



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE O EMPREGO DE LAJE  
MACIÇA E NERVURADA PARA UM SOBRADO NO MUNICÍPIO DE  
POMBAL - PB**

**ADÃO MENDES CAVALCANTE JÚNIOR**

**POMBAL – PB**

**2022**

ADÃO MENDES CAVALCANTE JÚNIOR

VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE O EMPREGO DE LAJE  
MACIÇA E NERVURADA PARA UM SOBRADO NO MUNICÍPIO DE  
POMBAL - PB

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Unidade Acadêmica de  
Ciências e Tecnologia Ambiental da  
Universidade Federal de Campina Grande,  
como parte dos requisitos necessários  
para obtenção do título de Engenheiro  
Civil.

Orientador(a): Prof. Me. Rivaildo da  
Silva Filho

POMBAL – PB

2022

C377v Cavalcante Júnior, Adão Mendes.

Viabilidade econômica entre o emprego de laje maciça e nervurada para um sobrado no município de Pombal - PB / Adão Mendes

Cavalcante Júnior. – Pombal, 2022.

98 f. il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)  
– Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e  
Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Prof. Dr. Rivaildo da Silva Filho”.

Referências.

1. Projeto estrutural. 2. Lajes - Análise comparativa. Redução de custos. I. Silva Filho, Rivaildo da. II. Título.

CDU 624.04 (043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE  
CONCLUSÃO DE CURSO.

ADÃO MENDES CAVALCANTE JÚNIOR

**VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE O EMPREGO DE LAJE MACIÇA E  
NERVURADA PARA UM SOBRADO NO MUNICÍPIO DE POMBAL - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente ADÃO MENDES CAVALCANTE  
JÚNIOR, **APROVADO** em 10 de FEVEREIRO de 2023 pela comissão examinadora  
composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título  
de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.

*Rivaldo da Silva Filho*

---

Prof. Me. Rivaldo da Silva Filho  
Orientador: UFCG – CCTA – UACTA

*Railson de Medeiros Nóbrega Alves*

---

Prof. Me. Railson de Medeiros Nóbrega Alves  
Examinador Interno: UFCG – CCTA – UACTA

*Luiz Ricardo da Silva Linhares*

---

Prof. Me. Luiz Ricardo da Silva Linhares  
Examinador Externo: Centro Universitário de Patos - Unifip

*Dedico este trabalho aos meus pais, Adão e Roseane, ao meu irmão, Leonardo, namorada, Andreza e amigos, pois foram eles quem me deram o apoio necessário para concluir esta difícil tarefa.*

## **AGRADECIMENTOS**

A sensação de dever cumprido é extremamente gratificante. Nesta longa caminhada, onde os dias pareciam ser mais curtos, noites acordadas, contribuíram fortemente para que eu entendesse que nada nessa vida vem de forma fácil e que precisamos sempre ir em busca dos nossos sonhos, custe o que custar.

No decorrer desta história, estiveram presentes várias pessoas. Pessoas estas, que agradeço muito por ter entrado em minha vida e deixado vários ensinamentos. Porém, existem duas pessoas que são de suma importância, desde a minha gênese: Adão, meu pai, e Roseane, minha mãe, me ensinaram a ser o homem que sou e que, sem dúvidas, dedicarei todo meu esforço e carinho para vê-los orgulhosos. Amo vocês demais. Agradeço ao meu irmão, Leonardo, por tudo que passamos juntos, sendo uma peça fundamental para a conclusão desta difícil tarefa.

Em seguida, agradeço fortemente a Deus por ter abençoado toda a minha trajetória, desde a chegada até a saída, por ter colocado pessoas em minha vida de coração puro e concretas, que me ensinaram muito sobre a vida. Uma dessas pessoas, eu posso apontar como sendo muito especial nesta etapa, que sempre me ajudou nos momentos mais difíceis, que sempre me ouviu, que sempre me aconselhou de maneira sábia e que, sem dúvidas, estará na minha vida daqui em diante. Andreza Gomes, eu te amo.

Não poderia deixar de agradecer aos meus grandes amigos: Antônio Lúcio, que sempre me deu conselhos valiosos, Felipe Mendes e Matheus Mendes, mesmo que distantes, sempre me apoiaram nesta etapa; Sillas, João Paulo e Evanaldo, que são pessoas admiráveis e me ensinaram muito sobre a vida.

Agradeço aos meus familiares por sempre acreditarem no meu potencial. Agradeço ao meu orientador, Rivaildo da Silva Filho, pela prontidão e conhecimentos passados.

Por fim, agradeço a UFCG, e toda a sua equipe de professores, por todos os conhecimentos fornecidos.

*“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível.” (Max Weber)*

## RESUMO

Em projetos estruturais, a escolha adequada do tipo de laje é de suma importância quando se busca eficiência estrutural e redução dos custos. Nesse sentido, de maneira geral, as soluções de lajes maciças e nervuradas são comumente adotadas em obras residenciais de pequeno e médio porte, assim como edifícios de múltiplos pavimentos. No entanto, é observado que estas soluções possuem características distintas entre elas, podendo destacar o peso-próprio elevado, grande consumo de concreto, aço e formas, assim como as limitações de serviços existentes em cada região. É objetivo deste trabalho, apresentar um comparativo de viabilidade econômica no emprego de laje maciça, nervurada com vigotas treliçadas e nervurada com cubetas plásticas para um sobrado localizado no município de Pombal-PB. Com o auxílio do software Eberick, foi possível obter os quantitativos do consumo de concreto, aço e formas. Os dados dos custos dos insumos foram coletados no município de Pombal – PB e regiões próximas. Dentre os três modelos de lajes estudadas, a laje nervurada com vigotas treliçadas mostrou-se mais econômica e eficiente, apresentando uma redução nos custos de 14,80%, em relação ao modelo com laje maciça. A mesma conclusão se aplica em relação às cargas transmitidas às fundações, onde o modelo com laje treliçada apresentou uma transmissão 6,31% menor quando comparado ao modelo com laje maciça.

**Palavras-chave:** Projeto estrutural; eficiência; redução de custos.



## **ABSTRACT**

In structural projects, the appropriate choice of slab type is of paramount importance when seeking structural efficiency and cost reduction. In this sense, generally, solutions with solid slabs and ribbed slabs are commonly adopted in small and medium-sized residential buildings, as well as in multi-story buildings. However, it is observed that these solutions have distinct characteristics, such as high self-weight, high consumption of concrete, steel and forms, as well as limitations of existing services in each region. The objective of this study is to present a comparative economic feasibility of solid slab, ribbed slab with precast joists and ribbed slab with plastic troughs for a duplex located in the municipality of Pombal-PB. With the help of Eberick software, it was possible to obtain the quantities of concrete, steel and forms consumption. Data on input costs were collected in the municipality of Pombal-PB and nearby regions. Among the three types of slabs studied, the ribbed slab with precast joists proved to be more economical and efficient, with a cost reduction of 14,80% compared to the solid slab model. The same conclusion applies to the loads transmitted to the foundations, where the ribbed slab model showed a 6.31% lower transmission compared to the solid slab model.

**Keywords:** Structural design; efficiency; cost reduction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação tridimensional dos elementos que compõem as lajes maciças.....	24
Figura 2 – Visão inferior de uma laje maciça .....	25
Figura 3 – Enchimento com blocos de EPS.....	27
Figura 4 – Laje nervurada em corte transversal .....	27
Figura 5 – Estrutura espacial da armação da treliça.....	28
Figura 6 – Detalhamento da armadura treliçada.....	29
Figura 7 – Exemplo do produto final de uma treliça pré-moldada (vigota treliçada).....	30
Figura 8 – Especificações das vigotas treliçadas .....	30
Figura 9 – Detalhamento de um modelo com laje treliçada unidirecional .....	31
Figura 10 – Efeito de punção.....	32
Figura 11 – Ruína por punção .....	33
Figura 12 – Laje nervurada com uso de capitéis .....	33
Figura 13 – Cubetas apoiadas em vigas metálicas .....	34
Figura 14 – Cubetas distribuídas sobre formas de madeira .....	35
Figura 15 – Dimensões abordadas segundo a ABNT NBR 6118:2014 .....	37
Figura 16 – Eberick: grelha das lajes maciças do pavimento cobertura .....	40
Figura 17 – Eberick: grelha das lajes treliçadas do pavimento cobertura .....	40
Figura 18 – Eberick: grelha das lajes com cubetas plásticas do pavimento cobertura.....	41
Figura 19 – Fluxograma de trabalho.....	42
Figura 20 – Planta Baixa do Pavimento Térreo .....	44
Figura 21 – Planta Baixa do Pavimento Superior .....	45
Figura 22 – Planta Baixa da Cobertura.....	46
Figura 23 – Classe de agressividade ambiental (CAA) .....	47
Figura 24 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal .....	48
Figura 25 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e a qualidade do concreto.....	48

Figura 26 – Aba "Materiais e durabilidade" com o lançamento dos dados apresentados .....	49
Figura 27 – Isopletras de velocidade básica do vento .....	50
Figura 28 – Características adotadas no projeto para a ação dos ventos .....	51
Figura 29 – Exemplo de dado de entrada para carga de alvenaria no Eberick .....	53
Figura 30 – Dimensões do enchimento de EPS para lajes treliçadas .....	59
Figura 31 – Dimensões das cubetas plásticas.....	59
Figura 32 – Modelo 3D do sistema de laje maciça .....	61
Figura 33 – Modelo 3D do sistema de laje treliçada .....	63
Figura 34 – Modelo 3D do sistema de laje nervurada com cubetas plásticas	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cotação concreto 25 MPa B1 c/ slump 10 (+/- 2) cm.....	54
Tabela 2 – Cotação do aço em relação a cada loja .....	56
Tabela 3 – Massa do aço de acordo com seus respectivos diâmetros .....	56
Tabela 4 – Cotação do arame para amarração e pregos .....	57
Tabela 5 – Cotação dos insumos relacionados as caixarias .....	57
Tabela 6 – Aluguel das escoras.....	58
Tabela 7 – Custo das vigotas treliçadas .....	59
Tabela 8 – Custo enchimento EPS unidirecional.....	58
Tabela 9 – Custo das cubetas plásticas para laje nervurada bidirecional.....	59

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens da laje maciça.....	26
Quadro 2 – Vantagens e desvantagens da laje treliçada.....	31
Quadro 3 – Vantagens e desvantagens da laje nervurada com cubetas plásticas .....	36
Quadro 4 – Elementos considerados na composição das cargas de revestimento do pavimento superior.....	52
Quadro 5 – Elementos considerados na composição das cargas de revestimento do pavimento cobertura.....	52
Quadro 6 – Cargas utilizadas no pavimento superior.....	52
Quadro 7 – Cargas utilizadas no pavimento cobertura.....	53
Quadro 8 – Consumo de concreto e madeira para cada elemento estrutural por pavimento (laje maciça).....	61
Quadro 9 – Resumo do aço (laje maciça).....	62
Quadro 10 – Consumo total de materiais (laje maciça).....	62
Quadro 11 – Consumo de concreto e madeira para cada elemento estrutural por pavimento (laje treliçada).....	63
Quadro 12 – Resumo do aço (laje treliçada).....	64
Quadro 13 – Consumo total de materiais (laje treliçada).....	64
Quadro 14 – Consumo de concreto e madeira para cada elemento estrutural por pavimento (laje com cubetas plásticas).....	65
Quadro 15 – Resumo do aço (laje com cubetas plásticas).....	66
Quadro 16 – Consumo total de materiais (laje com cubetas plásticas).....	66

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo de consumo de concreto .....	67
Gráfico 2 – Comparativo de consumo de aço .....	68
Gráfico 3 – Comparativo de consumo de formas.....	69
Gráfico 4 – Comparativo das cargas máximas .....	70
Gráfico 5 – Comparativo dos custos finais.....	71

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Justificativa.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Objetivos .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.1. Objetivo Geral.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Concreto armado.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. Elementos estruturais.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.1. Elementos lineares.....</b>	<b>20</b>
2.2.1.1. Vigas.....	20
2.2.1.2. Pilares.....	20
<b>2.2.2. Elementos de superfície.....</b>	<b>20</b>
2.2.2.1. Lajes .....	21
<b>2.3. Sistemas estruturais em concreto armado .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.1. Sistemas estruturais convencionais .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.2. Sistemas estruturais sem vigamentos .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4. Tipos de lajes de concreto armado.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.1. Lajes maciças.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2. Lajes nervuradas.....</b>	<b>26</b>
2.4.2.1 Laje nervurada unidirecional com vigotas treliçadas.....	28
2.4.2.2 Laje nervurada bidirecional com cubetas plásticas.....	32
2.4.2.3 Recomendações de projeto segundo a ABNT NBR 6118:2014 .....	36
<b>2.5. Software Eberick .....</b>	<b>38</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1. Tipologia e concepção dos sistemas estruturais de projeto .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2. Edificação de projeto .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3. Características do solo e fundações .....</b>	<b>46</b>
<b>3.4. Dados de entrada adotados, materiais e cargas .....</b>	<b>47</b>
<b>3.5. Critérios para o cálculo dos custos.....</b>	<b>54</b>
<b>3.5.1. Custo dos insumos que serão utilizados no projeto .....</b>	<b>54</b>

3.5.1.1. Concreto .....	54
3.5.1.2. Aço.....	55
3.5.1.3. Formas e escoras .....	57
3.5.1.4. Vigota treliçada, enchimento de EPS e cubetas plásticas ..	58
<b>3.5.2. Composição dos custos para cada modelo estrutural .....</b>	<b>60</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>60</b>
4.1. Sistema com laje maciça .....	60
4.2. Sistema com laje nervurada com vigota treliçada .....	62
4.3. Sistema com laje nervurada com cubetas plásticas .....	64
4.4. Análise comparativa entre os três modelos estruturais de lajes .	66
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE A</b> – Composição de custo total do modelo com laje maciça .....	77
<b>APÊNDICE B</b> – Composição de custo total do modelo com laje nervurada unidirecional com vigotas treliçadas.....	77
<b>APÊNDICE C</b> – Composição de custo total do modelo com laje bidirecional com cubetas plásticas.....	78
<b>APÊNDICE D</b> – Relatório de cargas nas fundações do modelo com laje maciça.....	79
<b>APÊNDICE E</b> – Relatório de cargas nas fundações do modelo com laje nervurada unidirecional com vigotas treliçadas.....	80
<b>APÊNDICE F</b> – Relatório de cargas nas fundações do modelo com laje nervurada bidirecional com cubetas plásticas.....	81
<b>ANEXOS.....</b>	<b>82</b>



## **1. INTRODUÇÃO**

O aumento na demanda por projetos cada vez mais complexos e o desenvolvimento das ferramentas computacionais, possibilitou a elaboração de estudos de viabilidade para diferentes soluções e sistemas estruturais para uma mesma edificação, em um menor tempo. Visto isso, um ponto em que é possível promover uma boa proposta de solução, devido à variabilidade nos métodos construtivos, e que impactam de maneira significativa nos custos de uma obra, são as lajes.

Para Bastos (2021), as lajes são divididas em dois grandes grupos: as maciças, e as lajes nervuradas, moldadas no local ou com partes pré-fabricadas. A escolha adequada do tipo de laje que será aplicado em um determinado projeto é de suma importância devido a possibilidade de melhorar a eficiência estrutural, resultando, dentre outros fatores, em possíveis reduções no consumo de materiais.

Nos sistemas estruturais convencionais, as lajes são definidas como elementos estruturais responsáveis por transmitir as cargas que nelas chegam às vigas, que são transferidas para os pilares, que são transferidas para as fundações (PORTO & FERNANDES, 2015).

Com a utilização de materiais inertes, relativamente leves, nas zonas de tração onde existia concreto, pode-se obter uma redução significativa do peso próprio da estrutura. Ou seja, podemos deduzir que um fator muito importante para a escolha do tipo de laje a ser implementada em um projeto é o peso próprio da estrutura.

O presente trabalho tem o intuito de realizar uma análise comparativa entre a laje maciça e laje nervurada para o projeto em estudo, avaliando a sua eficiência em termos de economia de concreto, formas e aço, e a viabilidade de projeto dentro do que tange o mercado local da cidade de Pombal – PB, ou proximidades.

### **1.1. Justificativa**

Devido ao cenário econômico atual, onde os preços dos materiais de construção estão em alta e a constante preocupação com a qualidade e durabilidade das construções, tem-se buscado soluções que tragam redução de custos e eficiência para os elementos estruturais de projeto.

Quando nos referimos às lajes, são procuradas alternativas como lajes maciças e nervuradas. Porém, saber qual o modelo que melhor se adequa ao projeto é uma questão em que demanda uma avaliação criteriosa.

Em um caso onde se deseja vencer grandes vãos, a escolha inadequada do tipo de laje pode resultar no aumento das solicitações nos outros elementos estruturais tais como vigas, pilares e fundações. Fato este, que se deve ao peso próprio da laje estar muito elevado devido ao aumento da espessura da laje, por exemplo, que reverbera em um maior consumo de concreto e aço, que implica no aumento do custo total da obra.

Destaca-se, a importância de possuir uma visão geral do comportamento das lajes maciças e nervuradas para que o interessado tenha uma tomada de decisão mais assertiva sobre o tipo de laje a ser escolhido, evitando uma estrutura com peso-próprio elevado e custos absurdos.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Realizar uma análise comparativa do consumo de materiais e transmissão de cargas às fundações, entre modelos com laje maciça e lajes nervuradas, aplicado a um projeto de um sobrado localizado no município de Pombal – PB.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Lançar o projeto estrutural no Eberick, com base no arquitetônico fornecido;
- Calcular o consumo de aço, concreto e formas para os modelos estruturais de laje maciça e nervurada, apresentados no projeto;
- Realizar pesquisa de custos dos insumos de projeto, no município de Pombal-PB, ou regiões próximas;
- Efetuar uma análise comparativa da viabilidade econômica para cada tipo de laje apresentada no projeto.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Concreto armado**

O concreto é um material composto por água, cimento e agregados. “Para utilização estrutural, o concreto não é adequado como elemento resistente, pois, enquanto apresenta boa resistência à compressão, pouco resiste à tração.” (CARVALHO & FIGUEIREDO 2014, p. 19).

Sabendo disso, o aço entra como a solução ao combate dos esforços de tração que o concreto não possui com tanta expressão (cerca de 10% da resistência à compressão) e também para aumentar a capacidade de carga das peças nas regiões comprimidas. A associação do concreto com as barras de aço se dá o nome de concreto armado.

O funcionamento mútuo entre o aço e o concreto só é possível devido à aderência que existe entre eles. O efeito causado pela aderência, faz com que esses elementos se deformem praticamente iguais. Apesar de se deformarem de maneira semelhante, o concreto acaba fissurando na área em que os esforços de tração são abundantes. A partir desse momento, o aço é responsável por absorver todos esses esforços. (ARAÚJO, 2010).

Portanto, a aderência é um fenômeno que permite com que, o aço e concreto, trabalhem de maneira quase homogênea minimizando os pontos fracos e maximizando os pontos fortes de cada material. Além disso, o concreto fornece proteção às armaduras contra possíveis intempéries.

### **2.2. Elementos estruturais**

As estruturas são elaboradas a partir de uma concepção adequada dos vários tipos de elementos estruturais conhecidos. “Os elementos estruturais são peças, geralmente com uma ou duas dimensões preponderantes sobre as demais (vigas, lajes, pilares etc.) que compõem uma estrutura.” (CARVALHO & FIGUEIREDO 2014, p. 23).

Segundo a NBR 6118, os elementos estruturais básicos são classificados e definidos de acordo com a sua forma geométrica e a sua função estrutural, podendo ser subdividido em elementos lineares e de superfície.

### **2.2.1. Elementos lineares**

De acordo com a NBR 6118 (2014, p. 83), os elementos lineares “são aqueles em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal, sendo também denominados barras”.

As barras possuem dimensões da seção transversal da mesma ordem de grandeza, e menores em relação ao seu comprimento e cujo eixo é uma linha reta ou curva aberta. (SOUSA & RODRIGUES, 2008).

Portanto, temos como exemplos de elementos estruturais lineares: vigas, pilares, tirantes e arcos.

#### 2.2.1.1. Vigas

De acordo com a ABNT NBR 6118, as vigas “são estruturas lineares em que a flexão é preponderante”. São elementos lineares quase sempre dispostas no eixo horizontal, com um ou mais apoios, de modo que se encontre em equilíbrio.

são quase sempre dispostas no eixo horizontal, com um ou mais apoios, de modo que se encontre em equilíbrio.

#### 2.2.1.2. Pilares

De acordo com a ABNT NBR 6118, os pilares são “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical em que as forças normais de compressão são predominantes”.

Os pilares possuem forma prismática ou cilíndrica (usualmente com seção transversal quadrada, retangular ou circular), sendo uma das dimensões (comprimento) bem maior que as outras duas. (Carvalho & Figueiredo 2014, p. 312).

### **2.2.2. Elementos de superfície**

De acordo com a NBR 6118 (2014, p. 84), os elementos de superfície são “elementos em que uma dimensão, usualmente chamada de espessura, é relativamente pequena em face das demais”.

Portanto, temos como exemplo de elementos estruturais de superfície: placas, chapas, cascas e pilares - parede.

Todas as definições a seguir estão de acordo com a NBR 6118 (2014, p. 84).

- Placas – elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações normais a seu plano. As placas de concreto são usualmente denominadas lajes. Placas com espessura maior que  $1/3$  do vão devem ser estudadas como placas espessas;
- Chapas – elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações contidas em seu plano. As chapas de concreto em que o vão for menor que três vezes a maior dimensão da seção transversal são usualmente denominadas vigas-parede;
- Cascas – elementos de superfície não plana;
- Pilares-Parede – Elementos de superfície plana ou casca cilíndrica, usualmente dispostos na vertical e submetidos preponderantemente à compressão. Podem ser compostos por uma ou mais superfícies associadas. Para que se tenha um pilar-parede, em alguma dessas superfícies a menor dimensão deve ser menor que  $1/5$  da maior, ambas consideradas na seção transversal do elemento estrutural.

#### 2.2.2.1. Lajes

São placas de concreto armado, dispostas normalmente na horizontal, responsáveis por receber e distribuir as ações verticais permanentes ou acidentais, bem como ações horizontais, que atuam na estrutura.

As lajes se comportam de maneiras distintas de acordo com as ações recebidas. Quando uma laje recebe ações verticais, a estrutura se comporta como placa. Já quando uma laje recebe ações horizontais, a estrutura se comporta como chapa.

Para fundamentar o exposto, Carvalho (2012, p. 45) diz que “Ao distribuir as ações perpendiculares à sua superfície (acidental e permanente) as lajes funcionam como placas. E quando distribuem ações horizontais (ex.: ação do vento) funcionam como chapas”.

Sob o ponto de vista estrutural, as lajes se comportam como placas, em que a sua dimensão transversal, usualmente chamada de espessura, é relativamente pequena quando comparada às suas dimensões longitudinais e sujeitas às ações normais ao seu plano. (CARVALHO & FIGUEIREDO, 2014)

Devido a sua eficiência como placa e membrana, as lajes possuem um comportamento que auxiliam na estabilidade global da estrutura, fornecendo um acréscimo de rigidez que alivia os esforços do pórtico, que resulta no baixo consumo de materiais nas vigas e pilares. (VIZOTTO e SARTORTI, 2010).

### **2.3. Sistemas estruturais em concreto armado**

Diversos são os tipos de sistemas estruturais, em concreto armado, que podem ser utilizados, podendo destacar os sistemas estruturais convencionais e os sistemas estruturais sem vigamento.

De acordo com Pinheiro (2010), a escolha do sistema estrutural depende de vários fatores técnicos e econômicos, como:

- Capacidade do meio técnico para desenvolver o projeto e executar a obra;
- Disponibilidade de materiais;
- Mão-de-obra e equipamentos necessários para a execução.

#### **2.3.1. Sistemas estruturais convencionais**

Os sistemas estruturais convencionais são aquelas em que as lajes se apoiam sobre vigas, e as vigas se apoiam em pilares. Segundo Carvalho (2012), os sistemas estruturais convencionais são comumente utilizados em edificações de pequeno porte, como casas e sobrados, e grande porte, como edifícios de múltiplos pavimentos, escolas e hospitais.

### **2.3.2. Sistemas estruturais sem vigamentos**

Para Pinheiro (2010), as estruturas sem vigamento, são aquelas em que as lajes são apoiadas diretamente sobre os pilares, com ou sem capitéis, sendo denominados lajes cogumelo, e lajes planas ou lisas, respectivamente.

Em relação ao alinhamento dos pilares, podem ser consideradas vigas embutidas, com altura igual à espessura das lajes, sendo denominada de vigas-faixa. (PINHEIRO, 2010).

Segundo Carvalho (2012), este sistema proporciona uma maior flexibilidade em relação a arquitetura, possibilitando mudanças no layout.

### **2.4. Tipos de lajes de concreto armado**

As lajes podem ser classificadas em dois grupos distintos: lajes moldadas “in loco” e as lajes pré-moldadas.

As lajes moldadas “in loco”, são aquelas em que são construídas no próprio local onde será utilizada estruturalmente. Já as lajes pré-moldadas são aquelas em que as suas unidades são produzidas fora do canteiro de obras, ou seja, são feitas sob encomenda.

Segundo Lopes (2012), podemos destacar quanto a sua natureza:

- Lajes Maciças;
- Lajes Nervuradas;
- Lajes cogumelo;
- Lajes lisas;
- Lajes grelhas.

Ainda para Lopes (2012), podemos destacar também quanto ao tipo de apoio das lajes:

- Apoiadas sobre alvenaria ou sobre vigas;
- Apoiadas sobre o solo;
- Apoiadas sobre pilares.

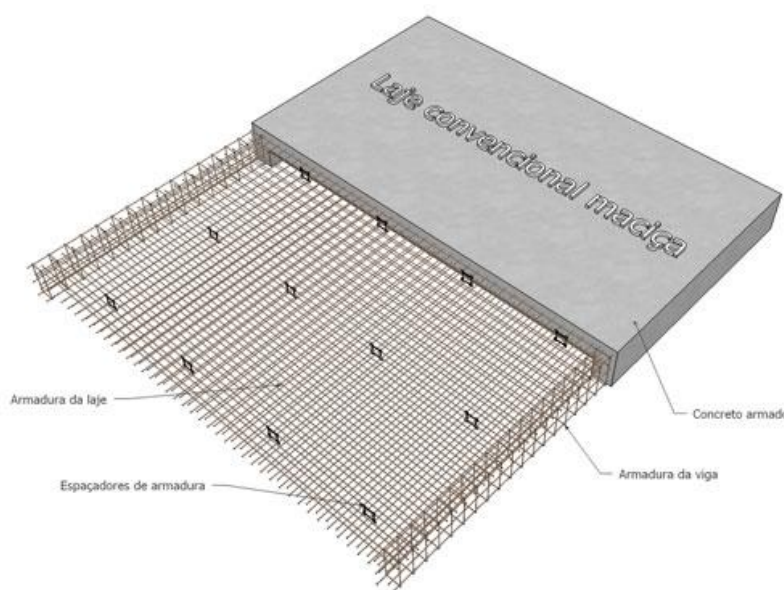
### 2.4.1. Lajes maciças

As lajes maciças são aquelas em que a sua seção transversal é composta inteiramente por concreto armado se mantendo constante ao longo de toda superfície, contendo armaduras longitudinais de flexão, assim como, em alguns casos, armaduras transversais, e apoiadas em vigas ou paredes ao longo das bordas (BASTOS, 2021).

