte: Autora (2022)

Figura 10: Diagrama do momento fletor da viga VB01.



Fonte: Autora (2022)

Figura 11: Diagrama da força cortante da viga VB01.



Fonte: Autora (2022)

A taxa de armadura é obtida da mesma maneira das lajes. Primeiro encontra a altura estimada das vigas (Equação 39), depois o momento resistente de cálculo (Equação 40) e por último os parâmetros k_c , k_s (Equação 41) e a área de armadura (Equação 42), através das tabelas de PINHEIRO (1993). Realizando o cálculo para a armadura positivo no tramo 2 da viga VB01.

$$d_{est} = 0,85 * h = 0,85 * 45 = 38,25cm \quad (39)$$

$$m_{sd,y} = m_{sk} * Y_f = 13,5 * 100 * 1,4 = 1890 \text{ kN} * \text{cm}/\text{m} \quad (40)$$

$$k_c = \frac{b_w * d_{est}^2}{m_{sd}} = \frac{100 * 38,25^2}{1890} = 11,612 \quad (41)$$

$$k_c = 11,612 \rightarrow k_s = 0,024$$

$$k_s = \frac{a_s * d_y}{m_{sd}} \rightarrow a_s = \frac{0,024 * 1890}{38,25} = 1,186 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (42)$$

Assim como foi calculada a armadura mínima das lajes, no item 4.2.2.1, foram calculadas para as vigas. As Equações 43, 44, 45, 46 e 47 demonstram os cálculos para a viga VB01, tramo 2.

$$a_{s,min} \geq \begin{cases} a_{s,min 2} = \rho_{s,min} * A_c \\ a_{s,min 1} \end{cases} \quad (43)$$

$$M_{Rd,min} = 0,8 * W_0 * f_{ctk,sup} = 0,8 * 5062,5 * 3,334 = 1350,454 \text{ kN} * \text{cm}/\text{m} \quad (44)$$

$$k_c = \frac{b_w * d_y^2}{M_{Rd,min}} = \frac{100 * 38,25^2}{1350,454} = 16,251 \quad (45)$$

$$k_c = 16,251 \rightarrow k_s = 0,024$$

$$k_s = \frac{a_s * d_y}{m_{sd}} \rightarrow a_s = \frac{0,024 * 16,251}{38,25} = 0,847 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (46)$$

$$a_{s,min 2} = 0,0015 * (45 * 15) = 1,013 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (47)$$

Voltando a Equação 33, encontrou-se a área mínima, de acordo com a Equação 48.

$$\therefore a_{s,mín} = 1,013 \text{ cm}^2/m \quad (48)$$

Comparando com a Equação 32, encontrou-se a área de armadura final, como mostra a Equação 49.

$$\therefore a_s = 1,186 \text{ cm}^2/m \quad (49)$$

Segundo a Tabela 1.4 do ANEXO C, a área efetiva dos estribos adotada será $a_{sw,efe} = 1,2 \text{ cm}^2/m$, adotando-se duas barras com diâmetro de 8mm e uma barra de 5mm.

Em seguida calculou-se a armadura transversal (estribos), onde o cálculo foi baseado no modelo I, proposto pelo Item 17.4.2.2 da ABNT NBR 6118:2014. Verifica-se a força cortante resistente mínima ($V_{rd,mín}$) e a força cortante máxima de cálculo ($V_{sd,máx}$), se $V_{rd,mín} > V_{sd,máx}$ a armadura transversal da viga será a mínima, as Equações 50, 51, 52 e 53 demonstram esses cálculos referente a VB01, tramo 2. Na Tabela 1, apresentam-se alguns parâmetros necessários para encontrar a armadura transversal da viga.

Tabela 1: Parâmetros para o cálculo da armadura transversal

cnom (mm) =	30
Øestr (mm) =	5
τc (kN/cm²) =	0,077
ρsw,mín (%) =	0,103
τcu (kN/cm²) =	0,434
τcw,mín (kN/cm²) =	0,040
ρs (%) =	0,150

Fonte: Autora (2022)

$$d_{real} = h - c_{nom} - \emptyset_{est} - \left(\frac{\emptyset_l}{2}\right) = 45 - 3 - 0,5 - \left(\frac{0,8}{2}\right) = 41,1 \text{ cm} \quad (50)$$

$$V_{rd,mín} = (\tau_c + \tau_{cw,mín}) * b_w * d = (0,077 + 0,04) * 100 * 41,1 = 71,13 \text{ kN} \quad (51)$$

$$V_{sd,máx} = V_{sk,máx} * 1,4 = 28,2 * 1,4 = 39,48 \text{ kN} \quad (52)$$

$$V_{rd,mín} > V_{sd,máx} \rightarrow a_{sw} = a_{sw,mín} = \rho_{sw,mín} * b_w * 100 = 0,77 \text{ cm}^2/m \quad (53)$$

Segundo a Tabela 1.4 do ANEXO C, a área efetiva dos estribos adotada será $a_{sw,efe} = 0,8cm^2/m$, com espaçamento de 24,5cm.

Por último, foi encontrado o comprimento de ancoragem (l_b) das barras nos apoios, para fazer o detalhamento. Para isso, foi necessário encontrar alguns parâmetros, dispostos na Tabela 2, do Item 9.3.2.1 da ANBT NBR 6118:2014.

Tabela 2: Parâmetros para o cálculo do comprimento de ancoragem

Barras Nervuradas - μ_1	= 2,250
Boa Aderência - μ_2	= 1,000
Má Aderência - μ_3	= 0,700
$\varnothing_l < 32mm$ - μ_3	= 1,000
$f_{tk,m}$ (kN/cm²)	= 0,553
$f_{tk,inf}$ (kN/cm²)	= 0,387
f_{ctd} (kN/cm²)	= 0,276
Barras Positivas - f_{bd} (kN/cm²)	= 0,622
Barras Negativas - f_{bd} (kN/cm²)	= 0,435
f_{yd} (kN/cm²)	= 43,478

Fonte: Autora (2022)

Com esses dados, foi possível encontrar o comprimento de ancoragem básico para as barras, por meio da Equação 54.

$$l_b = \frac{\varnothing_l}{4} * \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \leq 25 * \varnothing_l \rightarrow l_b = \frac{1,6}{4} * \frac{43,478}{0,622} \leq 25 * 1,6 \rightarrow 27,94 \leq 40 \rightarrow ok! \quad (54)$$

Para encontrar o comprimento das barras, basta somar a largura que o gráfico do momento fletor se anula mais o comprimento de ancoragem, tanto para as barras positivas quanto negativas.

No APÊNDICE C encontram-se as tabelas com o dimensionamento de todas as vigas e no ANEXO C as tabelas utilizadas para o cálculo da área de armadura.

3.2.2.3 Dimensionamento dos pilares

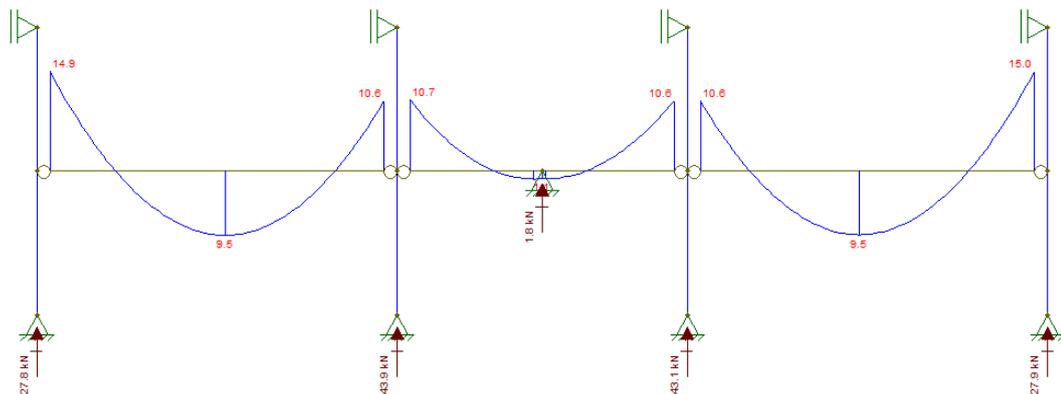
Para desenvolver o dimensionamento dos pilares foi preciso conhecer a carga que chega na base desses. Essa carga é uma composição das cargas verticais mais as cargas horizontais, onde as forças horizontais são provenientes do vento, obrigatório para qualquer estrutura.

A ação do vento é maior à medida que a altura do edifício aumenta, logo, seu efeito é significativo em edifícios altos de múltiplos andares. Como o edifício estudado neste trabalho contém apenas quatro pavimentos, as ações horizontais foram desconsideradas. Salientando que em condições reais, o cálculo seria indispensável, e todos os parâmetros para a realização desses cálculos se encontram na ABNT NBR 6123:1988.

As cargas verticais são aquelas encontradas através do programa *ftool*, obtidas na etapa de dimensionamento de vigas (Item 3.2.2.2). Para exemplificação do método utilizado para o dimensionamento serão demonstradas as etapas com o pilar P06.

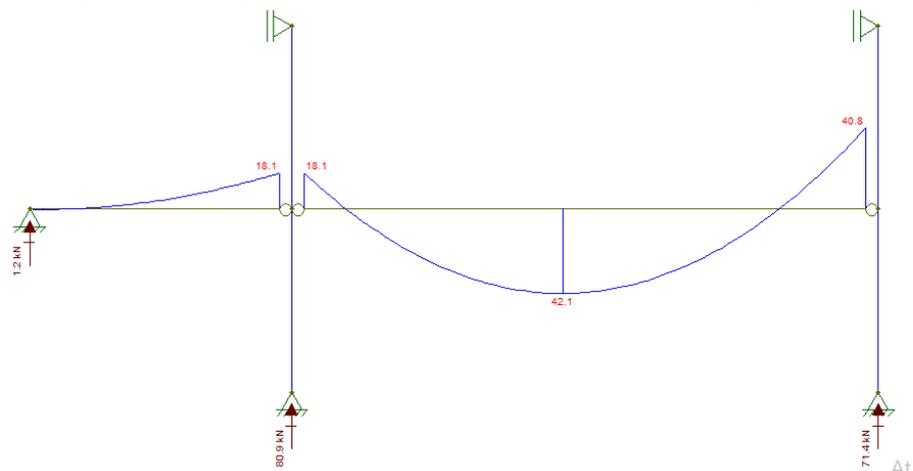
O pilar P06 recebe carga vertical proveniente das vigas VB02 e VB12, conforme Figuras 12 e 13, obtidas pelo programa *ftool*. Vindo da viga VB02 o pilar recebe uma carga (N_k) de 27,8kN e proveniente da viga VB12 o pilar recebe $N_k=80,9$ kN, portanto, a carga característica total ($N_{k,tot}$) neste pilar foi de 108,7kN.

Figura 12: Diagrama rotulado do momento fletor da viga VB02



Fonte: Autora (2022)

Figura 13: Diagrama rotulado do momento fletor da viga VB12



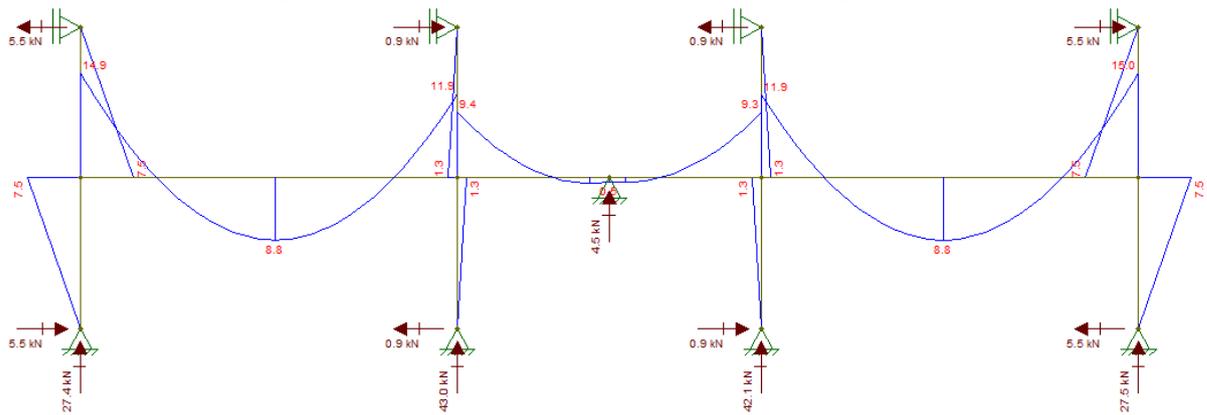
Fonte: Autora (2022)

Como pode ser visto na Figura 03 (Item 3.2.1), de planta de formas, o pilar P06 tem dimensões de 15x45cm e é um pilar considerado de extremidade, onde o esforço de compressão normal atua juntamente com o momento fletor, cuja ação coincide com o eixo principal do pilar (eixo y). O primeiro passo para o dimensionamento foi encontrar a força normal de cálculo (N_d), apresentado na Equação 55.

$$N_d = Y_f * N_k = 1,4 * (4 * 108,7) = 730,46kN \quad (55)$$

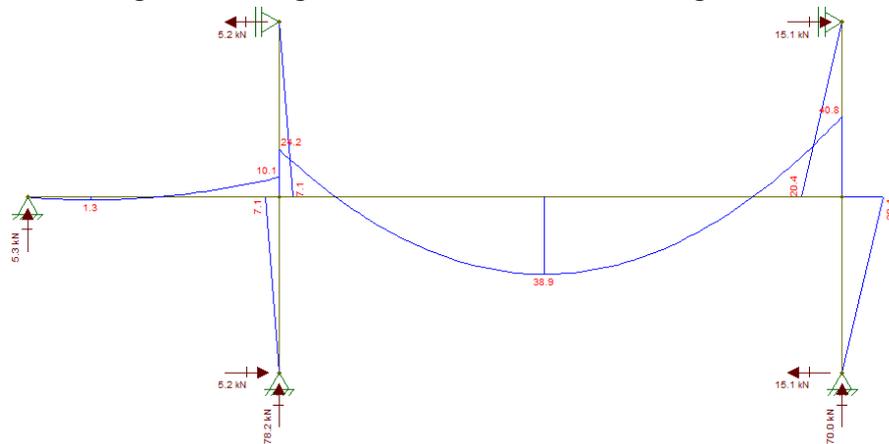
Em seguida encontrou-se o índice de esbeltez para as duas direções, através das Equações 56 e 57, e as excentricidades de 1ª ordem do pilar, de acordo com as Equações 58 e 59. Para o cálculo da excentricidade são necessários os momentos de topo e base do pilar, também encontrado pelo programa do *ftool*, através das Figuras 15 e 16.

Figura 14: Diagrama do momento fletor da viga VB02



Fonte: Autora (2022)

Figura 15: Diagrama do momento fletor da viga VB12



Fonte: Autora (2022)

Proveniente da viga VB02, no eixo x, encontrou-se um momento característico (M_{xk}) de $7,5\text{Kn}\cdot\text{m}$ (M_{xk}), já no eixo y o momento é nulo. Em seguida foi calculado o comprimento de flambagem (l_e), que neste caso é o comprimento do pilar, de $2,7\text{m}$.

$$\lambda_x = \frac{3,46 \cdot l_e}{h_x} = \frac{3,46 \cdot 270}{45} = 20,76 \quad (56)$$

$$\lambda_y = \frac{3,46 \cdot l_e}{h_y} = \frac{3,46 \cdot 270}{15} = 62,28 \quad (57)$$

$$e_{1,x} = \frac{M_{xd}}{N_d} = \frac{(1,4 \cdot 100 \cdot 7,5)}{730,46} = 1,72 \text{ cm} \quad (58)$$

$$e_{1,y} = \frac{M_{yd}}{N_d} = 0 \quad (59)$$

Após o cálculo da excentricidade verificou-se o momento mínimo, representados pelas Equações 60 e 61, e os índices de esbeltez de primeira ordem, de acordo com as Equações 62 e 63, para saber em qual eixo haveria momentos de segunda ordem.

$$M_{1d,mínx} = N_d \cdot (1,5 + 0,03h_x) \quad (60)$$

$$M_{1d,mínx} = 730,46 \cdot (1,5 + 0,03 \cdot 45) = 2081,82\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{1d,míny} = N_d \cdot (1,5 + 0,03h_y) \quad (61)$$

$$M_{1d,míny} = 730,46 \cdot (1,5 + 0,03 \cdot 15) = 1424,4\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda_{1,x} = \frac{25 + 12,5 \cdot \frac{e_{1,x}}{h_x}}{\alpha_b} = \frac{25 + 12,5 \cdot \frac{1,72}{45}}{1} = 26,625 \quad (62)$$

$$\lambda_{1,y} = \frac{25 + 12,5 \cdot \frac{e_{1,y}}{h_y}}{\alpha_b} = \frac{25 + 12,5 \cdot \frac{0}{15}}{1} = 25 \quad (63)$$

Portanto, como $\lambda_{1,x} > \lambda_x$, não são considerados os efeitos de segunda ordem na direção x, já na direção y $\lambda_{1,y} < \lambda_y$, e nesse caso haverá momento de segunda ordem nessa direção. Posteriormente os momentos fletores serão calculados a fim de encontrar a área de armadura necessária, através das Equações 66 e 67.

Para calcular o momento fletor total de segunda ordem foi utilizado o método pilar padrão com curvatura aproximada, descrito no item 15.8.3.3.2, da ABNT NBR 6118:2014. Este método só pode ser aplicado, para pilares com esbeltez $\lambda \leq 90$, com seção constante e armadura simétrica e constante ao longo de seu eixo.

Antes de calcular o momento fletor total são necessários dois coeficientes, sendo um da força normal adimensional (ν) e outro da curvatura (r), de acordo com as Equações 64 e 65.

$$v = \frac{N_d}{A_c * f_{cd}} = \frac{730,46}{675 * 1,786} = 0,61 \quad (64)$$

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h_y * (v+0,5)} = \frac{0,005}{15 * (0,61+0,5)} = 0,0003 \leq \frac{0,005}{15} = 0,075 \rightarrow ok! \quad (65)$$

$$M_{d,tot,x} = M_{1d,mínx} = 2081,82 \text{ kN} * m \quad (66)$$

$$M_{d,tot,y} = \alpha_b * M_{1d,A} + N_d * \frac{l_e^2}{10} * \frac{1}{r} \quad (67)$$

$$M_{d,tot,y} = 1 * 1424,4 + 730,46 * \frac{270^2}{10} * 0,0003 = 3029,29 \text{ kN} * m$$

Com $v = 0,61$ e utilizando-se os ábacos de VENTURINO (1887), flexão normal, foi encontrado o coeficiente ω , empregado para encontrar a área da armadura. Adotando o diâmetro das barras longitudinais de $\emptyset_l = 12,5mm$ e o diâmetro das barras transversais de $\emptyset_{est} = 5mm$, tem um $d'=4,125cm$.

Com esses dados foi encontrado os parâmetros necessários para interpretar o ábaco, cujo estão apresentados nas Equações 68, 69, 70 e 71.

$$\mu_x = \frac{M_{d,tot,x}}{h_x * A_c * f_{cd}} = \frac{2081,82}{45 * 675 * 1,786} = 0,038 \quad (68)$$

$$\frac{d'_x}{h_x} = \frac{4,125}{45} = 0,09 \quad (69)$$

$$\mu_y = \frac{M_{d,tot,y}}{h_y * A_c * f_{cd}} = \frac{3029,29}{15 * 675 * 1,786} = 0,167 \quad (70)$$

$$\frac{d'_y}{h_y} = \frac{4,125}{15} = 0,275 \quad (71)$$

Utilizou-se a maior relação de d'/h , e se obteve $\omega=0,4$, segundo o ábaco A-5 que se encontra no ANEXO D, portanto, tem-se a área de armadura conforme Equação 72.

$$A_s = \frac{\omega * A_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,4 * 675 * 1,786}{43,5} = 11,09cm^2 \quad (72)$$

Foi verificada a condição de área mínima, com a Equação 73.

$$A_{s,mín} = 0,04 * A_c = 0,04 * 675 = 2,1cm^2 \quad (73)$$

Comparou-se com a Equação 72.

$$\therefore A_s = 11,09cm^2$$

Segundo a Tabela 1,3, no ANEXO C, para uma $A_s = 11,09cm^2$, adota uma $A_{s,efe} = 12,06cm^2$, utilizando 6 barras de $\varnothing_l=16mm$. Por último verificou-se o espaçamento da armadura transversal conforme BASTOS (2018), verificado através das Equações 74 e 75.

$$\varnothing_t \geq \begin{cases} 5mm \\ \frac{\varnothing_l}{4} = \frac{16}{4} = 4mm \end{cases} \rightarrow \varnothing_t = 5mm \quad (74)$$

$$s_{m\acute{a}x} \leq \begin{cases} 20cm \\ b = 45 cm \\ 12 * \varnothing_l = 12 * 1,6 = 19,2 \end{cases} \rightarrow s_{m\acute{a}x} = 19,2cm \quad (75)$$

No APÊNDICE D encontram-se as tabelas com o dimensionamento de todos os pilares vigas e no ANEXO C e D estão as tabelas utilizadas para o cálculo da área de armadura.

3.3 MODELAGEM DOS PROJETOS ARQUITETÔNICOS E ESTRUTURAIS

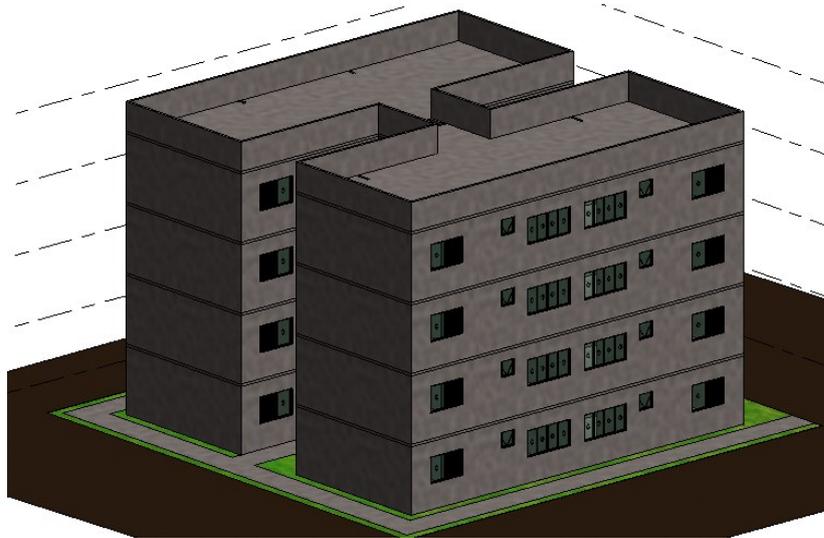
Com o projeto e cálculo estrutural do sistema de estrutura convencional em concreto armado concluído e tendo os outros projetos já disponíveis deu-se início a modelagem utilizando o *software* Autodesk Revit®, um *software* BIM para arquitetura, urbanismo, engenharia e *design*, utilizado principalmente para criar modelos a fim de planejar, projetar, construir e gerenciar edifícios e infraestruturas.