Para Vizotto e Sartorti (2010), esses elementos podem ser considerados como um dos elementos que compõem o sistema estrutural mais utilizado e difundido no meio técnico. Onde, a sua montagem requer um sistema de formas e escoras e o posicionamento das armaduras se deve ao auxílio de espaçadores.

Na figura 1, é demonstrado o detalhamento de um modelo de laje maciça convencional.

Figura 1 – Representação tridimensional dos elementos que compõem as lajes maciças.



Fonte: Catálogo Digital de Detalhamento da Construção (2022).

Na figura 2, observa-se uma laje maciça apoiada sobre elementos estruturais usuais (vigas e pilares).



Figura 2 – Visão inferior de uma laje maciça



Fonte: Projetos Habitíssimo (2022).

Segundo a ABNT NBR 6118:2014 no item 13.2.4.1, devem ser respeitados os seguintes limites mínimos para a espessura:

- a) 7 cm para cobertura não em balanço;
- b) 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- c) 10 cm para lajes em balanço;
- d) 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 kN;
- e) 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;
- f) 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com o mínimo de  $\frac{l}{42}$  para lajes biapoiadas e  $\frac{l}{50}$  para lajes de piso contínuas;
- g) 16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.

O quadro 1 representa as características mais relevantes desse modelo de laje.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens da laje maciça.

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Oferece funções de placa e chapa;	Elevado consumo de fôrmas, escoras, concreto e aço;
Pode ser considerada uni ou bidirecional;	Elevado peso próprio implicando em maiores reações nos apoios (vigas, pilares e fundações);
Bom desempenho em relação à capacidade de redistribuição dos esforços;	Elevado consumo de mão-de-obra referentes às atividades dos profissionais carpinteiro, armador, pedreiro e servente;
Apropriada a situações de singularidade estrutural (ex.: Um, dois ou três bordos livres).	Grande capacidade de propagação de ruídos entre pavimentos;
-	Limitação quanto a sua aplicação a grandes vãos por conta da demanda de espessura média de concreto exigida para esta situação;
-	Posicionamento de armaduras por meio de espaçadores;
-	Custo relativamente elevado.

Fonte: adaptado Vizotto e Sartorti (2010).

#### **2.4.2. Lajes nervuradas**

As lajes nervuradas são derivadas das lajes maciças devido às suas funções estruturais serem iguais. Ou seja, receber as cargas que atuam no pavimento e as transferir para os apoios.

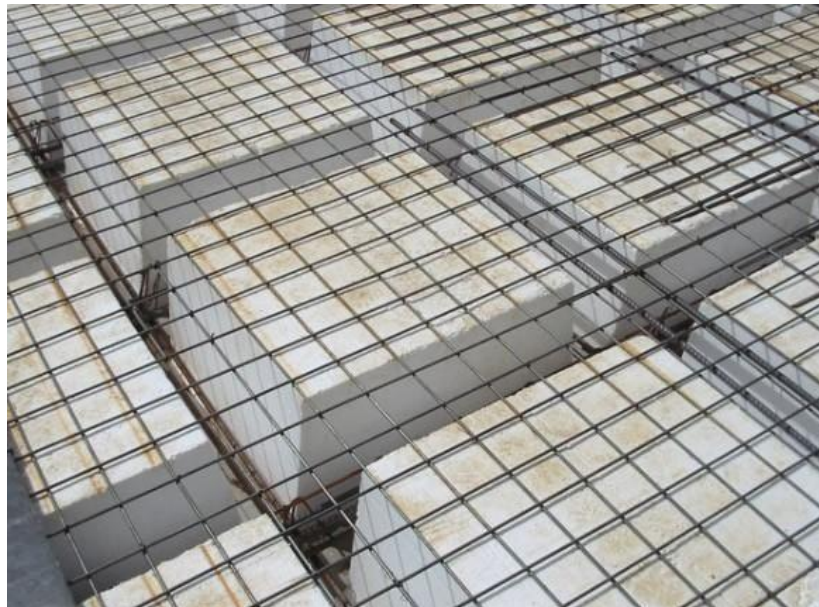
No entanto, o que as diferenciam é que as lajes maciças possuem uma região de concreto abaixo da linha neutra que fica sob efeito de tração devido aos esforços de flexão, sendo que apenas a parte de cima da laje (momentos positivos) que acaba ficando comprimida. A substituição do concreto, na região tracionada, por um material inerte, ou seja, servindo apenas de preenchimento e sem função estrutural, é o que caracteriza a laje como sendo nervurada, onde a função estrutural de resistir aos esforços de tração serão resistidos pelo aço da armadura contido nas nervuras (MACARINI, 2017).

Assim, podemos deduzir que a laje nervurada possui um peso próprio menor quando comparado a laje maciça devido a substituição do concreto, nas regiões tracionadas, por um material inerte.

“Os materiais inertes devem ter peso específico reduzido em comparação com o peso específico do concreto, podendo ser empregados tijolos cerâmicos furados, blocos de concreto leve, blocos de isopor, etc.” (ARAÚJO, 2010, p. 177).

Na figura 3, podemos observar um exemplo de material inerte muito utilizado em lajes nervradas.

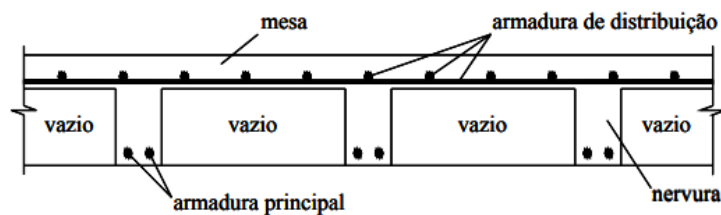
Figura 3 - Enchimento com blocos de EPS



Fonte: Cotanet (2022).

A figura 4, exemplifica um corte transversal de uma laje nervurada, em que é detalhado os seus elementos.

Figura 4 - Laje nervurada em corte transversal



Fonte: Silva (2005).

A ABNT NBR 6118:2014 (p. 97) define lajes nervuradas como sendo “lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”. As lajes nervuradas são utilizadas quando se procura reduzir as cargas na estrutura, economia no consumo de concreto e vencer grandes vãos.

Quando nos referimos a execução, as lajes nervuradas podem ser moldadas no local, onde é necessário a utilização de formas, escoramento e materiais de enchimento. Já nas lajes pré-moldadas, são utilizadas vigotas pré-moldadas como nervuras, que podem ser de concreto armado, protendido ou treliçado. (PORTO e FERNANDES, 2015).

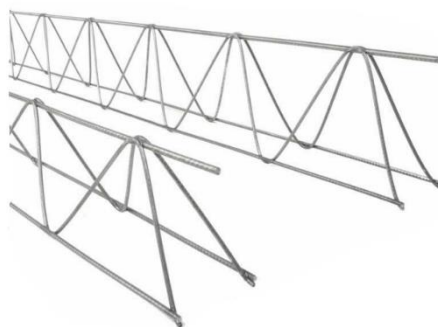
#### 2.4.2.1 Laje nervurada unidirecional com vigotas treliçadas

Nesse modelo de laje, as nervuras são compostas por vigotas pré-moldadas, que dispensam o uso tradicional das formas. As vigotas já possuem a capacidade de suportar o peso próprio e as ações construtivas, necessitando apenas de cimbramentos intermediários. Na fase construtiva, são posicionados os elementos de enchimento entres as vigotas. (PINHEIRO, 2010).

As vigotas treliçadas são formados por um fio superior em que, por meio de eletrosolda, são aderidas duas treliças em forma sinusoidal que são separadas por dois fios inferiores, também eletrosoldados a treliça sinusoidal, formando uma estrutura espacial de nós não articulados.

A figura 5 demonstra a forma espacial da treliça descrita anteriormente.

Figura 5 - Estrutura espacial da armação da treliça



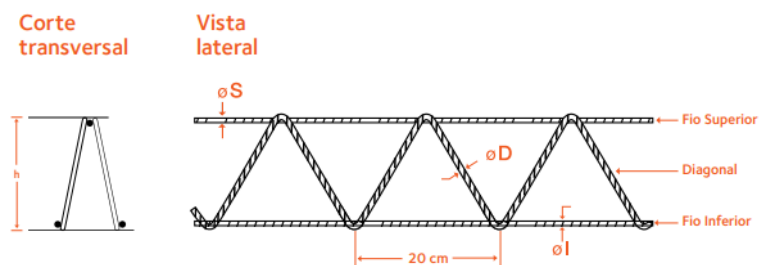
Fonte: Catálogo Técnico ArcelorMittal (2017).

A ArcelorMittal descreve, em seu catálogo, o funcionamento das treliças em uma laje:

- Os fios longitudinais superiores ( $\varnothing S$ ), além de garantirem rigidez ao conjunto, podem colaborar como armadura resistente ao momento fletor negativo após a retirada dos escoramentos e também como armadura de compressão durante a montagem e a concretagem da estrutura treliçada;
- As diagonais ( $\varnothing D$ ), além de colaborarem como armadura resistente à força cortante, servem para promover uma perfeita coesão entre o concreto do elemento pré-moldado e o concreto de capeamento;
- Os fios longitudinais inferiores ( $\varnothing I$ ) colaboram como armadura resistente ao momento fletor positivo.

A figura 6 mostra o detalhamento da treliça:

Figura 6 - Detalhamento da armadura treliçada

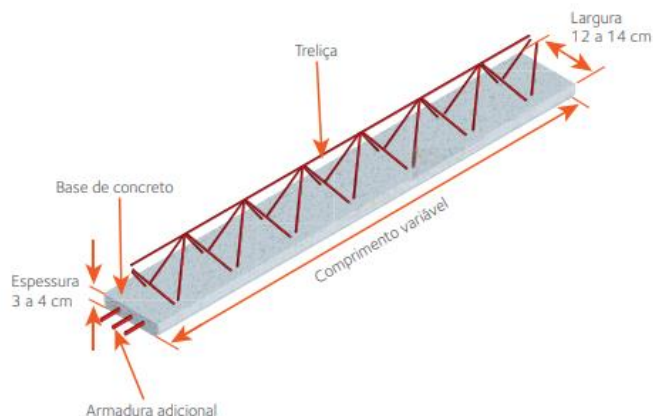


Fonte: Catálogo Técnico ArcelorMittal (2017).

As vigotas treliçadas formam um conjunto composto pela armação treliçada, ferragem adicional e a base de concreto. Ou seja, o produto final formado pelo conjunto descrito anteriormente é fornecido pelo fabricante ao cliente, juntamente com o material de enchimento determinado pelo projetista.

Na figura 7, é mostrado um exemplo do produto final descrito anteriormente.

Figura 7 - Exemplo do produto final de uma treliça pré-moldada (vigota treliçada)



Fonte: Catálogo técnico ArcelorMittal (2017).

A figura 8 apresenta como as vigotas podem ser denominadas no mercado. Porém, não necessariamente seguem o exposto na figura a seguir, podendo haver alterações de acordo com a necessidade do projeto.

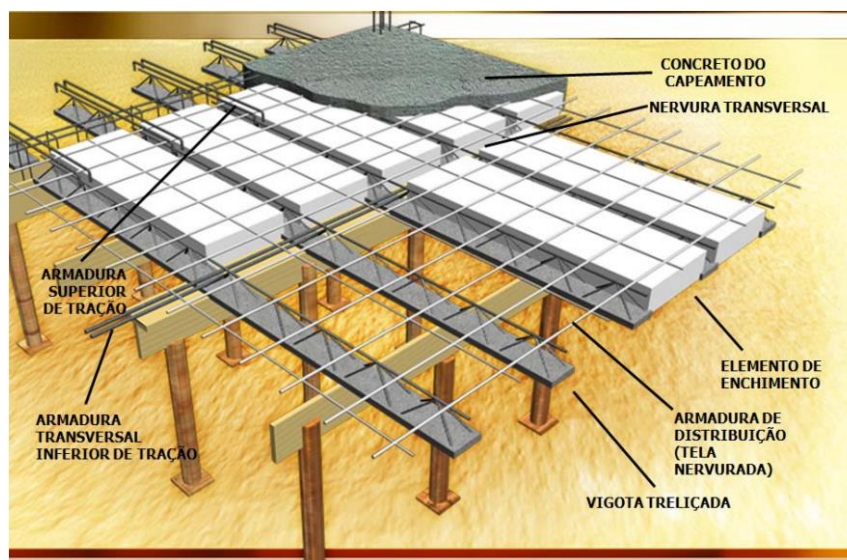
Figura 8 – Especificações das vigotas treliçadas

Modelo	Designação	Altura (h) (mm)	Composição/Fios			Peso linear (kg/m)
			Superior (ø S)	Diagonal (ø D)	Inferior (ø I)	
TB 8L	TR 8644	80	6,0	4,2	4,2	0,735
TB 8M	TR 8645	80	6,0	4,2	5,0	0,825
TB 12M	TR 12645	120	6,0	4,2	5,0	0,886
TB 12R	TR 12646	120	6,0	4,2	6,0	1,016
TB 16L	TR 16745	160	7,0	4,2	5,0	1,032
TB 16R	TR 16746	160	7,0	4,2	6,0	1,168
TB 20L	TR 20745	200	7,0	4,2	5,0	1,111
TB 20R	TR 20756	200	7,0	5,0	6,0	1,446
TB 25M	TR 25856	250	8,0	5,0	6,0	1,686
TB 25R	TR 25858	250	8,0	5,0	8,0	2,024
TB 30M	TR 30856	300	8,0	5,0	6,0	1,823
TR 30R	TR 30858	300	8,0	5,0	8,0	2,168

Fonte: Catálogo técnico ArcelorMittal (2017).

A figura 9 exemplifica o detalhamento de um modelo com laje nervurada unidirecional com vigotas treliçadas e enchimento de EPS.

Figura 9 – Detalhamento de um modelo com laje treliçada unidirecional



Fonte: Vizotto e Sartorti (2010).

O quadro 2 apresenta as características mais relevantes desse modelo de laje.

Quadro 2 – Vantagens e desvantagens da laje treliçada.

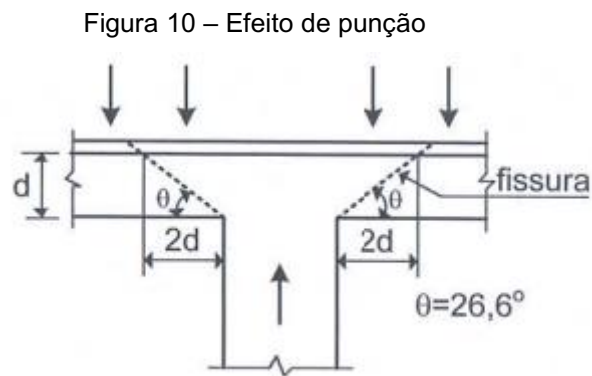
Vantagens	Desvantagens
Redução do peso da laje, o que resulta na possibilidade de vencer grandes vãos e consequentemente redução do peso total da estrutura;	Custo do transporte elevado em casos de distanciamento entre o fornecedor e o cliente;
Redução no consumo total de formas;	Necessidade de equipamentos para içamento das peças;
Sensível redução do escoramento, já que se recomenda apenas a colocação de escoras com travessas entre 1,05 e 1,90 metros, dependendo do tipo de escoramento (metálico ou madeira), durante a fase de cura do concreto;	Perda de material devido à possibilidade quebra dos blocos de enchimento;
Redução no prazo de entrega da obra;	Não indicada para o uso em balanço;
Reduz estoque e movimentação de materiais no canteiro de obras;	-
Redução do custo total da obra devido a não necessidade de mão de obra especializada (ferreiro, carpinteiro, etc.);	-

Fonte: Adaptado Muniz (1991 apud SPOHR, 2008).

#### 2.4.2.2 Laje nervurada bidirecional com cubetas plásticas

Esse modelo é caracterizado como uma alternativa viável quando se pretende vencer grandes vãos com o menor número de pilares. Uma característica deste modelo, é a possibilidade de realizar uma modelagem estrutural sem a necessidade de vigamento, fazendo com que a laje se apoie apenas sobre os pilares. Todavia, esta concepção estrutural precisa de atenção quanto aos efeitos de punção.

O efeito de punção ocorre quando ocorre a tendência do pilar “furar” a laje, devido às tensões de cisalhamento atuantes na área de influência do pilar. De acordo com Araújo (2010, p. 225) a ruptura por punção se dá pela propagação de fissuras inclinadas através da espessura da laje e com inclinações médias na ordem de  $26^\circ$ , assim como demonstrado na figura 10.



Fonte: Araújo (2010).

Na figura 11, é possível ver à ruína de uma estrutura devido ao efeito de punção.



Figura 11 – Ruína por punção



Fonte: Rabello (2010).

Os capitéis são elementos estruturais que possuem a função de transmissão de cargas provenientes da laje para os pilares, contribuindo no combate ao efeito de punção. A figura 12 ilustra uma estrutura com uso de capitéis.

Figura 12 – Laje nervurada com uso de capitéis



Fonte: Atex (2017).

As cubetas plásticas na confecção da laje exercem a função de fôrma e de material inerte reaproveitável. Ou seja, o uso de formas nesse modelo é muito baixo, em relação a laje maciça, necessitando apenas do cimbramento.

De acordo com Nakamura (2008), existem dois métodos de instalação das cubetas. O primeiro método construtivo é caracterizado pelo posicionamento das cubetas sobre um tablado de madeira, semelhante ao usado na laje maciça, este sendo apoiado nas vigas e escoras metálicas. Já o segundo método, as cubetas se apoiam em vigas metálicas, eliminando a necessidade do uso do tablado de madeira.

O segundo método pode ser executado com o auxílio de escoras e réguas de aço que servem de apoio e guia das fôrmas, que acabam facilitando a montagem. A laje nervurada é concretada diretamente sobre os barrotes, eliminando a necessidade de uso de formas de madeira. Este sistema acelera o processo da obra, proporcionando economia, rapidez e sustentabilidade.

Ainda segundo Nakamura (2008), as cubetas plásticas possuem uma massa de aproximadamente 3,3 kg, e são projetadas para resistir às cargas do concreto fresco, armaduras, pequenos equipamentos e operários sobre elas. Após o posicionamento das cubetas, deve ser aplicado um produto desmoldante que facilitará na hora da retirada das cubetas, tornando possível a reutilização das mesmas.

A figura 13 exemplifica o método construtivo em que as cubetas são apoiadas em vigas metálicas.

Figura 13 - Cubas apoiadas em vigas metálicas



Fonte: Atex (2017).

A figura 14 exemplifica o método construtivo em que as cubetas são posicionadas sobre um tablado de madeira.

Figura 14 - Cubetas distribuídas sobre fôrmas de madeira



Fonte: Clube do Concreto (2013).

Vale salientar que, as formas e escoramentos deverão ser dimensionadas e executadas de acordo com as prescrições da NBR 15696. O projeto deve ser aprovado formalmente pelo projetista da estrutura e é de responsabilidade do executante.

O quadro 3 apresenta as características mais relevantes desse modelo de laje.

Quadro 3 – Vantagens e desvantagens da laje com cubetas plásticas.

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Oferece funções de placa e chapa;	Elevado consumo de cubas plásticas, fôrmas e escoras;
Deve ser considerada bidirecional;	Elevado consumo de mão-de-obra referente às atividades dos profissionais: carpinteiro, armador, pedreiro e servente;
Bom desempenho em relação à capacidade de redistribuição dos esforços;	Significativo consumo de concreto e aço, com peso próprio elevado, cabendo otimização;
Possibilidade de reaproveitamento de fôrmas e cubas.	Demanda significativa espessura de capa de concreto para manter condição de cobrimento inferior e superior da armadura de distribuição (tela);
-	Demanda espaçadores adicionais para garantir adequado posicionamento das armaduras;
-	Opções de altura limitadas pela produção padronizada das cubetas plásticas;
-	Geralmente necessita de acabamento da face inferior com forro falso.

Fonte: adaptado Vizotto e Sartorti (2010).

#### 2.4.2.3 Recomendações de projeto segundo a ABNT NBR 6118:2014

Nessa seção, serão destacadas as recomendações prescritas pela norma ABNT NBR 6118:2014, para projetos de lajes nervuradas.

Quanto às dimensões limites, a ABNT NBR 6118:2014 destaca no item 13.2.4.2, que:

- A espessura da mesa quando não existem tubulações horizontais embutidas, deve ser maior ou igual a 1/15 da distância entre as faces das nervuras ( $l_0$ ) e não menor que 4 cm;
- O valor mínimo da espessura da mesa deve ser 5 cm, quando existirem tubulações embutidas de diâmetro menor ou igual a 10 mm. Para tubulações com diâmetro  $\emptyset$  maior que 10 mm, a mesa deve ter a

espessura mínima de  $4 \text{ cm} + \phi$ , ou  $4 \text{ cm} + 2 \phi$  no caso de haver cruzamento destas tubulações;

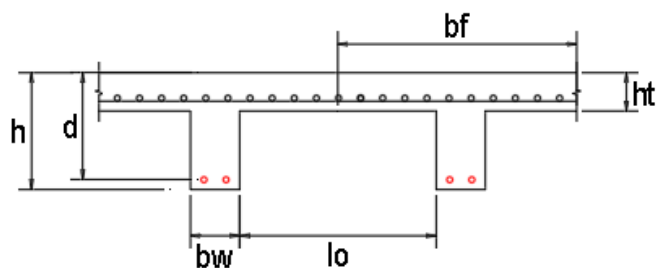
- O valor mínimo da espessura da mesa não deve ser inferior a 5 cm.

Ainda segundo a NBR 6118:2014, para projetos das lajes nervuradas, a ABNT NBR 6118:2014 prevê que:

- a) Para lajes com espaçamentos entre eixos de nervuras menor ou igual a 65 cm, pode ser dispensada a verificação da flexão da mesa, e para a verificação do cisalhamento da região das nervuras, permite-se a consideração de laje;
- b) Para lajes com espaçamento entre eixos de nervuras entre 65 cm e 110 cm, exige-se a verificação da flexão da mesa, e as nervuras devem ser verificadas ao cisalhamento como vigas; permite-se essa verificação como lajes se o espaçamento entre eixos de nervuras for até 90 cm e a largura média das nervuras for maior que 12 cm;
- c) Para lajes nervuradas com espaçamento entre eixos de nervuras maior que 110 cm, a mesa deve ser projetada como laje maciça, apoiada na grelha de vigas, respeitando-se os seus limites mínimos de espessura

A figura 15 apresenta uma seção transversal de uma laje nervurada e as dimensões abordadas pela NBR 6118:2014.

Figura 15 – Dimensões abordadas segundo a ABNT NBR 6118:2014



Fonte: Adaptado de Araújo (2010).

Onde:

$b_f$  = largura da mesa;

$b_w$  = espessura das nervuras;

$d$  = altura útil;

$h$  = altura da laje;

$h_t$  = espessura da mesa;

$l_o$  = distância entre as faces das nervuras.

## 2.5. Software Eberick

O software Eberick foi desenvolvido pela empresa brasileira AltoQi com o intuito de facilitar a criação de projetos estruturais em concreto armado, moldado “in loco”, pré-moldado, alvenaria estrutural e estruturas mistas.

Segundo a própria AltoQi,

*O Eberick possui um ambiente de CAD próprio, com recursos específicos para modelagem de pilares, vigas, lajes, escadas, fundações, reservatórios, muros e elementos de outros materiais. O modelo criado pode ser visualizado no pórtico 3D, facilitando o entendimento da geometria proposta. O sistema verifica os elementos para o Estado Limite Último e de Serviço (ELU e ELS), de acordo com as normas brasileiras.*

A ferramenta tem o intuito de auxiliar o engenheiro a ter mais precisão e agilidade nos projetos, melhorando assim a sua produtividade.

Podemos destacar as principais características do programa, segundo a AltoQi:

- Entrada de dados gráfica em ambiente de CAD integrado, com possibilidade de importação
- Entrada de dados gráfica em ambiente de CAD integrado, com possibilidade de importação da arquitetura em formato DXF;
- Visualização tridimensional da estrutura;
- Análise da estrutura em modelo de pórtico espacial, com verificação da estabilidade global;
- Possibilidade de modelar as ligações entre os elementos (rótulas, engastes, ligações semirrígidas);

- Possibilidade de analisar os painéis de lajes em um modelo de grelha plana, com discretização semi-automática;
- Possibilidade de analisar toda a estrutura em um modelo integrado contendo lajes, vigas e pilares;
- Dimensionamento dos elementos de acordo com a norma NBR 6118:2014;
- Detalhamento dos elementos com possibilidade de edição das armaduras e atualização da relação de aço;
- Geração de quantitativos de materiais por elemento, prancha, pavimento ou projeto;
- Geração de diversos diagramas, apresentando reações de lajes e vigas, deslocamentos em pavimentos, entre outros;
- Geração de relatórios formatados graficamente, em versão interna (visualização dentro do programa), em formato HTML (para leitura como página da Web) ou DOCX (para leitura em editores de texto);
- Geração de pranchas de formato configurável distribuindo os detalhamentos.

O Eberick utiliza na análise de pórtico espacial a hipótese de diafragma rígido, mesmo que as lajes não participem do modelo.

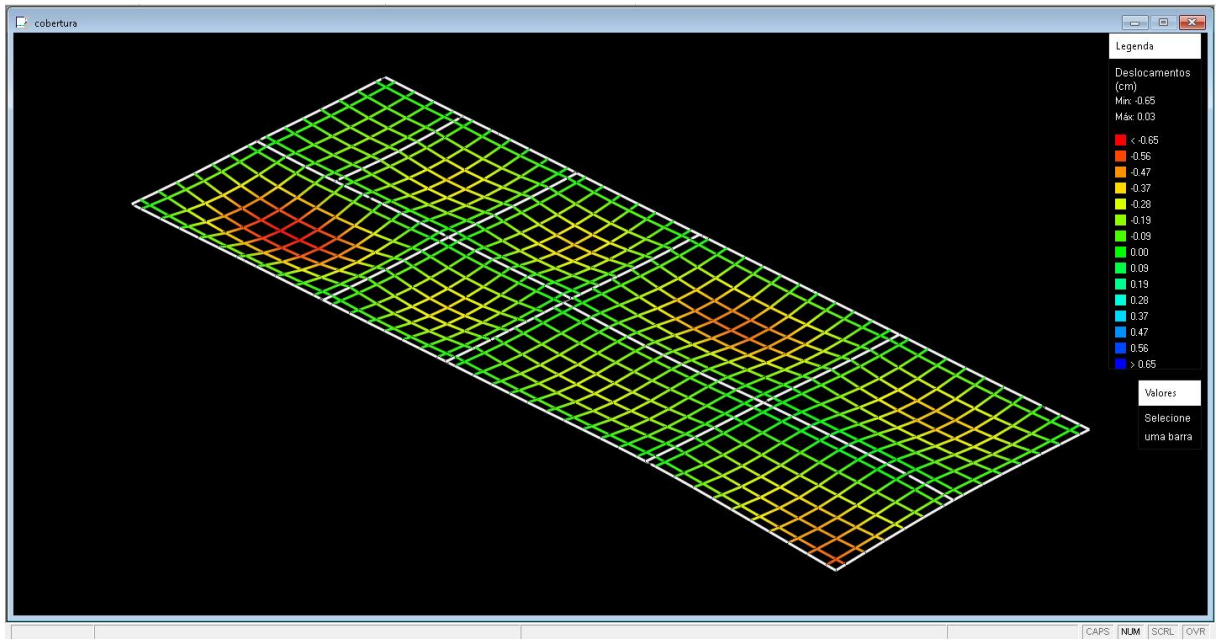
Segundo Spohr (2008, p. 53),

Essa hipótese considera as lajes infinitamente rígidas no seu plano, garantindo um comportamento mais real da estrutura no tocante aos deslocamentos horizontais. Cada laje presente no pavimento fornece ao pórtico uma restrição ao deslocamento horizontal dos nós no seu contorno, fazendo com que eles se desloquem em conjunto. Com o deslocamento restringido, não ocorrem cargas axiais nas barras pertencentes aos contornos das lajes.