3.3.1 Modelagem projeto arquitetônico

3.3.1.1 Paredes de concreto

A primeira modelagem foi a do projeto arquitetônico de paredes de concreto, uma vez que o projeto arquitetônico foi disponibilizado pronto, na extensão de arquivo .dwg, como pode ser visto nas plantas baixas dispostas no ANEXO A. É apresentado, nas Figuras 16 e 17, o modelo arquitetônico em paredes de concreto desenvolvido.

Figura 16: Vista 3D projeto arquitetônico



Fonte: Autora (2022)

Figura 17: Vista 3D pavimento tipo



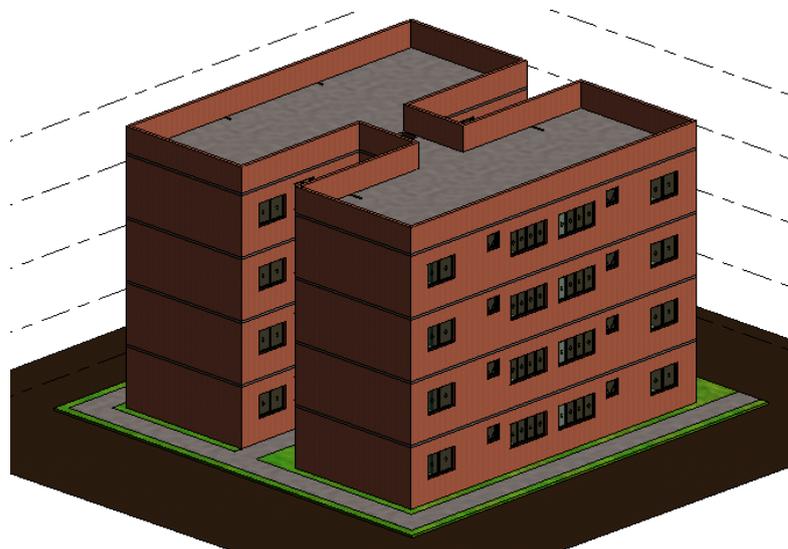
Fonte: Autora (2022)

3.3.1.2 Estrutura convencional em concreto armado

Com o projeto arquitetônico das paredes de concreto pronto, foram desenvolvidos os ajustes necessários neste, a partir dos eixos estruturais, para adequar ao sistema de estrutura convencional em concreto armado, com vedações em blocos cerâmicos. A única alteração foi a espessura das paredes, uma vez que a espessura das paredes de concreto é de 10cm e da parede da estrutura convencional em concreto armado de 15cm, pois o bloco escolhido foi de

dimensões 9x19x39cm. São apresentadas, nas Figuras 18 e 19, o modelo arquitetônico em estrutura convencional, com vedação em blocos cerâmicos, desenvolvido.

Figura 18: Vista 3D projeto arquitetônico



Fonte: Autora (2022)

Imagem 19: Vista 3D pavimento tipo



Fonte: Autora (2022)

3.3.2 Modelagem projeto estrutural

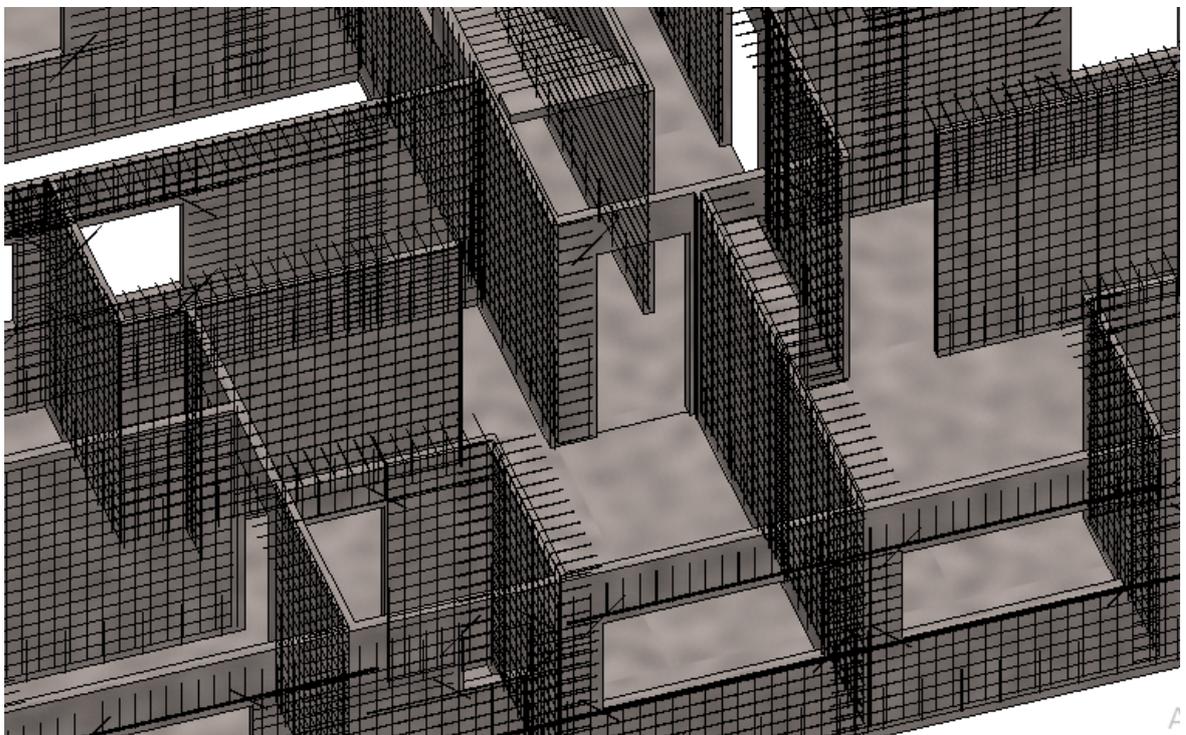
A modelagem de um projeto estrutural é um pouco mais complexa, pois é necessária a inserção de todas as dimensões das barras, assim como a disposição de cada uma de forma

correta, para que quando for realizado o levantamento quantitativo, os materiais não sejam contabilizados duas vezes, ou até mais.

3.3.2.1 Paredes de concreto

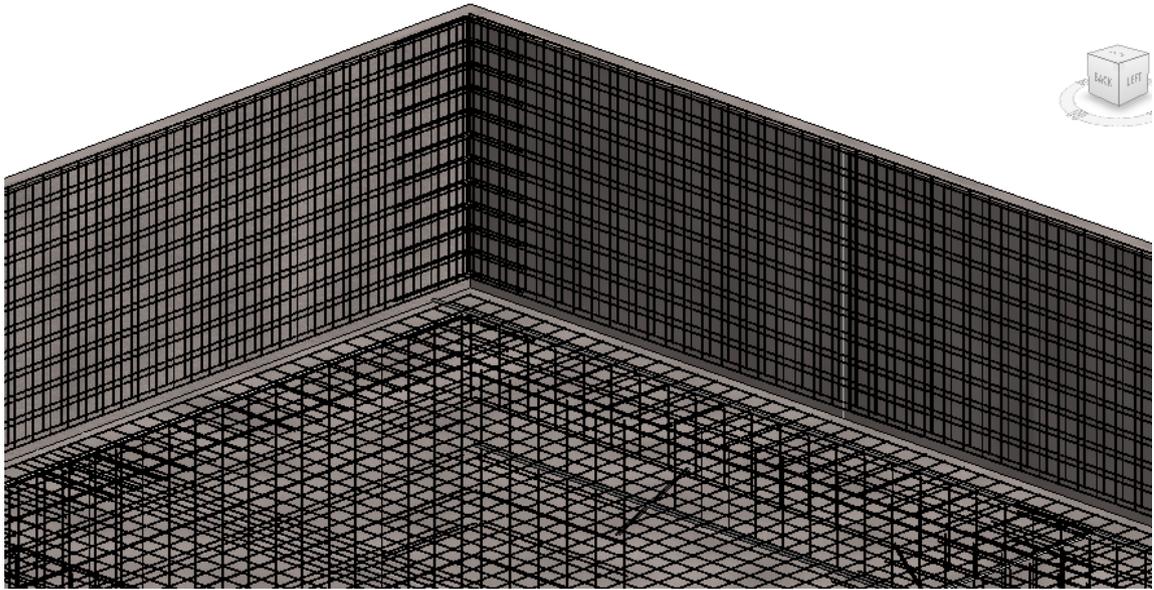
A primeira modelagem realizada foi para o sistema de paredes de concreto. Nas Figuras 20, 21 e 22 são mostradas algumas vistas do desenvolvimento deste, assim como a modelagem da parede 2, referente a Figura 44 que pode ser vista no ANEXO A.

Figura 20: Projeto estrutural em partes



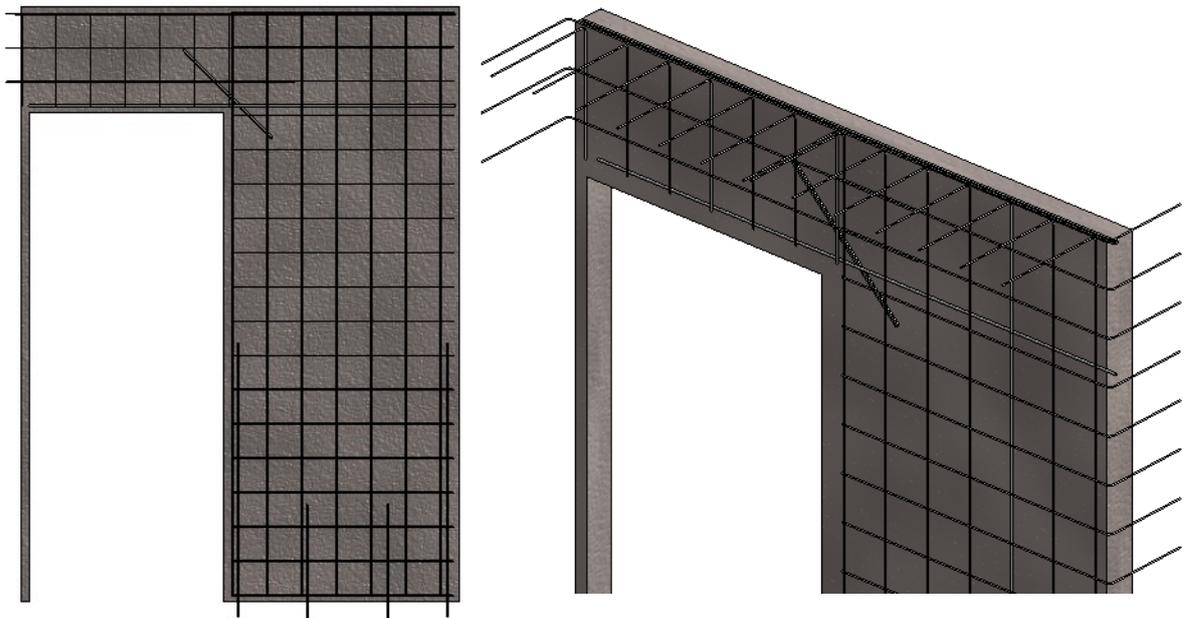
Fonte: Autora (2022)

Figura 21: Detalhamento da armação da platibanda



Fonte: Autora (2022)

Figura 22: Detalhamento da armação na parede 2



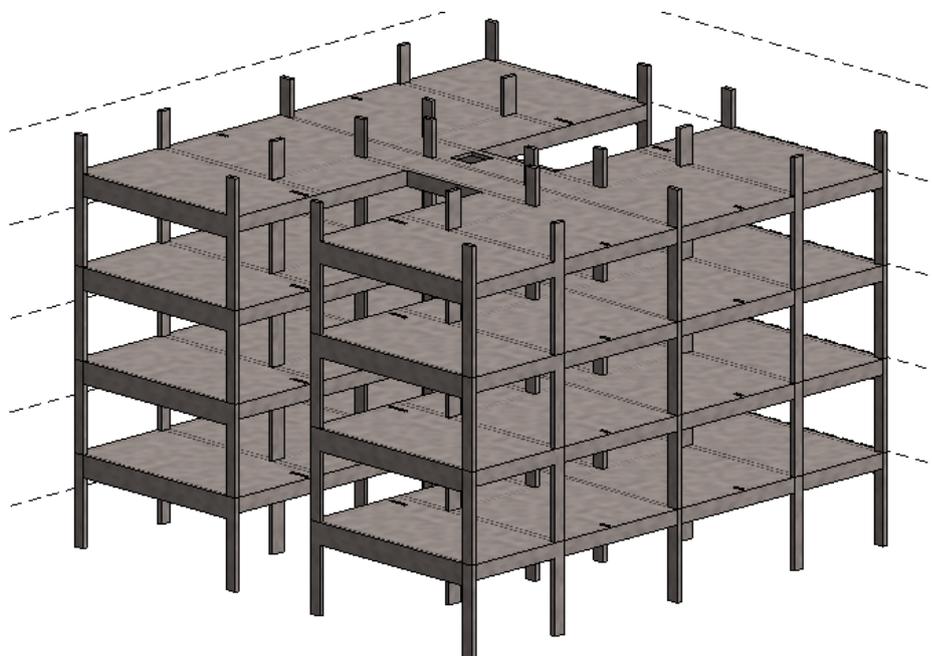
Fonte: Autora (2022)

3.3.2.2 Estrutura convencional em concreto armado

Em seguida, foi realizada a modelagem do sistema de estrutura convencional em concreto armado. Na Figura 23 e 24 são apresentadas vistas isométricas do projeto, na Figura 25 o detalhamento do pilar P06, na Figura 26 o detalhamento da viga VB01 e na Figura 27 o

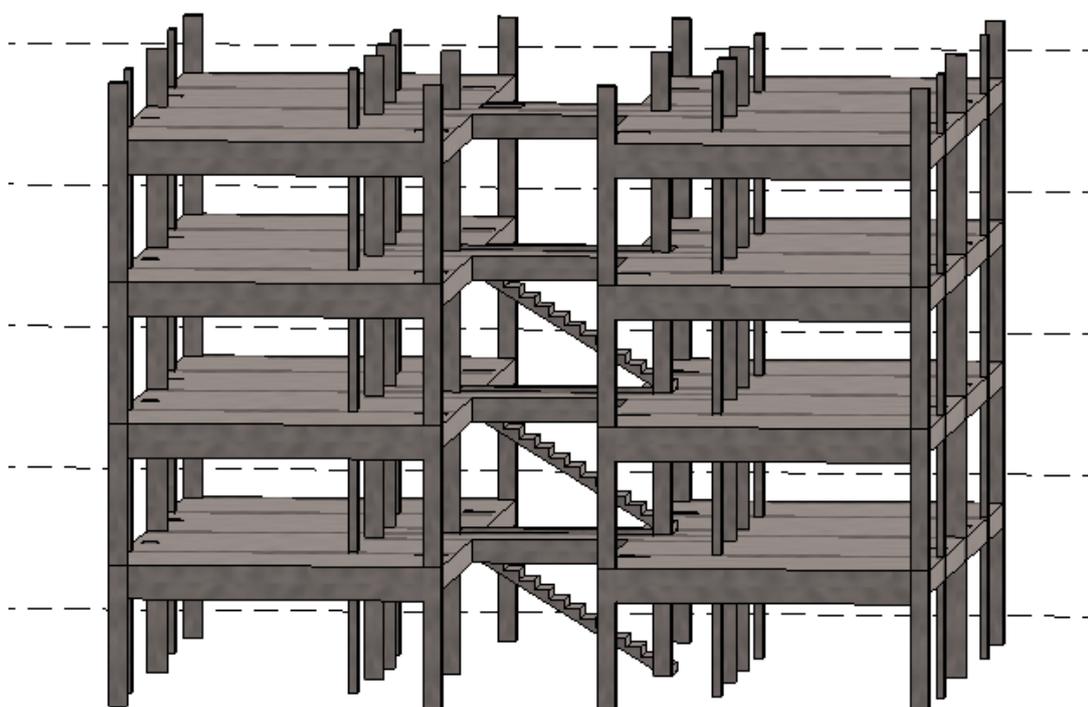
detalhamento da laje L02, que foram os exemplos utilizados nos cálculos de dimensionamento do Item 4.2 deste trabalho.

Figura 23: Vista 3D projeto estrutural



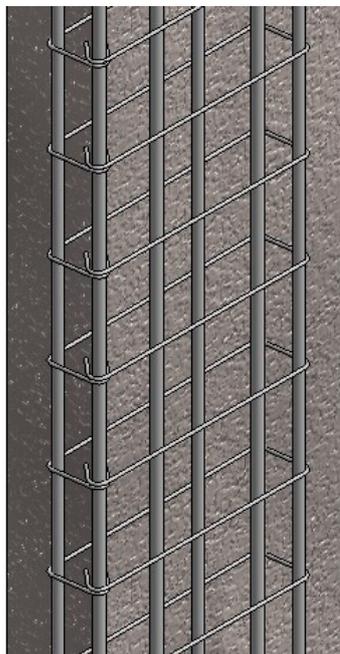
Fonte: Autora (2022)

Figura 24: Vista 3D projeto estrutural



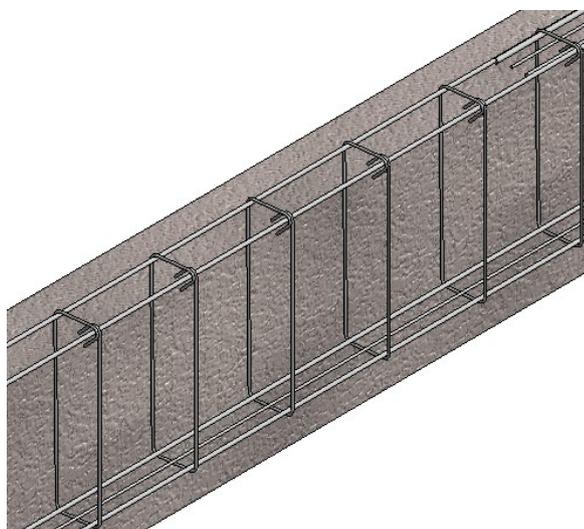
Fonte: Autora (2022)

Figura 25: Detalhamento armadura P06



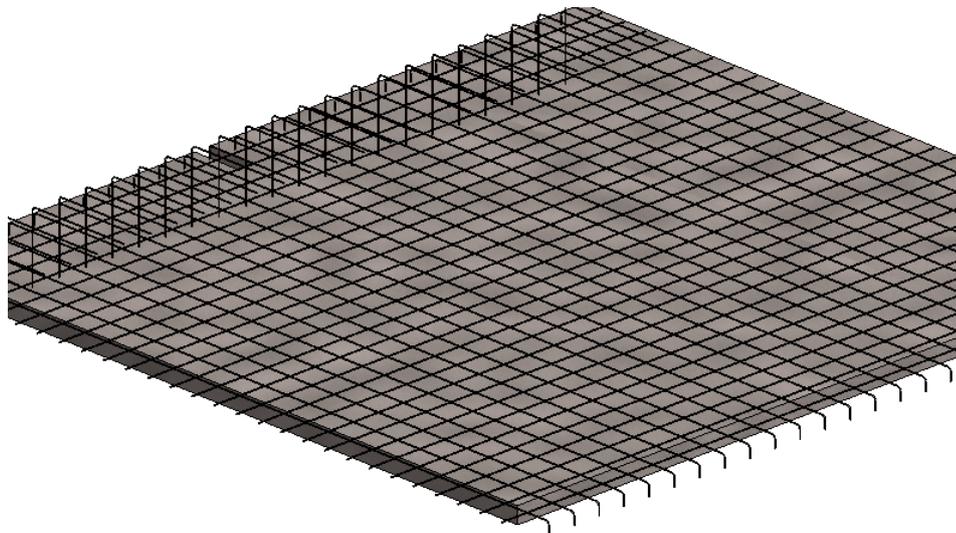
Fonte 1: Autora (2022)

Figura 26: Detalhamento viga VB01, tramo 2



Fonte: Autora (2022)

Figura 27: Detalhamento laje L02



Fonte: Autora (2022)

3.4 COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS

No sistema de paredes de concreto as alvenarias são a estrutura da edificação e qualquer elemento embutido ou abertura interfere no funcionamento estrutural. Por isso, o sucesso dessa tipologia depende da existência de projetos compatibilizados. (IBRACON, 2018). Já para o sistema de estrutura convencional em concreto armado, também é importante analisar, visto que possa ter interferências com os elementos estruturais, como as vigas e pilares.

A compatibilização dos projetos foi realizada utilizando o software Navisworks®, que é um *software* de análise de projeto que busca melhorar a coordenação da tecnologia BIM (Modelagem de informação e construção). Por meio dele é possível combinar dados de projeto e construção em um só modelo. Além disso, permite identificar e resolver conflitos e interferências antes da construção.

3.4.1 Paredes de concreto

Para realizar a compatibilização os projetos foram exportados do *software* Autodesk Revit® para o Navisworks®, onde as modelagens arquitetônica e estrutural foram sobrepostas, conforme Figura 28.

Figura 28: Sobreposição projeto arquitetônico e estrutural paredes de concreto



Fonte: Autora (2022)

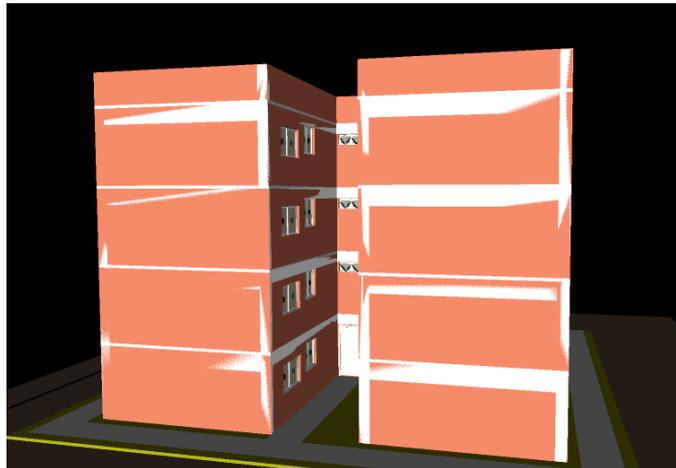
Com os projetos sobrepostos, no mesmo eixo de origem, foi utilizado uma ferramenta do programa chamada *clash detective*. Essa ferramenta gera os testes de compatibilidade, onde é possível escolher quais elementos se quer compatibilizar.

Ao compatibilizar o *software* indica todas as interferências, chamadas *clashes*, onde é possível clicar sobre a interferência no Navisworks® e abri-la no Revit®, assim as alterações podem ser realizadas no mesmo instante.

3.4.2 Estrutura convencional em concreto armado

Da mesma maneira foi realizada a compatibilização para o projeto estrutural e arquitetônico do sistema de estrutura convencional em concreto armado (Figura 29).

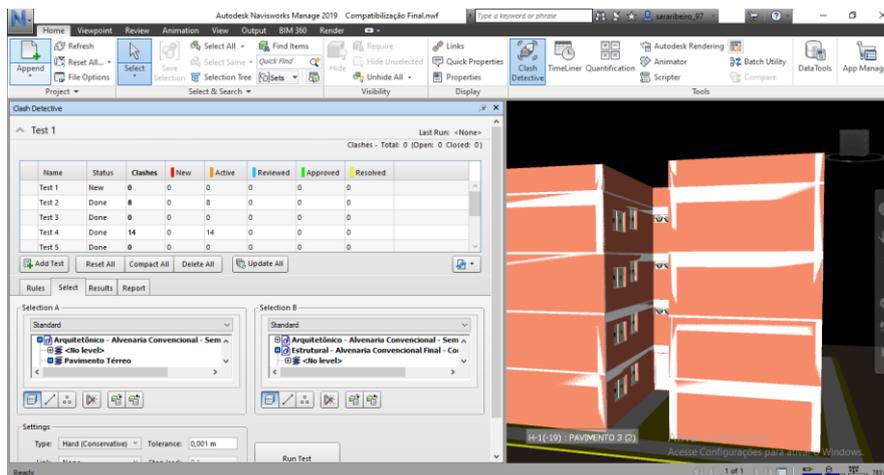
Figura 29: Sobreposição projeto arquitetônico e estrutura convencional



Fonte2: Autora (2022)

Foram compatibilizadas as esquadrias do projeto arquitetônico com o projeto estrutural, visto entre essas disciplinas o que normalmente gera interferências são esses elementos, com isso, foram realizados oito testes (Figura 30), onde quatro foram das portas com o projeto estrutural e outras quatro das janelas com o estrutural. Não houve nenhuma interferência do projeto estrutural com as portas, já com as janelas houve algumas interferências.

Figura 30: Teste de incompatibilidades



Fonte: Autora (2022)

3.5 ANÁLISE DE REVESTIMENTOS

Para comparação dos custos, foi analisado somente o revestimento sem o acabamento decorativo. Nos itens 3.5.1 e 3.5.2 está descrito qual revestimento foi adotado para cada sistema construtivo.

3.5.1 Paredes de concreto

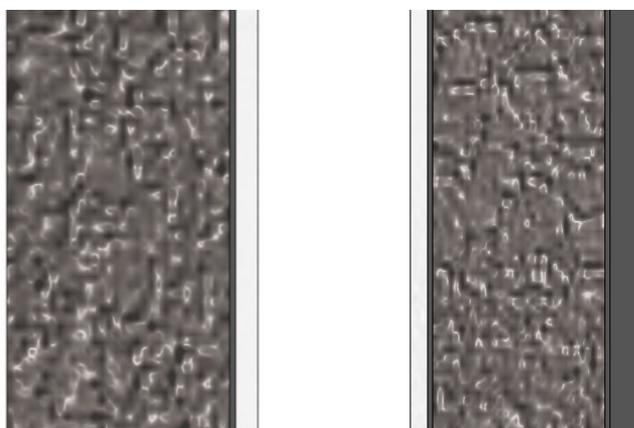
Para estruturas em paredes de concreto os revestimentos mais comuns são gesso liso e argamassa cimentícia. Para este trabalho foi adotado o revestimento em gesso liso com espessura de 1cm para paredes internas.

Como as paredes de concreto possuem textura lisa após serem desformadas, é necessário realizar a aplicação de chapisco para melhor aderência da camada de gesso, por isso foi aplicado chapisco rolado antes dessa.

Uma vantagem deste sistema, é que não há necessidade de revestimento na face externa, como pode ser visto na Figura 31a, onde a face interna da parede, que seria voltada para os quartos ou sala, tem chapisco e gesso liso e na face externa, sendo a fachada do bloco, não possui revestimento.

Para o banheiro e a cozinha, áreas molhadas, com revestimento cerâmico nas paredes, faz-se necessária a aplicação de reboco paulista (ou revestimento de massa única), com espessura adotada de 1,8cm e de 0,3cm para o chapisco. Na Figura 31b, demonstra-se uma parede aonde, de um lado é o quarto, que possui revestimento em chapisco mais gesso liso, e do outro lado a cozinha, que possui chapisco mais emboço paulista.

Figura 31: (a) Parede externa; (b) Parede interna



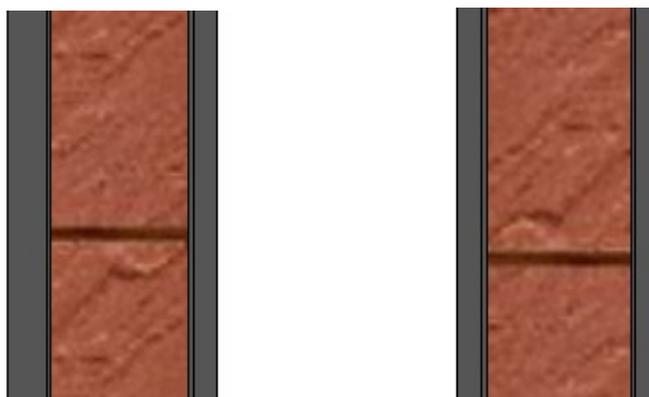
Fonte: Autora (2022)

3.5.2 Estrutura convencional em concreto armado

Para o sistema de estrutura convencional em concreto armado, com vedação em blocos cerâmicos, foi adotado o revestimento de massa única após a aplicação do chapisco, sendo que a espessura do revestimento adotada para paredes internas foi de 1,8 cm e para paredes externas de 2,8 cm, conforme ABNT NBR 13749:1996 que estabelece espessura máxima dos revestimentos.

Com isso, para as paredes internas foi adotada a espessura de 0,3cm para o chapisco de 1,5cm para o revestimento de massa única (Figura 32b). Para as paredes externas chapisco com a mesma espessura e revestimento de massa única com 2,5cm (Figura 32a).

Figura 32: (a) Parede externa; (b) Parede interna



Fonte: Autora (2022)

3.6 ORÇAMENTO

Para realização do orçamento foi necessário fazer o levantamento de todos os materiais utilizados. Para isso, foi empregada a ferramenta do *software* Revit®, que gera automaticamente tabela com todas as quantidades de materiais utilizados no projeto, que pode ser visualizada de maneira completa no APÊNDICE F, com os quantitativos dos materiais utilizados para revestimento e para superestrutura dos dois métodos construtivos estudados. Na Figura 33 pode ser vista uma tabela parcial como exemplo dos quantitativos.

Figura 33: Levantamento revestimento parede – Paredes de concreto

Levantamento do revestimento da parede			
Quantidade	Material: Nome	Área	Volume
243	Chapisco	2433 m ²	7.30 m ³
		2433 m ²	7.30 m ³
128	Emboço Paulista	697 m ²	12.54 m ³
		697 m ²	12.54 m ³
211	Gesso liso	1737 m ²	17.37 m ³
		1737 m ²	17.37 m ³

Fonte: Autora (2022)

Com os quantitativos, iniciou-se o orçamento, por meio da plataforma online Orçafascio®. Para isso foram utilizadas duas bases de dados: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAP) e Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas (SETOP), dos meses 10/2021 e 10/2021, respectivamente. Foram utilizadas duas bases de dados, pois nem sempre são encontrados todos os materiais em somente uma base, com isso a utilização de duas bases fornece maior abrangência de insumos e serviços.

Para se chegar no valor final de orçamento, foi calculado os benefícios e despesas indiretas (BDI), para cobrir com precisão as despesas e custos indiretos que há em todas as obras. De acordo com os valores indicados pelo Tribunal de Contas da União (TCU), chegou-se ao valor de BDI utilizando a Equação 76 através dos parâmetros apresentados na Tabela 03.

Tabela 3: Parâmetros para o cálculo do BDI

Nomenclatura	Item	Taxa adotada (%)
AC	Administração Central	5,50%
CF	Custo financeiro	0,80%
S	Seguros	0,60%
G	Garantias	0,20%
MI	Margem de incerteza	1,27%
TM	Tributos municipais	3,00%
TE	Tributos estaduais	0,00%
TF	Tributos federais	3,65%
MBC	Margem bruta de contribuição	8,00%

Fonte: Autora (2022)

$$BDI = \frac{(1+AC+MI+S+G)*(1+CF)*(1+MBC)}{1-(TM+TE+TF)} - 1 = 25,45\% \quad (76)$$

Na Tabela 04 é mostrada o orçamento dos revestimentos do sistema de paredes de concreto, comparativamente a Tabela 05, com os mesmos dados para o sistema de estrutura convencional.

Tabela 4: Orçamento do revestimento - Paredes de concreto

Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total
1			REVESTIMENTO - CHAPISCO + GESSO LISO / CHAPISCO + EMBOÇO PAULISTA					148.390,92
1.2	87424	SINAPI	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO SARRAFEADO (COM TALISCAS) EM PAREDES DE AMBIENTES DE ÁREA ENTRE 5M ² E 10M ² , ESPESSURA DE 1,0CM. AF 06/2014	m ²	1737	30,26	37,96	65.936,52
1.2	87359	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:5 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA GROSSA ÚMIDA) COM ADIÇÃO DE EMULSÃO POLIMÉRICA PARA CHAPISCO ROLADO, PREPARO MECÂNICO COM MISTURADOR DE EIXO HORIZONTAL DE 600 KG. AF 08/2019	m ³	11,36	2.702,17	3.389,87	38.508,92
1.3	ED-9066	SETOP	REVESTIMENTO DE GESSO EM TETO, ESP. 5MM, APLICAÇÃO MANUAL (SARRAFEADO)	m ²	812	20,10	25,21	20.470,52
1.4	REV-REB-015	SETOP	REBOCO COM ARGAMASSA, TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESP. 20MM, APLICAÇÃO MANUAL, PREPARO MECÂNICO	m ²	697	26,85	33,68	23.474,96

Fonte: Autora (2022)

Tabela 5: Orçamento parcial do revestimento - Estrutura convencional em concreto armado

Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total
2			REVESTIMENTO - ARGAMASSADO					205.050,04
2.1	REV-CHA-005	SETOP	CHAPISCO COM ARGAMASSA, TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESP. 5MM, APLICADO EM ALVENARIA/ESTRUTURA DE CONCRETO COM COLHER, PREPARO MECÂNICO	m ²	3424	7,31	9,17	31.398,08
2.2	REV-CHA-006	SETOP	CHAPISCO COM ARGAMASSA, TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESP. 5MM, APLICADO EM TETO COM COLHER, PREPARO MECÂNICO	m ²	818	10,20	12,79	10.462,22

2.4	89048	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE EMBOÇO/MASSA ÚNICA, TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO, COM BETONEIRA DE 400L, EM PAREDES DE AMBIENTES INTERNOS, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS, PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL MULTIFAMILIAR (PRÉDIO). AF 11/2014	m ²	3424	30,67	38,47	131.721,28
2.5	89048	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE EMBOÇO/MASSA ÚNICA, TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO, COM BETONEIRA DE 400L, EM PAREDES DE AMBIENTES INTERNOS, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS, PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL MULTIFAMILIAR (PRÉDIO). AF 11/2014	m ²	818	30,67	38,47	31.468,46

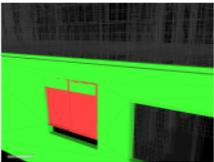
Fonte: Autora (2022)

No APÊNDICE G, visualizam-se os relatórios completos dos orçamentos de revestimento e superestruturas dos dois métodos construtivos.

4 RESULTADOS

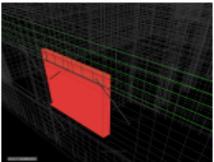
Na compatibilização do projeto arquitetônico com o estrutural de paredes de concreto foi encontrada uma única interferência causada pelo posicionamento errado da janela da cozinha no projeto arquitetônico, onde o peitoril da janela estava 20 cm acima do que deveria, desse modo houve interferências da janela com a parede estrutural e as armações, como é mostrado as Figuras 34 e 35.

Figura 34: Interferência 15 - Parede estrutural com esquadria

	Name Distance Description Status Clash Point Grid Location Date Created	Clash15 -0.100m Hard (Conservative) Active 5.000m, 1.500m, 2.200m F-10 : PAVIMENTO TÉRREO 2022/2/25 16:11
Item 1		
Element ID Layer Item Name Item Type	478975 Pavimento Térreo ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA Line	
Item 2		
Element ID Layer Item Name Item Type	999693 PAVIMENTO TÉRREO Concreto - Moldado in loco Solid	

Fonte: Autora (2022)

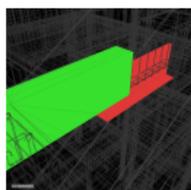
Figura 35: Interferência 31 – Armação com esquadria

	Name Distance Description Status Clash Point Grid Location Date Created	Clash31 -0.049m Hard (Conservative) Active -3.990m, 1.553m, 2.104m F-3 : PAVIMENTO TÉRREO 2022/2/25 16:11
Item 1		
Element ID Layer Item Name Item Type	478978 Pavimento Térreo ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA Line	
Item 2		
Element ID Layer Item Name Item Type	988921 <No level> Rebar Bar Solid	

Fonte: Autora (2022)

Nas Figuras 36 e 37 apresentam-se as interferências entre o projeto arquitetônico e o estrutural do sistema de estrutura convencional em concreto armado, onde a viga do hall estava sobreposta a janela da escada. Na Figura 36 é mostrada a sobreposição da viga na janela, e na Figura 37 da armação da viga sobre a esquadria.

Figura 36: Interferência 1 – Viga com esquadria



Name	Clash1
Distance	-0.175m
Description	Hard (Conservative)
Status	Active
Clash Point	1.265m, -0.630m, 7.650m
Grid Location	E-5 : PAVIMENTO 3
Date Created	2022/2/25 11:45

Item 1

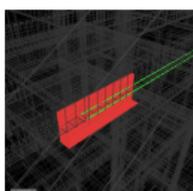
Element ID	474982
Layer	3º Pavimento
Item Name	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA
Item Type	Solid

Item 2

Element ID	912265
Layer	PAVIMENTO 4
Item Name	Concreto - Concreto concretado no local
Item Type	Solid

Fonte: Autora (2022)

Figura 37: Interferência 4 – Armação da viga com esquadria



Name	Clash4
Distance	-0.028m
Description	Hard (Conservative)
Status	Active
Clash Point	1.253m, -0.025m, 7.691m
Grid Location	D-5 : PAVIMENTO 3
Date Created	2022/2/25 11:45

Item 1

Element ID	474982
Layer	3º Pavimento
Item Name	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA
Item Type	Solid

Item 2

Element ID	912076
Layer	<No level>
Item Name	Rebar Bar
Item Type	Solid

Fonte: Autora (2022)

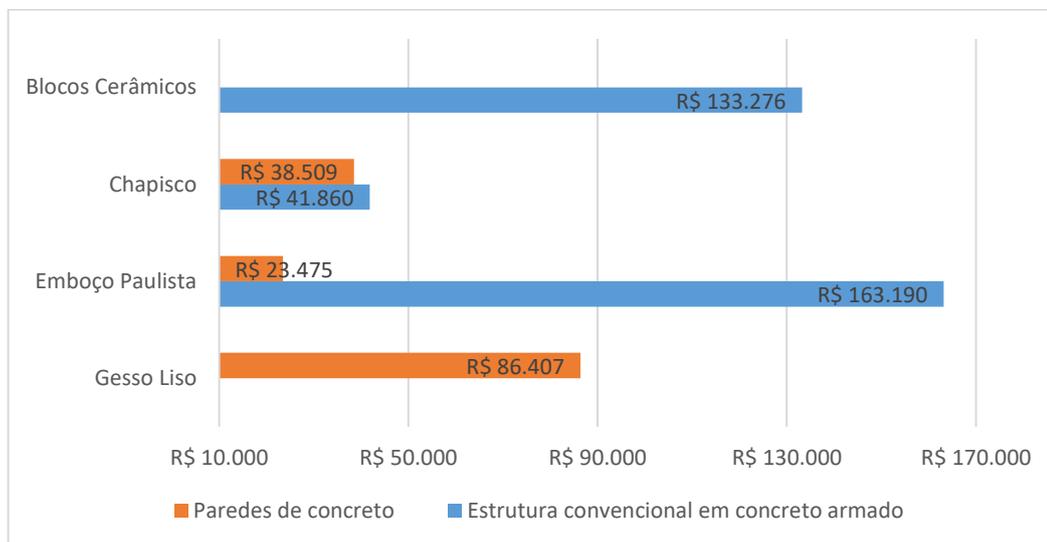
O relatório completo com todas as interferências se encontra no APÊNDICE E deste trabalho.

Com base nos orçamentos, os dois sistemas foram comparados em termos de custo, em revestimento, superestrutura e superestrutura + revestimento.

No item Revestimento (Figura 38) apresentam-se os valores de cada material separadamente, para cada método. Na Figura 40 compara-se o custo total do revestimento, que para o método de estrutura convencional em concreto armado, foi 56,14% mais alto que para o método de paredes de concreto, representando uma diferença de R\$189.935,60.

Os materiais que mais levaram a essa discrepância de valores foram, blocos cerâmicos e o emboço paulista. O custo dos blocos cerâmicos será compensado posteriormente com o custo do concreto que será um pouco mais alto para o método de paredes de concreto. Já o revestimento de massa única se torna mais oneroso, devido ao fato do sistema de estrutura convencional em concreto armado, necessitar de revestimento na face externa e o de paredes de concreto não.

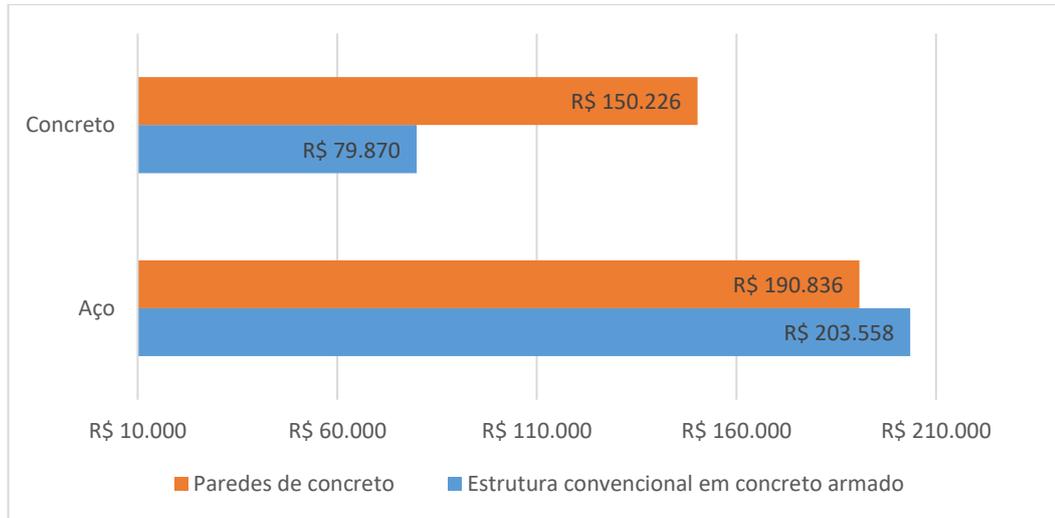
Figura 38: Custo do revestimento



Fonte: Autora (2022)

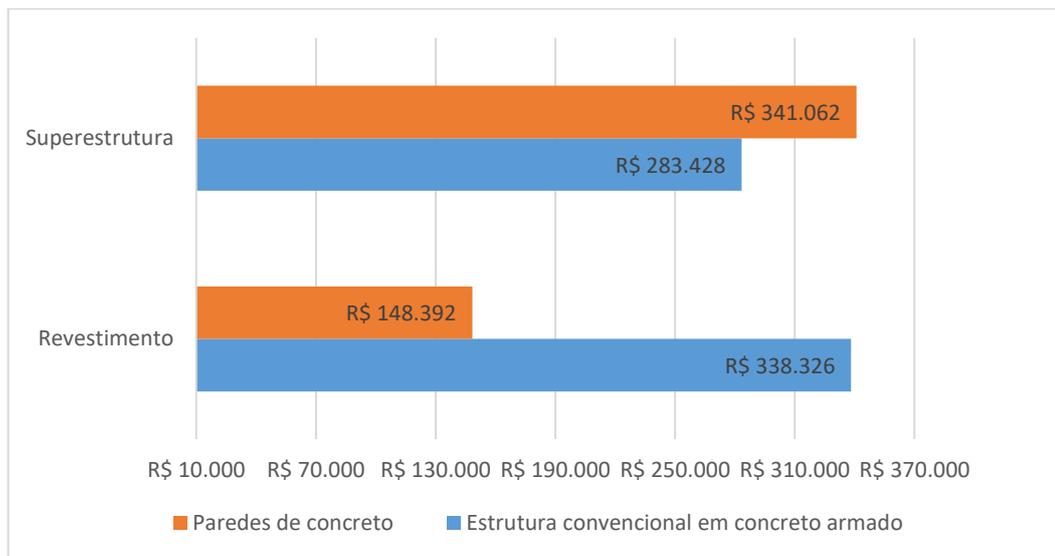
Na Figura 40, item Superestrutura, o sistema de paredes de concreto em concreto armado, apresentou um percentual de 16,9% maior que o sistema de estrutura convencional, resultando em um gasto de aproximadamente R\$57.633,65 mais alto. Essa diferença foi devido ao consumo de concreto que é maior para o método de paredes de concreto, devido as paredes serem totalmente preenchidas com concreto, como mostra na Figura 39.