Ainda sobre o Eberick, as lajes e vigas são representadas por uma grelha com faixas ortogonais e barras, respectivamente. Esse modelo utilizado pelo programa é chamado de “Analogia de grelha”. Essa analogia de grelhas é gerada pelo programa com o intuito de ser avaliado, pelo projetista, os possíveis deslocamentos, momentos fletores, esforços cortantes, etc.

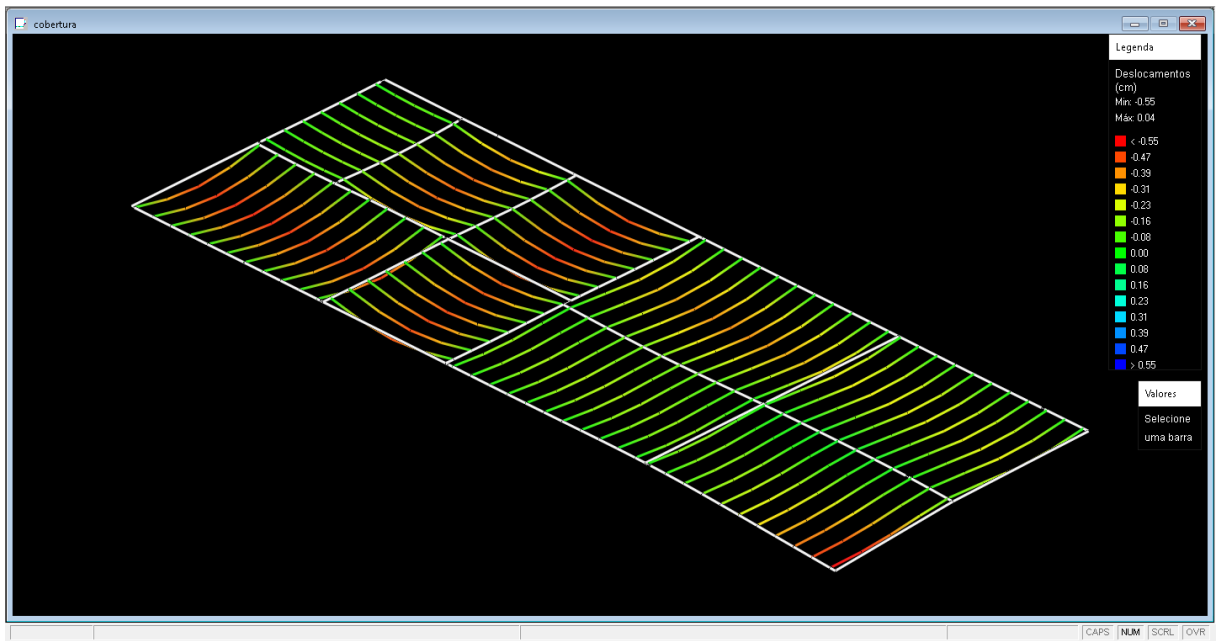
A figura 16, 17 e 18 demonstram como o programa representa a análise de grelhas para cada modelo de laje.

Figura 16 - Eberick: grelha das lajes maciças do pavimento cobertura



Fonte: Autor (2022).

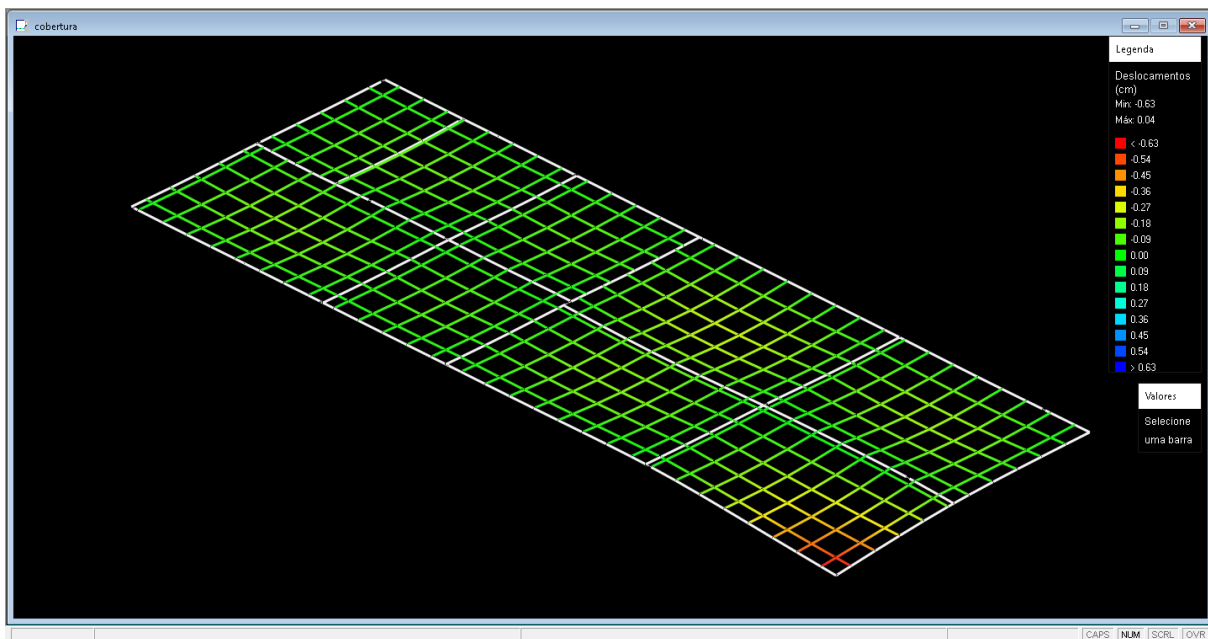
Figura 17 - Eberick: grelha das lajes treliçadas do pavimento cobertura



Fonte: Autor (2022).



Figura 18 - Eberick: grelha das lajes com cubetas plásticas do pavimento cobertura



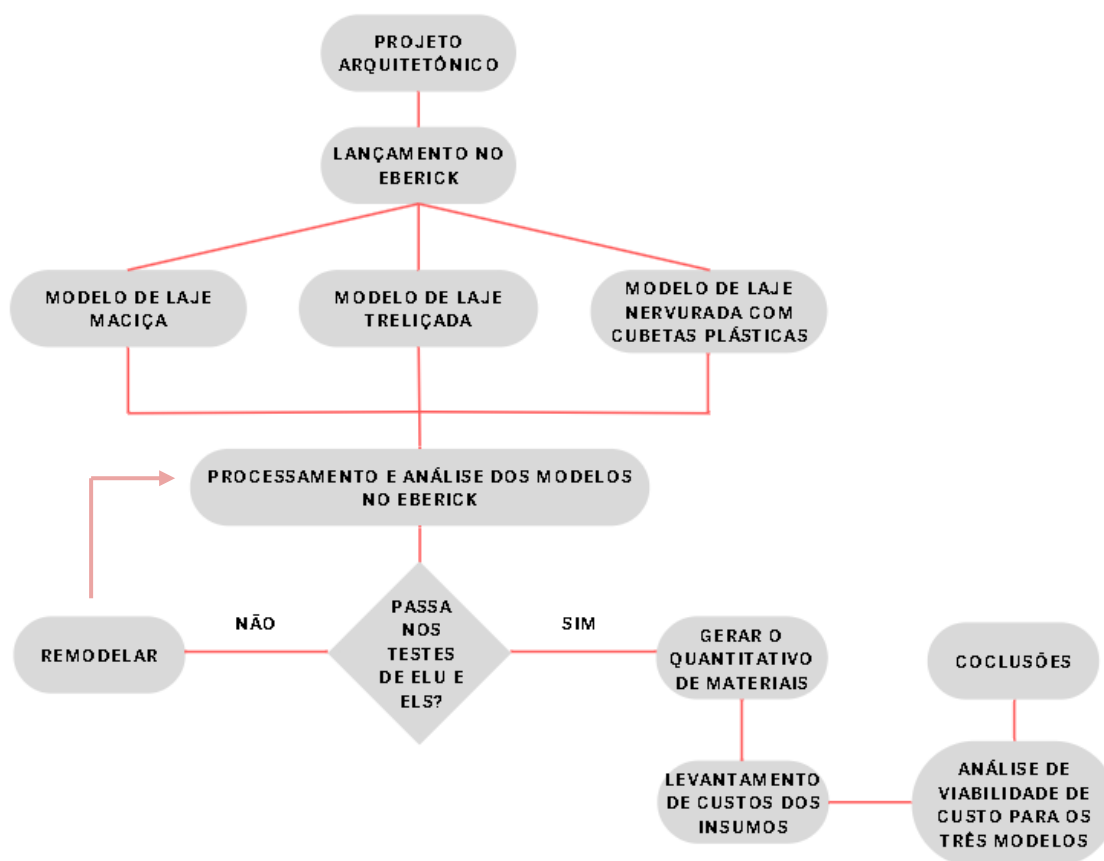
Fonte: Autor (2022).

### 3. METODOLOGIA

Nesta seção, será explicitado o passo a passo de todo o processo para a realização dos objetivos do projeto. Aqui, será exposto desde o objeto de estudo, configurações utilizadas, concepção utilizada e os meios para a realização dos custos finais da implantação de cada laje estudada.

As etapas metodológicas estão resumidas na forma de um fluxograma, assim como descrita na figura 19.

Figura 19 – Fluxograma de trabalho



Fonte: Autor (2022).

Primeiramente, foi disponibilizado o arquitetônico base para o estudo. No Eberick, foi realizado o lançamento do projeto arquitetônico para os três tipos de lajes estudadas. Posteriormente, foi realizado o processamento e análise das estruturas modeladas com o intuito de efetuar o dimensionamento no ELU e as verificações de ELS, de acordo com a ABNT NBR 6118. Em seguida, foram gerados os quantitativos de materiais que serão necessários para comparativo de viabilidade econômica entre

os três modelos, assim como as cargas transmitidas às fundações. Por fim, foi realizado um levantamento dos custos dos materiais em algumas lojas no município de Pombal/PB, e regiões próximas, para a composição dos custos finais e apresentação dos resultados do estudo.

### **3.1. Tipologia e concepção dos sistemas estruturais de projeto**

a) Sistema construtivo:

- Estrutura convencional com laje maciça;
- Estrutura convencional com laje nervurada unidirecional composta por vigotas treliçadas e enchimento de EPS;
- Estrutura convencional com laje nervurada bidirecional composta por cubetas plásticas.

b) Elementos considerados:

- Pilares, vigas, lajes e fundações.

c) Insumos envolvidos:

- Concreto;
- Aço;
- Formas;
- Materiais de enchimento.

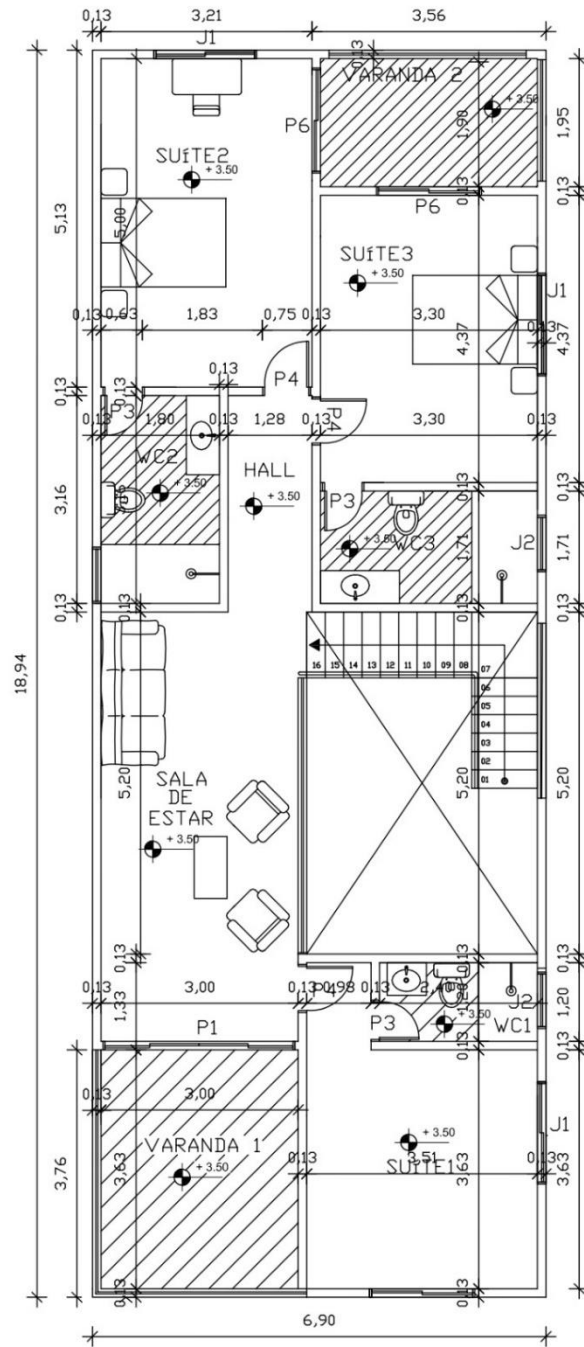
### **3.2. Edificação de projeto**

O projeto arquitetônico utilizado nesta pesquisa foi cedido pelo professor orientador Rivaldo da Silva Filho, docente da Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Pombal/PB.

O objeto de estudo se trata de um sobrado com dois pavimentos e 219,60 m<sup>2</sup> de área útil total, possuindo um pé-direito duplo de 6,00 m, duas varandas e um vão

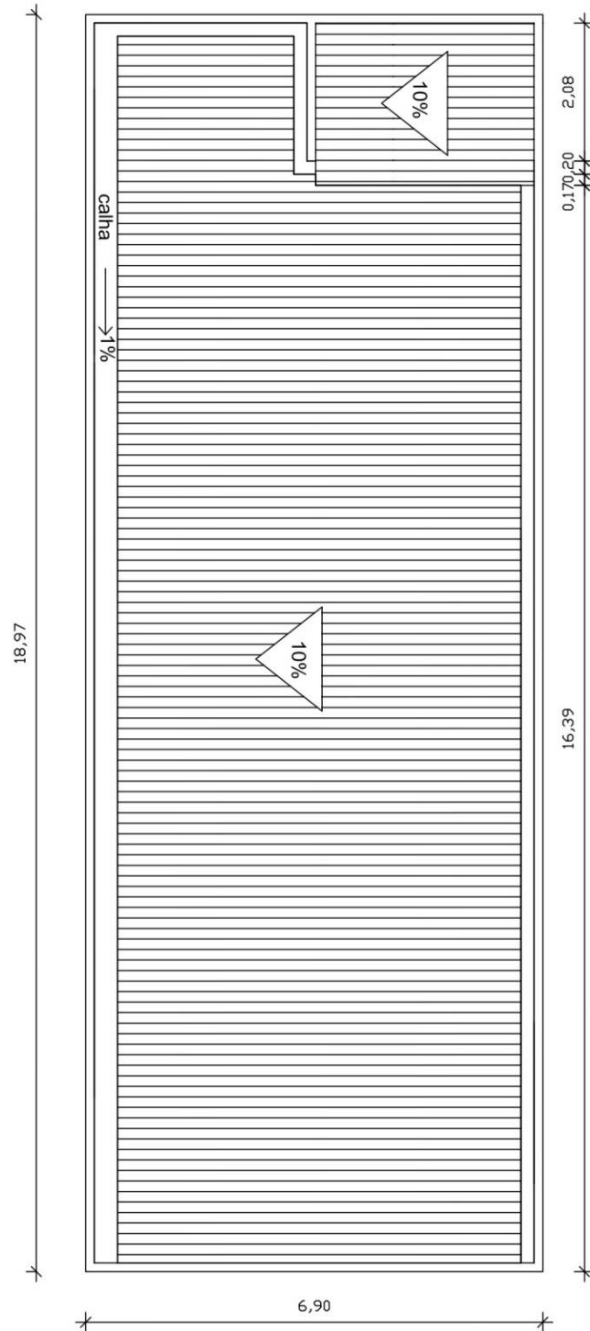


Figura 21 - Planta Baixa do Pavimento Superior



Fonte: Cedido por Rivaldo Filho (2022).

Figura 22 – Planta Baixa da Cobertura



Fonte: Cedido por Rivaildo Filho (2022).

### 3.3. Características do solo e fundações

Para o presente trabalho, foram considerados valores de pressão admissível, coesão e peso específico para um solo do tipo coesivo, que pode não condizer com a realidade do local. Porém, servirá de base para podermos continuar com o objetivo de realizar o estudo comparativo.

Os seguintes valores foram adotados,

- Pressão admissível - 2 kgf/cm<sup>2</sup> ou 0,2 MPa, aproximadamente;
- Coesão – 0,5 kgf/cm<sup>2</sup> ou 0,05 MPa, aproximadamente;
- Peso específico – 1600 kgf/m<sup>3</sup> ou 16 KN/m<sup>3</sup>, aproximadamente;

Foi adotado também o modelo de fundação rasa do tipo sapata isolada trapezoidal.

### 3.4. Dados de entrada adotados, materiais e cargas

Os dados de entrada definidos para o dimensionamento do projeto foram baseados na norma ABNT NBR 6118:2014. Portanto, foi possível determinar que a classe de agressividade ambiental, considerando que o sobrado esteja situado em urbana, se enquadra como classe II de acordo como exposto na figura 23.

Figura 23 - Classe de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup> Industrial <sup>a, b</sup>	Grande
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup> Respingos de maré	Elevado

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

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

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 6118:2014, é determinado o cobrimento mínimo, com base na classe de agressividade ambiental (CAA). Foi utilizado, no

presente estudo, um cobrimento nominal de 25 mm para lajes e 30 mm para vigas, pilares e sapatas.

A figura 24 mostra o cobrimento nominal para cada CAA.

Figura 24 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

<sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

<sup>b</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15$  mm.

<sup>c</sup> Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

A correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto estão previstas na ABNT NBR 6118, de acordo com a tabela 7.1.

A figura 25, representa a tabela descrita acima.

Figura 25 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e a qualidade do concreto

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

<sup>a</sup> O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

<sup>b</sup> CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

<sup>c</sup> CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.



Em relação ao concreto utilizado nas lajes, vigas, pilares e fundações foi adotado o C25. Ou seja, apresenta uma resistência à compressão característica de 25 MPa.

Para o agregado graúdo, foi adotado a brita 1. Ou seja, a dimensão do agregado é caracterizada por possuir diâmetros de no máximo 19 mm. As armaduras utilizadas no projeto foram os aços CA-50 e CA-60.

A figura 26 mostra como os dados foram lançados no Eberick.

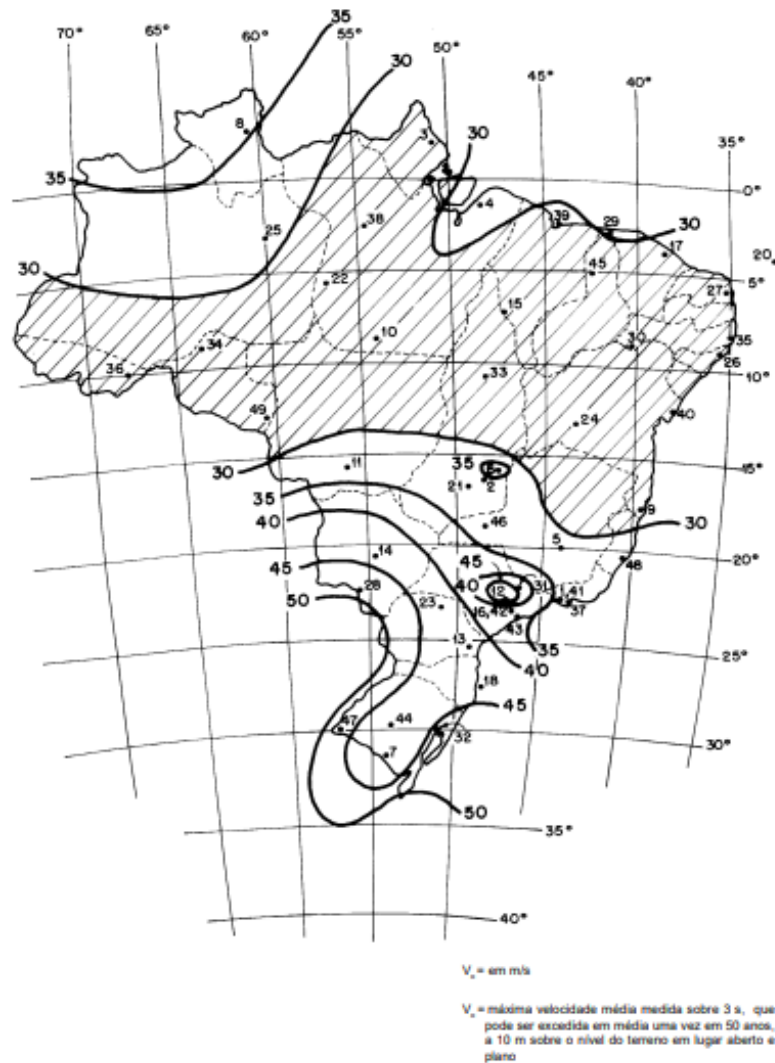
Figura 26 - Aba "Materiais e durabilidade" com o lançamento dos dados apresentados

Elementos	Concreto	Cobrimento (peças externas)	Cobrimento (peças internas)	Bitolas...
Vigas	C-25	3 cm	2.5 cm	Bitolas...
Pilares	C-25	3 cm	2.5 cm	Bitolas...
Lajes	C-25	2.5 cm		Bitolas...
Reservatórios	C-25	2.5 cm		Bitolas...
Blocos	C-25	3 cm		Bitolas...
Sapatas	C-25	3 cm		Bitolas...
Tubulões	C-25	3 cm		Bitolas...
Muros	C-25	3 cm		Bitolas...
Radier	C-25	3 cm		Bitolas...

Fonte: Autor (2022).

Em relação a velocidade do vento, foi adotado 30 m/s de acordo com a figura 27.

Figura 27 - Isopletas de velocidade básica do vento



Fonte: ABNT NBR 6123:1988.

Levando em consideração a região em que se localiza o sobrado, a ABNT NBR 6123:1988 fornece fatores de ponderação  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ . O primeiro se refere a topografia, o segundo se refere a rugosidade do terreno e o terceiro se refere a um fator estatístico que leva em consideração o grau de segurança requerido para a edificação.

A figura 28 demonstra como foram lançados os fatores no programa.

Figura 28 - Características adotadas no projeto para a ação dos ventos

Vento

Velocidade 30 m/s Mapa...

Edificação

Maior dimensão horizontal ou vertical Menor que 20 m

Rugosidade do terreno Categoria III

Aplicação do Vento

Direção X

Direção Y

Ângulo 0°

Forças...

Topografia

Encostas e cristas de morros em que ocorre aceleração do vento. Vales com efeito de afunilamento (S1 = 1.1)

Vales profundos, protegidos de todos os ventos (S1 = 0.9)

Demais casos (S1 = 1.0)

Fator Estatístico S3

Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicações, etc.): 1.10

Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação: 1.00

Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.): 0.95

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Autor (2022).

Já em relação às cargas, foi utilizado como referência a ABNT NBR 6120:2019, que estabelece as ações mínimas a serem consideradas no projeto de estruturas de edificações, para qualquer que seja sua classe e destino. As cargas permanentemente são aquelas em que atuam com valores praticamente constantes durante a vida da edificação. Ou seja, ações de peso próprio e demais elementos construtivos são exemplos de ações permanentes. Já as cargas acidentais são aquelas em que a atuação se dá em função do uso, como: pessoas, móveis, veículos e etc.

Na composição das cargas das lajes do pavimento superior e cobertura, foi levado em consideração as cargas de revestimento, cargas acidentais e carga extra referente ao telhado de fibrocimento com 5 mm de espessura e estrutura de madeira.

Os quadros de 4 a 5, demonstram os elementos que foram levados em consideração na composição das cargas de revestimento para o pavimento superior e cobertura, respectivamente:

Quadro 4 – Elementos considerados na composição das cargas de revestimento do pavimento superior

	ESPESSURA (cm)	PESO ESPECÍFICO (kgf/m <sup>3</sup> )
piso	1	1800
contra-piso	3	2100
impermeabilização	0,3	1200
regularização	0	2100
reboco	0	2100
forro-suspenso	1	2500

Fonte: Autor (2022).

Quadro 5 – Elementos considerados na composição das cargas de revestimento do pavimento cobertura

	ESPESSURA (cm)	PESO ESPECÍFICO (kgf/m <sup>3</sup> )
piso	0	1800
contra-piso	0	2100
impermeabilização	0,3	1200
regularização	0	2100
reboco	0	2100
forro-suspenso	1	2500

Fonte: Autor (2022).

Os quadros 6 e 7, representam os resultados das cargas que foram utilizados no dimensionamento das lajes do pavimento superior e cobertura, respectivamente:

Quadro 6 – Cargas utilizadas no pavimento superior

CÔMODO	CARGA ACIDENTAL (kgf/m <sup>2</sup> )	REVESTIMENTO (kgf/m <sup>2</sup> )	TOTAL (kgf/m <sup>2</sup> )
Varanda (1 e 2)	250	109,6	359,6
Suítes (1,2 e 3)	150		259,6
Sala de estar	150		
WC (2 e 3)	150		

Fonte: Autor (2022).

Quadro 7 – Cargas utilizadas no pavimento cobertura.

	CARGA ACIDENTAL (kgf/m <sup>2</sup> )	REVESTIMENTO (kgf/m <sup>2</sup> )	CARGA EXTRA - TELHADO (kgf/m <sup>2</sup> )	TOTAL (kgf/m <sup>2</sup> )
Laje - cobertura	100	28,6	40	168,6

Fonte: Autor (2022).

Para as cargas de alvenaria foi considerado um bloco de cerâmica vazado de 9x19x19 (9cm + 3x3cm). A razão carga por área, 160 kgf/m<sup>2</sup>, e a espessura do enchimento, 0,15 m, resultou em um peso específico de 1066,7 kgf/m<sup>3</sup>. Portanto, a composição das cargas de alvenaria se dá por um peso específico de 1066,7 kgf/m<sup>3</sup> com espessuras de 15 cm e pé direito de 3,00 metros, assim como observado, de maneira exemplificada, na figura 29.

Figura 29 – Exemplo de dado de entrada para carga de alvenaria no Eberick

Parede

**Dimensões**

Altura  cm

Espessura  cm

Peso  kgf/m<sup>3</sup>

Carga total  kgf/m

**Aberturas**

Fonte: Autor (2022).

Com todos os parâmetros definidos, foi iniciado o processamento para a verificação de possíveis erros. Após o processamento, foram realizadas as análises de Estado Limites Últimos (ELU) e Estado Limites de Serviço (ELS) por meio da análise de grelha não linear. Com os resultados positivos apresentados, foi possível passar para a etapa de custos.

### 3.5. Critérios para o cálculo dos custos

A realização de orçamento de obras é uma tarefa que requer um grau elevado de complexidade, visto que o custo final depende de variáveis que muitas vezes nos passam despercebidas.

Para o presente trabalho, a orçamentação irá considerar os custos empregados na confecção das vigas, lajes, pilares e fundações. Ou seja, as composições dos custos estão relacionadas apenas aos insumos intrínsecos à confecção dos elementos anteriormente citados.

Os custos dos materiais utilizados (concreto, aço e formas) foram cotados no município de Pombal-PB, e regiões próximas, no mês de novembro de 2022.

#### 3.5.1. Custo dos insumos que serão utilizados no projeto

##### 3.5.1.1. Concreto

O concreto escolhido para o projeto foi o usinado com as seguintes características:

- Concreto usinado fck = 25 MPa (bombeado);
- Brita 1 (B1) e slump 10 (+/- 2) cm.

Foi realizada a cotação em duas concreteiras que se localizam em regiões próximas ao município de Pombal/PB. Os valores obtidos para o concreto de 25 MPa, por metro cúbico, R\$/m<sup>3</sup>, estão descritos conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Cotação concreto 25 MPa B1 c/ slump 10 (+/-2) cm

CONCRETEIRAS	CUSTO (R\$/m <sup>3</sup> )
Concreteira 1	570,00
Concreteira 2	575,00

Fonte: Autor (2022).

A bomba de concretagem possui um valor fixo de R\$ 800,00, em ambas as concreteiras. Para o adensamento do concreto, foi incluído um vibrador para concreto AR 36 mm. A sua função, é eliminar os possíveis vazios que se misturam ao concreto

fresco durante a concretagem. O aluguel do equipamento, citado anteriormente, tem um custo de R\$ 50,00/dia, no município de Pombal/PB.

### 3.5.1.2. Aço

Foi realizada a cotação em três lojas de materiais de construção no município de Pombal/PB, no qual a venda é realizada com vergalhões a partir de 12 metros de comprimento. Obteve-se os seguintes valores para vergalhões de 12 metros apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Cotação do aço em relação a cada loja

AÇO	BITOLA (mm)	LOJA 1	LOJA 2	LOJA 3
		PREÇO (R\$/uni)	PREÇO (R\$/uni)	PREÇO (R\$/uni)
CA-60	5,0	30,00	27,00	28,00
CA-50	6,3	32,90	34,00	33,00
CA-50	8,0	38,90	39,00	40,00
CA-50	10,0	54,50	56,00	54,00
CA-50	12,5	87,90	88,00	89,00

Fonte: Autor (2022).

Na tabela 3 é mostrado a massa, em média, do vergalhão de 12 metros para cada diâmetro correspondente.

Tabela 3 – Massa do aço de acordo com seus respectivos diâmetros

<b>AÇO</b>	<b>BITOLA (mm)</b>	<b>Massa (kg/uni)</b>
CA-60	5,0	1,85
CA-50	6,3	2,94
CA-50	8,0	4,74
CA-50	10,0	7,41
CA-50	12,5	11,56

Fonte: Vilamateriais (2022).

Já para o arame usado para amarração de formas de madeira e das armaduras, serão: o Arame recozido BWG 12 rolo de 1 kg e o Arame recozido torcido BWG 18 rolo de 1 kg, respectivamente. A tabela 4 representa os preços dos insumos, citados anteriormente, e também, dos pregos que serão utilizados na confecção das caixarias cotadas em três lojas na cidade de Pombal-PB.

Tabela 4 - Cotação do arame para amarração e pregos

<b>TIPO</b>	<b>LOJA 1</b>	<b>LOJA 2</b>	<b>LOJA 3</b>
	<b>PREÇO (R\$/uni)</b>	<b>PREÇO (R\$/uni)</b>	<b>PREÇO (R\$/uni)</b>
ARAME RECOZIDO TORCIDO BWG 18 – 1.24 mm – 1kg p/ armadura	22,00	23,50	22,50
ARAME RECOZIDO BWG 12 – 2.7 mm – 1kg p/ caixaria	21,59	19,89	19,38
Prego com cabeça 1kg - 17x21	18,00	22,90	20,42
Prego com cabeça 1kg - 17x27	17,63	19,62	16,47
Prego com cabeça 1kg - 18x27	29,73	21,95	21,80

Fonte: Autor (2022).



### 3.5.1.3. Formas e escoras

Os custos dos materiais de madeira que serão necessários para a confecção das formas, estão apresentados na tabela 5 a seguir.

Tabela 5 - Cotação dos insumos relacionados as caixarias

TIPO	LOJA 1	LOJA 2	LOJA 3
	PREÇO (R\$/uni)	PREÇO (R\$/uni)	PREÇO (R\$/uni)
Desmoldante Desmol CD 3,6L	71,44	74,31	75,33
Espaçador de 25 mm (500 pçs)	114,00	117,50	115,49
Espaçador de 30 mm (500 pçs)	135,00	127,99	126,89
Compensado plastificado 14 mm (2200 x 1100 x 14)	176,79	180,00	177,80
Tábua – Pinus - 2,5x30x300	43,80	45,00	43,00
Sarrafo – Pinus - 2,5x10x300	11,64	12,50	12,30
Sarrafo – Pinus - 2,5x5x300	5,85	6,00	6,10
Sarrafo – Pinus - 7,5x7,5x300	48,59	47,27	52,89

Fonte: Autor (2022).

Os custos do aluguel das escoras e torres, estão dispostas na tabela 6. Vale salientar, que o aluguel é referente a 30 dias do uso do produto. Ou seja, para questões de contabilização, será considerado o mês contendo 30 dias.

Tabela 6 - Aluguel das escoras

TIPO	LOJA 1
	PREÇO (R\$/uni/mês)
Escoras / Torres	6,50 / 385,90

Fonte: Autor (2022).

Vale salientar que as escoras, citadas anteriormente, são de natureza metálica. Ou seja, a capacidade de suportar cargas axiais são conhecidas e fornecidas pelo

fabricante. As escoras escolhidas para o referido trabalho conseguem suportar uma carga axial de 1100 kg e possuem uma altura de até 3,20 m.

A escora do tipo torre metálica será usada para apoiar a laje 7 da cobertura, devido ao pé direito duplo de 6,00 m, e suporta 80 kN de carga axial. As plantas dos modelos estudados poderão ser consultadas na seção de anexos.

#### 3.5.1.4. Vigota treliçada, enchimento de EPS e cubetas plásticas

Os materiais necessários para a confecção das lajes nervuradas unidirecionais e bidirecionais, são realizados sob encomenda, nas lojas fornecedoras no município de Pombal-PB, tornando-se exequível a confecção dos modelos anteriormente citados, na região.

Os custos das vigotas treliçadas estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Custo das vigotas treliçadas

TIPO	LOJA 1
	PREÇO (R\$/m)
TR 08645	15,96
TR 12646	21,96

Fonte: Autor (2022).

Os custos dos enchimentos de EPS para laje nervurada unidirecional de vigota treliçada estão dispostos na tabela 8.

Tabela 8 – Custo enchimento EPS unidirecional

TIPO	LOJA 1
	PREÇO (R\$/uni)
EPS B8/40/100	12,30
EPS B12/40/100	16,99

Fonte: Autor (2022).

Onde os números representam a altura, largura e comprimento do enchimento, em centímetros, respectivamente. A figura 30 exemplifica o exposto:

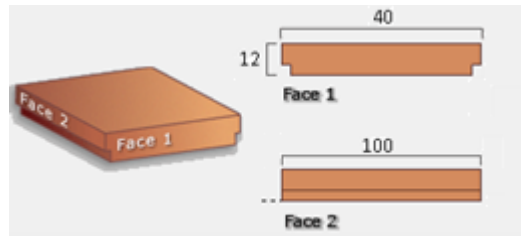
Figura 30 – Dimensões do enchimento de EPS para lajes treliçadas

Onde:

Altura = 12 cm;

Largura = 40 cm;

Comprimento = 100 cm.



Fonte: Adaptado do Eberick (2022).

Os custos do aluguel das cubetas plásticas necessárias para a confecção da laje nervurada bidirecional estão dispostas na tabela 9.

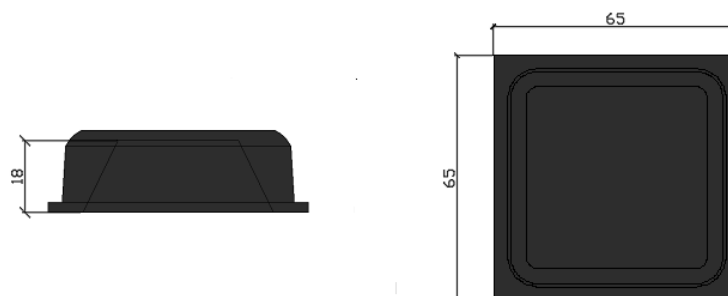
Tabela 9 – Custo das cubetas plásticas para laje nervurada bidirecional

TIPO	LOJA 1
	PREÇO (R\$/uni)
Cubeta – B18/65/65	8,00
Cubeta – B18/65/32.5	8,00

Fonte: Autor (2022).

Onde os números representam a altura, largura e comprimento da cubeta plástica, em centímetros, respectivamente. A figura 31 exemplifica o exposto.

Figura 31 – Dimensões das cubetas plásticas



Fonte: Adaptado de Atex (2017).

### **3.5.2. Composição dos custos para cada modelo estrutural**

Para cada modelo estrutural, foi realizada uma composição de custos que discretizaram cada insumo que seria utilizado na sua execução.

Devido às características da escada e reservatório serem iguais para os três modelos estruturais estudados, os insumos que seriam necessários para a confecção dos mesmos não serão incluídos no quadro de quantitativos que servirá de base para comparação entre os modelos. Desta forma, o comparativo será focado, exclusivamente, na análise da estrutura em função do tipo de laje em questão.

As composições citadas estão dispostas nos apêndices A, B e C. Já os quantitativos gerais que servirão para a análise de cada modelo em estudo, serão dispostos na seção de resultados e discussões.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

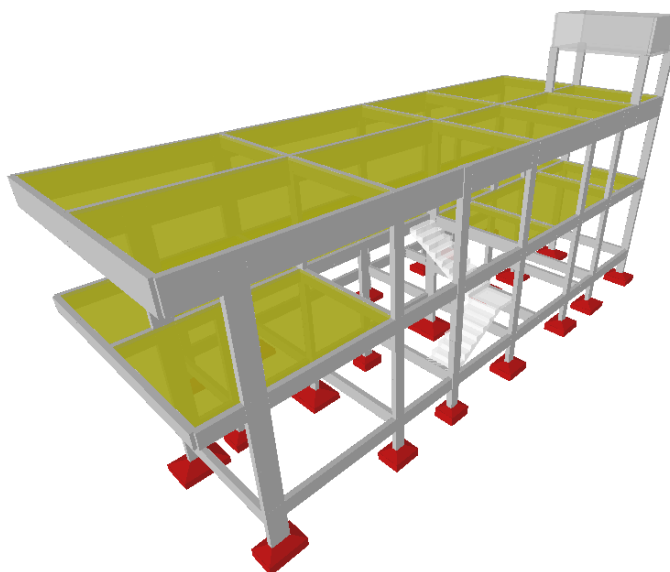
Nessa seção do trabalho, serão apresentados os resultados em relação ao quantitativo de materiais utilizados e as devidas comparações para cada modelo de laje estudado.

### **4.1. Sistema com laje maciça**

Neste modelo, foram usadas alturas de lajes distintas entre os pavimentos. No pavimento superior, foi utilizado uma altura de 10 cm. Enquanto que no pavimento cobertura, foi utilizado uma altura de 8 cm.

Os resultados gerados a partir do dimensionamento, via software Eberick, serão dispostos nesta seção. A concepção adotada para o projeto, usando o sistema de laje maciça, é demonstrada pelo modelo 3D apresentado na figura 32.

Figura 32 – Modelo 3D do sistema de laje maciça



Fonte: Autor (2022).

O volume de concreto e área de forma usado para a confecção das vigas, pilares e lajes, para cada pavimento, são apresentados no quadro 8 a seguir.

Quadro 8 – Consumo de concreto e madeira para cada elemento estrutural por pavimento (laje maciça)

Pavimento	Elemento	Volume de concreto (m <sup>3</sup> )	Área de forma (m <sup>2</sup> )
cobertura	Vigas	8,2	124,0
	Pilares	2,8	54,0
	Lajes	9,5	118,2
	Total	20,5	296,2
superior	Vigas	5,9	94,0
	Pilares	3,3	63,4
	Lajes	10,0	100,2
	Total	19,3	257,6
térreo	Vigas	6,2	98,3
	Pilares	1,6	31,2
	Fundações	5,7	18,2
	Total	13,5	147,7

Fonte: Autor (2022).

O quadro 9 apresenta o resumo de todo o aço, por diâmetro, utilizado na confecção de cada elemento estrutural, em kg. Para a contabilização do consumo foi considerado uma margem, para cima, de 10%. Ou seja, Peso + 10%.

Quadro 9 – Resumo do aço (laje maciça)

Aço	Diâmetro	Peso + 10 % (kg)				
		Vigas	Pilares	Lajes	Fundações	Total
CA50	6,3	116,7	-	271,9	-	388,6
CA50	8,0	569,3	-	182,3	170,9	922,6
CA50	10,0	76,9	545,1	24,4	36,2	682,6
CA50	12,5	43,4	22,7	-	-	66,1
CA60	5,0	235,4	203,1	602,8	-	1041,2

Fonte: Autor (2022).

O quadro 10 apresenta todo o consumo de materiais utilizados no modelo estrutural com laje maciça.

Quadro 10 – Consumo total de materiais (laje maciça)

		Vigas	Pilares	Lajes	Fundações	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	806,3	567,8	478,6	207,2	2059,9
	CA60	235,4	203,1	602,8	-	1041,2
	Total	1041,7	770,9	1081,4	207,2	3101,1
Volume concreto (m <sup>3</sup> )	C-25	20,3	7,8	19,5	5,7	53,3
Área de forma (m <sup>2</sup> )		316,2	148,6	218,3	18,2	701,4

Fonte: Autor (2022).

Portanto, podemos observar que o custo total para implantação do sistema de laje maciça, para o projeto em questão, é de R\$ 110.664,22, segundo a composição descrita no apêndice A.

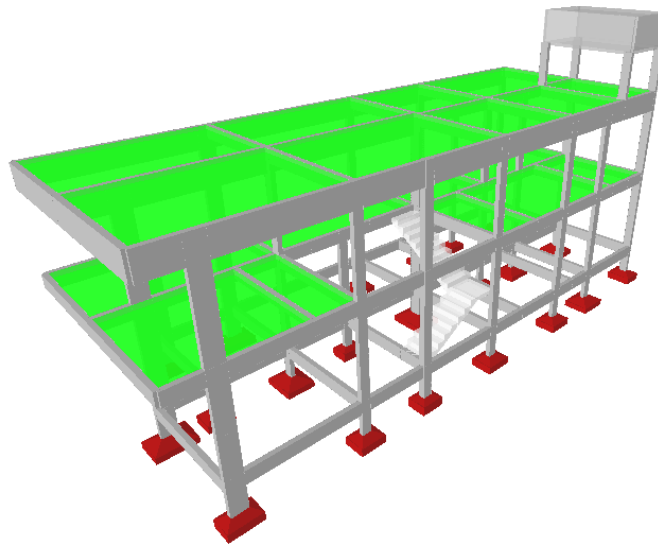
A carga máxima que a estrutura aplica no solo é de 266.107,34 kgf. O relatório de cargas nas fundações para este modelo estrutural está disposto no apêndice D.

#### 4.2. Sistema com laje nervurada com vigota treliçada

Neste modelo, foram usados dois modelos de vigotas treliçadas: para o pavimento superior, foi utilizado o TR 12646 com altura da capa de 4 cm; no pavimento cobertura, foi utilizado o TR 08645 com altura da capa de 4 cm. Os blocos de enchimento de EPS usados no projeto foram: EPS B12/40/100, para o pavimento superior; EPS B8/40/100, para o pavimento cobertura.

Os resultados gerados a partir do dimensionamento, via software Eberick, serão dispostos nesta seção. A concepção adotada para o projeto, usando o sistema de laje treliçada, é demonstrada pelo modelo 3D apresentado na figura 33.

Figura 33 – Modelo 3D do sistema de laje treliçada



Fonte: Autor (2022).

O volume de concreto e área de forma usado para a confecção das vigas, pilares e lajes, para cada pavimento, são apresentados no quadro 11 a seguir.

Quadro 11 – Consumo de concreto e madeira para cada elemento estrutural por pavimento (laje treliçada)

Pavimento	Elemento	Volume de concreto (m <sup>3</sup> )	Área de forma (m <sup>2</sup> )
cobertura	Vigas	8,2	124,0
	Pilares	2,8	54,0
	Lajes	5,8	0,0
	Total	16,9	178,0
superior	Vigas	6,1	96,8
	Pilares	3,3	63,4
	Lajes	5,6	0,0
	Total	15,1	160,2
térreo	Vigas	6,2	98,3
	Pilares	1,6	31,2
	Fundações	5,4	17,8
	Total	13,2	147,3

Fonte: Autor (2022).

O quadro 12 apresenta o resumo de todo o aço, por diâmetro, utilizado na confecção de cada elemento estrutural, em kg. Para a contabilização do consumo foi considerado uma margem, para cima, de 10%. Ou seja, Peso + 10%.

Quadro 12 – Resumo do aço (laje treliçada)

Aço	Diâmetro	Peso + 10 % (kg)				
		Vigas	Pilares	Lajes	Fundações	Total
CA50	6,3	128,8	-	86,3	-	215,1
CA50	8,0	554,1	-	7,7	169,0	730,8
CA50	10,0	83,4	528,5	-	26,8	638,7
CA50	12,5	26,4	22,7	-	-	49,0
CA60	5,0	238,6	202,6	45,1	-	486,2

Fonte: Autor (2022).

O quadro 13 apresenta todo o consumo de materiais utilizados no modelo estrutural com laje nervurada unidirecional com vigotas treliçadas.

Quadro 13 – Consumo total de materiais (laje treliçada)

		Vigas	Pilares	Lajes	Fundações	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	792,7	551,1	94,0	195,8	1633,6
	CA60	238,6	202,6	45,1	-	486,2
	Total	1031,3	753,7	139,0	195,8	2119,8
Volume concreto (m³)	C-25	20,5	7,8	11,4	5,4	45,2
Área de forma (m²)		319,1	148,6		17,8	485,5

Fonte: Autor (2022).

Portanto, podemos observar que o custo total para implantação do sistema de laje nervurada unidirecional com vigotas treliçadas, para o projeto em questão, é de R\$ 94.290,99, segundo a composição descrita no apêndice B.

A carga máxima que a estrutura aplica no solo é de 249.317,86 kgf. O relatório de cargas nas fundações para este modelo estrutural está disposto no apêndice E.

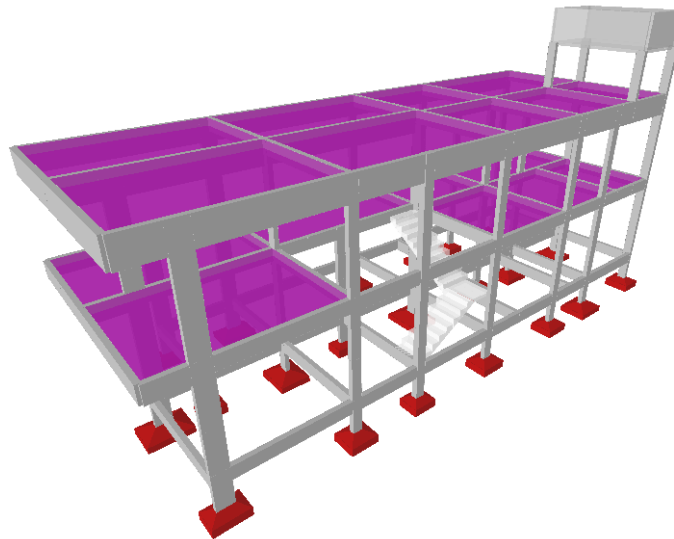
#### 4.3. Sistema com laje nervurada com cubetas plásticas

Neste modelo, foram utilizadas as seguintes cubetas plásticas: Cubeta – B18/65/65 e a Cubeta – B18/65/32. Ambas foram usadas nos dois pavimentos e com uma capa de 5 cm.

Os resultados gerados a partir do dimensionamento, via software Eberick, serão dispostos nesta seção. A concepção adotada para o projeto, usando o sistema de laje nervurada com cubetas plásticas, é demonstrado pelo modelo 3D apresentado na figura 34.



Figura 34 – Modelo 3D do sistema de laje nervurada com cubetas plásticas



Fonte: Autor (2022).

O volume de concreto e área de forma usado para a confecção das vigas, pilares e lajes, para cada pavimento, são apresentados no quadro 14 a seguir.

Quadro 14 – Consumo de concreto e madeira para cada elemento estrutural por pavimento (laje com cubetas plásticas)

Pavimento	Elemento	Volume de concreto (m <sup>3</sup> )	Área de forma (m <sup>2</sup> )
cobertura	Vigas	8,2	124,0
	Pilares	2,8	54,0
	Lajes	12,2	0,0
	Total	23,3	178,0
superior	Vigas	6,1	96,4
	Pilares	3,3	63,4
	Lajes	10,3	0,0
	Total	19,8	159,9
térreo	Vigas	6,2	98,3
	Pilares	1,6	31,2
	Fundações	5,8	18,2
	Total	13,6	147,7

Fonte: Autor (2022).

O quadro 15 apresenta o resumo de todo o aço, por diâmetro, utilizado na confecção de cada elemento estrutural, em kg. Para a contabilização do consumo foi considerado uma margem, para cima, de 10%. Ou seja, Peso + 10%.

Quadro 15 – Resumo do aço (Laje com cubetas plásticas)

Aço	Diâmetro	Peso + 10 % (kg)				
		Vigas	Pilares	Lajes	Fundações	Total
CA50	6,3	128,4	-	-	-	128,4
CA50	8,0	567,3	-	226,9	183,5	977,7
CA50	10,0	59,3	533,1	151,3	29,2	772,9
CA50	12,5	46,5	26,2	59,1	-	131,7
CA60	5,0	233,6	203,2	380,8	-	817,6

Fonte: Autor (2022).

O quadro 16 apresenta todo o consumo de materiais utilizados no modelo estrutural com laje nervurada bidirecional com cubetas plásticas, com o devido acréscimo de consumo de forma explicado anteriormente.

Quadro 16 - Consumo total de materiais (laje com cubetas plásticas)

		Vigas	Pilares	Lajes	Fundações	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	801,5	559,3	437,3	212,7	2010,7
	CA60	233,6	203,2	380,8	-	817,6
	Total	1035,1	762,5	818,2	212,7	2828,4
Volume concreto (m <sup>3</sup> )	C-25	20,5	7,8	22,5	5,8	56,7
Área de forma (m <sup>2</sup> )		318,7	148,6	-	18,2	485,6

Fonte: Autor (2022).

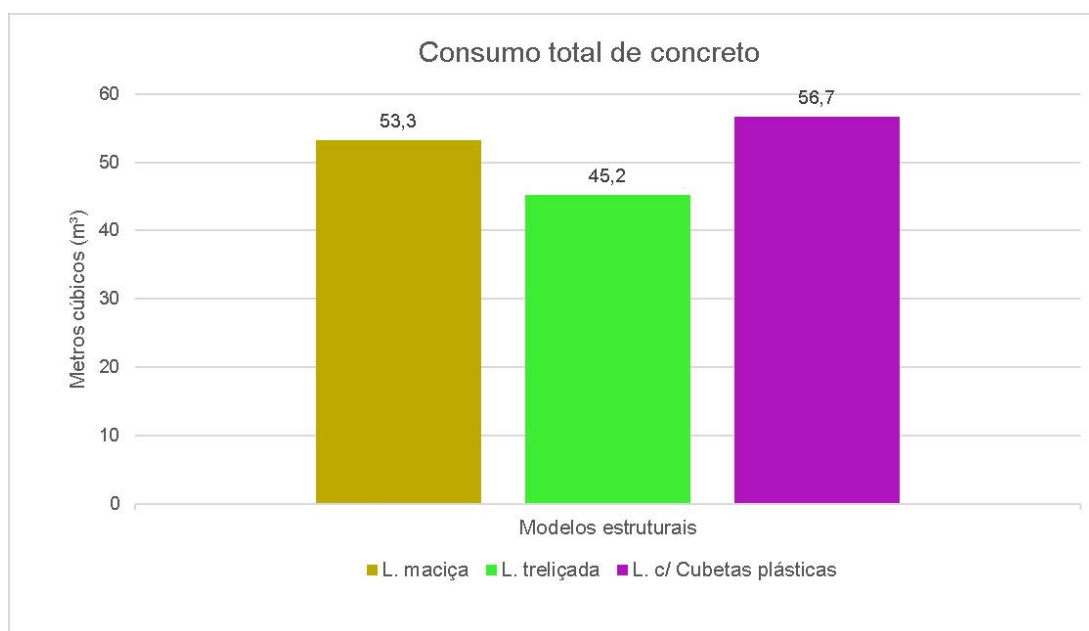
Portanto, podemos observar que o custo total para implantação do sistema de laje nervurada bidirecional com cubetas plásticas, para o projeto em questão, é de R\$ 101.348,59, segundo a composição descrita no apêndice C.

A carga máxima que a estrutura aplica no solo é de 275.419,56 kgf. O relatório de cargas nas fundações para este modelo estrutural está disposto no apêndice F.

#### 4.4. Análise comparativa entre os três modelos estruturais de lajes

O gráfico 1 apresenta o comparativo do consumo total de concreto dos modelos de laje maciça, nervurada unidirecional treliçada com enchimento de EPS e nervurada bidirecional com cubetas plásticas.

Gráfico 1 - Comparativo de consumo de concreto

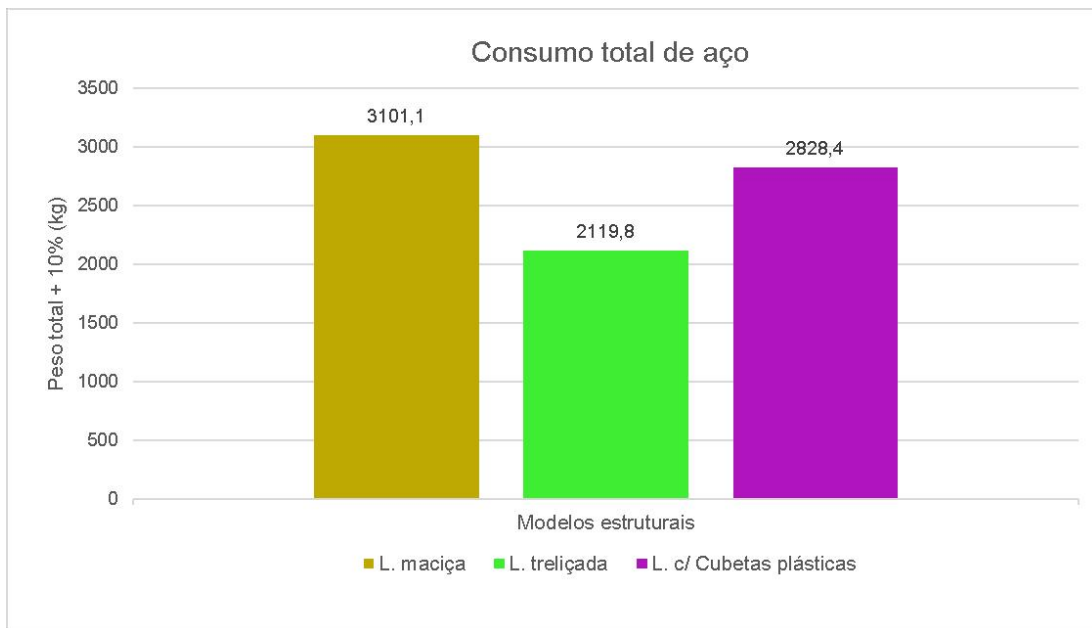


Fonte: Autor (2022).