Figura 39: Custo da superestrutura



Fonte: Autora (2022)

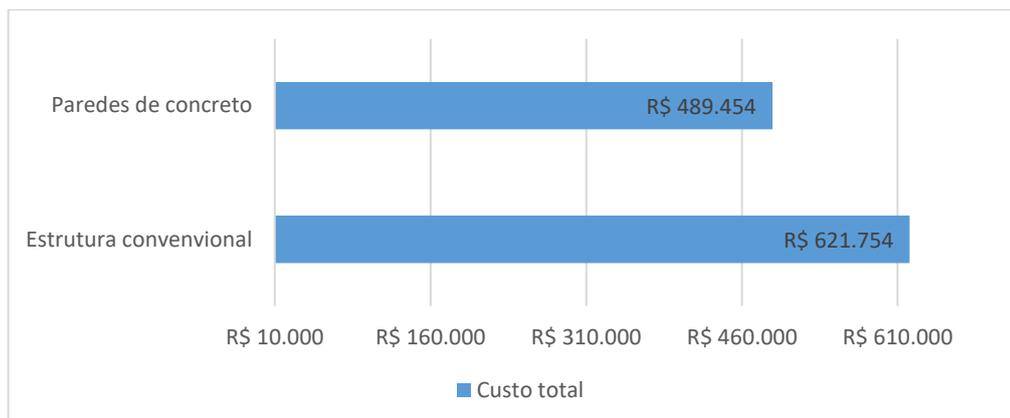
Figura 40: Custo revestimento e superestrutura



Fonte: Autora (2022)

Analisando a soma dos dois itens: Superestrutura e Revestimento (Figura 41) o sistema de estrutura convencional em concreto armado, ficou 21,3% mais alto no custo total, equivalente a R\$132.300,00.

Figura 41: Custo total

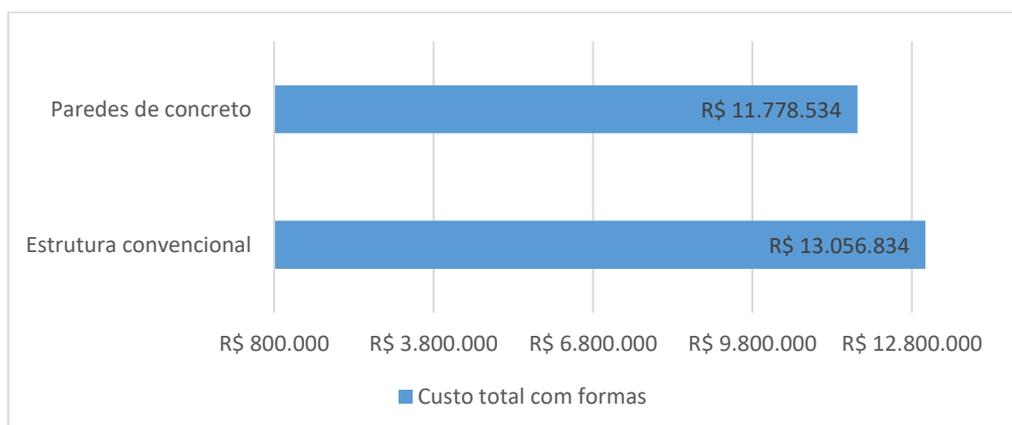


Fonte: Autora (2022)

Para realizar uma comparação mais fidedigna, foi realizada uma pesquisa com diferentes empresas que utilizam o sistema de paredes de concreto, a fim de obter um valor aproximado para o custo das formas. Com a utilização de formas metálicas, concretando dois apartamentos mais o hall de entrada e a escada a cada ciclo, foi obtido o valor aproximado de R\$1.500.000,00 para o conjunto de formas e as empresas pesquisadas afirmaram que eram realizados aproximadamente 700 ciclos com cada conjunto de formas.

Considerando que o conjunto de formas metálicas sejam reutilizados 700 vezes, resulta em aproximadamente a construção de 21 edifícios residenciais, conforme o projeto analisado neste trabalho. Com isso, o método de paredes de concreto resulta em um custo total de R\$11.778.534,00, enquanto o sistema de estrutura convencional em concreto armado, na mesma quantidade ficaria em R\$13.056.834,00, obtendo economia de aproximadamente 10% para o método de paredes de concreto (Figura 42).

Figura 42: Custo total com formas



Fonte: Autora (2022)

5 CONCLUSÃO

O custo da superestrutura para o método construtivo de paredes de concreto foi de 16,9% maior do que para o método de estrutura convencional em concreto armado. Em contrapartida o custo do sistema de revestimento de estrutura convencional em concreto armado ficou 56,14% maior do que o método de paredes de concreto. Assim, o custo total do mesmo projeto para o método em estrutura convencional é aproximadamente 21,3% mais alto do que o sistema de paredes de concreto.

Analisando somente estes dois parâmetros separadamente - superestrutura e revestimento - torna-se viável a escolha do método construtivo de paredes de concreto. Agora, considerando a utilização das formas metálicas, este sistema passa a proporcionar economia de aproximadamente 10%, mantendo-se como o mais viável financeiramente.

Com isso, é possível afirmar que o método de paredes de concreto possui custo-benefício mais interessante quando se trata de construção repetitiva, de mesmo padrão, para que se possam reutilizar as formas, caso contrário, se torna um método inviável devido ao alto custo de investimento inicial.

A partir dessas análises, é importante frisar que, só será possível afirmar qual método é mais viável economicamente conhecendo o objetivo da construtora, se for produção em grande escala de conjuntos habitacional ou em menor escala com edifícios de diferentes projetos arquitetônicos. Salientando que estes orçamentos não podem ser levados em considerações para regiões litorâneas, pois para essas regiões outros parâmetros devem ser usados nos cálculos estruturais, realizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estrutura de concreto: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estrutura de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

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

_____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1996

BARTUCCI, M. J. **Vantagens e desvantagens da alvenaria da vedação e alvenaria estrutural**. Revista Alicerce, São Paulo, 2020.

BASTOS, P. S. S. **Pilares de concreto Armado**. São Paulo, 2015.

CBIC. **Construção mercador negócios de incorporação e construção**. São Paulo, 2018.

CASSAR, B. C. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: Estrutura convencional x Light Steel Frame**. 2018. Projeto de Graduação – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CORSINI, R. **Norma inédita para paredes de concreto moldadas in loco entra em vigor e promete impulsionar uso da tecnologia em edificações**. Revista Techne, São Paulo, 2011. Disponível em: <Norma inédita para paredes de concreto moldadas in loco entra em vigor e promete impulsionar uso da tecnologia em edificações - PDF Free Download (docplayer.com.br)>. Acesso em: 13 mar. 2022.

IBRACON. **Sistemas construtivos paredes de concreto, alvenaria estrutural e pré-fabricados de concreto**. São Paulo, 2018.

PEREIRA, K. S.; PINHEIRO E. C. N. M. **Utilização de gesso (liso) como revestimentos de parede de alvenaria comparado a argamassa cimentícia convencional**. Curitiba, 2021.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. São Paulo, 2007.

PINHEIRO, L.M. **Concreto armado: tabelas e ábacos**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Estruturas. São Carlos, 1993.

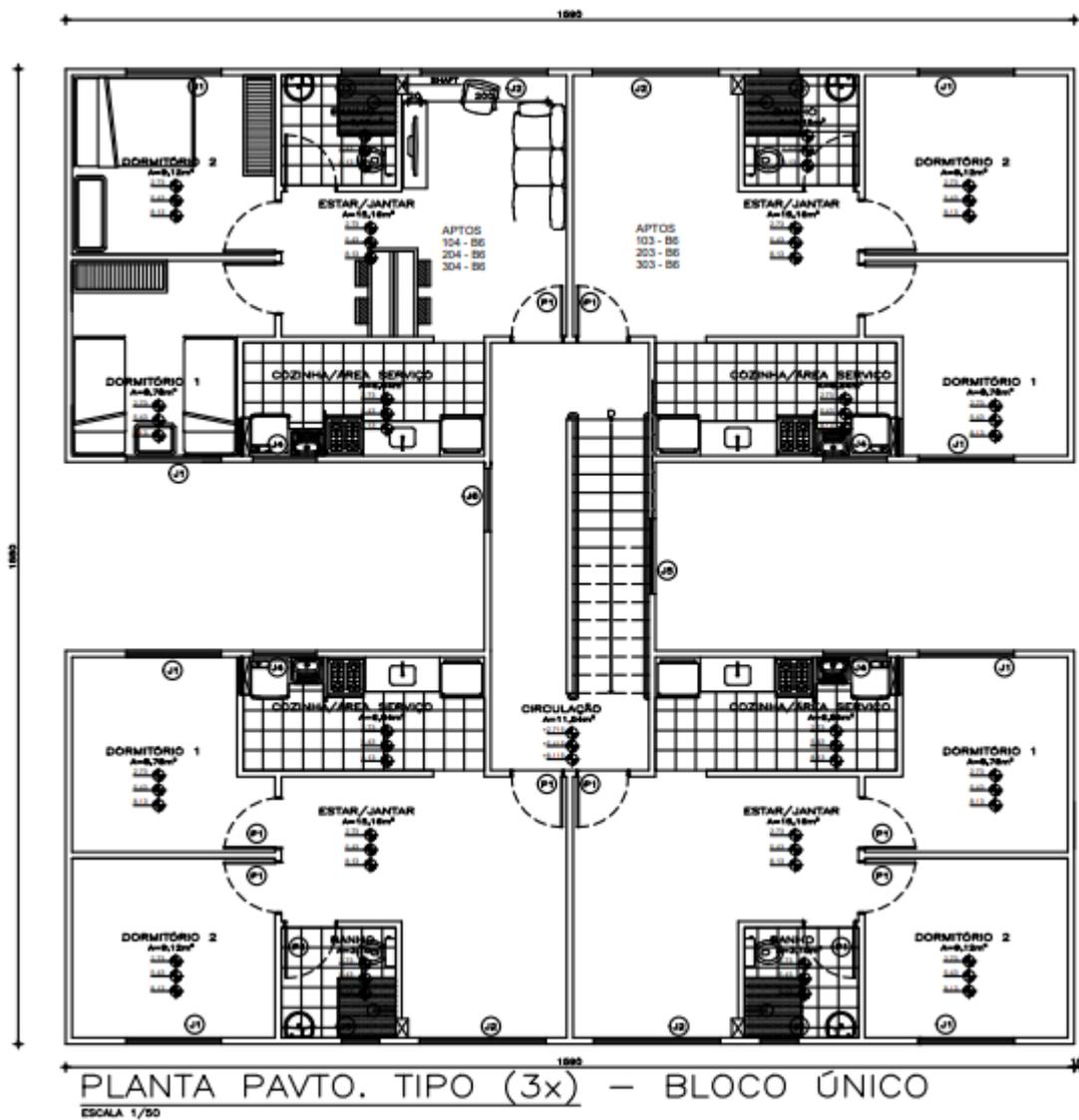
QUINTÃO, C. **PIB da construção civil cresceu 8% em 2021**. Revista Valor, 2022.

MISURELLI H.; MASSUDA C. **Como construir. Paredes de concreto**. Revista Téchné, 2009.

VENTURINI, W. S. **Dimensionamento de peças retangulares de concreto armado solicitadas à flexão reta.** Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Estruturas. São Carlos, 1987.

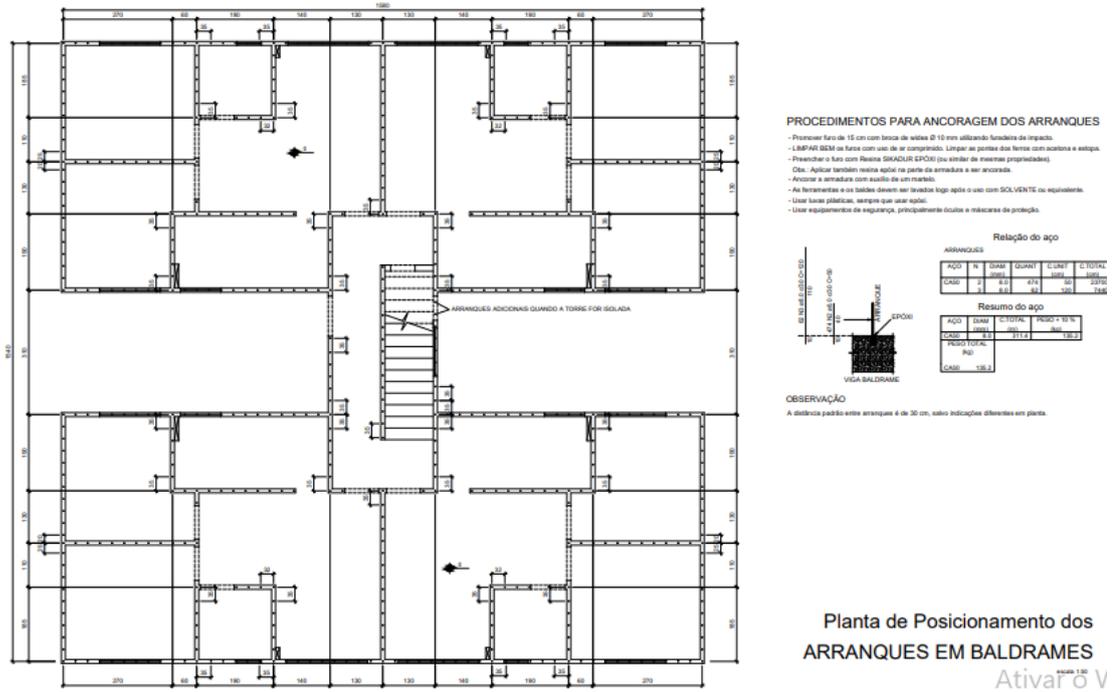
ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO E ESTRUTURAL, PARCIAL, NA
EXTENSÃO DE ARQUIVO .dwg

Figura 43: Planta baixa projeto arquitetônico pavimento tipo



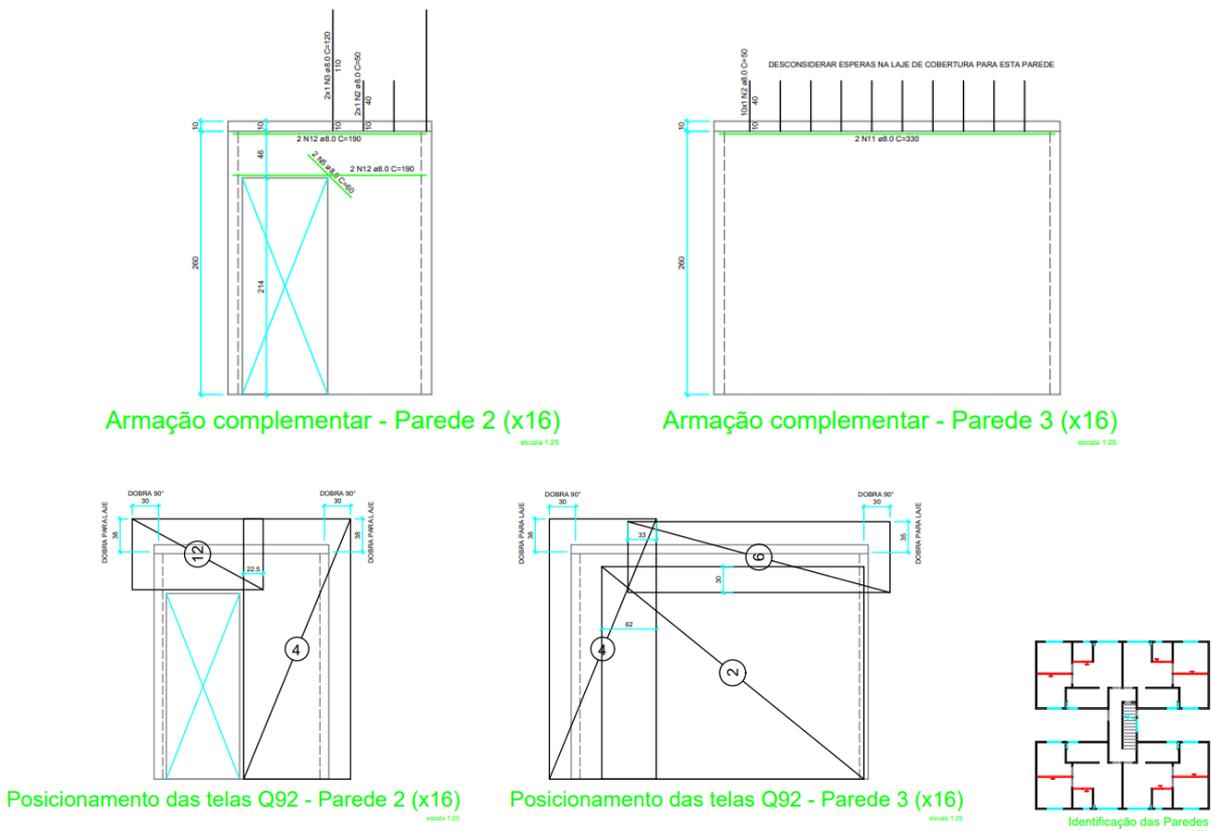
Fonte: HLTS Engenharia e Construções

Figura 44: Planta de posicionamento dos arranques no pavimento térreo.



Fonte: HLTS Engenharia e Construções

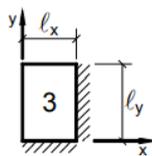
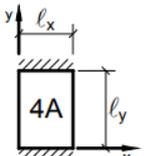
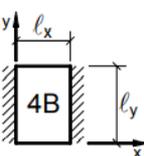
Figura 45: Armação complementar e posicionamento das telas das paredes 2 e 3



Fonte: HLTS Engenharia e Construções

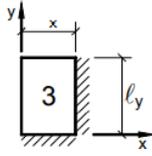
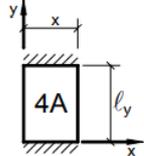
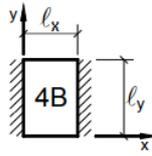
ANEXO B – TABELAS UTILIZADAS PARA DIMENSIONAMENTO DAS LAJES

Figura 46: Coeficiente adimensional – Momento fletor

Tabela 2.3b											
MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME											
Tipo											Tipo
	$\lambda = \frac{l_y}{l_x}$	μ_x	μ'_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ'_x	
1,00	2,69	6,99	2,69	6,99	2,01	3,09	6,99	3,09	6,99	2,01	1,00
1,05	2,94	7,43	2,68	7,18	2,32	3,23	7,43	3,22	7,20	1,92	1,05
1,10	3,19	7,87	2,67	7,36	2,63	3,36	7,87	3,35	7,41	1,83	1,10
1,15	3,42	8,28	2,65	7,50	2,93	3,46	8,26	3,46	7,56	1,73	1,15
1,20	3,65	8,69	2,62	7,63	3,22	3,56	8,65	3,57	7,70	1,63	1,20
1,25	3,86	9,03	2,56	7,72	3,63	3,64	9,03	3,66	7,82	1,56	1,25
1,30	4,06	9,37	2,50	7,81	3,99	3,72	9,33	3,74	7,93	1,49	1,30
1,35	4,24	9,65	2,45	7,88	4,34	3,77	9,69	3,80	8,02	1,41	1,35

Fonte: PINHEIRO, 1993

Figura 47: Coeficiente adimensional – Reações de apoio

Tabela 2.2b									
REAÇÕES DE APOIO EM LAJES COM CARGA UNIFORME									
$\lambda = \frac{l_y}{l_x}$	Tipo								$\lambda = \frac{l_y}{l_x}$
									
	v_x	v'_x	v_y	v'_y	v_x	v'_y	v'_x	v_y	
1,00	2,17	3,17	2,17	3,17	1,44	3,56	3,56	1,44	1,00
1,05	2,27	3,32	2,17	3,17	1,52	3,66	3,63	1,44	1,05
1,10	2,36	3,46	2,17	3,17	1,59	3,75	3,69	1,44	1,10
1,15	2,45	3,58	2,17	3,17	1,66	3,84	3,74	1,44	1,15
1,20	2,53	3,70	2,17	3,17	1,73	3,92	3,80	1,44	1,20
1,25	2,60	3,80	2,17	3,17	1,80	3,99	3,85	1,44	1,25
1,30	2,63	3,90	2,17	3,17	1,88	4,06	3,89	1,44	1,30
1,35	2,73	3,99	2,17	3,17	1,95	4,12	3,93	1,44	1,35

Fonte: PINHEIRO, 1993

Figura 48: Armadura - Flexão Simples

Tabela 1.1													
FLEXÃO SIMPLES EM SEÇÃO RETANGULAR - ARMADURA SIMPLES													
$\beta_c = \frac{x}{d}$	$k_c = \frac{bd^2}{M_d} \text{ (cm}^2/\text{kN)}$									$k_s = \frac{A_s d}{M_d} \text{ (cm}^2/\text{kN)}$			D O M I N I O
	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	CA-25	CA-50	CA-60	
0,02	103,8	69,2	51,9	41,5	34,6	29,7	25,9	23,1	20,8	0,046	0,023	0,019	2
0,04	52,3	34,9	26,2	20,9	17,4	15,0	13,1	11,6	10,5	0,047	0,023	0,020	
0,06	35,2	23,4	17,6	14,1	11,7	10,1	8,8	7,8	7,0	0,047	0,024	0,020	
0,08	26,6	17,7	13,3	10,6	8,9	7,6	6,7	5,9	5,3	0,048	0,024	0,020	
0,10	21,5	14,3	10,7	8,6	7,2	6,1	5,4	4,8	4,3	0,048	0,024	0,020	
0,12	18,0	12,0	9,0	7,2	6,0	5,2	4,5	4,0	3,6	0,048	0,024	0,020	
0,14	15,6	10,4	7,8	6,2	5,2	4,5	3,9	3,5	3,1	0,049	0,024	0,020	
0,16	13,8	9,2	6,9	5,5	4,6	3,9	3,4	3,1	2,8	0,049	0,025	0,021	
0,18	12,3	8,2	6,2	4,9	4,1	3,5	3,1	2,7	2,5	0,050	0,025	0,021	
0,20	11,2	7,5	5,6	4,5	3,7	3,2	2,8	2,5	2,2	0,050	0,025	0,021	
0,22	10,3	6,8	5,1	4,1	3,4	2,9	2,6	2,3	2,1	0,050	0,025	0,021	
0,24	9,5	6,3	4,7	3,8	3,2	2,7	2,4	2,1	1,9	0,051	0,025	0,021	
0,26	8,8	5,9	4,4	3,5	3,0	2,5	2,2	2,0	1,8	0,051	0,026	0,021	
0,28	8,3	5,5	4,1	3,3	2,8	2,4	2,1	1,8	1,7	0,052	0,026	0,022	
0,30	7,8	5,2	3,9	3,1	2,6	2,2	2,0	1,7	1,6	0,052	0,026	0,022	