Tendo como parâmetro o modelo de laje maciça, é possível observar que o modelo estrutural com laje treliçada apresentou um consumo de concreto relativamente reduzido, apresentando uma redução de 15,20%. Em contrapartida, o modelo de laje nervurada com cubetas plásticas apresentou um consumo relativamente maior, chegando a consumir 6,38% a mais de concreto quando comparado ao modelo estrutural com laje maciça convencional.

O gráfico 2 apresenta o comparativo do consumo total de aço dos modelos de laje maciça, nervurada unidirecional treliçada com enchimento de EPS e nervurada bidirecional com cubetas plásticas.

Gráfico 2 - Comparativo de consumo de aço

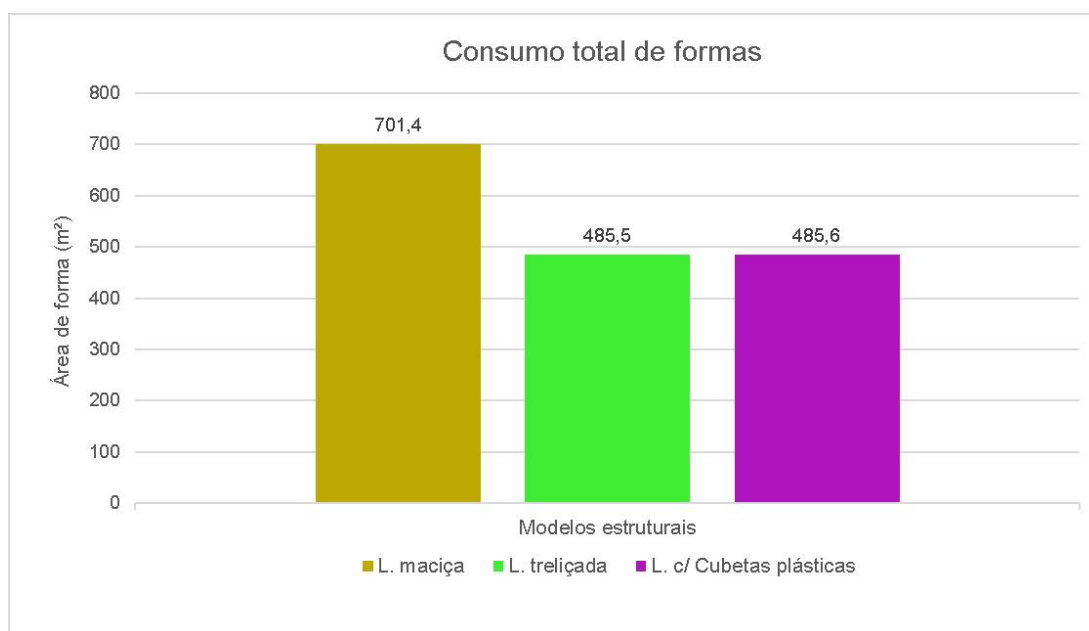


Fonte: Autor (2022).

Usando como parâmetro o modelo estrutural com laje maciça, podemos destacar que o modelo estrutural com laje treliçada apresenta um consumo de 2119,8 kg de aço, reverberando em uma economia de 31,64%. Já o modelo com laje nervurada com cubetas plásticas, apresenta um consumo de 2828,4 kg, reverberando em uma economia de 8,79%.

O gráfico 3 apresenta o comparativo do consumo total de formas dos modelos de laje maciça, nervurada unidirecional treliçada com enchimento de EPS e nervurada bidirecional com cubetas plásticas.

Gráfico 3 - Comparativo de consumo de formas

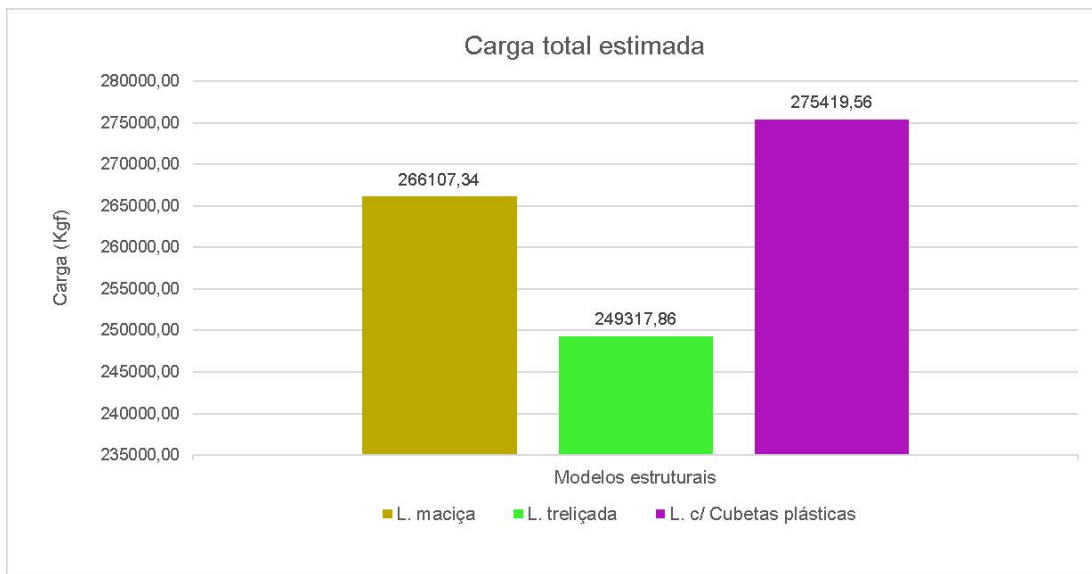


Fonte: Autor (2022).

Assim como esperado, os modelos com laje treliçada e com cubetas plásticas apresentaram um menor consumo de formas, chegando a economizar cerca de 30,77% em relação ao modelo com laje maciça.

O gráfico 4 apresenta o comparativo da carga máxima aplicada pelos modelos de laje maciça, nervurada unidirecional treliçada com enchimento de EPS e nervurada bidirecional com cubetas plásticas, nas fundações, em kgf.

Gráfico 4 - Comparativo das cargas máximas



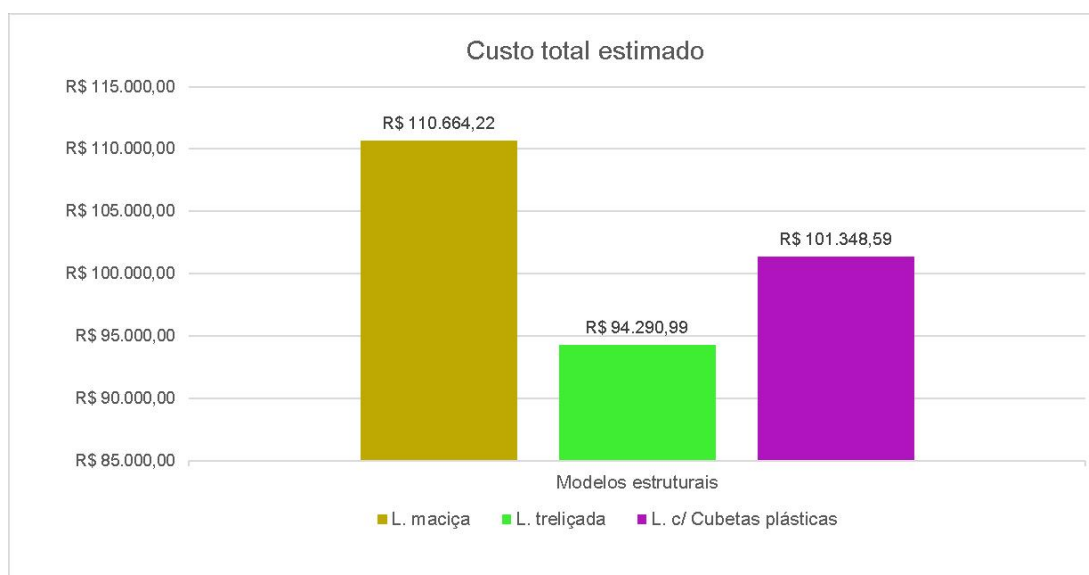
Fonte: Autor (2022).

Os dados do gráfico 4 nos mostram que a laje treliçada transmite uma carga menor às fundações, em relação aos outros modelos comparados. Já o modelo com laje nervurada com cubetas plásticas, apresentou uma transmissão maior de cargas a fundação.

Quando comparamos a laje treliçada com a laje maciça, temos uma redução de 6,31% das cargas transmitidas à fundação. Já em relação a laje nervurada com cubetas plásticas, a laje treliçada apresenta uma redução de 9,48% das cargas transmitidas à fundação.

O gráfico 5 apresenta o comparativo do consumo dos custos finais dos modelos de laje maciça, nervurada unidirecional treliçada com enchimento de EPS e nervurada bidirecional com cubetas plásticas, de acordo com as suas respectivas composições.

Gráfico 5 - Comparativo dos custos finais



Fonte: Autor (2022).

Com os dados apresentados pelo gráfico 5, podemos concluir que o modelo estrutural com laje treliçada é o que possui menor custo de implantação, de acordo com a composição apresentada no apêndice B.

O modelo estrutural com laje treliçada apresentou uma redução de 14,80% em relação ao modelo com laje maciça. A mesma comparação pode ser feita com relação ao modelo estrutural com laje nervurada com cubetas plásticas, onde é apresentado uma redução de 8,42%. A redução mencionada se converte em R\$ 16.373,23 e R\$ 9.315,63, respectivamente, mostrando ser bastante significativa podendo influenciar na tomada de decisão.

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho nos mostra a importância do conhecimento sobre os modelos de lajes e suas características. Na hora da tomada de decisão, é de suma importância entender que as lajes possuem um peso relevante quando se procura uma estrutura mais econômica.

As etapas desenvolvidas neste trabalho, quanto a modelagem do arquitetônico no software Eberick, obtenção dos quantitativos de materiais necessários para confecção de cada modelo estrutural, assim como, a pesquisa de campo para a obtenção dos custos dos materiais, no município de Pombal-PB, e regiões próximas, foram todas realizadas com sucesso, alcançando os objetivos propostos. Foi possível concluir que é completamente exequível a confecção dos modelos estruturais estudados, na região de estudo.

Na análise dos consumos de materiais, podemos destacar que o modelo estrutural com laje nervurada unidirecional com vigotas treliçadas apresentou-se econômica, em relação aos modelos de lajes maciça e nervurada bidirecional com cubetas plásticas. No quesito consumo de concreto, podemos destacar uma economia de 15,20%, em relação ao modelo com laje maciça. Já no consumo de aço, temos uma economia de 31,64%. O consumo de formas para a confecção de lajes treliçadas é nulo, explicando assim a economia de 30,77%, em relação ao modelo com laje maciça.

O modelo com laje nervurada bidirecional com cubetas plásticas se mostrou uma alternativa intermediária, apresentando valores de consumo de materiais bastante atrativos. Todavia, as cargas transmitidas às fundações foram relativamente altas, apresentando um acréscimo de 3,50%, quando comparado ao modelo convencional com laje maciça, e 10,47%, quando comparado ao modelo com laje treliçada, mostrando ainda mais a eficiência do modelo com laje treliçada, segundo as ponderações apresentadas no projeto.

Na análise final dos custos, podemos concluir que o modelo com laje treliçada apresentou uma economia de 14,80%, em relação ao modelo com laje maciça. Já o modelo com laje nervurada com cubetas plásticas, apresentou uma economia de 8,42% em relação ao modelo com laje maciça. Com estes resultados, podemos



concluir que o modelo com laje nervurada com vigotas treliçadas e enchimento de EPS se mostrou mais economicamente viável.

Vale salientar que, o estudo tem o intuito de colaborar com informações que possam ajudar na tomada de decisão da parte interessada. Ou seja, as informações apresentadas neste projeto não determinam, de maneira generalizada, o melhor modelo de laje a ser utilizado. É importante pontuar que o presente trabalho poderia apresentar valores de consumo de materiais e custos diferentes, a depender da concepção estrutural, cabendo otimização dos elementos estruturais, e a base de dados usados para a composição dos custos.

Por fim, podemos sugerir como temas de estudos futuros alguns assuntos, como:

- Uma análise comparativa de consumo de matérias para um modelo com lajes nervuradas bidirecionais com cubetas plásticas apoiadas sobre vigas e apoiadas em pilares;
- Comparação de custos entre uma composição própria e uma composição baseada na SINAPE, determinando a precisão que este último oferece.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.

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

ALTOQI. **O que o Eberick faz**. Fonte: AltoQI: Disponível em: <[https://help.altoqi.com.br/eberick/#pageid=altoqi\\_eberick](https://help.altoqi.com.br/eberick/#pageid=altoqi_eberick)>. Acesso em: 16 de novembro de 2022.

ARAÚJO, José Milton. **Curso de Concreto Armado**. Ed. Dunas. 3ª ed. Vol. 4. Rio Grande, RS: 2010.

ARCELORMITTAL. **Treliças Nervuradas**. 2017. Disponível em: <<https://brasil.arcelormittal.com/produtos-solucoes/catalogos>>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

ATEX Brasil. **Laje nervurada: a importância da qualidade das fôrmas**. 2017. Disponível em: < <https://atex.com.br/pt/laje-nervurada-a-importancia-da-qualidade-das-formas/>>. Acesso em: 16 de novembro de 2022.

BASTOS, P. S. Apostila de **“Lajes de concreto armado”**. Curso de engenharia Civil, disciplina: Estruturas em Concreto I. universidade Estadual Paulista – UNESP, Bauru/SP, 2021.

CARVALHO, M. C. **“Análise Comparativa Estrutural e Econômica Entre as Lajes Maciça, Nervurada Treliçada e Nervurada com Cuba Plástica em um Edifício de Pavimentos”**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual de Feira de Santana. 2012.

CARVALHO, Roberto Chust; DE FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118: 2014**. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2014. ISBN 978-85-7600-356-4.

CDDCARQFEEVALE. **Lajes maciças de concreto armado**. 2012. Disponível em: <<https://cddcarqfeevale.wordpress.com/2012/04/03/lajes-macicas-de-concreto-armado/>>. Acesso em: 20 de outubro de 2022.

CLUBE DO CONCRETO. **Laje nervurada**. 2013. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/10/lajes-nervuradas.html>>. Acesso em: 08 de novembro de 2022.

COTANET. **Laje nervurada protendida**. 2018. Disponível em: <<https://engenharia-construcao.cotanet.com.br/lajes-nervuradas/laje-nervurada-protendida>>. Acesso em: 08 de novembro de 2022.

HABITISSIMO. **Execução de laje maciça**. 2022. Disponível em: <<https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/execucao-de-laje-macica>>. Acesso em: 20 de outubro de 2022.

LOPES, André F. O. **Estudo técnico comparativo entre lajes maciças e nervuradas com diferentes tipos de materiais de enchimento**. Tese de TCC. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2012.

MACARINI, H. **Análise e Dimensionamento de Vigas de Concreto Armado Sob Laje Maciça de um Pavimento: Verificação do Comportamento de Seção T ou Retangular**. Artigo de Conclusão de Curso, Florianópolis/SC. Curso de Pós Graduação em Engenharia de Estruturas/ Unisociesc, 2017.

NAKAMURA, J., (2008). **Lajes nervuradas com cubas plásticas**. Revista Equipe de Obra N°16 Ano IV – março/abril 2008. São Paulo: Pini.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. Apostila. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 2010.

PORTO, T. B.; FERNANDES, D. S. G. **Curso básico de concreto armado: conforme NBR 6118/2014**: São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

RABELLO, F. T. **Análise Comparativa de Normas para Punção em Lajes de Concreto Armado**. Tese de mestrado – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SILVA, Marcos Alberto Ferreira da. **Projeto e construção de lajes nervuradas de concreto armado**. 2005. 239f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, Programa de pós-graduação em construção civil, São Carlos, 2005.

SOUZA, M. F. S. M.; RODRIGUES R. B. Apostila de “**Sistemas estruturais de edificações e exemplos**”. Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo – FEC - UNICAMP, Departamento de estruturas – DES, Campinas/SP, 2008.

SPOHR, V. H. **Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

VILAMATERIAIS. **Produtos Vilamateriais**. Disponível em: <<http://vilamateriais.com/produtos/>>. Acesso em: 16 de novembro de 2022.

VIZOTTO, I.; SARTORTI, A. L. **Soluções de lajes maciças, nervuradas com cuba plástica e nervuradas com vigotas treliçadas pré-moldadas: análise comparativa**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.15, p.19-28, abr, 2010. Disponível em: Acesso em: 20 de outubro de 2022.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Composição de custo total do modelo com laje maciça

Composição - Modelo estrutural com laje maciça				
Item/Serviços	Unidade	Consumo total	Custo/unid.	Custo total
Concreto usinado C-25, Brita 1, Slump 10 +/- 2cm	m³	53,3	R\$ 570,00	R\$ 30.381,00
Bomba de concretagem	dia	3	R\$ 800,00	R\$ 2.400,00
Vibrador para concreto AR 36 mm	dia	12	R\$ 50,00	R\$ 600,00
Aço CA50 6,3 mm	m	133	R\$ 32,90	R\$ 4.375,70
Aço CA50 8,0 mm	m	195	R\$ 38,90	R\$ 7.585,50
Aço CA50 10,0 mm	m	93	R\$ 54,00	R\$ 5.022,00
Aço CA50 12,5 mm	m	6	R\$ 87,90	R\$ 527,40
Aço CA60 5,0 mm	m	563	R\$ 27,00	R\$ 15.201,00
Arame recozido torcido BWG 18 - 1,24 mm - 1kg	kg	25	R\$ 22,00	R\$ 550,00
Arame recozido torcido BWG 12 - 2,70 mm - 1kg	kg	25	R\$ 19,38	R\$ 484,50
Prego com cabeça - 17x21 - 1kg	kg	15	R\$ 18,00	R\$ 270,00
Prego com cabeça - 17x27 - 1kg	kg	15	R\$ 16,47	R\$ 247,05
Prego com cabeça - 18x27 - 1kg	kg	15	R\$ 21,80	R\$ 327,00
Desmoldante Desmol CD 3,6L	L	1	R\$ 71,44	R\$ 71,44
Compensado plastificado 14 mm - (2200x1100x14)	m²	100	R\$ 176,79	R\$ 17.679,00
Tábua - Pinus - (2,5x30x300)	m²	358	R\$ 43,00	R\$ 15.394,00
Sarrafo - Pinus - (2,5x10x300)	m²	537	R\$ 11,64	R\$ 6.250,68
Sarrafo - Pinus - (2,5x5x300)	m²	71	R\$ 5,85	R\$ 415,35
Escoras	Unid.	206	R\$ 6,50	R\$ 1.339,00
Torres	Unid.	4	R\$ 385,90	R\$ 1.543,60
			<b>TOTAL</b>	R\$ 110.664,22

### APÊNDICE B – Composição de custo total do modelo com laje nervurada unidirecional com vigotas treliçadas

Composição - Modelo estrutural com laje nervurada unidirecional treliçada e enchimento de EPS				
Item/Serviços	Unidade	Consumo total	Custo/unid.	Custo total
Concreto usinado C-25, Brita 1, Slump 10 +/- 2cm	m³	45,2	R\$ 570,00	R\$ 25.764,00
Bomba de concretagem	dia	3	R\$ 800,00	R\$ 2.400,00
Vibrador para concreto AR 36 mm	dia	12	R\$ 50,00	R\$ 600,00
Aço CA50 6,3 mm	m	74	R\$ 32,90	R\$ 2.434,60
Aço CA50 8,0 mm	m	155	R\$ 38,90	R\$ 6.029,50
Aço CA50 10,0 mm	m	87	R\$ 54,00	R\$ 4.698,00
Aço CA50 12,5 mm	m	5	R\$ 87,90	R\$ 439,50
Aço CA60 5,0 mm	m	263	R\$ 27,00	R\$ 7.101,00
Arame recozido torcido BWG 18 - 1,24 mm - 1kg	kg	25	R\$ 22,00	R\$ 550,00
Arame recozido torcido BWG 12 - 2,70 mm - 1kg	kg	25	R\$ 19,38	R\$ 484,50
Prego com cabeça - 17x21 - 1kg	kg	15	R\$ 18,00	R\$ 270,00
Prego com cabeça - 17x27 - 1kg	kg	15	R\$ 16,47	R\$ 247,05
Prego com cabeça - 18x27 - 1kg	kg	15	R\$ 21,80	R\$ 327,00
Tábua - Pinus - (2,5x30x300)	m²	359	R\$ 43,00	R\$ 15.437,00
Sarrafo - Pinus - (2,5x10x300)	m²	538	R\$ 11,64	R\$ 6.262,32
Sarrafo - Pinus - (2,5x5x300)	m²	49	R\$ 5,85	R\$ 286,65
TR 08645	m	258,55	R\$ 15,96	R\$ 4.126,46
TR 12646	m	219,15	R\$ 21,96	R\$ 4.812,53
EPS B8/40/100	unid.	286	R\$ 12,30	R\$ 3.517,80
EPS B12/40/100	unid.	252	R\$ 16,99	R\$ 4.281,48
Escoras	Unid.	206	R\$ 13,00	R\$ 2.678,00
Torres	Unid.	4	R\$ 385,90	R\$ 1.543,60
			<b>TOTAL</b>	R\$ 94.290,99

**APÊNDICE C – Composição de custo total do modelo com laje bidirecional  
com cubetas plásticas**

<b>Composição - Modelo estrutural com laje nervurada bidirecional com cubetas plásticas</b>				
<b>Item/Serviços</b>	<b>Unidade</b>	<b>Consumo total</b>	<b>Custo/unid.</b>	<b>Custo total</b>
Concreto usinado C-25, Brita 1, Slump 10 +/- 2cm	m³	56,7	R\$ 570,00	R\$ 32.319,00
Bomba de concretagem	dia	3	R\$ 800,00	R\$ 2.400,00
Vibrador para concreto AR 36 mm	dia	12	R\$ 50,00	R\$ 600,00
Aço CA50 6,3 mm	m	44	R\$ 32,90	R\$ 1.447,60
Aço CA50 8,0 mm	m	207	R\$ 38,90	R\$ 8.052,30
Aço CA50 10,0 mm	m	105	R\$ 54,00	R\$ 5.670,00
Aço CA50 12,5 mm	m	12	R\$ 87,90	R\$ 1.054,80
Aço CA60 5,0 mm	m	442	R\$ 27,00	R\$ 11.934,00
Arame recozido torcido BWG 18 - 1,24 mm - 1kg	kg	25	R\$ 22,00	R\$ 550,00
Arame recozido torcido BWG 12 - 2,70 mm - 1kg	kg	25	R\$ 19,38	R\$ 484,50
Prego com cabeça - 17x21 - 1kg	kg	15	R\$ 18,00	R\$ 270,00
Prego com cabeça - 17x27 - 1kg	kg	15	R\$ 16,47	R\$ 247,05
Prego com cabeça - 18x27 - 1kg	kg	15	R\$ 21,80	R\$ 327,00
Desmoldante Desmol CD 3,6L	L	1	R\$ 71,44	R\$ 71,44
Cubeta - B18/65/65	unid.	356	R\$ 8,00	R\$ 2.848,00
Cubeta - B18/65/32,5	unid.	216	R\$ 8,00	R\$ 1.728,00
Tábua - Pinus - (2,5x30x300)	m²	360	R\$ 43,00	R\$ 15.480,00
Sarrafo - Pinus - (2,5x10x300)	m²	540	R\$ 11,64	R\$ 6.285,60
Sarrafo - Pinus - (2,5x5x300)	m²	49	R\$ 5,85	R\$ 286,65
Sarrafo - Pinus - (7,5x7,5x300)	m	75	R\$ 47,27	R\$ 3.545,25
Escoras	Unid.	264	R\$ 13,00	R\$ 3.432,00
Torres	Unid.	6	R\$ 385,90	R\$ 2.315,40
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 101.348,59</b>

**APÊNDICE D – Relatório de cargas nas fundações do modelo com laje maciça**

Fundação		Carga (kgf)														Carga Máxima (kgf)	
Nome	Seção (cm)	Peso próprio	Adicional	Solo	Acidental	Água	Vento X+	Vento X-	Vento Y+	Vento Y-	Desaprumo X+	Desaprumo X-	Desaprumo Y+	Desaprumo Y-	Carga Extra	Positiva	Negativa
P1	15 x 30	3339.83	3247.47	0.00	573.17	0.00	-660.00	660.00	220.07	-220.07	-104.02	104.02	71.50	-71.50	88.63	7627.37	0.00
P2	15 x 30	8681.00	5396.50	0.00	2428.08	0.00	-440.71	440.71	200.71	-200.71	-66.73	66.73	54.13	-54.13	254.11	16973.29	0.00
P3	15 x 30	5392.39	2640.35	0.00	1551.93	0.00	1079.47	-1079.47	160.16	-160.16	164.33	-164.33	46.44	-46.44	41.06	10265.19	0.00
P4	15 x 30	4310.56	3302.36	0.00	998.48	0.00	-207.47	207.47	86.51	-86.51	-35.88	35.88	30.17	-30.17	160.96	8864.65	0.00
P5	15 x 30	8328.70	5435.18	0.00	2464.06	0.00	-119.09	119.09	148.55	-148.55	-18.25	18.25	57.75	-57.75	307.30	16562.90	0.00
P6	15 x 30	7321.16	4770.76	0.00	1849.31	0.00	318.01	-318.01	140.88	-140.88	57.77	-57.77	55.48	-55.48	210.33	14300.31	0.00
P7	15 x 30	5019.58	4789.80	0.00	1146.41	0.00	-234.21	234.21	-150.43	150.43	-27.28	27.28	-53.74	53.74	164.14	11227.63	0.00
P8	15 x 30	7586.47	6485.31	0.00	2324.51	0.00	191.76	-191.76	-236.74	236.74	26.97	-26.97	-78.14	78.14	391.24	16851.32	0.00
P9	15 x 30	5096.11	4671.88	0.00	1150.24	0.00	96.20	-96.20	-197.70	197.70	7.70	-7.70	-61.10	61.10	168.66	11171.78	0.00
P10	15 x 30	6540.70	6370.47	0.00	1541.31	0.00	-935.90	935.90	-25.41	25.41	-149.14	149.14	-9.41	9.41	211.47	15183.20	0.00
P11	15 x 40	12468.81	7120.61	0.00	3864.50	0.00	-216.08	216.08	3.20	-3.20	-33.36	33.36	2.58	-2.58	697.76	24141.78	0.00
P12	15 x 30	5690.30	4102.55	0.00	1166.09	0.00	1107.64	-1107.64	58.88	-58.88	178.46	-178.46	17.22	-17.22	318.82	11878.59	0.00
P13	15 x 30	3101.98	973.20	0.00	1361.84	0.00	-306.74	306.74	36.63	-36.63	-50.47	50.47	13.43	-13.43	38.97	5652.24	0.00
P14	20 x 30	4790.71	1634.32	0.00	947.69	0.00	342.91	-342.91	98.73	-98.73	60.03	-60.03	30.24	-30.24	291.35	7811.55	0.00
P15	15 x 50	7860.31	6381.09	0.00	1338.41	0.00	-905.75	905.75	448.65	-448.65	-175.39	175.39	171.44	-171.44	332.09	16388.94	0.00
P16	15 x 30	9346.97	4680.33	0.00	3328.60	0.00	330.80	-330.80	13.73	-13.73	55.86	-55.86	-0.89	0.89	734.74	18142.18	0.00
P17	15 x 30	4634.14	4503.08	0.00	822.58	0.00	586.94	-586.94	-67.27	67.27	97.60	-97.60	-26.73	26.73	178.79	10454.98	0.00
P18	15 x 50	3775.80	1248.85	0.00	2626.49	0.00	-263.09	263.09	-582.56	582.56	-22.31	22.31	-209.29	209.29	17.20	8014.44	0.00
P19	15 x 30	4087.87	3189.80	0.00	1586.20	0.00	155.15	-155.15	751.31	-751.31	28.55	-28.55	257.56	-257.56	95.81	9391.30	0.00
P20	15 x 50	10530.44	4623.71	0.00	3696.09	0.00	-198.18	198.18	-905.02	905.02	-35.12	35.12	-305.61	305.61	547.35	19831.13	0.00
P21	15 x 50	5349.77	4188.40	0.00	946.68	0.00	278.33	-278.33	-202.86	202.86	40.67	-40.67	-63.04	63.04	134.28	10759.26	0.00
TOTAL:		133253.59	89756.00	0.00	37712.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5385.06	266107.34	