Fonte: PINHEIRO, 1993

ANEXO C – TABELAS UTILIZADAS PARA DIMENSIONAMENTO DA AREA DE AÇO

Figura 49: Area da seção de barras por metro

Tabela 1.4a							
ÁREA DA SEÇÃO DE BARRAS POR METRO DE LARGURA a_s (cm ² /m)							
s (cm)	DIÂMETRO NOMINAL (mm)						s (cm)
	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	
5,0	3,92	6,24	10,06	15,70	24,54	40,22	5,0
5,5	3,56	5,67	9,15	14,27	22,31	36,56	5,5
6,0	3,27	5,20	8,38	13,08	20,45	33,52	6,0
6,5	3,02	4,80	7,74	12,08	18,88	30,94	6,5
7,0	2,80	4,46	7,19	11,21	17,53	28,73	7,0
7,5	2,61	4,16	6,71	10,47	16,36	26,81	7,5
8,0	2,45	3,90	6,29	9,81	15,34	25,14	8,0
8,5	2,31	3,67	5,92	9,24	14,44	23,66	8,5
9,0	2,18	3,47	5,59	8,72	13,63	22,34	9,0
9,5	2,06	3,28	5,29	8,26	12,92	21,17	9,5
10,0	1,96	3,12	5,03	7,85	12,27	20,11	10,0
11,0	1,78	2,84	4,57	7,14	11,15	18,28	11,0
12,0	1,63	2,60	4,19	6,54	10,23	16,76	12,0

Fonte: PINHEIRO, 1993

Figura 50: Area da barra

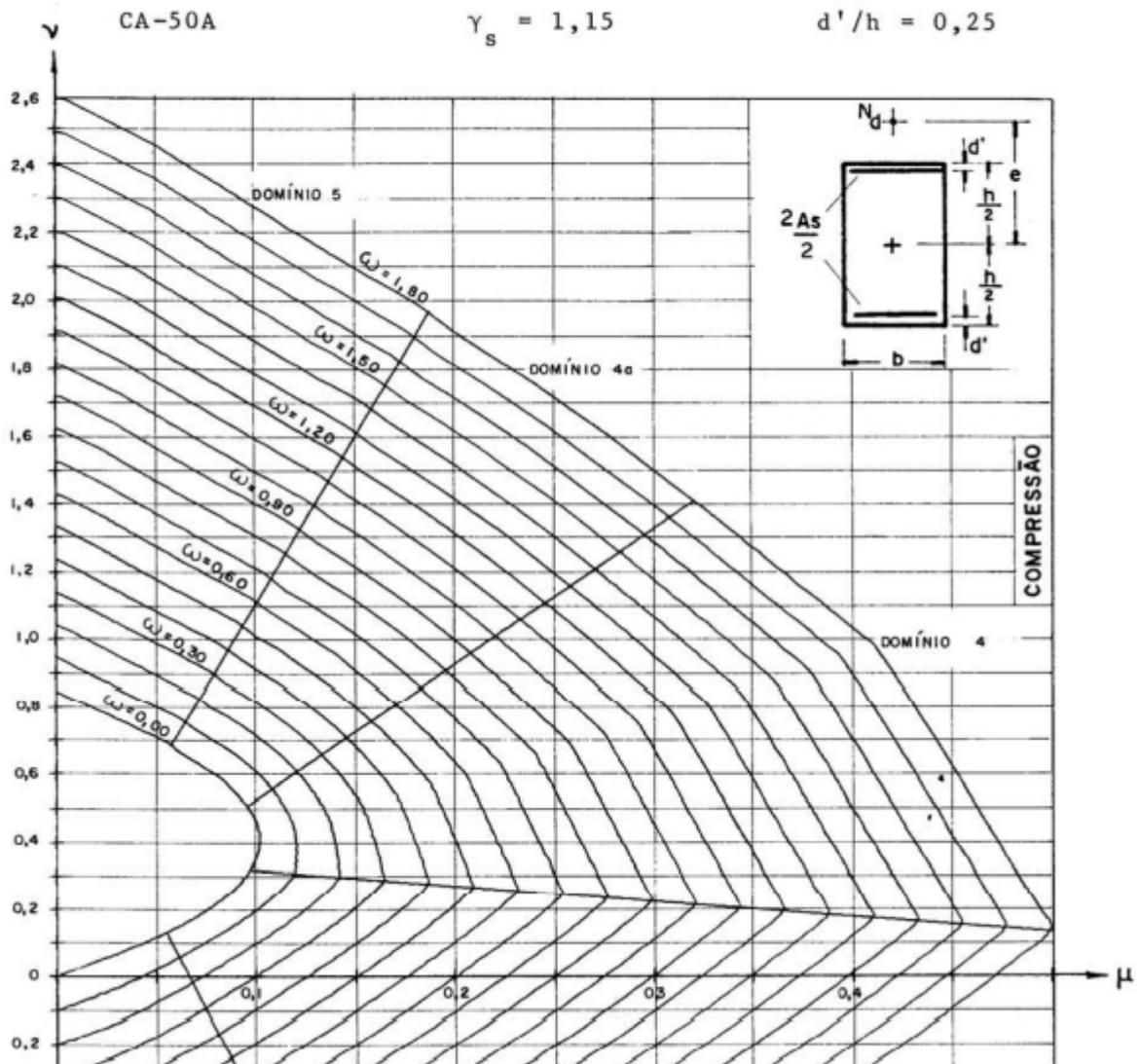
Tabela 1.3a														
ÁREA DA SEÇÃO DE BARRAS A_s (cm ²)														
LARGURA MÍNIMA PARA UMA CAMADA b_w (cm)														
DIÂMETRO NOMINAL (mm)	APROX. (POL)	MASSA NOMINAL (kg/m)	A_s (cm ²) e b_w (cm)	NÚMERO DE BARRAS										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	$\frac{3}{16}$	0,154	A_s	0,20	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	
			b_w	Br.1	-	10	12	15	18	21	23	26	29	32
				Br.2	-	10	14	17	21	24	28	31	35	38
6,3	$\frac{1}{4}$	0,245	A_s	0,31	0,62	0,94	1,25	1,56	1,87	2,18	2,49	2,81	3,12	
			b_w	Br.1	-	10	13	16	19	21	24	27	30	33
				Br.2	-	11	14	18	21	25	29	32	36	40
8	$\frac{5}{16}$	0,395	A_s	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03	
			b_w	Br.1	-	10	13	16	19	22	26	29	32	35
				Br.2	-	11	15	18	22	26	30	34	37	41
10	$\frac{3}{8}$	0,617	A_s	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	
			b_w	Br.1	-	11	14	17	20	24	27	30	34	37
				Br.2	-	11	15	19	23	27	31	35	39	43
12,5	$\frac{1}{2}$	0,963	A_s	1,23	2,45	3,68	4,91	6,14	7,36	8,59	9,82	11,04	12,27	
			b_w	Br.1	-	11	15	18	22	25	29	32	36	39
				Br.2	-	12	16	20	25	29	33	37	42	46
16	$\frac{5}{8}$	1,578	A_s	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11	
			b_w	Br.1	-	12	16	20	23	27	31	35	39	43
				Br.2	-	12	17	22	26	31	35	40	45	49

Fonte: PINHEIRO, 1993

ANEXO D – ÁBACO DE FLEXÃO NORMAL

Figura 51: Ábaco flexão normal

ÁBACO A-5



Fonte: VENTURINO, 1887

APÊNDICE A – PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Tabela 6: Pré-dimensionamento das lajes

Lajes	n	ly (cm)	lx (cm)	Cnon (cm)	l* (cm)	dest (cm)	φlx (cm)	h (cm)	hadot (cm)
L1 = L4 = L9 = L13	1	605,00	320,00	2,50	320,00	7,68	0,50	10,68	11,00
L2 = L3 = L14 = L15	2	450,00	415,00		315,00	7,25		10,25	11,00
L5 = L8 = L10 = L12	3	330,00	180,00		180,00	3,96		6,96	11,00
L6	2	680,00	120,00		120,00	2,76		5,76	6,00
L7 = L11	3	122,50	120,00		85,75	1,89		4,89	6,00
L16	2	680,00	250,00		250,00	5,75		8,75	11,00

Fonte: Autora (2022)

Tabela 7: Pré-dimensionamento das vigas.

Vigas	Tramos	L (cm)	hestimada (cm)	h (cm)	hadotada (cm)	hpadronizada (cm)	l (cm)
VB01 = VB08	1 (Extremidade)	330	33	35	45	45	15
	2 (Interno)	460	46	45			
	3 (Interno)	460	46	45			
	4 (Extremidade.)	330	33	35			
VB02 = VB07	1 (Extremidade.)	330	33	35	35	35	15
	2 (Interno)	130	13	15			
	3 (Interno)	130	13	15			
	4 (Extremidade.)	330	33	35			
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	1 (Extremidade.)	330	33	35	35	45	15
	2 (Extremidade.)	330	33	35			
VB09 = VB10 = VB20 = VB21	1 (Extremidade.)	615	61,5	65	65	65	15
VB11 = VB12 = VB18 = VB19	1 (Extremidade.)	425	42,5	45	45	45	15
	2 (Extremidade.)	190	19	20	20	20	15
VB13 = VB15	1 (Extremidade.)	190	19	20	35	35	15
	2 (Interno)	310	31	30			
	3 (Extremidade.)	190	19	20			
VB14	1 (Extremidade.)	425	42,5	45	45	45	15
	2 (Interno)	132,5	13,25	15			
	3 (Interno)	445	44,5	45			
	4 (Interno)	132,5	13,25	15			
	5 (Extremidade)	425	42,5	45			

Fonte: Autora (2022)

Tabela 8: Pré-dimensionamento dos pilares

Pilares	Ai	α	Ac	Dimensões do Pilar		
Unidades	(m²)	(adim)	(cm²)	b (cm)	l (cm)	l_{dot.} (cm)
P1 = P5 = P20 = P24	4,56	1,80	467,59420	15	31,17295	35
P2 = P4 = P21 = P23	6,01	1,50	513,56746	15	34,23783	35
P3 = P22	6,97	1,50	595,81516	15	39,72101	40
P6= P9 = P16 = P19	7,33	1,50	625,93704	15	41,72914	45
P7 = P8 = P17 = P18	5,66	1,50	483,87283	15	32,25819	35
P10 = P15	5,76	1,50	492,41805	15	32,82787	35
P11=P12=P13=P14	5,03	1,80	516,04557	15	34,40304	35

Fonte: Autora (2022)

APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO DAS LAJES

Tabela 9: Ações permanentes gerais.

Lajes	Forros		
	Placas de Gesso		
	Y (kN/m ²)	h (m)	g1 (kN/m ²)
L01 = L04 = L09 = L013	-	-	-
L02 = L03 = L14 = L15	-	0,015	0,015
L05 = L08 = L10 = L12	-	0,015	0,015
L06	-	-	-
L07 = L11	-	-	-
Lajes	Peso Próprio		
	Laje Maciça de CA		
	Y (kN/m ²)	h (m)	g2 (kN/m ²)
L01 = L04 = L09 = L013	25,000	0,110	2,750
L02 = L03 = L14 = L15		0,110	2,750
L05 = L08 = L10 = L12		0,110	2,750
L06		0,060	1,500
L07 = L11		0,060	1,500
Lajes	Contrapiso		
	Argamassa (Cimento + Areia)		
	Y (kN/m ²)	h (m)	g3 (kN/m ²)
L01 = L04 = L09 = L013	21,000	0,030	0,630
L02 = L03 = L14 = L15			
L05 = L08 = L10 = L12			
L06			
L07 = L11			
Lajes	Piso		
	Porcelanato		
	Y (kN/m ²)	h (m)	g4 (kN/m ²)
L01 = L04 = L09 = L013	23,000	0,010	0,230
L02 = L03 = L14 = L15			
L05 = L08 = L10 = L12			
L06			
L07 = L11			

Fonte: Autora (2022)

Tabela 10: Cargas permanentes devido a alvenaria.

LAJES	Alvenaria - Blocos Cerâmicos Vazados (14x19x19cm)					
	lefe,par (m)	lefe,x (m)	lefe,y (m)	h (m)	palv (kN)	galv (kN/m ²)
L01 = L04 = L09 = L013	5,682	3,266	6,116	2,600	2,472	1,828
L02 = L03 = L14 = L15	1,920	4,216	4,566	2,600	2,472	0,641

Fonte: Autora (2022)

Tabela 11: Cargas variáveis

Lajes	Dormitório	Sala	Cozinha	Banheiro	Corredor
	q (kN/m ²)				
L01 = L04 = L09 = L013	1,5	-	-	-	-
L02 = L03 = L14 = L15	-	1,5	-	1,5	-
L05 = L08 = L10 = L12	-	-	1,5	-	-
L06	-	-	-	-	3
L07 = L11	-	-	-	-	3

Fonte: Autora (2022)

Tabela 12: Ações totais

Lajes	Cargas (kN/m ²)		
	Permanentes	Variáveis	Totais
L01 = L04 = L09 = L013	5,438	1,500	6,938
L02 = L03 = L14 = L15	4,266	3,000	7,266
L05 = L08 = L10 = L12	3,625	1,500	5,125
L06	2,360	3,000	5,360
L07 = L11	2,360	3,000	5,360

Fonte: Autora (2022)

Tabela 13: Reações nos apoios

Lajes	lef,x (m)	lef,y (m)	λ	Tipo da laje
L01 = L04 = L09 = L013	3,266	6,116	1,873	2B
L02 = L03 = L14 = L15	4,216	4,566	1,083	4A
L05 = L08 = L10 = L12	1,866	3,366	1,804	5A
L06	1,236	6,836	5,531	4A
L07 = L11	1,236	1,261	1,020	5B
Lajes	Coeficiente de correção (Engastamento Perfeito)			
	v _x	v' _x	v _y	v' _y
L01 = L04 = L09 = L013	3,484	5,106	1,830	0,000
L02 = L03 = L14 = L15	1,566	0,000	0,000	3,719
L05 = L08 = L10 = L12	2,804	4,115	0,000	3,170
L06	5,000	0,000	0,000	4,330
L07 = L11	0,000	3,066	1,710	2,500
Lajes	V (kN/m)			
	V _x	V' _x	V _y	V' _y
L01 = L04 = L09 = L013	7,894	11,571	4,147	0,000
L02 = L03 = L14 = L15	4,798	0,000	0,000	11,394
L05 = L08 = L10 = L12	2,681	3,935	0,000	3,032
L06	3,312	0,000	0,000	2,869
L07 = L11	0,000	2,031	1,133	1,656

Fonte: Autora (2022)

Tabela 14: Momentos fletores

Lajes	lef,x (m)	lef,y (m)	λ	Tipo da laje
L01 = L04 = L09 = L013	3,266	6,116	1,873	2B
L02 = L03 = L14 = L15	4,216	4,566	1,083	4A
L05 = L08 = L10 = L12	1,866	3,366	1,804	5A
L06	1,236	6,836	5,531	4A
L07 = L11	1,236	1,261	1,020	5B
Lajes	Coeficiente de correção (Teoria das placas)			
	μ_x	μ'_x	μ_y	μ'_y
L01 = L04 = L09 = L013	5,833	11,981	1,634	0,000
L02 = L03 = L14 = L15	3,525	0,000	3,316	7,721
L05 = L08 = L10 = L12	5,108	10,723	2,075	8,169
L06	12,500	0,000	3,520	11,880
L07 = L11	2,593	6,291	2,000	5,501
Lajes	M (kN*m)			
	mx	m'x	my	m'y
L01 = L04 = L09 = L013	4,317	8,867	1,209	0,000
L02 = L03 = L14 = L15	4,552	0,000	4,282	9,971
L05 = L08 = L10 = L12	0,911	1,914	0,370	1,458
L06	1,024	0,000	0,288	0,973
L07 = L11	0,212	0,515	0,164	0,450

Fonte: Autora (2022)

Tabela 15: Área calculada da armadura positiva na direção x

Direção x				
Lajes	dx (cm)	bw (cm)	msk (kN*cm)	msd (kN*cm)
L01 = L04 = L09 = L013	8,185	100,000	431,664	604,329
L02 = L03 = L14 = L15	8,185	100,000	455,209	637,293
L05 = L08 = L10 = L12	8,185	100,000	91,147	127,606
L06	3,185	100,000	102,356	143,298
L07 = L11	3,185	100,000	21,231	29,723
Lajes	Tabela Tipo K			
	kc	β_x	ks	asx (cm ² /m)
L01 = L04 = L09 = L013	11,086	0,069	0,024	1,772
L02 = L03 = L14 = L15	10,512	0,081	0,024	1,869
L05 = L08 = L10 = L12	52,501	0,020	0,023	0,359
L06	7,079	0,123	0,024	1,080
L07 = L11	34,129	0,020	0,023	0,215

Fonte: Autora (2022)

Tabela 16: Área calculada da armadura positiva na direção y

Direção y				
Lajes	dy (cm)	bw (cm)	msk (kN*cm)	msd (kN*cm)
L01 = L04 = L09 = L013	7,555	100,000	120,916	169,282
L02 = L03 = L14 = L15	7,555	100,000	455,837	638,172
L05 = L08 = L10 = L12	7,555	100,000	37,036	51,850
L06	2,555	100,000	28,823	40,353
L07 = L11	2,555	100,000	16,375	22,925
Lajes	Tabela Tipo K			
	kc	βx	ks	asy (cm ² /m)
L01 = L04 = L09 = L013	33,718	0,023	0,023	0,515
L02 = L03 = L14 = L15	8,944	0,096	0,024	2,027
L05 = L08 = L10 = L12	110,083	0,020	0,023	0,158
L06	16,177	0,054	0,024	0,374
L07 = L11	28,475	0,039	0,023	0,206

Fonte: Autora (2022)

Tabela 17: Momento mínimo

Lajes	Io (cm ⁴)	yt (cm)	Wo (cm ³)	fctk,sup (Mpa)	Mrd mín (kN/cm)
L01 = L04 = L09 = L013	11091,667	11,000	2016,667	3,334	537,958
L02 = L03 = L14 = L15	11091,667	11,000	2016,667	3,334	537,958
L05 = L08 = L10 = L12	11091,667	11,000	2016,667	3,334	537,958
L06	1800,000	6,000	600,000	3,334	160,054
L07 = L11	1800,000	6,000	600,000	3,334	160,054

Fonte: Autora (2022)

Tabela 18: Área da armadura mínima 1

Lajes	Direção x			Direção y		
	kc	ks	as,min1 (cm ² /m)	kc	ks	as,min1 (cm ² /m)
L01 = L04 = L09 = L013	12,453	0,024	1,577	10,610	0,024	1,709
L02 = L03 = L14 = L15	12,453	0,024	1,577	10,610	0,024	1,709
L05 = L08 = L10 = L12	12,453	0,024	1,577	10,610	0,024	1,709
L06	6,338	0,024	1,206	4,079	0,025	1,566
L07 = L11	6,338	0,024	1,206	4,079	0,025	1,566

Fonte: Autora (2022)

Tabela 19: Área da armadura mínima 2

Lajes	$\rho_{s,min}$	Ac (cm ²)	as,min2 (cm ² /m)
L01 = L04 = L09 = L013	0,002	1100,000	1,650
L02 = L03 = L14 = L15		1100,000	1,650
L05 = L08 = L10 = L12		1100,000	1,650
L06		600,000	0,900
L07 = L11		600,000	0,900

Fonte: Autora (2022)

Tabela 20: Área da armadura adotada

Lajes	:: as,x (cm ² /m)	::as,min,x (cm ² /m)	::as,min,y (cm ² /m)	:: as,y (cm ² /m)	:: as,adot,x (cm ² /m)	:: as,adot,y (cm ² /m)
L01 = L04 = L09 = L013	1,772	1,650	1,709	0,515	1,772	1,709
L02 = L03 = L14 = L15	1,869	1,650	1,709	2,027	1,869	2,027
L05 = L08 = L10 = L12	0,359	1,650	1,709	0,158	1,650	1,709
L06	1,080	1,206	1,566	0,374	1,206	1,566
L07 = L11	0,215	1,206	1,566	0,206	1,206	1,566

Fonte: Autora (2022)

Tabela 21: Área calculada da armadura negativa

LAJES	d (cm)	bw (Cm)	msk (kN*cm)	msd (kN/cm)	Tabela Tipo K				
					kc	β_x	ks	as' (cm ² /m)	..as' (cm ² /m)
L1/L2	8,500	100,000	941,890	1318,646	5,479	0,161	0,025	3,878	3,878
L2/L2	8,500	100,000	997,103	1395,945	5,176	0,171	0,025	4,106	4,106
L5/L1	3,500	100,000	145,780	204,091	6,002	0,146	0,024	1,418	1,709
L5/L2	3,500	100,000	191,354	267,896	4,573	0,196	0,025	1,914	1,914
L5/L6	3,500	100,000	145,780	204,091	6,002	0,146	0,024	1,418	1,709
L6/L2	3,500	100,000	97,279	136,190	8,995	0,096	0,024	0,934	1,566
L7/L6	3,500	100,000	45,041	63,057	19,427	0,044	0,023	0,414	1,566
L7/L3	3,500	100,000	51,517	72,124	16,985	0,052	0,024	0,486	1,206
L7/L8	3,500	100,000	51,517	72,124	16,985	0,052	0,024	0,486	1,566

Fonte: Autora (2022)

Tabela 22: Detalhamento da armadura positiva na direção x

Direção x (as,efe x)																
LAJES	Ganchos	As (cm ² /m)	As, (cm ² /m) - (adotado)	Espaçamento - s (cm)	l (cm)	Número de barras - N	N adot	lo (cm)	Øl (cm)	Comp. da ponta (cm)	Comp. do pino de dobr. (cm)	Comp. de ancoragem (cm)	cnom (cm)	Espessura apoio (cm)	Comp. da barra (cm)	Comp. reto (cm)
L1 = L4 = L9 = L13	c/ 1 gancho	1,772	1,780	17,500	415,000	23,714	24,000	320,000	0,630	5,040	2,969	6,300	2,500	15,000	346,809	338,800
	c/ 2 ganchos															
L2 = L3 = L14 = L15	c/ 2 ganchos	1,869	1,880	16,500	450,000	27,273	27,000	415,000	0,630	5,040	2,969	6,300	2,500	15,000	456,018	440,000
L5 = L8 = L10 = L12	c/ 1 gancho	1,650	1,680	18,500	330,000	17,838	18,000	180,000	0,630	5,040	2,969	6,300	2,500	15,000	206,809	198,800
L7 = L11	sem gancho	1,206	1,200	26,000	122,500	4,712	5,000	120,000	0,630	5,040	2,969	6,300	2,500	15,000	132,600	132,600

Fonte: Autora (2022)