**APÊNDICE E – Relatório de cargas nas fundações do modelo com laje nervurada unidirecional com vigotas treliçadas**

Fundação		Carga (kgf)														Carga Máxima (kgf)	
Nome	Seção (cm)	Peso próprio	Adicional	Solo	Acidental	Água	Vento X+	Vento X-	Vento Y+	Vento Y-	Desaprumo X+	Desaprumo X-	Desaprumo Y+	Desaprumo Y-	Carga Extra	Positiva	Negativa
P1	15 x 30	3057.55	3266.33	0.00	641.28	0.00	-655.54	655.54	219.76	-219.76	-95.19	95.19	65.82	-65.82	101.29	7439.52	0.00
P2	15 x 30	7797.36	5350.18	0.00	2393.37	0.00	-438.99	438.99	200.44	-200.44	-62.26	62.26	50.60	-50.60	260.95	16013.06	0.00
P3	15 x 30	5160.06	2680.86	0.00	1579.80	0.00	1074.04	-1074.04	159.98	-159.98	151.93	-151.93	43.12	-43.12	47.35	10103.02	0.00
P4	15 x 30	3714.65	3245.50	0.00	1017.41	0.00	-205.81	205.81	86.40	-86.40	-32.87	32.87	27.74	-27.74	176.06	8241.89	0.00
P5	15 x 30	6978.49	5383.36	0.00	2431.25	0.00	-118.75	118.75	148.20	-148.20	-17.22	17.22	52.64	-52.64	292.19	15115.77	0.00
P6	15 x 30	6608.71	4941.84	0.00	1870.41	0.00	315.22	-315.22	140.46	-140.46	53.02	-53.02	50.49	-50.49	213.54	13780.92	0.00
P7	15 x 30	4167.68	4514.36	0.00	1008.58	0.00	-234.24	234.24	-150.22	150.22	-25.47	25.47	-49.16	49.16	144.74	9946.95	0.00
P8	15 x 30	6361.49	6520.74	0.00	2560.28	0.00	190.84	-190.84	-236.34	236.34	24.56	-24.56	-71.94	71.94	384.71	15892.08	0.00
P9	15 x 30	4256.24	4622.72	0.00	1036.86	0.00	96.98	-96.98	-197.31	197.31	7.67	-7.67	-56.58	56.58	159.24	10161.60	0.00
P10	15 x 30	5534.86	6369.69	0.00	1489.41	0.00	-929.19	929.19	-25.25	25.25	-136.18	136.18	-8.71	8.71	202.44	14113.42	0.00
P11	15 x 40	10666.28	7637.44	0.00	3963.48	0.00	-214.68	214.68	3.19	-3.19	-30.48	30.48	2.44	-2.44	703.68	22958.95	0.00
P12	15 x 30	5071.99	4135.51	0.00	1085.41	0.00	1098.95	-1098.95	58.62	-58.62	162.78	-162.78	15.99	-15.99	310.78	11200.90	0.00
P13	15 x 30	2605.20	865.40	0.00	1295.15	0.00	-303.37	303.37	36.65	-36.65	-46.23	46.23	12.28	-12.28	39.40	4979.29	0.00
P14	20 x 30	4566.14	1714.16	0.00	962.22	0.00	339.32	-339.32	98.46	-98.46	54.66	-54.66	28.03	-28.03	298.73	7685.10	0.00
P15	15 x 50	6880.06	6390.08	0.00	1360.61	0.00	-892.65	892.65	448.24	-448.24	-157.70	157.70	156.80	-156.80	334.72	15434.12	0.00
P16	15 x 30	7867.54	4723.91	0.00	3521.79	0.00	323.74	-323.74	13.45	-13.45	50.17	-50.17	-0.89	0.89	777.34	16929.35	0.00
P17	15 x 30	4251.87	4551.94	0.00	812.31	0.00	587.29	-587.29	-66.97	66.97	89.57	-89.57	-24.53	24.53	173.32	10107.16	0.00
P18	15 x 50	3211.06	1219.56	0.00	2539.77	0.00	-268.33	268.33	-581.80	581.80	-22.84	22.84	-191.99	191.99	16.13	7332.37	0.00
P19	15 x 30	3409.11	3160.13	0.00	1612.96	0.00	149.09	-149.09	749.76	-749.76	25.47	-25.47	237.56	-237.56	97.26	8709.86	0.00
P20	15 x 50	8756.42	4890.58	0.00	3618.49	0.00	-195.96	195.96	-903.35	903.35	-32.23	32.23	-281.69	281.69	525.81	18228.15	0.00
P21	15 x 50	4712.93	4401.87	0.00	910.43	0.00	282.02	-282.02	-202.37	202.37	38.84	-38.84	-58.01	58.01	125.07	10294.51	0.00
TOTAL:		115635.69	90586.15	0.00	37711.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5384.74	249317.86	



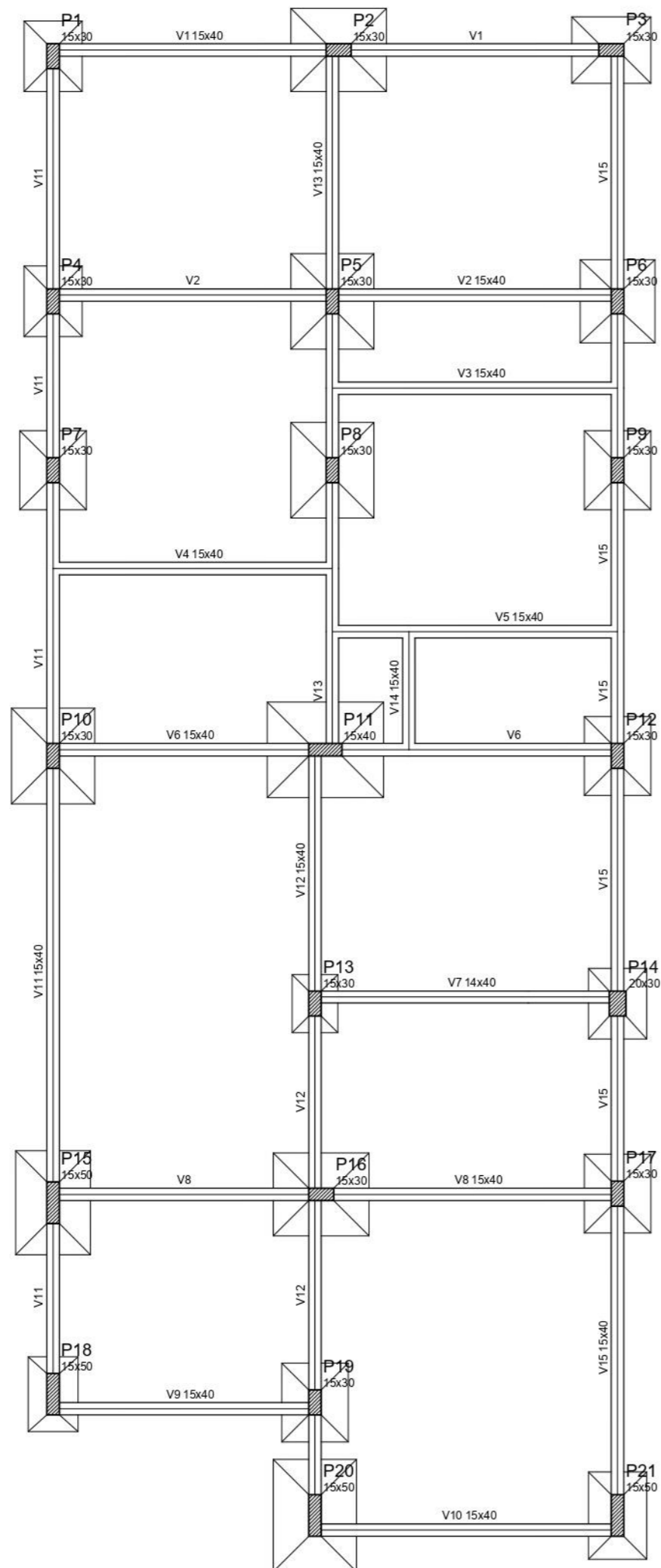
**APÊNDICE F – Relatório de cargas nas fundações do modelo com laje nervurada bidirecional com cubetas plásticas**

Fundação		Carga (kgf)														Carga Máxima (kgf)	
Nome	Seção (cm)	Peso próprio	Adicional	Solo	Acidental	Água	Vento X+	Vento X-	Vento Y+	Vento Y-	Desaprumo X+	Desaprumo X-	Desaprumo Y+	Desaprumo Y-	Carga Extra	Positiva	Negativa
P1	15 x 30	3574.24	3246.29	0.00	613.13	0.00	-651.81	651.81	220.14	-220.14	-108.04	108.04	75.29	-75.29	97.31	7902.59	0.00
P2	15 x 30	9106.35	5219.58	0.00	2454.01	0.00	-431.42	431.42	200.67	-200.67	-67.89	67.89	56.64	-56.64	253.99	17241.98	0.00
P3	15 x 30	5546.43	2670.78	0.00	1582.83	0.00	1059.37	-1059.37	160.68	-160.68	168.50	-168.50	48.22	-48.22	49.60	10475.33	0.00
P4	15 x 30	4507.48	3291.53	0.00	958.87	0.00	-203.64	203.64	86.53	-86.53	-36.98	36.98	31.59	-31.59	158.27	9006.69	0.00
P5	15 x 30	9033.46	5389.52	0.00	2514.04	0.00	-129.66	129.66	148.92	-148.92	-20.49	20.49	61.04	-61.04	317.45	17280.32	0.00
P6	15 x 30	7711.00	4812.70	0.00	1858.33	0.00	335.82	-335.82	140.78	-140.78	63.32	-63.32	58.81	-58.81	212.69	14753.67	0.00
P7	15 x 30	5171.52	4494.80	0.00	1089.61	0.00	-192.23	192.23	-151.38	151.38	-22.18	22.18	-56.54	56.54	164.43	11002.81	0.00
P8	15 x 30	8452.12	6439.56	0.00	2392.79	0.00	27.29	-27.29	-234.16	234.16	4.20	-4.20	-81.56	81.56	374.82	17724.82	0.00
P9	15 x 30	5352.39	4447.45	0.00	1082.93	0.00	205.43	-205.43	-199.71	199.71	23.75	-23.75	-64.55	64.55	174.07	11145.28	0.00
P10	15 x 30	7074.37	6184.58	0.00	1595.90	0.00	-921.21	921.21	-25.72	25.72	-154.80	154.80	-9.71	9.71	244.56	15603.23	0.00
P11	15 x 40	13040.27	7473.54	0.00	3691.64	0.00	-218.98	218.98	3.24	-3.24	-35.16	35.16	2.51	-2.51	632.35	24842.72	0.00
P12	15 x 30	5987.04	4561.75	0.00	1185.83	0.00	1103.52	-1103.52	59.04	-59.04	187.02	-187.02	18.16	-18.16	204.15	12560.05	0.00
P13	15 x 30	3280.41	1053.65	0.00	1417.71	0.00	-304.69	304.69	36.63	-36.63	-52.57	52.57	13.99	-13.99	37.99	5964.98	0.00
P14	20 x 30	5163.90	1886.47	0.00	1018.55	0.00	339.02	-339.02	98.85	-98.85	62.80	-62.80	31.80	-31.80	176.14	8413.25	0.00
P15	15 x 50	8240.17	6331.96	0.00	1363.36	0.00	-902.15	902.15	448.67	-448.67	-186.35	186.35	178.39	-178.39	326.99	16738.37	0.00
P16	15 x 30	10343.01	4776.72	0.00	3277.86	0.00	328.15	-328.15	13.68	-13.68	58.54	-58.54	-0.40	0.40	701.99	19156.07	0.00
P17	15 x 30	5096.99	4472.85	0.00	936.35	0.00	581.40	-581.40	-67.22	67.22	102.14	-102.14	-27.73	27.73	189.79	11006.86	0.00
P18	15 x 50	4123.65	1398.41	0.00	2740.04	0.00	-255.89	255.89	-582.00	582.00	-20.47	20.47	-218.16	218.16	18.77	8626.30	0.00
P19	15 x 30	3715.67	2943.74	0.00	1209.84	0.00	155.99	-155.99	752.30	-752.30	30.11	-30.11	269.58	-269.58	91.91	8394.16	0.00
P20	15 x 50	11716.63	5062.50	0.00	3724.21	0.00	-202.55	202.55	-907.94	907.94	-37.49	37.49	-321.21	321.21	553.98	21491.27	0.00
P21	15 x 50	5718.93	4516.55	0.00	971.68	0.00	278.24	-278.24	-202.00	202.00	42.01	-42.01	-66.14	66.14	127.88	11476.41	0.00
TOTAL:		141956.00	90674.92	0.00	37679.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5109.13		275419.56

## **ANEXOS**

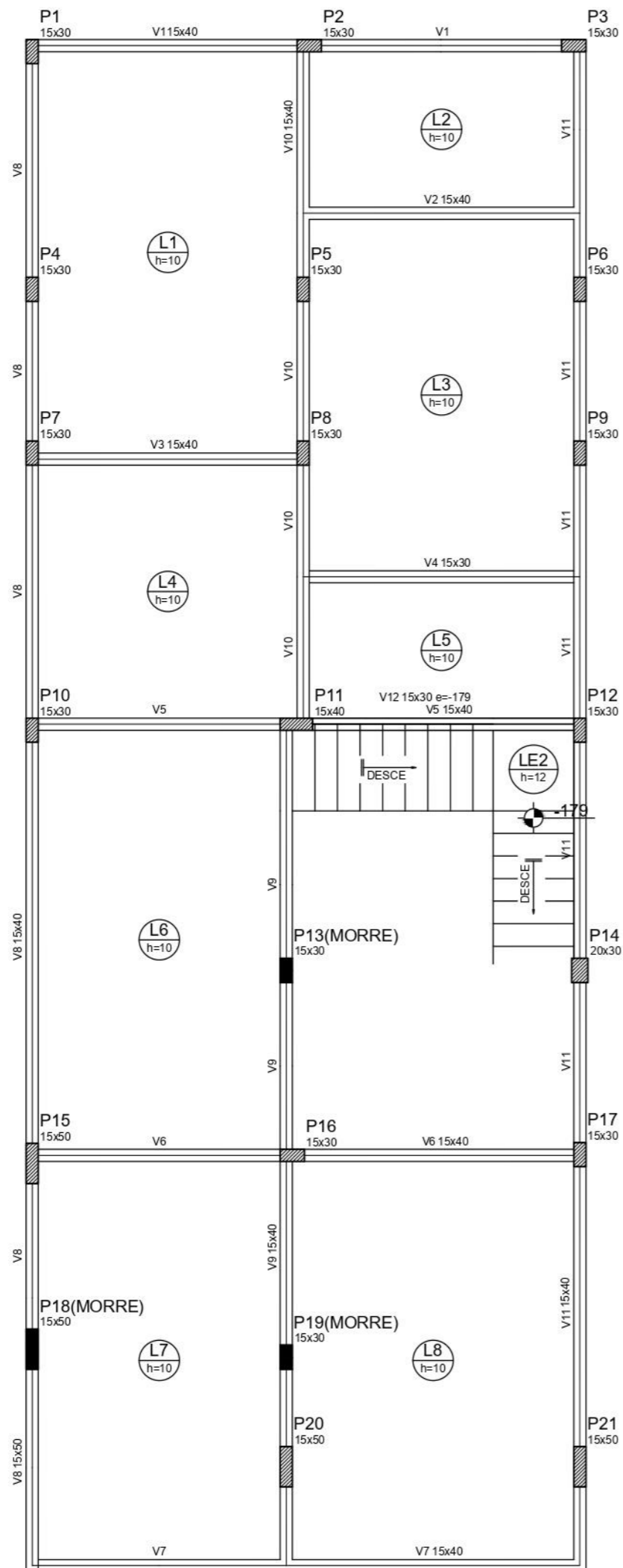
### **ANEXO A – Plantas de forma e armaduras do sobrado**

#### **A.1 – Sistema estrutural com laje maciça**



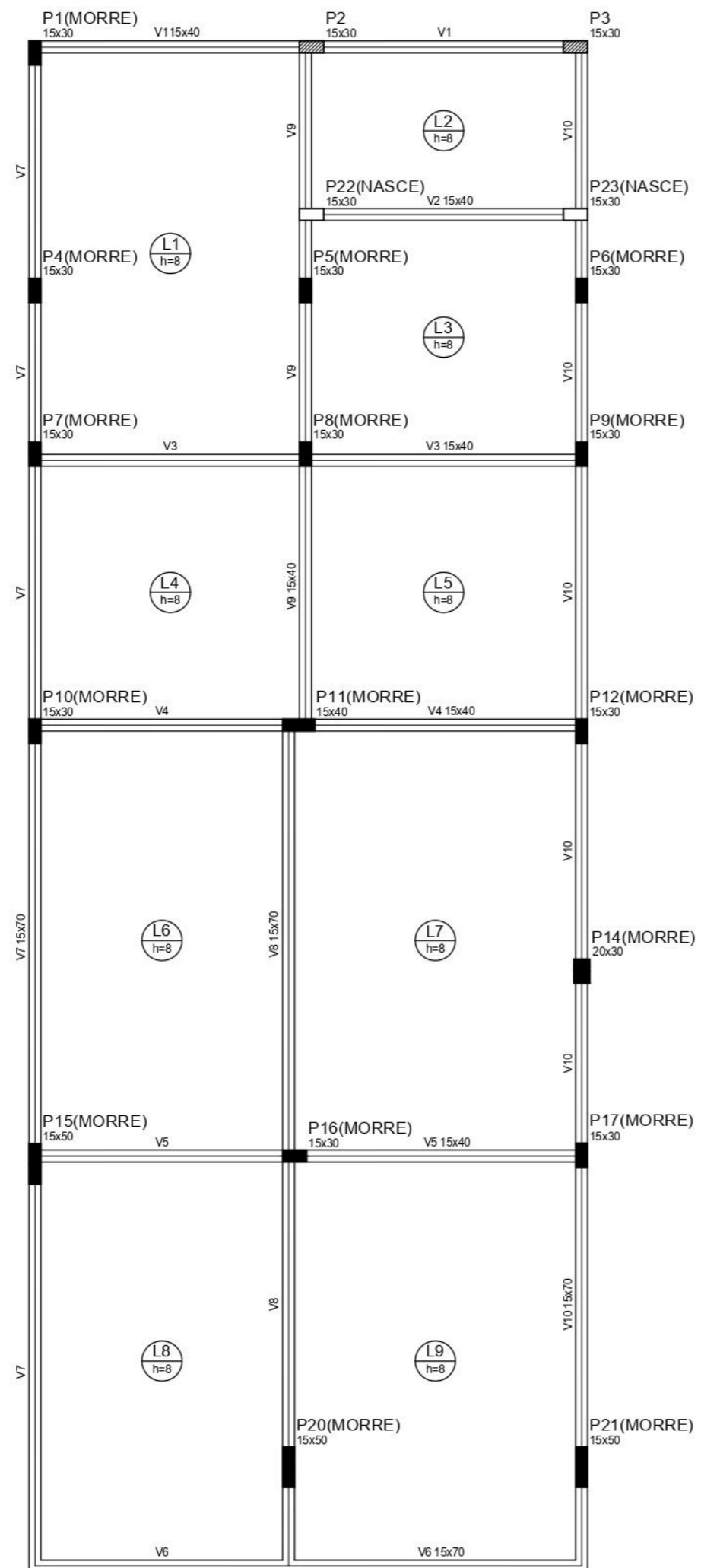
Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 01/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de forma do pavimento térreo	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022



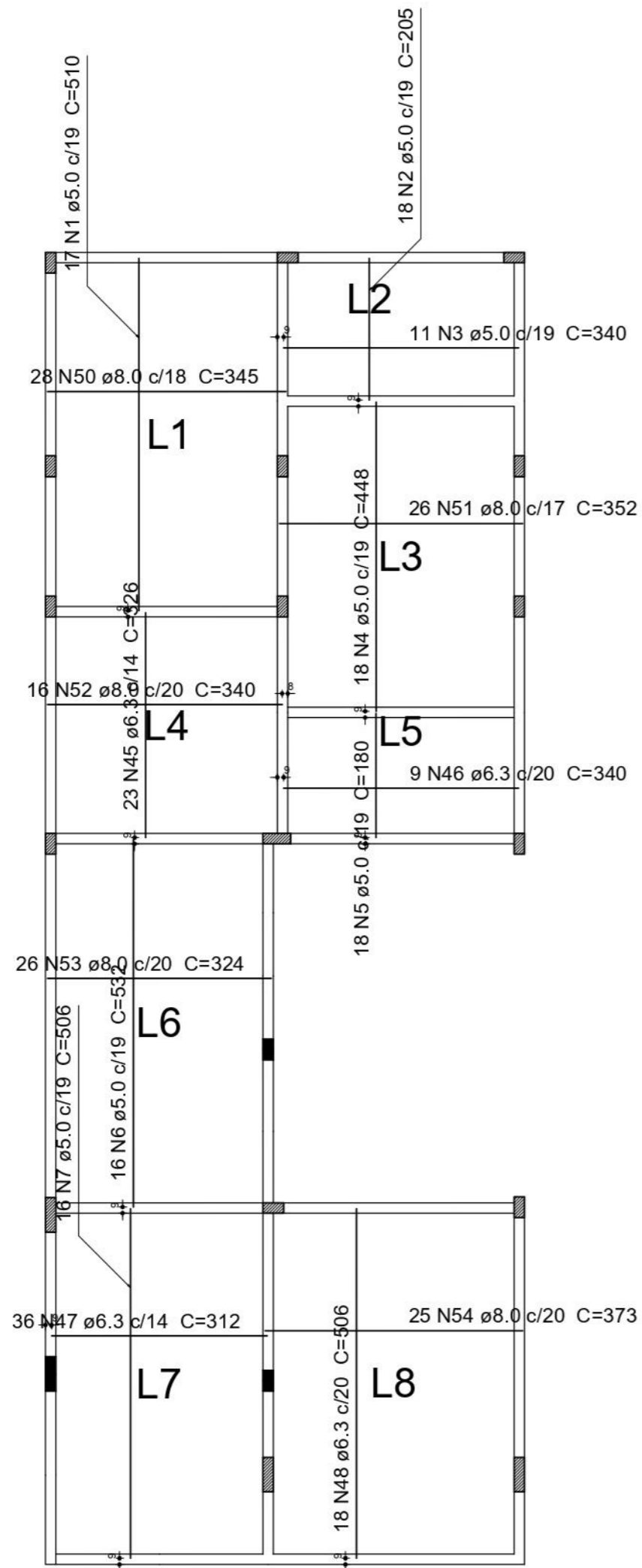
Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 02/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de forma do pavimento superior	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022