Tabela 23: Detalhamento da armadura positiva na direção y

Direção y (as,efe x)																
LAJES	Ganchos	As (cm ² /m)	As, (cm ² /m) - (adotado)	Espaçamento - s (cm)	l (cm)	Número de barras - N	N adot	lo (cm)	Øl (cm)	Comp. da ponta (cm)	Comp. do pino de dobr. (cm)	Cmp. de ancoragem (cm)	cnom (cm)	Espessura apoio (cm)	Comp. da barra (cm)	Comp. reto (cm)
L1 = L4 = L9 = L13	c/ 2 ganchos	1,709	1,730	18,000	330,000	18,333	18,000	605,000	0,630	5,040	2,969	6,300	2,500	15,000	646,018	630,000
L2 = L3 = L14 = L15	sem gancho	2,027	2,070	15,000	415,000	27,667	28,000	450,000	0,630	5,040	2,969	6,300	2,500	15,000	462,600	462,600
L5 = L8 = L10 = L12	sem gancho	1,709	1,730	18,000	180,000	10,000	10,000	330,000	0,630	5,040	2,969	6,300	2,500	15,000	342,600	342,600
L6	sem gancho	1,566	1,590	19,500	120,000	6,154	6,000	680,000	0,630	5,040	2,969	6,300	2,500	15,000	692,600	692,600
L7 = L11	c/ 1 gancho	1,566	1,590	19,500	120,000	6,154	6,000	122,500	0,630	5,040	2,969	6,300	2,500	15,000	149,309	141,300

Fonte: Autora (2022)

Tabela 24: Armadura de distribuição da laje L06

LAJE	as,dist 1 (cm ² /m)	as,dist 2 (cm ² /m)	∴ as,dist (cm ² /m)	∴ as,dist adotada (cm ² /m)	s (cm)	Número de barras - N	N adot	Comp. da barra (cm)	Comp. reto (cm)
L6	0,313	0,900	0,900	0,940	33,000	20,606	21,000	136,018	101,018

Fonte: Autora (2022)

Tabela 25: Detalhamento da armadura negativa

LAJES	lef (laje eq.) (cm)	lef (laje dir.) (cm)	l2 (cm)	Comp.de ancoragem (cm)	Comp. da ponta (cm)	Comp. do pino de dobr. (cm)	lb = (l3/4) (cm)	Comp. da barra (cm)	as' (cm ² /m)	as' adotada (cm ² /m)	s (cm)	lo (cm)	Número de barras - N	N adot
L1 / L2	326,600	456,600	456,600	10,000	8,000	4,712	0,000	273,725	3,878	3,930	20,000	415,000	20,750	21,000
L2 / L2	456,600	456,600	456,600	10,000	8,000	4,712	0,000	273,725	4,106	4,130	19,000	415,000	21,842	22,000
L5 / L1	336,600	326,600	336,600	10,000	8,000	4,712	81,650	178,512	1,709	2,380	33,000	180,000	5,455	5,000
L5 / L2	186,600	421,600	186,600	10,000	8,000	4,712	105,400	164,762	1,914	2,380	33,000	320,000	9,697	10,000
L5 / L6	336,600	123,600	336,600	10,000	8,000	4,712	30,900	127,762	1,709	2,380	33,000	180,000	5,455	5,000
L6 / L2	683,600	421,600	683,600	10,000	8,000	4,712	105,400	289,012	1,566	2,380	33,000	120,000	3,636	4,000
L7 / L6	123,600	123,600	123,600	10,000	8,000	4,712	30,900	74,512	1,566	2,380	33,000	120,000	3,636	4,000
L7 / L3	126,100	421,600	126,100	10,000	8,000	4,712	105,400	149,637	1,206	2,380	33,000	122,500	3,712	4,000
L7 / L8	123,600	336,600	123,600	10,000	8,000	4,712	84,150	127,762	1,566	2,380	33,000	120,000	3,636	4,000

Fonte: Autora (2022)

Tabela 26: Cálculo e detalhamento da armadura de borda

LAJES	Direção	as,mín (cm ² /m)	as,borda (cm ² /m)	as,borda adot. (cm ² /m)	s (cm)	lo (cm)	Direção	Número de barras - N	N adot	Comp.Vertival	Comp. Horizontal
L1 = L4 = L9 = L13	Direção y	1,650	1,106	1,120	17,500	605,000	Direção y	34,571	35,000	62,000	48,990
	Direção x	1,709	1,145	1,150	17,000	320,000	Direção x	18,824	19,000	42,000	48,990
L2 = L3 = L14 = L15	Direção y	1,650	1,106	1,120	17,500	450,000	Direção y	25,714	26,000	42,000	63,240
L5 = L8 = L10 = L12	Direção y	1,650	1,106	1,120	17,500	320,000	Direção y	18,286	18,000	42,000	27,990
L6	Direção y	1,206	0,808	0,820	24,000	300,000	Direção y	12,500	12,000	32,000	18,540

Fonte: Autora (2022)

APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS

Tabela 27: Comprimento efetivo das vigas

Vigas	Tramos	lo (cm)	hpadronizada (cm)	l (cm)	t1 (cm)	t2 (cm)	a1 (cm)		a2 (cm)		lef (cm)
VB01 = VB08	1 (Extremidade)	320	45	15	15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	335
	2 (Interno)	450			15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	465
	3 (Interno)	450			15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	465
	4 (Extremidade)	320			15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	335
VB02 = VB07	1 (Extremidade)	320	35	15	15	15	7,5	10,5	7,5	10,5	335
	2 (Interno)	120			15	15	7,5	10,5	7,5	10,5	135
	3 (Interno)	120			15	15	7,5	10,5	7,5	10,5	135
	4 (Extremidade)	320			15	15	7,5	10,5	7,5	10,5	335
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	1 (Extremidade)	320	45	15	15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	335
	2 (Extremidade)	320			15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	335
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	1 (Extremidade)	605	65	15	15	15	7,5	19,5	7,5	19,5	620
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	1 (Extremidade)	415	45	20	15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	430
	2 (Extremidade)	180	20	20	15	15	7,5	6	7,5	6	192
VB13 = VB15	1 (Extremidade)	180	45	20	15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	195
	2 (Interno)	300			15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	315
	3 (Extremidade)	180			15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	195
VB14	1 (Extremidade)	415	45	15	15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	430
	2 (Interno)	122,5			15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	137,5
	3 (Interno)	435			15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	450
	4 (Interno)	122,5			15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	137,5
	5 (Extremidade)	415			15	15	7,5	13,5	7,5	13,5	430

Fonte: Autora (2022)

Tabela 28: Reações de apoio das lajes

LAJES	V (kN/m)			
	Vx	V'x	Vy	V'y
L1 = L4 = L9 = L13	7,894	11,571	4,147	0,000
L2 = L3 = L14 = L15	4,798	0,000	0,000	11,394
L5 = L8 = L10 = L12	2,681	3,935	0,000	3,032
L6	3,312	0,000	0,000	2,869
L7 = L11	0,000	2,031	1,133	1,656

Fonte: Autora (2022)

Tabela 29: Carregamento total das vigas

Viga	Tramos	Reações lajes (kN/m)	Pp Viga (kN/m ²)	h alv (m)	Palv (kN/m)	Carga Total (kN/m)
VB01 = VB08	1 (Extremidade)	4,147	1,688	2,250	5,562	11,396
	2 (Interno)	4,798		2,250	5,562	12,047
	3 (Interno)	4,798		2,250	5,562	12,047
	4 (Extremidade)	4,147		2,250	5,562	11,396
VB02 = VB07	1 (Extremidade)	8,733	1,313	2,350	5,809	15,854
	2 (Interno)	7,666		2,350	5,809	14,788
	3 (Interno)	6,454		2,350	5,809	13,576
	4 (Extremidade)	8,733		2,350	5,809	15,854
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	1 (Extremidade)	4,147	1,688	2,250	5,562	11,396
	2 (Extremidade)	2,681		2,250	5,562	9,931
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	1 (Extremidade)	7,894	2,438	1,755	4,338	14,670
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	1 (Extremidade)	22,965	2,250	2,250	5,562	30,777
	2 (Extremidade)	10,926	0,099	-	-	11,024
VB13 = VB15	1 (Extremidade)	6,344	2,250	2,250	5,562	14,156
	2 (Interno)	3,312		2,250	5,562	11,124
	3 (Extremidade)	6,344		2,250	5,562	14,156
VB14	1 (Extremidade)	22,787	1,688	2,250	5,562	30,037
	2 (Interno)	5,344		-	-	7,031
	3 (Interno)	3,312		2,250	5,562	10,562
	4 (Interno)	5,344		-	-	7,031
	5 (Extremidade)	23,143		2,250	5,562	30,392

Fonte: Autora (2022)

Tabela 30: Momentos nos pilares

Vigas	Momentos junto aos pilares (kN*m)					
VB01 = VB08	M,P01	M,P02 esq	M,P02 dir	M,P03	-	-
	2,1	18,6	20,3	18,7		
VB02 = VB07	M,P06	M,P07 esq	M,P07 dir	M,P08 esq	M,P08 dir	M,P09
	14,9	11,9	9,4	9,3	11,9	15
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	M,P11	-	-	-	-	-
	28	0				
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	M,P20	M,P13	-	-	-	-
	32,1	32,1				
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	M,P21	M,P16 (esquerda)	M,p16 (direita)	-	-	-
	40,8	24,2	10,1			
VB13 = VB15	M,P17	M,P07	-	-	-	-
	88	88				
VB14	M,P22	M,P15 (esquerda)	M,P15 (direita)	M,P10 (esquerda)	M,P10 (direita)	M,P03
	33,3	76,9	28,2	28,1	76,7	33,1

Fonte: Autora (2022)

Tabela 31: Compatibilização dos momentos junto aos pilares

Vigas	Compatibilização dos momentos (kN*m)					
	VB01 = VB08	$\delta^*m'máx$	$(m'máx+m'mín)/2$	mc,P02	-	-
15,225		19,45	19,45	-	-	-
VB02 = VB07	$\delta^*m'máx$	$(m'máx+m'mín)/2$	mc,P07	$\delta^*m'máx$	$(m'máx+m'mín)/2$	mc,P08
	8,925	10,65	10,65	8,925	10,6	10,6
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	$\delta^*m'máx$	$(m'máx+m'mín)/2$	mc,p16	-	-	-
	18,15	17,15	18,15	-	-	-
VB14	$\delta^*m'máx$	$(m'máx+m'mín)/2$	mc,p15	$\delta^*m'máx$	$(m'máx+m'mín)/2$	mc,P10
	57,675	52,55	57,675	57,525	52,4	57,525

Fonte: Autora (2022)

Tabela 32: Momentos junto aos pilares compatibilizados

Vigas	Momentos junto aos pilares compatibilizados (kN*m)			
	VB01 = VB08	M,P01	M,P02	M,P03
2,1		19,45	18,7	-
VB02 = VB07	M,P06	M,P07	M,P08	M,P09
	14,9	10,65	10,6	15
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	M,P11	-	-	-
	28	-	-	-
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	M,P20	M,P13	-	-
	32,1	32,1	-	-
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	M,P21	M,P16	-	-
	40,8	18,15	-	-
VB13 = VB15	M,P17	M,P07	-	-
	88	88	-	-
VB14	M,P22	M,P15	M,P10	M,P3
	33,3	57,675	57,525	33,1

Fonte: Autora (2022)

Tabela 33: Momento no meio dos vãos

Vigas	Momento no meio dos vãos - Tramos (kN*m)		
	P01-P02	P02-P03	-
VB01 = VB08	6,4	13,5	-
VB02 = VB07	P06-P07	P07-P08	P08-P09
	9,5	1,1	9,5
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	P11-VB13	-	-
	46,2	-	-
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	P20-P13	-	-
	38,4	-	-
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	P21-P16	P16-VB5	-
	42,1	3,9	-
VB13 = VB15	P17-P7	-	-
	46,1	-	-
VB14	P22-P15	P15-P10	P10-P3
	66,9	30,9	66,8

Fonte: Autora (2022)

Tabela 34: Força cortante nas vigas

Vigas	Força cortante (kN)					
	P01	P2 (esquerdo)	P02 (direito)	P03	-	-
VB01 = VB08	13,9	-24,3	28,2	-27,8	-	-
VB02 = VB07	P06	P07 (esquerdo)	P07 (direito)	P08 (esquerdo)	P08 (direito)	P09
	27,8	-25,3	18,7	-17,8	25,2	-27,9
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	P11	VB13	-	-	-	-
	41,4	-30,4	-	-	-	-
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	P20	P13	-	-	-	-
	45,5	-45,5	-	-	-	-
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	P21	P16 (esquerdo)	P16 (direito)	VB05	-	-
	-71,4	60,9	-20	1,2	-	-
VB13 = VB15	P17	VB05 (esquerdo)	VB05 (direito)	VB03 (esquerdo)	VB03 (direito)	P7
	75,5	47,9	17,5	-17,5	-47,9	-75,5
VB14	P22	P15 (esquerdo)	P15 (direito)	P10 (esquerdo)	P10 (direito)	P3
	77,6	-63,1	23,8	-23,7	63,1	-77,5

Fonte: Autora (2022)

Tabela 35: Área calculada da armação positiva

Vigas	Tramos	hpadronizada (cm)	dest (cm)	bw (cm)	m _{sk} (kN*cm)	m _{sd} (kN*cm)	kc	β _x	ks	as (cm ² /m)
VB01 = VB08	1 (Extremidade)	45	38,250	15	640,000	896,000	24,493	0,053	0,023	0,539
	2 (Interno)			15	1350,000	1890,000	11,612	0,074	0,024	1,186
	3 (Interno)			15	1350,000	1890,000	11,612	0,074	0,024	1,186
	4 (Extremidade)			15	640,000	896,000	24,493	0,053	0,023	0,539
VB02 = VB07	1 (Extremidade)	35	29,750	15	950,000	1330,000	9,982	0,086	0,024	1,073
	2 (Interno)			15	110,000	154,000	86,207	0,020	0,023	0,119
	3 (Interno)			15	110,000	154,000	86,207	0,020	0,023	0,119
	4 (Extremidade)			15	950,000	1330,000	9,982	0,086	0,024	1,073
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	1 (Extremidade)	45	38,250	15	4620,000	6468,000	3,393	0,271	0,027	4,503
	2 (Extremidade)			15						
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	1 (Extremidade)	65	55,250	15	3840,000	5376,000	8,517	0,100	0,024	2,335
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	1 (Extremidade)	45	38,250	20	4210,000	5894,000	4,965	0,179	0,025	3,852
	2 (Extremidade)	20	17,000	20	390,000	546,000	10,586	0,080	0,024	0,771
VB13 = VB15	1 (Extremidade)	45	38,250	20	4610,000	6454,000	4,534	0,198	0,025	4,218
	2 (Interno)			20						
	3 (Extremidade)			20						
VB14	1 (Extremidade)	45	38,250	15	6690,000	9366,000	2,343	0,424	0,028	6,856
	2 (Interno)			15						
	3 (Interno)			15	6680,000	9352,000	2,347	0,424	0,028	6,846
	4 (Interno)			15						
	5 (Extremidade)			15						

Fonte: Autora (2022)

Tabela 36: Área mínima 1

Vigas	Tramos	yt (cm)	bw (cm)	I _o (cm ⁴)	W _o (cm ³)	fctk,sup	Mrd mín (kN*cm)	kc	ks	as,mín1 (cm ² /m)
VB01 = VB08	1 (Extremidade)	45	15	113906,25	5062,500	3,334	1350,454	16,251	0,024	0,847
VB02 = VB07	1 (Extremidade)	35	15	53593,75	3062,500	3,334	816,941	16,251	0,024	0,659
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	1 (Extremidade)	45	15	113906,25	5062,500	3,334	1350,454	16,251	0,024	0,847
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	1 (Extremidade)	65	15	343281,25	10562,500	3,334	2817,613	16,251	0,024	1,224
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	1 (Extremidade)	45	20	151875,00	6750,000	3,334	1800,605	16,251	0,024	1,130
	2 (Extremidade)	20	20	13333,33	1333,333	3,334	355,675	16,251	0,024	0,502
VB13 = VB15	1 (Extremidade)	45	20	151875,00	6750,000	3,334	1800,605	16,251	0,024	1,130
VB14	1 (Extremidade)	45	15	113906,25	5062,500	3,334	1350,454	16,251	0,024	0,847

Fonte: Autora (2022)

Tabela 37: Área mínima 2

Vigas	$\rho_s, \text{mín}$	Ac (cm ²)	as, mín2 (cm ² /m)
VB01 = VB08	0,0015	675,000	1,013
VB02 = VB07		525,000	0,788
VB03 = VB04 = VB05 = VB06		675,000	1,013
VB09 = VB10 = VB18 = VB19		975,000	1,463
VB11 = VB12 = VB16 = VB17		900,000	1,350
		400,000	0,600
VB13 = VB15		900,000	1,350
VB14		675,000	1,013

Fonte: Autora (2022)

Tabela 38: Área armadura positiva calculada final

Vigas	Tramos	as, mín1 (cm ² /m)	as, mín2 (cm ² /m)	::as, mín (cm ² /m)	as (cm ² /m)	:::as (cm ² /m)
VB01 = VB08	1 (Extremidade)	0,847	1,013	1,013	0,539	1,013
	2 (Interno)	0,847	1,013	1,013	1,186	1,186
	3 (Interno)	0,847	1,013	1,013	1,186	1,186
	4 (Extremidade)	0,847	1,013	1,013	0,539	1,013
VB02 = VB07	1 (Extremidade)	0,659	0,788	0,788	1,073	1,073
	2 (Interno)	0,659	0,788	0,788	0,119	0,788
	3 (Interno)	0,659	0,788	0,788	0,119	0,788
	4 (Extremidade)	0,659	0,788	0,788	1,073	1,073
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	1 (Extremidade)	0,847	1,013	1,013	4,503	4,503
	2 (Extremidade)	0,847	1,013	1,013	4,503	4,503
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	1 (Extremidade)	1,224	1,463	1,463	2,335	2,335
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	1 (Extremidade)	1,130	1,350	1,350	3,852	3,852
	2 (Extremidade)	0,502	0,600	0,600	0,771	0,771
VB13 = VB15	1 (Extremidade)	1,130	1,350	1,350	4,218	4,218
	2 (Interno)	1,130	1,350	1,350	4,218	4,218
	3 (Extremidade)	1,130	1,350	1,350	4,218	4,218
VB14	1 (Extremidade)	0,847	1,013	1,013	6,856	6,856
	2 (Interno)	0,847	1,013	1,013	6,856	6,856
	3 (Interno)	0,847	1,013	1,013	2,827	2,827
	4 (Interno)	0,847	1,013	1,013	6,846	6,846
	5 (Extremidade)	0,847	1,013	1,013	6,846	6,846

Fonte: Autora (2022)

Tabela 39: Área efetiva da armadura e quantidade de barras

Vigas	Tramos	Asas (cm ² /m)	Asas,efet (cm ² /m)	Número de barras	Øl (mm)	Número de barras	Øl (mm)
VB01 = VB08	1 (Extremidade)	1,013	1,01	2	8	-	-
	2 (Interno)	1,186	1,2	2	8	1	5
	3 (Interno)	1,186	1,2	2	8	1	5
	4 (Extremidade)	1,013	1,01	2	8	-	-
VB02 = VB07	1 (Extremidade)	1,073	1,01	2	8	-	-
	2 (Interno)	0,788	1,01	2	8	-	-
	3 (Interno)	0,788	1,01	2	8	-	-
	4 (Extremidade)	1,073	1,01	2	8	-	-
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	1 (Extremidade)	4,503	4,51	2	16	1	8
	2 (Extremidade)	4,503	4,51	2	16	1	8
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	1 (Extremidade)	2,335	2,45	2	12,5	-	-
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	1 (Extremidade)	3,852	4,01	3	16	-	-
	2 (Extremidade)	0,771	1,01	2	8	-	-
VB13 = VB15	1 (Extremidade)	4,218	4,2	2	16	1	5
	2 (Interno)	4,218	4,2	2	16	1	5
	3 (Extremidade)	4,218	4,2	2	16	1	5
VB14	1 (Extremidade)	6,856	6,03	3	16	-	-
	2 (Interno)	6,856	6,03	3	16	-	-
	3 (Interno)	2,827	2,95	2	12,5	1	8
	4 (Interno)	6,846	6,03	3	16	-	-
	5 (Extremidade)	6,846	6,03	3	16	-	-

Fonte: Autora (2022)

Tabela 40: Área calculada armadura negativa

Vigas	Junto aos Pilares	hpadronizada (cm)	dest (cm)	bw (cm)	msk (kN*cm)	msd (kN*cm)	kc	β_x	ks	as (cm ² /m)	..as,mín (cm ² /m)	..:as (cm ² /m)
VB01 = VB08	P1	45	38,250	15	210,000	294,000	74,646	0,053	0,023	0,177	1,013	1,013
	P2			15	1945,000	2723,000	8,059	0,074	0,024	1,709	1,013	1,709
	P3			15	1870,000	2618,000	8,383	0,074	0,024	1,643	1,013	1,643
	P4			15	1945,000	2723,000	8,059	0,074	0,024	1,709	1,013	1,709
	P5			15	210,000	294,000	74,646	0,053	0,023	0,177	1,013	1,013
VB02 = VB07	P6	35	29,750	15	1490,000	2086,000	6,364	0,086	0,024	1,683	0,788	1,683
	P7			15	1065,000	1491,000	8,904	0,020	0,023	1,153	0,788	1,153
	P8			15	1060,000	1484,000	8,946	0,020	0,023	1,147	0,788	1,147
	P9			15	1500,000	2100,000	6,322	0,086	0,024	1,694	0,788	1,694
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	P11	45	38,250	15	2800,000	3920,000	5,598	0,157	0,024	2,488	1,013	2,488
VB09 = VB10 = VB20 = VB21	P20	65	55,250	15	3210,000	4494,000	10,189	0,100	0,024	1,952	1,463	1,952
	P13			15	3210,000	4494,000	10,189	0,100	0,024	1,952	1,463	1,952
VB11 = VB12 = VB18 = VB19	P21	45	38,250	20	4080,000	5712,000	5,123	0,173	0,025	3,733	1,350	3,733
	P16	20	17,000	20	1815,000	2541,000	2,275	0,440	0,028	4,185	0,600	4,185
VB13 = VB15	P17	45	38,250	20	8800,000	12320,000	2,375	0,417	0,028	8,964	1,350	8,964
	P7			20	8800,000	12320,000	2,375	0,417	0,028	8,964	1,350	8,964
VB14	P22	45	38,250	15	3330,000	4662,000	4,707	0,424	0,028	3,413	1,013	3,413
	P15			15	5767,500	8074,500	2,718	0,175	0,025	5,277	1,013	5,277
	P10			15	5752,500	8053,500	2,725	0,175	0,025	5,264	1,013	5,264
	P3			15	3310,000	4634,000	4,736	0,424	0,028	3,392	1,013	3,392

Fonte: Autora (2022)

Tabela 41: Armadura efetiva negativa e quantidade de barras

Vigas	Junto aos Pilares	..as,efet (cm ² /m)	Número de barras	Øl (mm)	Número de barras	Øl (mm)
VB01 = VB08	P1	1,01	2	8		
	P2	1,7	2	10	1	5
	P3	1,63	2	10	1	5
	P4	1,7	2	10	1	5
	P5	1,01	2	8		
VB02 = VB07	P6	1,7	3	8	1	5
	P7	1,2	2	8	1	5
	P8	1,2	2	8	1	5
	P9	1,7	3	8	1	5
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	P11	2,45	2	12,5		
VB09 = VB10 = VB20 = VB21	P20	1,96	2	10	2	5
	P13	1,96	2	10	2	5
VB11 = VB12 = VB18 = VB19	P21	3,87	3	12,5	1	5
	P16	4,07	3	12,5	2	5
VB13 = VB15	P17	8,83	4	16	1	10
	P7	8,83	4	16	1	10
VB14	P22	3,46	2	12,5	1	8
	P15	5,24	2	16	1	12,5
	P10	5,24	2	16	1	12,5
	P3	3,46	2	12,5	1	8

Fonte: Autora (2022)

Tabela 42: Área da armadura transversal

Vigas	Vsk,máx (kN)	Vsd,máx (kN)	h (cm)	bw (cm)	Øl (mm)	dreal (cm)	Vrd,mín (kN)	Vrd,2 = Vrdu (kN)	Vrd,mín > Vsd,máx	asw, mín (cm ² /m)	asw (cm ² /m)	asw,efe (cm ² /m)	Øest (mm)	s (cm)	smáx (máx)	∴ s (cm)
VB01 = VB08	28,2	39,480	45	15	8	41,100	72,1305	267,49935	OK!	0,7695	-	0,8	5	24,5	24,66	24,5
VB02 = VB07	27,9	39,060	35	15	8	31,100	54,5805	202,41435	OK!	0,7695	-	1,06	5	18,5	18,66	18,5
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	41,4	57,960	45	15	16	40,700	71,4285	264,89595	OK!	0,7695	-	0,8	5	24,5	24,42	24,42
VB09 = VB10 = VB20 = VB21	45,5	63,700	65	15	12,5	60,875	106,835625	396,2049375	OK!	0,7695	-	0,77	5	25,5	36,525	25,5
VB11 = VB12 = VB18 = VB19	71,4	99,960	45	20	16	40,700	95,238	353,1946	NÃO OK!	-	1,5	1,51	5	13	24,42	13
	20	28,000	20	20	12,5	15,875	37,1475	137,76325	OK!	1,026		1,03	5	19	9,525	9,525
VB13 = VB15	75,5	105,700	45	20	16	40,700	95,238	353,1946	NÃO OK!	-	1,5	1,51	5	13	24,42	13
VB14	77,6	108,640	45	15	12,5	40,875	71,735625	266,0349375	NÃO OK!	-	1,125	1,15	5	17	24,525	17

Fonte: Autora (2022)

Tabela 43: Detalhamento armadura transversal

Vigas	Øest (mm)	s (cm)	s,máx (cm)	∴ s (cm)
VB01 = VB08	5,000	24,500	24,660	24,500
VB02 = VB07	5,000	18,500	18,660	18,500
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	5,000	24,500	24,420	24,420
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	5,000	25,500	36,525	25,500
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	5,000	13,000	24,420	13,000
	5,000	19,000	9,525	9,525
VB13 = VB15	5,000	13,000	24,420	13,000
VB14	5,000	17,000	24,525	17,000

Fonte: Autora (2022)

Tabela 44: Comprimento de ancoragem

Padronizando comprimentos de ancoragem, utilizando h=45cm e Øl=16mm	a1 (cm)	Øl (mm)	Para Barras Positivas - lb (cm)	Para Barras Negativas - lb (cm)
	22,5	16	27,97467431	39,96382044

Fonte: Autora (2022)

Tabela 45: Detalhamento armadura negativa

Vigas	Junto aos Pilares	Comprimento reto (Ftool)	Para Barras Negativas - lb (cm)
VB01 = VB08	P1	0	39,964
	P2	107	146,964
	P3	85	124,964
	P4	107	146,964
	P5	0	39,964
VB02 = VB07	P6	66	105,964
	P7	50	89,964
	P8	50	89,964
	P9	66	105,964
VB03 = VB04 = VB05 = VB06	P11	75	114,964
VB09 = VB10 = VB18 = VB19	P20	81	120,964
	P13	82	121,964
VB11 = VB12 = VB16 = VB17	P21	67	106,964
	P16	0	39,964
VB13 = VB15	P17	133	172,964
	P7	133	172,964
VB14	P22	47	86,964
	P15	41	80,964
	P10	41	80,964
	P3	47	86,964

Fonte: Autora (2022)

APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO DOS PILARES

Tabela 46: Carga total do pilar tipo

Pilares	Nk (kN)		
	VB01/08	VB09/10/20/21	Total
P01 = P05 = P20 = P24	13,9	45,5	59,4
	VB01/08	VB11/12/18/19	Total
P02 = P04 = P21 = P23	52,5	71,4	123,9
	VB01/08	VB14	Total
P03 = P22	55,6	77,6	133,2
	VB11/12/18/19	VB02/07	Total
P06= P09 = P16 = P19	80,9	27,8	108,7
	VB02/07	VB13/15	Total
P007 = P8 = P17 = P18	43,9	75,5	119,4
	VB14	-	Total
P10 = P15	86,9	-	86,9
	VB03/04/05/06	VB09/10/20/21	Total
P11=P12=P13=P14	41,4	45,5	86,9

Fonte: Autora (2022)

Tabela 47: Carga total do pilar de fundação

Pilares	Dimensões do pilar		Tipo de pilar	Nk (kN)
	b (cm)	l _{adot.} (cm)		
P01 = P05 = P20 = P24	15	35	Canto	237,6
P02 = P04 = P21 = P23	15	35	Extremidade	495,6
P03 = P22	15	40	Extremidade	532,8
P06= P09 = P16 = P19	15	45	Extremidade	434,8
P07 = P08 = P17 = P18	15	35	Extremidade	477,6
P10 = P15	15	35	Extremidade	347,6
P11=P12=P13=P14	15	35	Canto	347,6

Fonte: Autora (2022)

Tabela 48: Cálculo para os pilares de canto

Pilar	le (cm)	Ac (cm ²)	γ_n	γ_f	Nd (kN)	hx (cm)	hy (cm)	$\lambda_{1,x}$	$\lambda_{1,y}$	λ_x	λ_y	$\lambda_1 < \lambda$ - tem efeitos de 2ª ordem $\lambda_1 > \lambda$ - não tem efeitos de 2ª ordem	m1d,mín,x (kNxcn)	m1d,mín,y (kNxcn)	Mdx (kNxcn)	Mdy (kNxcn)	e1,x (cm)	e1,y (cm)	ab
P1 = P5 = P20 = P24	270	525	1,2	1,4	399,168	15	35	26,625	25,91	62,28	26,691	∴ são considerados os efeitos de 2º ordem nas 2 direções	778,3776	1017,8784	352,8	2688	0,883	6,734	1
P11=P12=P13=P14	270	525	1,2	1,4	583,968	15	35	26,625	25,91	62,28	26,691	∴ são considerados os efeitos de 2º ordem nas 2 direções	1138,7376	1489,1184	2352	2688	4,027	4,603	1

Fonte: Autora (2022)

Tabela 49: Momento total de 2ª ordem

Pilares	Método do pilar padrão com curvatura aproximada									
	Direção x					Direção y				
	v	r	e2	e1	Md,tot,x (kNxcn)	v	r	e2	e1	Md,tot,y (kNxcn)
P01 = P05 = P20 = P24	0,426	0,000	2,625	0,354	1826,120	0,426	0,000	1,125	2,694	3137,033
P11=P12=P13=P14	0,623	0,000	2,164	1,611	3615,731	0,623	0,000	0,927	1,841	3229,599

Fonte: Autora (2022)

Tabela 50: Cálculo para os pilares de extremidade

Pilar	le (cm)	Ac (cm ²)	γ_n	γ_f	Nd (kN)	hx (cm)	hy (cm)	$\lambda_{1,x}$	$\lambda_{1,y}$	λ_x	λ_y	$\lambda_1 < \lambda$ - tem efeitos de 2ª ordem $\lambda_1 > \lambda$ - não tem efeitos de 2ª ordem	m1d,mín,x (kNxcm)	m1d,mín,y (kNxcm)	Mdx (kNxcm)	Mdy (kNxcm)	e1,x (cm)	e1,y (cm)	ab
P2 = P4 = P21 = P23	270	525	1,2	1,4	832,608	35	15	25,911	26,625	26,691	62,28	∴ são considerados os efeitos de 2º ordem nas 2 direções	2123,1504	1623,5856	-	3427,2	4,116	4,116	1
P3 = P22	270	600	1,2	1,4	895,104	15	35	26,625	25,911	62,28	26,69142857	∴ são considerados os efeitos de 2º ordem nas 2 direções	1745,4528	2282,5152	-	2788,8	3,116	3,116	1
P6 = P9 = P16 = P19	270	675	1,2	1,4	730,464	45	15	25,792	26,625	20,76	62,28	∴ são considerados os efeitos de 2º ordem nas direção y	2081,8224	1424,4048	1260	-	1,725	1,725	1
P7 = P8 = P17 = P18	270	525	1,2	1,4	802,368	15	45	26,625	25,792	62,28	20,76	∴ são considerados os efeitos de 2º ordem na direção x	1564,6176	2286,7488	-	4032	5,025	5,025	1
P10 = P15	270	525	1,2	1,4	583,968	15	35	26,625	25,911	62,28	26,69142857	∴ são considerados os efeitos de 2º ordem nas 2 direções	1138,7376	1489,1184	-	-	1,95	2,55	1

Fonte: Autora (2022)

Tabela 51: Momento total de 2ª ordem

Pilares	Método do pilar padrão com curvatura aproximada									
	Direção x					Direção y				
	v	r	e2	e1	Md,tot,x (kNxcm)	v	r	e2	e1	Md,tot,y (kNxcm)
P02 = P04 = P21 = P23	0,8881	0,0001	0,7502	1,6465	2747,812	0,8881	0,0002	1,7506	1,6465	4884,74
P03 = P22	0,8354	0,0002	1,8196	1,2462	3374,218	0,8354	0,0001	0,7798	1,2462	3486,84
P06 = P09 = P16 = P19	0,6060	-	-	-	2081,822	0,6060	0,0003	2,1971	0,0000	3029,29
P07 = P08 = P17 = P18	0,8559	0,0002	1,7922	0,0000	3002,639	-	-	-	-	4032,00
P10 = P15	0,6229	0,0003	2,1640	0,7800	2402,468	0,6229	0,0001	0,9274	1,0200	2030,72

Fonte: Autora (2022)

Tabela 52: Área de armadura calculada

Pilares	d' (cm)	v	μ_x	μ_y	d'/hx	d'/hy	ω	As (cm ²)
P01 = P05 = P20 = P24	4,125	0,426	0,130	0,096	0,275	0,118	0,200	4,313
P02 = P04 = P21 = P23	4,125	0,888	0,084	0,347	0,118	0,275	1,200	25,875
P03 = P22	4,125	0,835	0,210	0,093	0,275	0,118	0,700	17,250
P06 = P09 = P16 = P19	4,125	0,606	0,038	0,168	0,092	0,275	0,400	11,089
P07 = P08 = P17 = P18	4,125	0,856	0,214	0,096	0,275	0,092	1,000	21,563
P10 = P15	4,125	0,623	0,171	0,062	0,275	0,118	0,500	10,781
P11 = P12 = P13 = P14	4,125	0,623	0,257	0,098	0,275	0,118	0,850	18,328

Fonte: Autora (2022)

Tabela 53: Área efetiva da armadura

Pilares	As,mín (cm ²)	∴ As (cm ²)	Øl (mm)	∴ As efetivo (cm ²)	Número de barras
P01 = P05 = P20 = P24	2,1	4,313	12,5	4,91	4
P02 = P04 = P21 = P23	2,1	25,875	16	24,12	12
P03 = P22	2,4	17,250	12,5	17,18	14
P06 = P09 = P16 = P19	2,7	11,089	16	12,06	6
P07 = P08 = P17 = P18	2,1	21,563	16	20,11	10
P10 = P15	2,1	10,781	16	12,06	6
P11 = P12 = P13 = P14	2,1	18,328	16	20,11	10

Fonte: Autora (2022)

Tabela 54: Área e detalhamento da armadura transversal

Pilares	Øl (mm)	s,máx (cm)	Øt (mm)
P01 = P05 = P20 = P24	16	15	5
P02 = P04 = P21 = P23	16	19,2	5
P03 = P22	16	15	5
P06 = P09 = P16 = P19	12	14,4	5
P07 = P08 = P17 = P18	12	14,4	5
P10 = P15	16	15	5
P11 = P12 = P13 = P14	16	15	5

Fonte: Autora (2022)

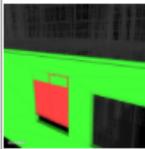
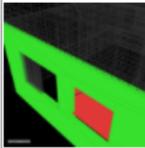
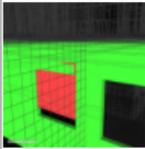
APÊNDICE E – RELATÓRIOS DE INTERFERÊNCIAS

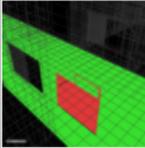
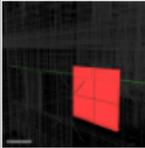
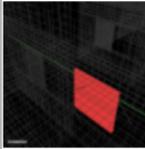
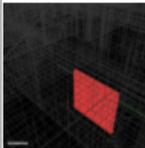
Figura 52: Relatório parcial de interferências do pavimento tipo - Paredes de concreto

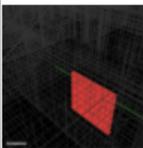
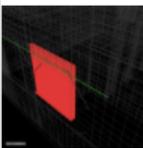
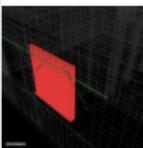
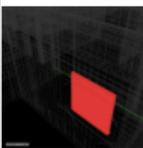
**AUTODESK®
NAVISWORKS®**

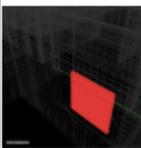
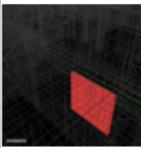
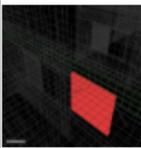
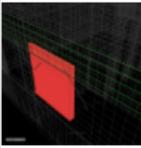
Clash Report

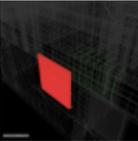
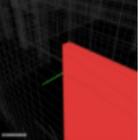
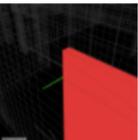
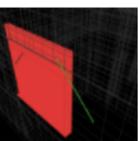
Test 2	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.001m	102	0	86	0	16	0	Hard (Conservative)	OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Clash Point	Item 1				Item 2				Comments
								Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type	
	Clash15	Active	-0.100	F-10 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:5.000, y:1.500, z:2.200	Element ID: 478975	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 999693	PAVIMENTO TÉRREO	Concreto - Moldado in loco	Solid	#13 - Sara - 2022/2/25 16:20 Janela sobrepondo parede estrutural. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash16	Active	-0.100	F-2 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:-5.000, y:1.600, z:2.200	Element ID: 478978	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 988804	PAVIMENTO TÉRREO	Concreto - Moldado in loco	Solid	#14 - Sara - 2022/2/25 16:20 Janela sobrepondo parede estrutural. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash19	Active	-0.100	G-10 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:5.000, y:-1.600, z:2.200	Element ID: 463482	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 1001124	PAVIMENTO TÉRREO	Concreto - Moldado in loco	Solid	#37 - Sara - 2022/2/25 16:30 Janela sobrepondo parede estrutural. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.

	Clash20	Active	-0.100	G-3 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:-4.515, y:-1.600, z:2.200	Element ID: 478534	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 1000725	PAVIMENTO TÉRREO	Concreto - Moldado in loco	Solid	#16 - Sara - 2022/2/25 16:21 Janela sobrepondo parede estrutural. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash21	Active	-0.054	G-2 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:-5.010, y:-1.553, z:2.043	Element ID: 478534	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 1000903	<No level>	Rebar Bar	Solid	#17 - Sara - 2022/2/25 16:22 Armação complementar da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash22	Active	-0.054	G-2 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:-5.010, y:-1.553, z:2.051	Element ID: 478534	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 1000902	<No level>	Rebar Bar	Solid	2022/2/25 16:22 Armação complementar da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash23	Active	-0.054	G-9 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:3.990, y:-1.546, z:2.042	Element ID: 463482	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 1001302	<No level>	Rebar Bar	Solid	#19 - Sara - 2022/2/25 16:22 Armação complementar da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.

	Clash24	Active	-0.054	G-9 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:3.990, y:-1.546, z:2.050	Element ID: 463482	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 1001301	<No level>	Rebar Bar	Solid	#20 - Sara - 2022/2/25 16:23 Armação complementar da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash25	Active	-0.054	F-3 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:-3.990, y:1.546, z:2.042	Element ID: 478978	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 988998	<No level>	Rebar Bar	Solid	2022/2/25 16:23 Armação complementar da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash26	Active	-0.054	F-3 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:-3.990, y:1.554, z:2.050	Element ID: 478978	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 988997	<No level>	Rebar Bar	Solid	#22 - Sara - 2022/2/25 16:23 Armação complementar da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash27	Active	-0.054	F-9 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:3.990, y:1.554, z:2.042	Element ID: 478975	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 999871	<No level>	Rebar Bar	Solid	#23 - Sara - 2022/2/25 16:23 Armação complementar da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.

	Clash28	Active	-0.054	F-9 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:3.990, y:1.554, z:2.050	Element ID: 478975	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 999870	<No level>	Rebar Bar	Solid	Armação complementar da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash29	Active	-0.049	G-9 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:3.990, y:-1.551, z:2.102	Element ID: 463482	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 1001225	<No level>	Rebar Bar	Solid	#25 - Sara - 2022/2/25 16:25 Tela de reforço da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash30	Active	-0.049	G-2 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:-5.010, y:-1.552, z:2.101	Element ID: 478534	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 1000826	<No level>	Rebar Bar	Solid	#26 - Sara - 2022/2/25 16:25 Tela de reforço da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash31	Active	-0.049	F-3 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:-3.990, y:1.553, z:2.104	Element ID: 478978	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 988921	<No level>	Rebar Bar	Solid	#27 - Sara - 2022/2/25 16:25 Tela de reforço da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.

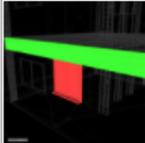
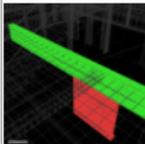
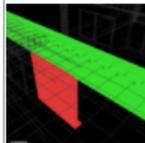
	Clash36	Active	-0.048	F-10 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:4.954, y:1.554, z:2.210	Element ID: 478975	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 999811	<No level>	Rebar Bar	Solid	#32 - Sara - 2022/2/25 16:26 Tela de reforço da parede estrutural atravessando janela da cozinha. Alterar altura do peitoril da janela da cozinha.
	Clash37	Active	-0.047	F-9 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:3.990, y:1.547, z:2.003	Element ID: 478975	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 999879	<No level>	Rebar Bar	Solid	#33 - Sara - 2022/2/25 16:27 Barra de reforço sem distanciamento da quina da janela. Alterar posicionamento da barra.
	Clash38	Active	-0.047	F-9 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:3.990, y:1.546, z:2.012	Element ID: 478975	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 999878	<No level>	Rebar Bar	Solid	#51 - Sara - 2022/2/25 16:35 Barra de reforço sem distanciamento da quina da janela. Alterar posicionamento da barra.
	Clash39	Active	-0.047	F-3 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 16:11	x:-3.992, y:1.540, z:1.975	Element ID: 478978	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 989006	<No level>	Rebar Bar	Solid	#38 - Sara - 2022/2/25 16:31 Barra de reforço sem distanciamento da quina da janela. Alterar posicionamento da barra.

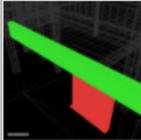
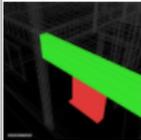
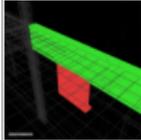
Fonte: Autora (2022)

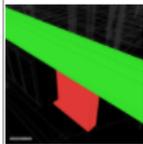
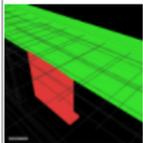
Figura 53: Relatório de interferência do pavimento térreo – Estrutura convencional

**AUTODESK®
NAVISWORKS®** **Clash Report**

Test 2	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.001m	8	0	8	0	0	0	Hard (Conservative)	OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Clash Point	Item 1			Item 2			Comments		
								Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer		Item Name	Item Type
	Clash1	Active	-0.019	D-2 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:32	x:-3.930, y:1.565, z:2.250	Element ID: 471626	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 848715	PAVIMENTO 2	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#1 - Sara - 2022/2/25 11:34 Janela da cozinha sobrepondo viga. Corrigir altura do peitoril no projeto arquitetônico.
	Clash2	Active	-0.019	E-6 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:32	x:3.930, y:-1.565, z:2.250	Element ID: 470931	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 868637	PAVIMENTO 2	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#2 - Sara - 2022/2/25 11:35 Janela da cozinha sobrepondo viga. Corrigir altura do peitoril no projeto arquitetônico.
	Clash3	Active	-0.019	E-2 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:32	x:-3.930, y:-1.565, z:2.250	Element ID: 466998	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 868508	PAVIMENTO 2	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#3 - Sara - 2022/2/25 11:35 Janela da cozinha sobrepondo viga. Corrigir altura do peitoril no projeto arquitetônico.