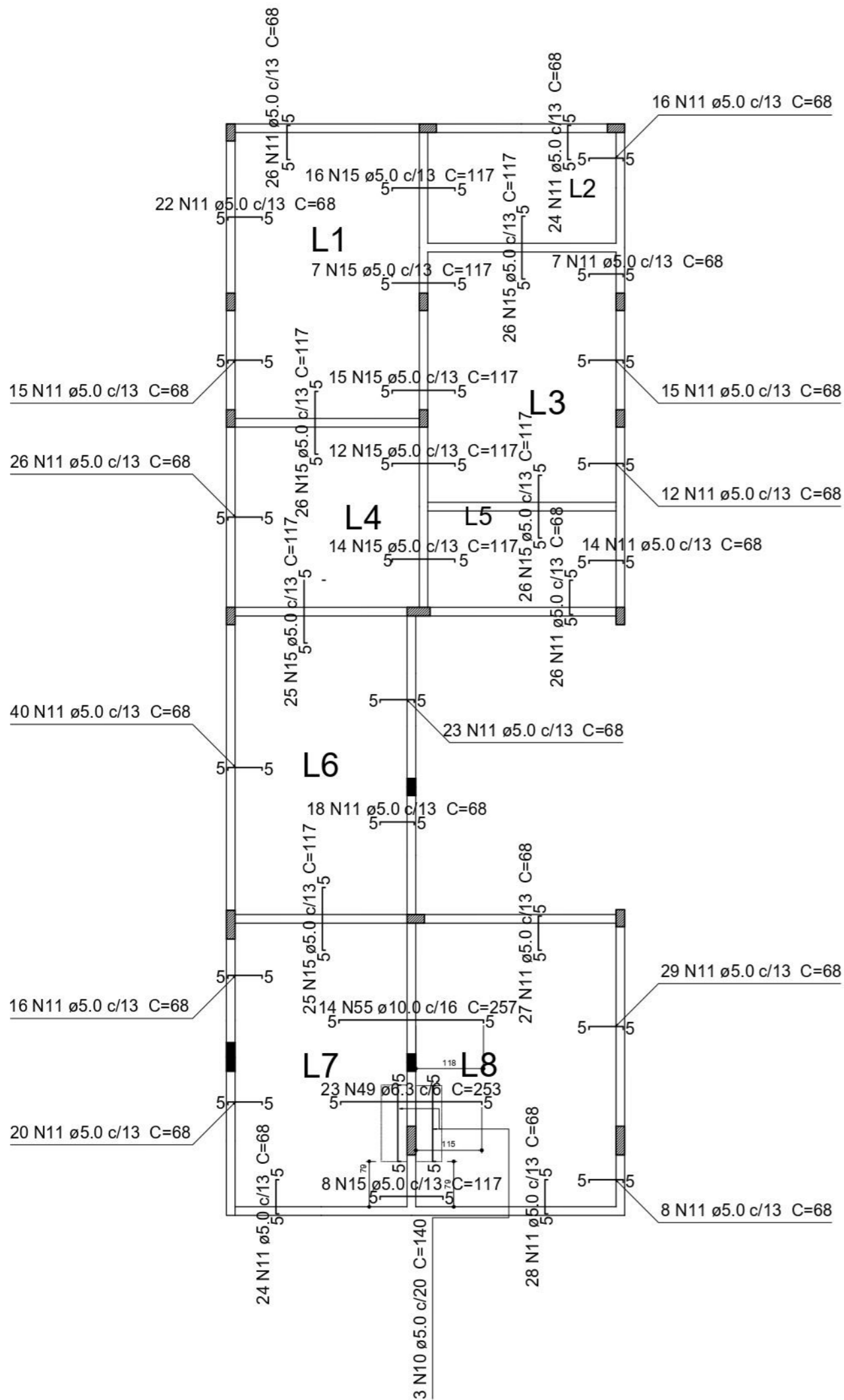


Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

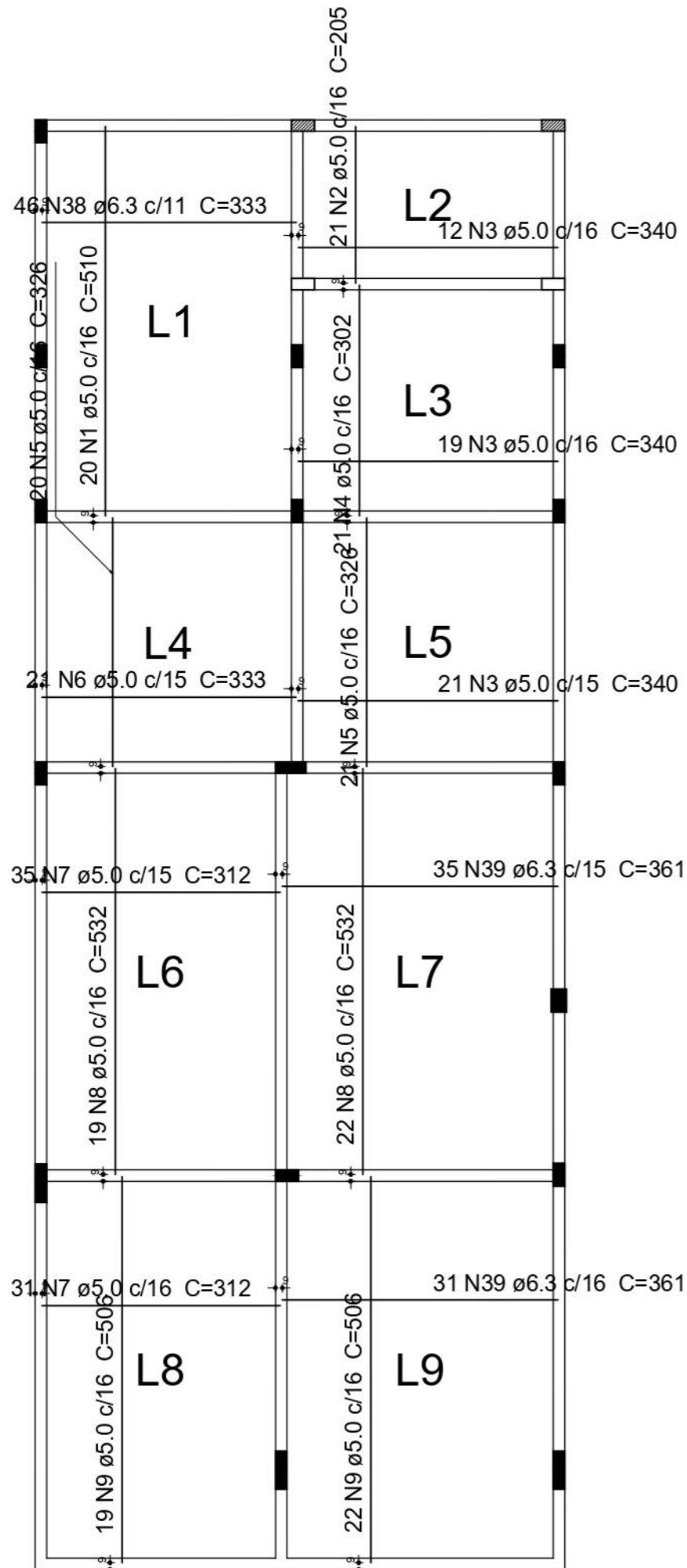
Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 03/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de forma do pavimento cobertura	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022



Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 04/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de armação positiva das lajes do pavimento superior	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022

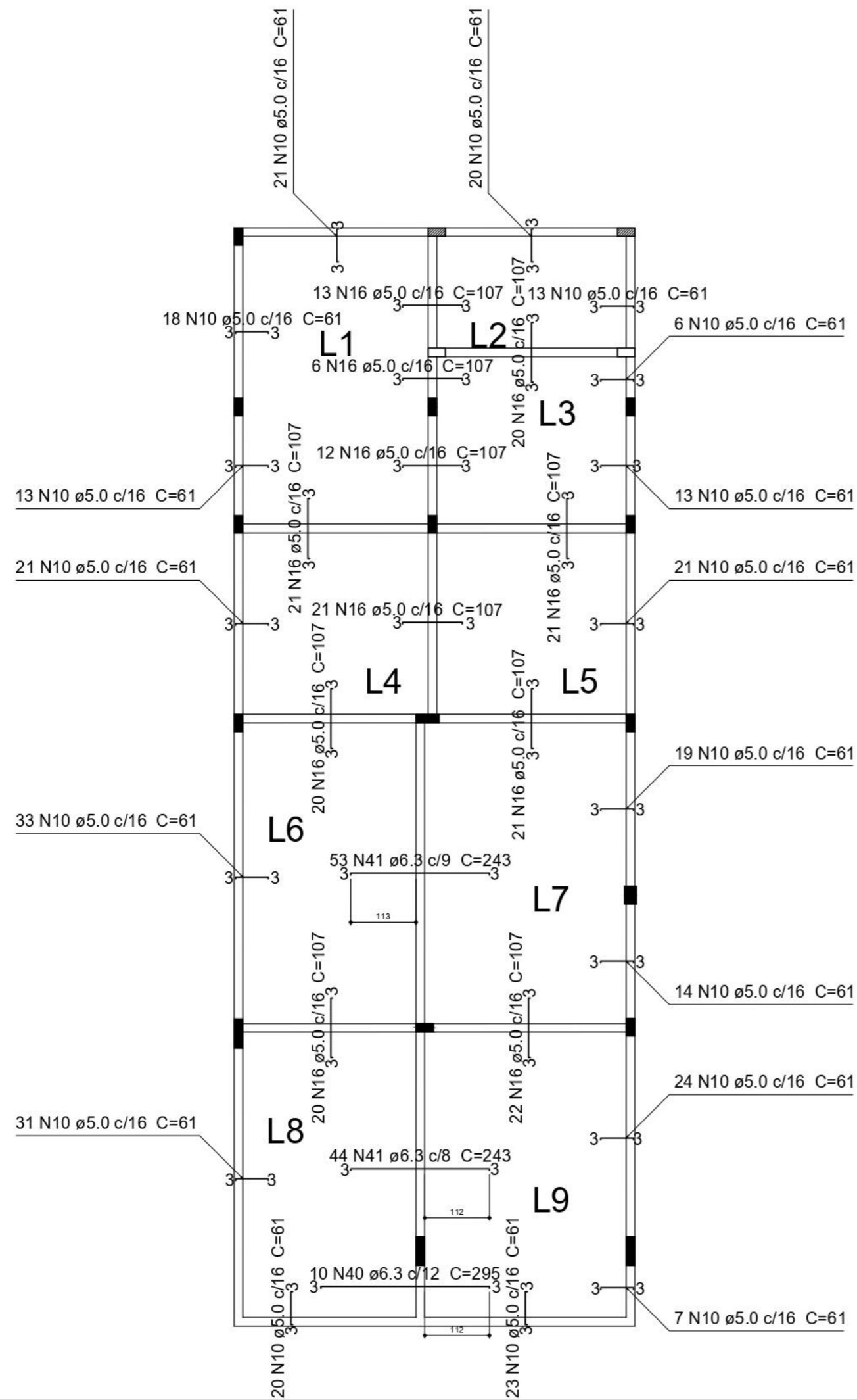


Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 05/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de armação negativa das lajes do pavimento superior	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022



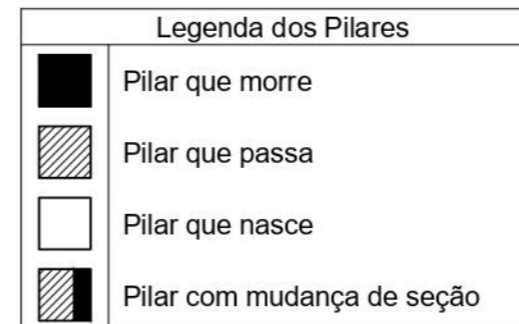
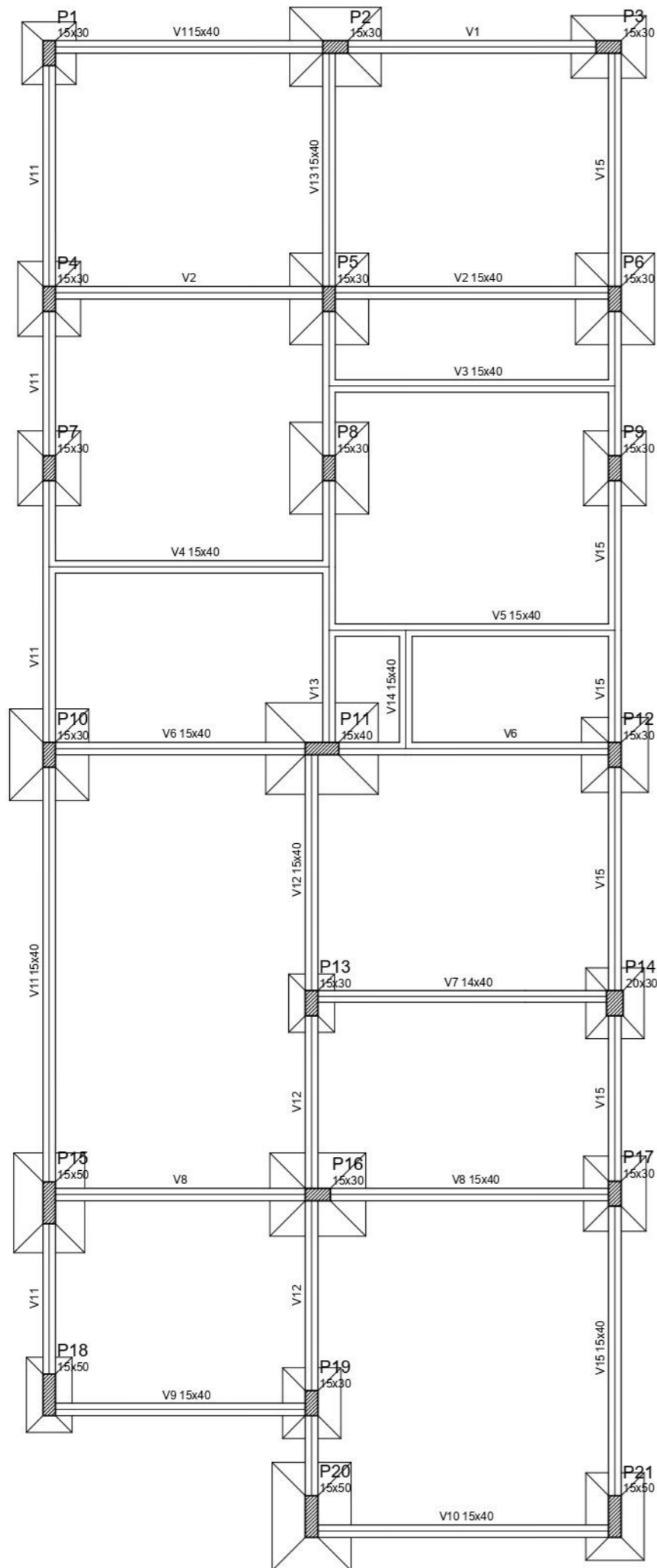
Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 06/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de armação positiva das lajes do pavimento cobertura	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022



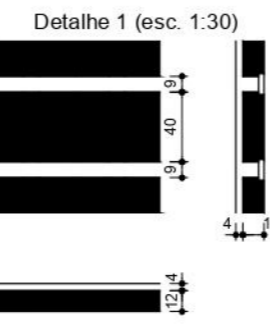
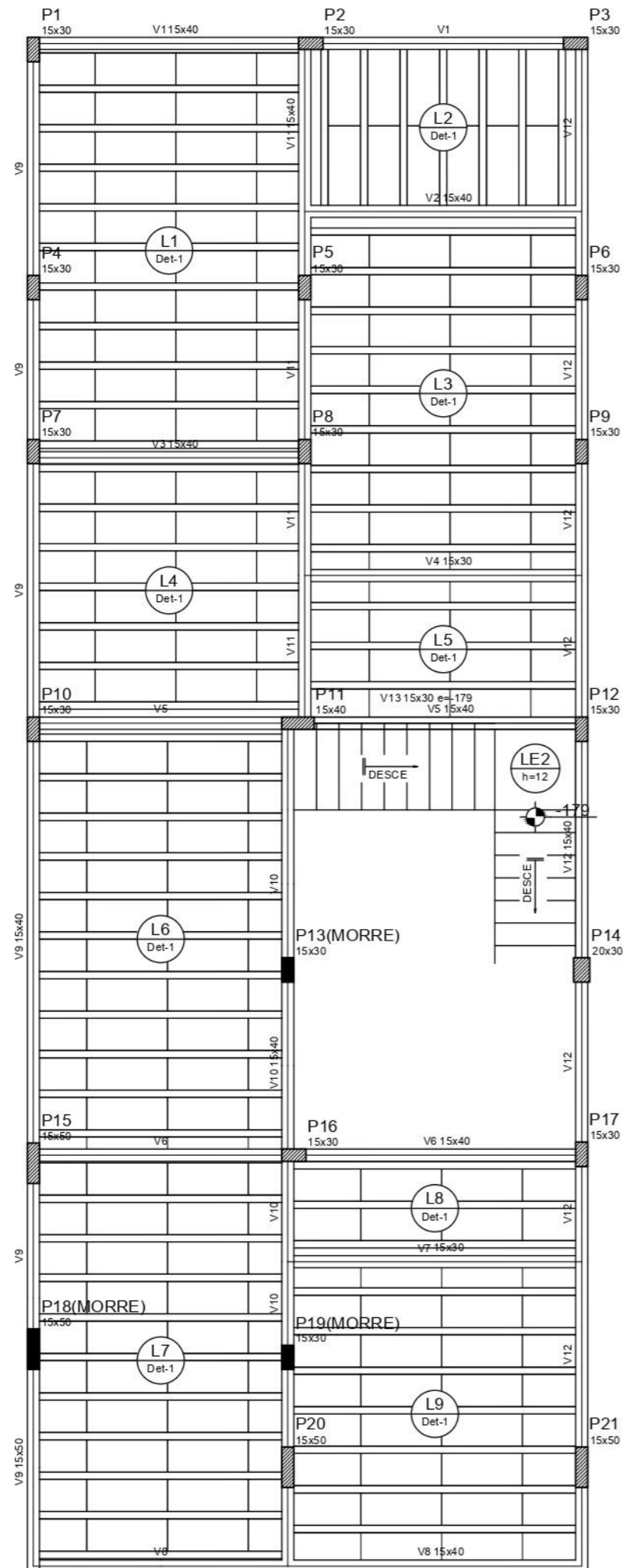


Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 07/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de armação negativa das lajes do pavimento cobertura	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022

## A.2 – Sistema estrutural com laje nervurada unidirecional treliçada

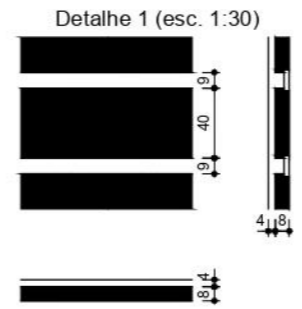
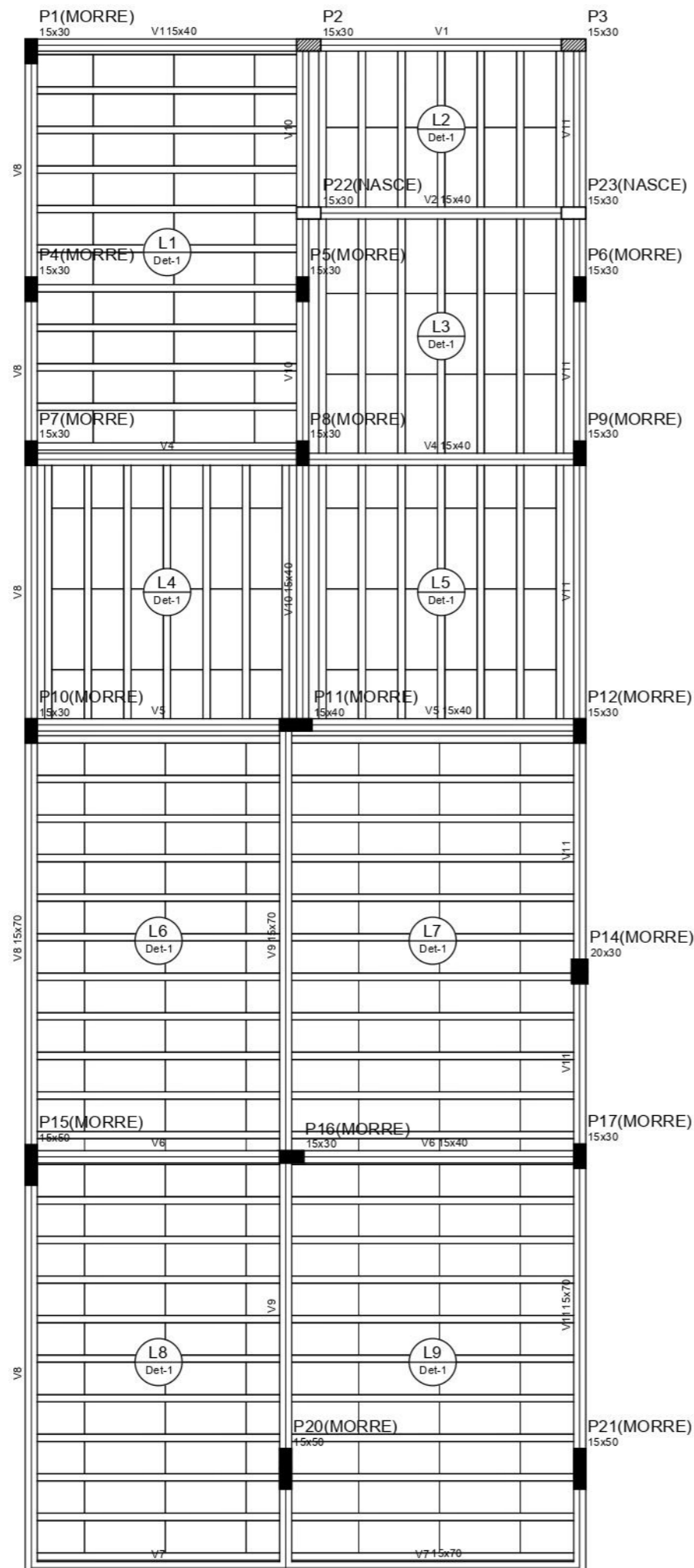


Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 01/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de forma do pavimento térreo	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022



Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 02/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de forma do pavimento superior	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022



Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 03/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de forma do pavimento cobertura	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022

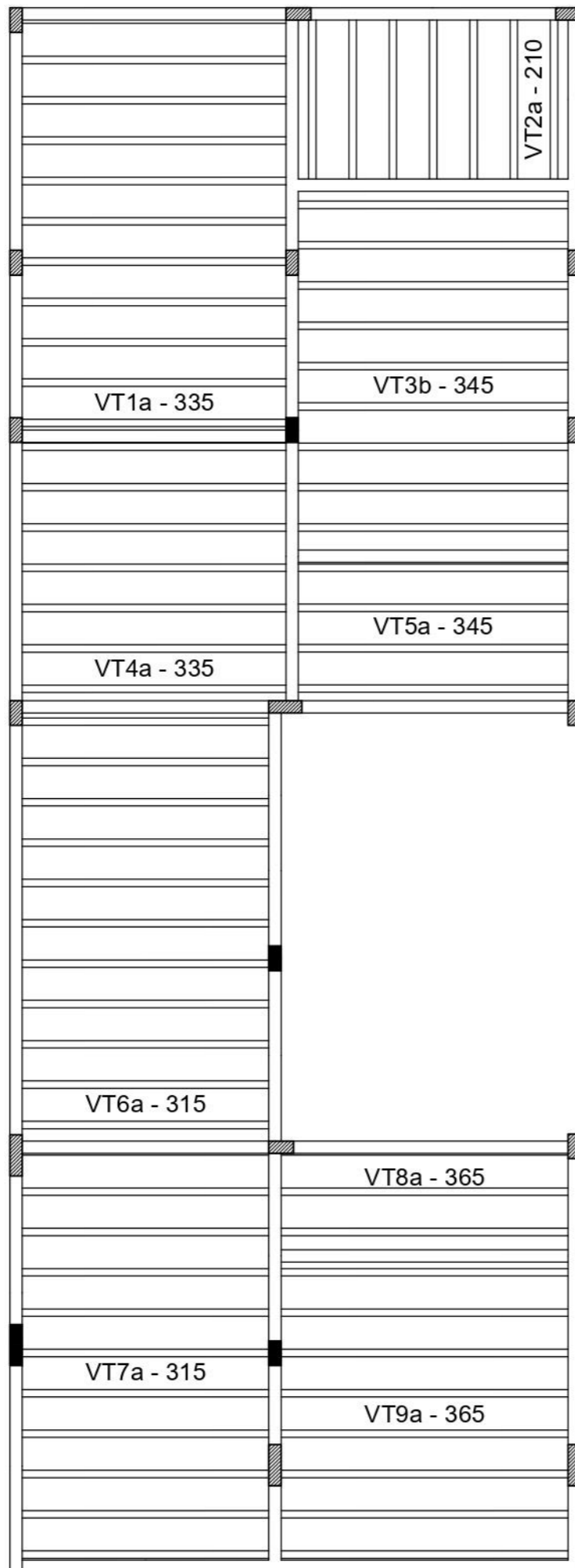
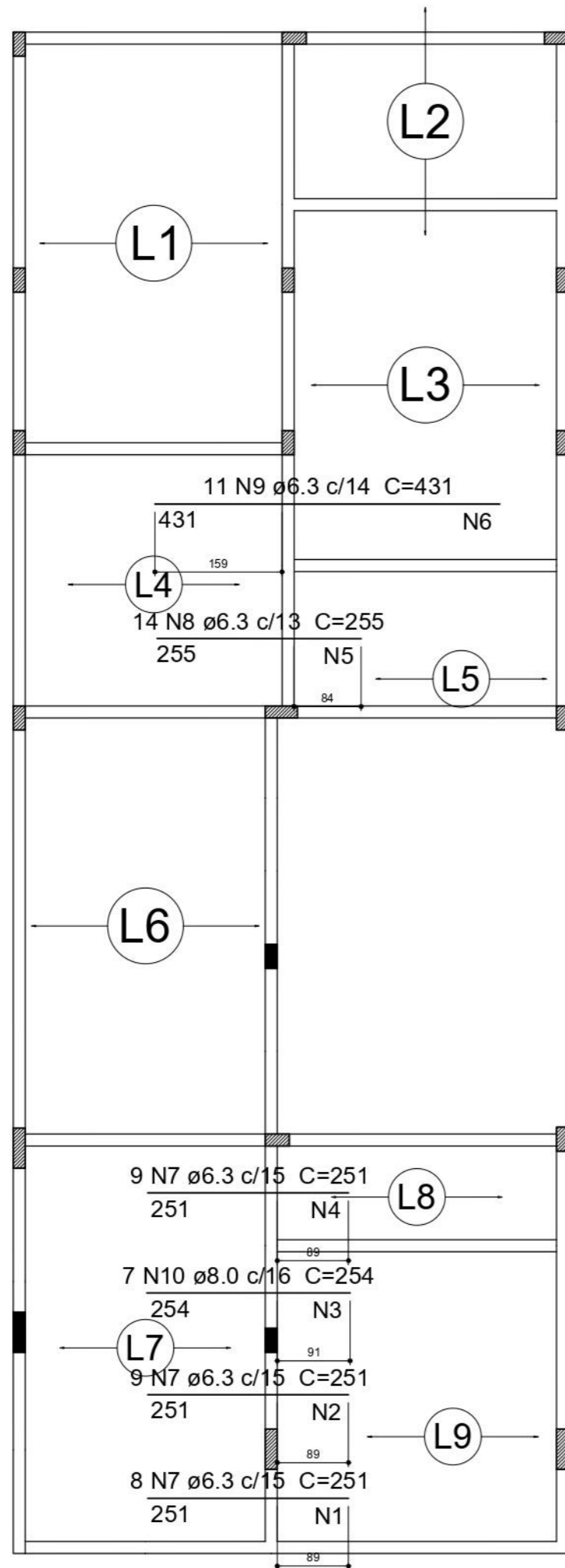


TABELA DE VIGOTAS - SUPERIOR	
TR - 12646	
VT1a	10 x 335 cm
VT2a	07 x 210 cm
VT3a	09 x 345 cm
VT4a	07 x 335 cm
VT5a	04 x 345 cm
VT6a	11 x 315 cm
VT7a	10 x 315 cm
VT8a	02 x 365 cm
VT9a	08 x 365 cm

Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 04/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de vigotas treliçadas do pavimento superior	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022



Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA:	05/07
PROJETO:	Sobrado	LOCALIZAÇÃO:	Pombal - PB
TIPO DE PROJETO:	Estrutural	TÍTULO:	Planta de armação negativa das lajes do pavimento superior
AUTOR:	Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA:	1:50
		DATA:	NOV/2022