	Clash4	Active	-0.019	D-6 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:32	x:3.930, y:1.565, z:2.250	Element ID: 471632	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 867560	PAVIMENTO 2	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#4 - Sara - 2022/2/25 11:35 Janela da cozinha sobrepondo viga. Corrigir altura do peitoril no projeto arquitetônico.
	Clash5	Active	-0.018	H-2 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:32	x:-3.720, y:-7.685, z:2.250	Element ID: 466245	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 868510	PAVIMENTO 2	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#5 - Sara - 2022/2/25 11:35 Janela da cozinha sobrepondo viga. Corrigir altura do peitoril no projeto arquitetônico. #41 - Sara - 2022/2/25 11:56 Correção: Janela do banheiro.
	Clash6	Active	-0.018	A-3 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:32	x:-3.393, y:7.685, z:2.250	Element ID: 471624	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 850826	PAVIMENTO 2	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#6 - Sara - 2022/2/25 11:35 Janela da cozinha sobrepondo viga. Corrigir altura do peitoril no projeto arquitetônico. #42 - Sara - 2022/2/25 11:56 Correção: Janela do banheiro.

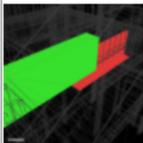
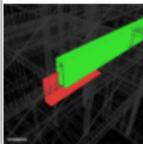
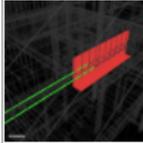
	Clash7	Active	-0.018	H-6 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:32	x:3.288, y:-7.685, z:2.250	Element ID: 471105	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 868639	PAVIMENTO 2	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#7 - Sara - 2022/2/25 11:36 Janela da cozinha sobrepondo viga. Corrigir altura do peitoril no projeto arquitetônico. #43 - Sara - 2022/2/25 11:56 Correção: Janela do banheiro.
	Clash8	Active	-0.018	A-6 : PAVIMENTO TÉRREO	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:32	x:3.615, y:7.685, z:2.250	Element ID: 471638	Pavimento Térreo	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 867562	PAVIMENTO 2	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#8 - Sara - 2022/2/25 11:36 Janela da cozinha sobrepondo viga. Corrigir altura do peitoril no projeto arquitetônico. #44 - Sara - 2022/2/25 11:57 Correção: Janela do banheiro.

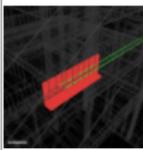
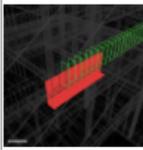
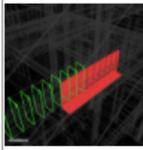
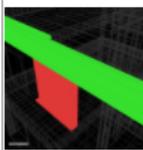
Fonte: Autora (2022)

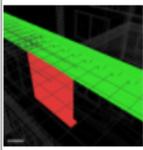
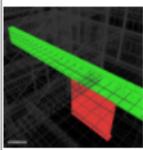
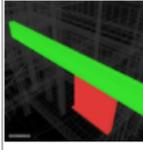
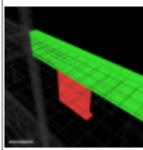
Figura 54: Relatório de interferência do pavimento tipo - Estrutura convencional

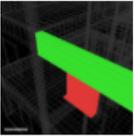
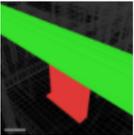
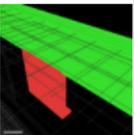
**AUTODESK®
NAVISWORKS®** Clash Report

Test 4	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.001m	14	0	14	0	0	0	Hard (Conservative)	OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Clash Point	Item 1				Item 2				Comments
								Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type	
	Clash1	Active	-0.175	E-5 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:1.265, y:-0.630, z:4.950	Element ID: 474943	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 911458	PAVIMENTO 3	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#9 - Sara - 2022/2/25 11:39 Viga sobrepondo janela da escada. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico.
	Clash2	Active	-0.175	D-5 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:1.225, y:-0.005, z:4.950	Element ID: 474943	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 911199	PAVIMENTO 3	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#10 - Sara - 2022/2/25 11:40 Viga sobrepondo janela da escada. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico.
	Clash3	Active	-0.028	E-5 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:1.242, y:-0.615, z:4.998	Element ID: 474943	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 911528	<No level>	Rebar Bar	Solid	#11 - Sara - 2022/2/25 11:40 Armação da viga sobrepondo janela da escada. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico.

	Clash4	Active	-0.028	D-5 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:1.251, y:-0.025, z:4.996	Element ID: 474943	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 911269	<No level>	Rebar Bar	Solid	#12 - Sara - 2022/2/25 11:40 Armação da viga sobrepondo janela da escada. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico.
	Clash5	Active	-0.025	D-5 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:1.225, y:-0.064, z:4.995	Element ID: 474943	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 911264	<No level>	Rebar Bar	Solid	#13 - Sara - 2022/2/25 11:41 Armação da viga sobrepondo janela da escada. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico.
	Clash6	Active	-0.020	E-5 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:1.225, y:-0.379, z:5.177	Element ID: 474943	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 911523	<No level>	Rebar Bar	Solid	#14 - Sara - 2022/2/25 11:41 Armação da viga sobrepondo janela da escada. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico.
	Clash7	Active	-0.019	D-2 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:-3.930, y:1.565, z:4.950	Element ID: 473400	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 911131	PAVIMENTO 3	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#15 - Sara - 2022/2/25 11:42 Viga sobrepondo janela da cozinha. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico.

	Clash8	Active	-0.019	E-2 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:-3.930, y:-1.565, z:4.950	Element ID: 473382	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 911390	PAVIMENTO 3	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#16 - Sara - 2022/2/25 11:42 Viga sobrepondo janela da cozinha. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico.
	Clash9	Active	-0.019	E-6 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:3.930, y:-1.565, z:4.950	Element ID: 473388	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 911518	PAVIMENTO 3	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#17 - Sara - 2022/2/25 11:42 Viga sobrepondo janela da cozinha. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico.
	Clash10	Active	-0.019	D-6 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:3.930, y:1.565, z:4.950	Element ID: 473406	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Line	Element ID: 911259	PAVIMENTO 3	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#18 - Sara - 2022/2/25 11:44 Viga sobrepondo janela da cozinha. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico.
	Clash11	Active	-0.018	A-3 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:-3.393, y:7.685, z:4.950	Element ID: 473398	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 911133	PAVIMENTO 3	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#19 - Sara - 2022/2/25 11:44 Viga sobrepondo janela da escada. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico. #37 - Sara - 2022/2/25 11:54 Correção: Janela do banheiro.

	Clash12	Active	-0.018	H-2 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:-3.720, y:-7.685, z:4.950	Element ID: 473380	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 911392	PAVIMENTO 3	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#20 - Sara - 2022/2/25 11:44 Viga sobrepondo janela da escada. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico. #38 - Sara - 2022/2/25 11:54 Correção: Janela do banheiro.
	Clash13	Active	-0.018	H-6 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:3.288, y:-7.685, z:4.950	Element ID: 473394	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 911520	PAVIMENTO 3	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#21 - Sara - 2022/2/25 11:44 Viga sobrepondo janela da escada. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico. #39 - Sara - 2022/2/25 11:54 Correção: Janela do banheiro.
	Clash14	Active	-0.018	A-6 : PAVIMENTO 2	Hard (Conservative)	2022/2/25 11:38	x:3.615, y:7.685, z:4.950	Element ID: 473412	2º Pavimento	ALUMÍNIO COM PINTURA ELETROSTÁTICA BRANCA	Solid	Element ID: 911261	PAVIMENTO 3	Concreto - Concreto concretado no local	Solid	#22 - Sara - 2022/2/25 11:44 Viga sobrepondo janela da escada. Corrigir altura do peitoril da janela no projeto arquitetônico. #40 - Sara - 2022/2/25 11:55 Correção: Janela do banheiro.

Fonte: Autora (2022)

APÊNDICE F – LEVANTAMENTO DOS MATERIAIS

Tabela 55: Tabela de vergalhões – Paredes de concreto

Tabela de vergalhões							
Contagem	Família	Tipo	Quantidade	Diâmetro total das barras	Comprimento da barra	Comprimento total das barras	Volume de vergalhões
1972	Barra de vergalhões	4.2 CA-60	26375	8282 mm	4767078 mm	61769 m	0,86 m ³
			26375	8282 mm	4767078 mm	61769 m	0,86 m ³
3257	Barra de vergalhões	8 CA-50	3257	26056 mm	3101463 mm	3101 m	0,16 m ³
			3257	26056 mm	3101463 mm	3101 m	0,16 m ³
156	Barra de vergalhões	12.5 CA-50	156	1950 mm	677246 mm	677 m	0,08 m ³
			156	1950 mm	677246 mm	677 m	0,08 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 56: Levantamento consumo concreto escada – Paredes de concreto

Levantamento do material da escada					
Contagem	Família e tipo		Nome	Área	Volume
1	Escada montada: Espelho máximo de 190mm a 250mm		Concreto - Concreto concretado no local	16 m ²	0,98 m ³
1	Escada montada: Espelho máximo de 190mm a 250mm		Concreto - Concreto concretado no local	16 m ²	0,98 m ³
1	Escada montada: Espelho máximo de 190mm a 250mm		Concreto - Concreto concretado no local	16 m ²	0,98 m ³
3				49 m ²	2,95 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 57: Levantamento consumo concreto laje – Paredes de concreto

Levantamento do material da laje					
Contagem	Família	Tipo	Nome	Área	Volume
20	Laje	Laje de Concreto Maciço 100mm C25	Concreto - Concreto concretado no local	810 m ²	81,00 m ³
				810 m ²	81,00 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 58: Levantamento consumo concreto parede – Paredes de concreto

Levantamento do material da parede					
Contagem	Família	Tipo	Nome	Área	Volume
176	Parede básica	Retenção (100mm) Concreto C25	Concreto - Moldado in loco	1722 m ²	172,21 m ³
				1722 m ²	172,21 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 59: Tabela de vergalhões – Estrutura convencional em concreto armado

Tabela de vergalhões							
Contagem	Família	Tipo	Quantidade	Diâmetro total das barras	Comprimento da barra	Comprimento total das barras	Volume de vergalhões
509	Barra de vergalhões	5 CA-60	4989	2545 mm	680999 mm	5144 m	0,10 m ³
						5144 m	0,10 m ³
199	Barra de vergalhões	6.3 CA-50	3575	1254 mm	551341 mm	10182 m	0,32 m ³
						10182 m	0,32 m ³
280	Barra de vergalhões	8 CA-50	1160	2240 mm	925216 mm	2444 m	0,12 m ³
						2444 m	0,12 m ³
201	Barra de vergalhões	10 CA-50	1900	2010 mm	340065 mm	3560 m	0,28 m ³
						3560 m	0,28 m ³
120	Barra de vergalhões	12.5 CA-50	320	1500 mm	314586 mm	864 m	0,11 m ³
						864 m	0,11 m ³
488	Barra de vergalhões	16 CA-50	920	7808 mm	1522030 mm	2920 m	0,59 m ³
						2920 m	0,59 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 60: Levantamento consumo concreto escada – Estrutura convencional em concreto armado

Levantamento do material da escada			
Contagem	Família e tipo	Área	Volume
1	Escada montada: Espelho máximo de 190mm a 250mm	16 m ²	0,94 m ³
1	Escada montada: Espelho máximo de 190mm a 250mm	16 m ²	0,94 m ³
1	Escada montada: Espelho máximo de 190mm a 250mm	16 m ²	0,94 m ³
3		47 m ²	2,82 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 61: Levantamento consumo concreto laje – Estrutura convencional em concreto armado

Levantamento do material da laje					
Contagem	Família	Tipo	Material: Nome	Área	Volume
59	Floor	Laje Concreto Maciço (100mm) (C25)	Concreto - Concreto concretado no local	723 m ²	72,30 m ³
				723 m ²	72,30 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 62: Levantamento consumo concreto pilar – Estrutura convencional em concreto armado

Levantamento do material do pilar estrutural					
Contagem	Família	Tipo	Material: Nome	Área	Volume
72	Concreto-Retangular-Coluna	15 x 35 cm (C25)	Concreto - Concreto concretado no local	222 m ²	11,25 m ³
				222 m ²	11,25 m ³
8	Concreto-Retangular-Coluna	15 x 40 cm (C25)	Concreto - Concreto concretado no local	27 m ²	1,43 m ³
				27 m ²	1,43 m ³
16	Concreto-Retangular-Coluna	15 x 45 cm (C25)	Concreto - Concreto concretado no local	59 m ²	3,21 m ³
				59 m ²	3,21 m ³
96				308 m ²	15,89 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 63: Levantamento consumo concreto viga – Estrutura convencional em concreto armado

Levantamento do material da viga estrutural					
Contagem	Família	Tipo	Nome	Área	Volume
16	Concreto-Viga retangular	VB 15 x 35 cm (C25)	Concreto - Concreto concretado no local	67 m ²	3,36 m ³
				67 m ²	3,36 m ³
64	Concreto-Viga retangular	VB 15 x 45 cm (C25)	Concreto - Concreto concretado no local	342 m ²	18,60 m ³
				342 m ²	18,60 m ³
16	Concreto-Viga retangular	VB 15 x 65 cm (C25)	Concreto - Concreto concretado no local	146 m ²	8,74 m ³
				146 m ²	8,74 m ³
16	Concreto-Viga retangular	VB 20 x 20 cm (C25)	Concreto - Concreto concretado no local	24 m ²	1,11 m ³
				24 m ²	1,11 m ³
32	Concreto-Viga retangular	VB 20 x 45 cm (C25)	Concreto - Concreto concretado no local	157 m ²	10,44 m ³
				157 m ²	10,44 m ³
144				736 m ²	42,24 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 64: Levantamento revestimento teto – Paredes de concreto

Levantamento do material da laje				
Contagem	Família e tipo	Nome	Área	Volume
4	Laje: Concreto (100mm) - Chapisco + Gesso Liso Teto	Chapisco	812 m ²	4.06 m ³
			812 m ²	4.06 m ³
4	Laje: Concreto (100mm) - Chapisco + Gesso Liso Teto	Gesso liso	812 m ²	8.12 m ³
			812 m ²	8.12 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 65: Levantamento revestimento parede – Paredes de concreto

Levantamento do material da parede			
Contagem	Material: NOME	Área	Volume
243	Chapisco	2433 m ²	7.30 m ³
		2433 m ²	7.30 m ³
128	Emboço Paulista	697 m ²	12.54 m ³
		697 m ²	12.54 m ³
211	Gesso liso	1737 m ²	17.37 m ³
		1737 m ²	17.37 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 66: Levantamento revestimento teto – Estrutura convencional em concreto armado

Levantamento do material da laje				
Contagem	Família e tipo	Nome	Área	Volume
4	Laje: Concreto 100mm - Revestimento Teto	Chapisco	818 m ²	2.45 m ³
			818 m ²	2.45 m ³
4	Laje: Concreto 100mm - Revestimento Teto	Emboço Paulista	818 m ²	14.72 m ³
			818 m ²	14.72 m ³

Fonte: Autora (2022)

Tabela 67: Levantamento revestimento parede – Estrutura convencional em concreto armado

Levantamento do material da parede			
Contagem	Material: Nome	Área	Volume
176	Bloco Cerâmico	1712 m ²	154.08 m ³
		1712 m ²	154.08 m ³
176	Chapisco	3424 m ²	10.27 m ³
		3424 m ²	10.27 m ³
176	Emboço Paulista	3424 m ²	61.21 m ³
		3424 m ²	61.21 m ³

Fonte: Autora (2022)

APÊNDICE G – ORÇAMENTOS

Tabela 68: Orçamento sintético - Paredes de concreto

Obra		Bancos		B.D.I. 25,45%		Encargos Sociais			
Orçamento do revestimento e estrutura de uma edificação multifamiliar de 4 pavimento em paredes de concreto.		SINAPI - 10/2021 - Minas Gerais SETOP - 10/2021 - Minas Gerais				Não Desonerado: embutido nos preços unitários dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.			
Orçamento Sintético									
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
1			REVESTIMENTO - CHAPISCO + GESSO LISO / CHAPISCO + EMBOÇO PAULISTA					148.390,92	30,19 %
1.2	87424	SINAPI	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO SARRAFEADO (COM TALISCAS) EM PAREDES DE AMBIENTES DE ÁREA ENTRE 5M² E 10M², ESPESSURA DE 1,0CM. AF_06/2014	m²	1737	30,26	37,96	65.936,52	13,42 %
1.2	87359	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:5 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA GROSSA ÚMIDA) COM ADIÇÃO DE EMULSÃO POLIMÉRICA PARA CHAPISCO ROLADO, PREPARO MECÂNICO COM MISTURADOR DE EIXO HORIZONTAL DE 600 KG. AF_08/2019	m³	11,36	2.702,17	3.389,87	38.508,92	7,84 %
1.3	ED-9066	SETOP	REVESTIMENTO DE GESSO EM TETO, ESP. 5MM, APLICAÇÃO MANUAL (SARRAFEADO)	m²	812	20,10	25,21	20.470,52	4,17 %
1.4	REV-REB-015	SETOP	REBOCO COM ARGAMASSA, TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESP. 20MM, APLICAÇÃO MANUAL, PREPARO MECÂNICO	m²	697	26,85	33,68	23.474,96	4,78 %
2			ESTRUTURA - CONCRETO					152.225,63	30,97 %
2.1	ED-9053	SETOP	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO BOMBEADO, AUTO-ADENSÁVEL, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO E ACABAMENTO	m³	172,21	473,71	594,26	102.337,51	20,82 %
2.2	ED-9053	SETOP	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO BOMBEADO, AUTO-ADENSÁVEL, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO E ACABAMENTO	m³	81	473,71	594,26	48.135,06	9,79 %
2.3	ED-9053	SETOP	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO BOMBEADO, AUTO-ADENSÁVEL, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO E ACABAMENTO	m³	2,95	473,71	594,26	1.753,06	0,36 %
3			ESTRUTURA - AÇO					190.835,95	38,83 %
3.1	91594	SINAPI	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA EM PAREDES DE EDIFICAÇÕES TÊRREAS OU DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS, TELA Q-92. AF_06/2019	KG	3776,22	17,58	22,05	83.265,67	16,94 %
3.2	91596	SINAPI	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA COMO ARMADURA POSITIVA DE LAJES, TELA Q-138. AF_06/2019	KG	2956,6	17,49	21,94	64.867,80	13,20 %
3.3	91602	SINAPI	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA COMO REFORÇO, VERGALHÃO DE 8,0 MM DE DIÂMETRO. AF_06/2019	KG	1913,32	13,94	17,48	33.444,78	6,81 %

3.4	100068	SINAPI	ARMAÇÃO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO, EXECUTADA COMO REFORÇO, VERGALHÃO DE 12,5 MM DE DIÂMETRO. AF_06/2019	KG	651,951	11,32	14,20	9.257,70	1,88 %
Total sem BDI								391.788,06	
Total do BDI								99.664,44	
Total Geral								491.452,50	

Fonte: Autora (2022)

Tabela 69: Orçamento sintético - Estrutura convencional em concreto armado

Obra				Bancos		B.D.I.		Encargos Sociais	
Orçamento do revestimento e estrutura de uma edificação multifamiliar de 4 pavimento em estrutura convencional com blocos cerâmicos.				SINAPI - 10/2021 - Minas Gerais SETOP - 10/2021 - Minas Gerais		25,45%		Não Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.	
Orçamento Sintético									
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
1			REVESTIMENTO - PAREDE DE VEDAÇÃO					133.276,44	21,44 %
1.2	87489	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA VERTICAL DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m²	1712	52,79	66,22	113.368,64	18,23 %
1.3	93190	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	119	42,03	52,72	6.273,68	1,01 %
1.4	93198	SINAPI	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	119	33,38	41,87	4.982,53	0,80 %
1.4	93191	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA PARA JANELAS COM MAIS DE 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	41,6	44,52	55,85	2.323,36	0,37 %
1.5	93192	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	M	78,3	46,96	58,91	4.612,65	0,74 %
1.5	93199	SINAPI	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA PARA VÃOS DE MAIS DE 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	M	41,6	32,88	41,24	1.715,58	0,28 %
2			REVESTIMENTO - ARGAMASSADO					205.050,04	32,98 %
2.1	REV-CHA-005	SETOP	CHAPISCO COM ARGAMASSA, TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESP. 5MM, APLICADO EM ALVENARIA/ESTRUTURA DE	m²	3424	7,31	9,17	31.398,08	5,05 %

			CONCRETO COM COLHER, PREPARO MECÂNICO						
2.2	REV-CHA-006	SETOP	CHAPISCO COM ARGAMASSA, TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESP. 5MM, APLICADO EM TETO COM COLHER, PREPARO MECÂNICO	m²	818	10,20	12,79	10.462,22	1,68 %
2.4	89048	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE EMBOÇO/MASSA ÚNICA, TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO, COM BETONEIRA DE 400L, EM PAREDES DE AMBIENTES INTERNOS, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS, PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL MULTIFAMILIAR (PRÉDIO). AF_11/2014	m²	3424	30,67	38,47	131.721,28	21,19 %
2.5	89048	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE EMBOÇO/MASSA ÚNICA, TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO, COM BETONEIRA DE 400L, EM PAREDES DE AMBIENTES INTERNOS, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS, PARA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL MULTIFAMILIAR (PRÉDIO). AF_11/2014	m²	818	30,67	38,47	31.468,46	5,06 %
3			ESTRUTURA - CONCRETO					79.870,03	12,85 %
3.1	ED-9053	SETOP	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO BOMBEADO, AUTO-ADENSÁVEL, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO E ACABAMENTO	m³	15,89	477,80	599,40	9.524,46	1,53 %
3.2	ED-9053	SETOP	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO BOMBEADO, AUTO-ADENSÁVEL, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO E ACABAMENTO	m³	42,24	477,80	599,40	25.318,65	4,07 %
3.3	ED-9053	SETOP	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO BOMBEADO, AUTO-ADENSÁVEL, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO E ACABAMENTO	m³	72,3	477,80	599,40	43.336,62	6,97 %
3.4	ED-9053	SETOP	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, USINADO BOMBEADO, AUTO-ADENSÁVEL, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO E ACABAMENTO	m³	2,82	477,80	599,40	1.690,30	0,27 %
4			ESTRUTURA - AÇO					203.557,90	32,74 %
4.1	92759	SINAPI	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	790,33	16,63	20,86	16.486,24	2,65 %
4.2	92760	SINAPI	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	2494,6	16,17	20,28	50.590,28	8,14 %
4.3	92761	SINAPI	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	965,38	15,52	19,46	18.786,29	3,02 %

4.4	92762	SINAPI	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	2196,5	14,06	17,63	38.724,64	6,23 %
4.5	92763	SINAPI	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	832,03	11,96	15,00	12.480,48	2,01 %
4.6	92764	SINAPI	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	4607,8	11,51	14,43	66.489,97	10,69 %
								Total sem BDI	495.721,92
								Total do BDI	126.032,49
								Total Geral	621.754,41

Fonte: Autora (2022)