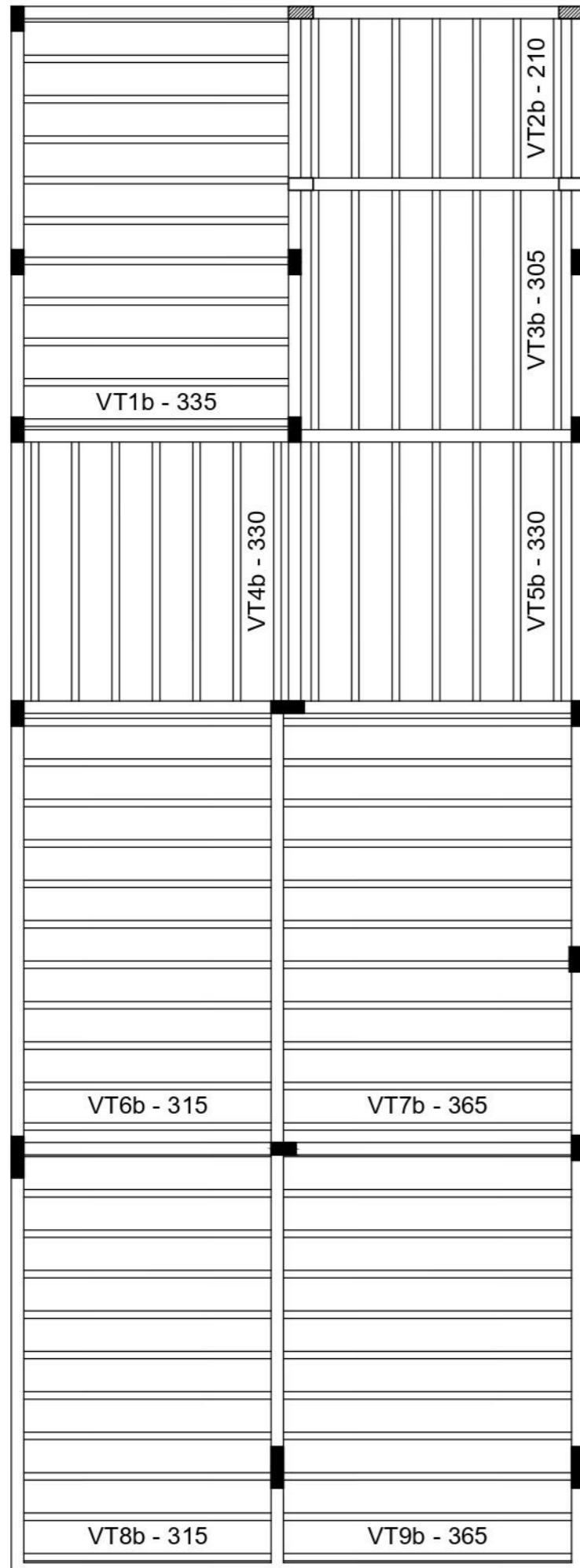
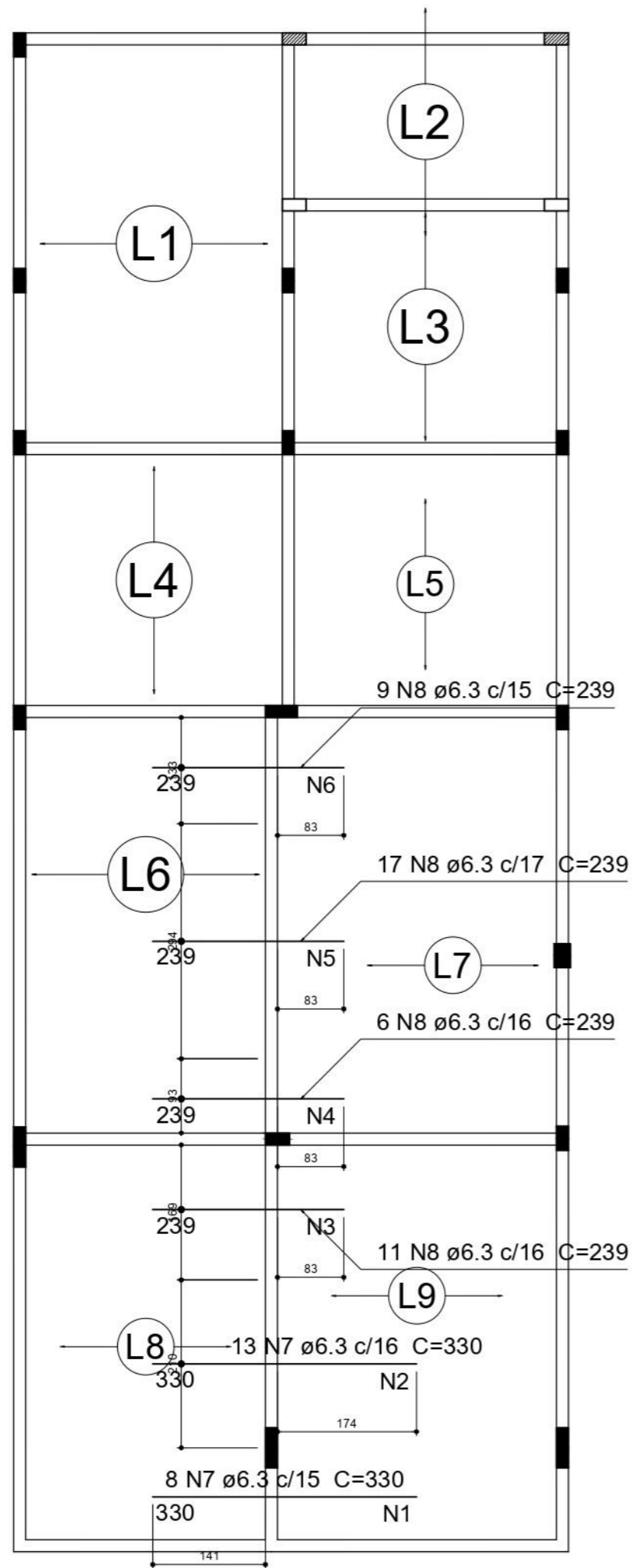


TABELA DE VIGOTAS - COBERTURA	
TR - 08645	
VT1b	10 x 335 cm
VT2b	07 x 210 cm
VT3b	07 x 305 cm
VT4b	07 x 330 cm
VT5b	07 x 330 cm
VT6b	11 x 315 cm
VT7b	11 x 365 cm
VT8b	10 x 315 cm
VT9b	10 x 365 cm

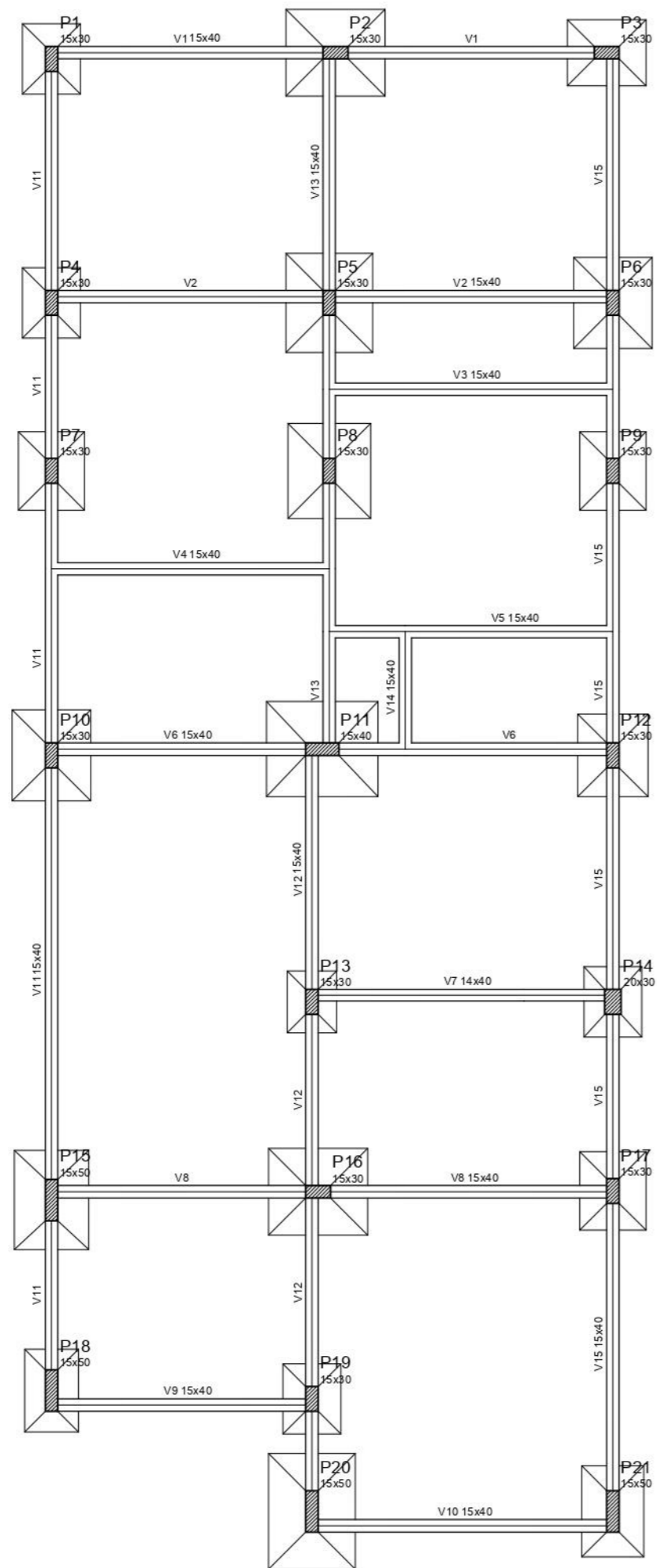
Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 06/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de vigotas treliçadas do pavimento cobertura	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022





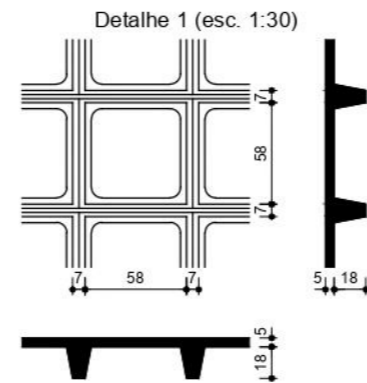
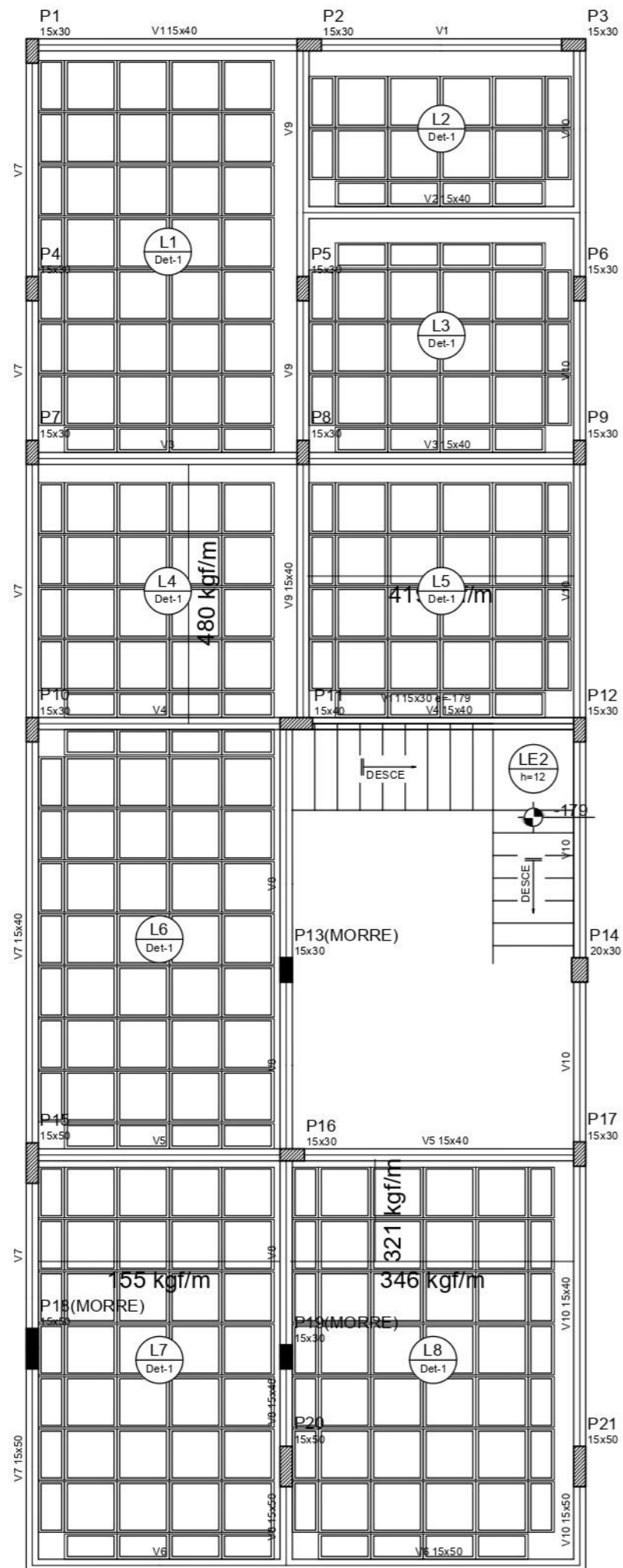
Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 07/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de armação negativa das lajes do pavimento cobertura	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022

### A.3 – Sistema estrutural com laje nervurada bidirecional com cubetas plásticas



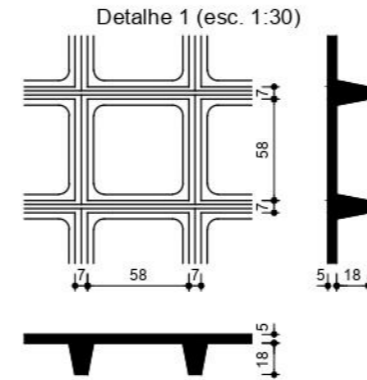
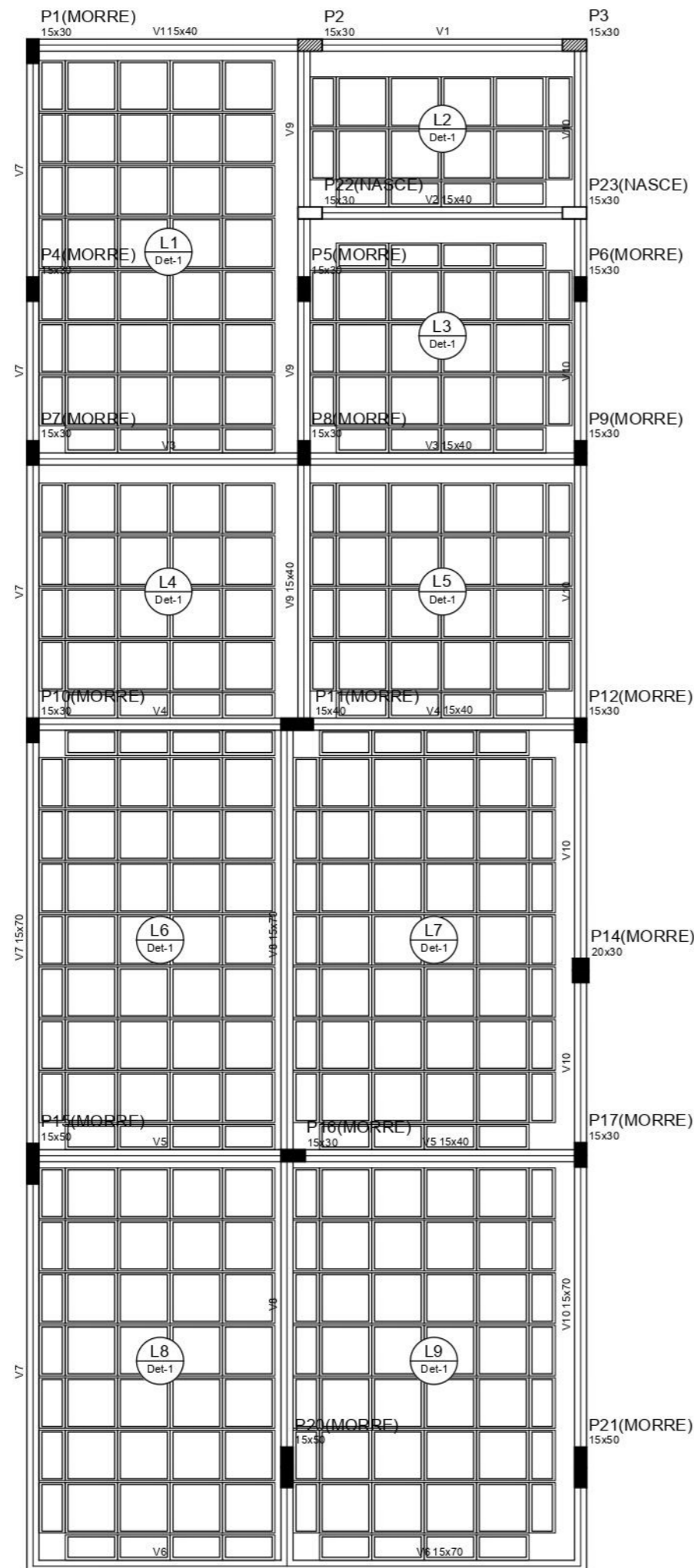
Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 01/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de forma do pavimento térreo	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022



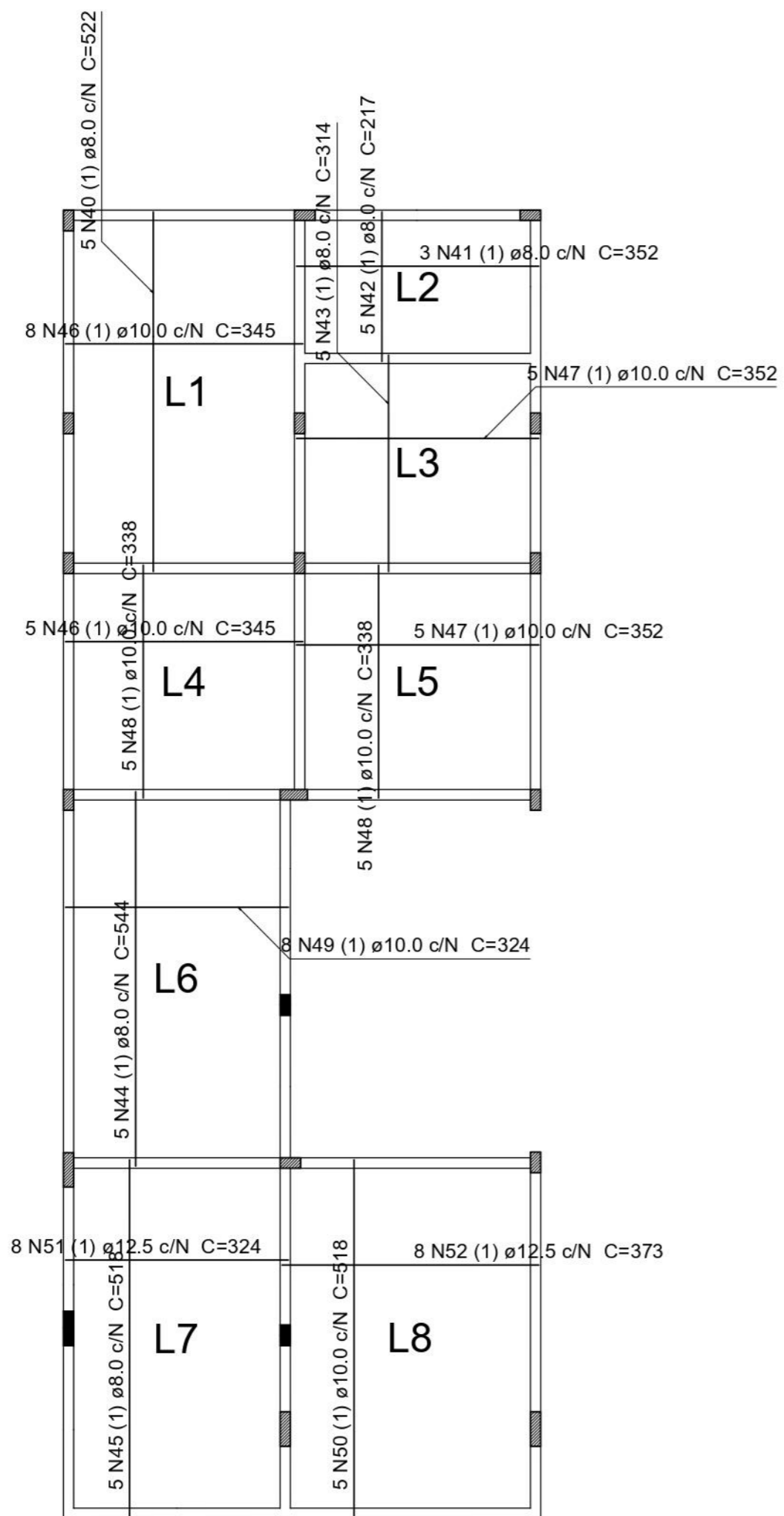
Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 02/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de forma do pavimento superior	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022

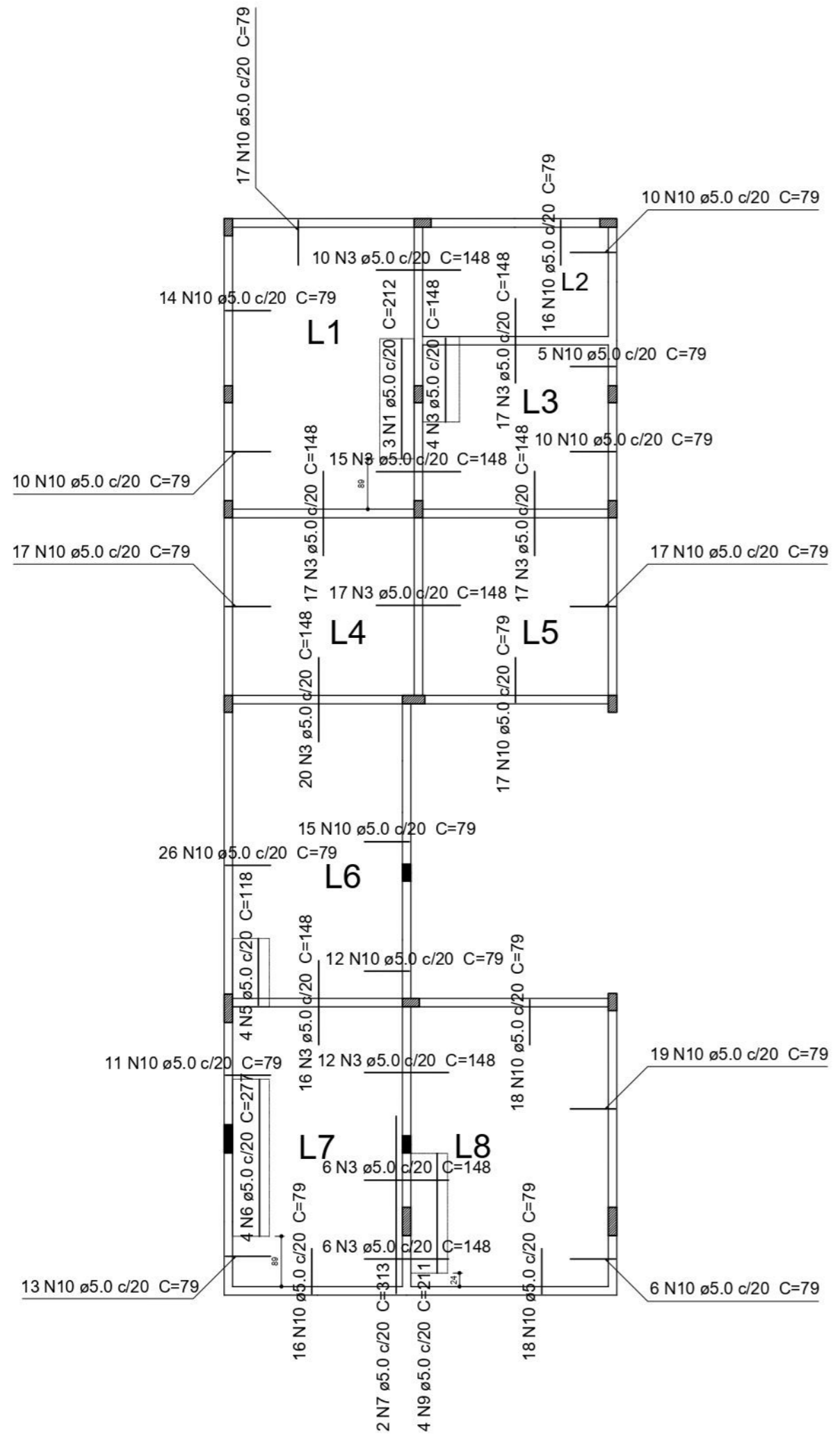


Legenda dos Pilares	
	Pilar que morre
	Pilar que passa
	Pilar que nasce
	Pilar com mudança de seção

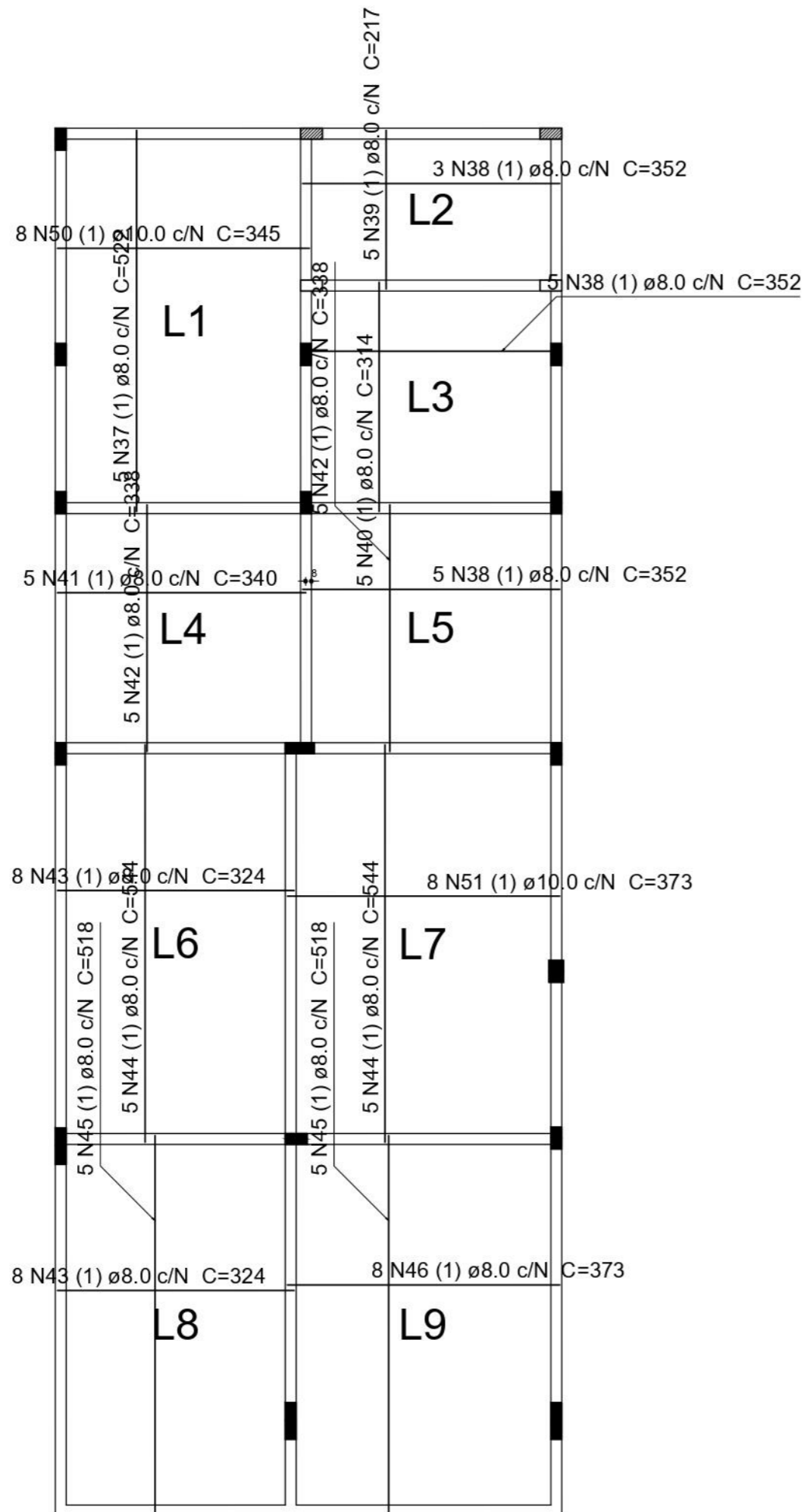
Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 03/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de forma do pavimento cobertura	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022



Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 04/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de armação positiva das lajes do pavimento superior	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022

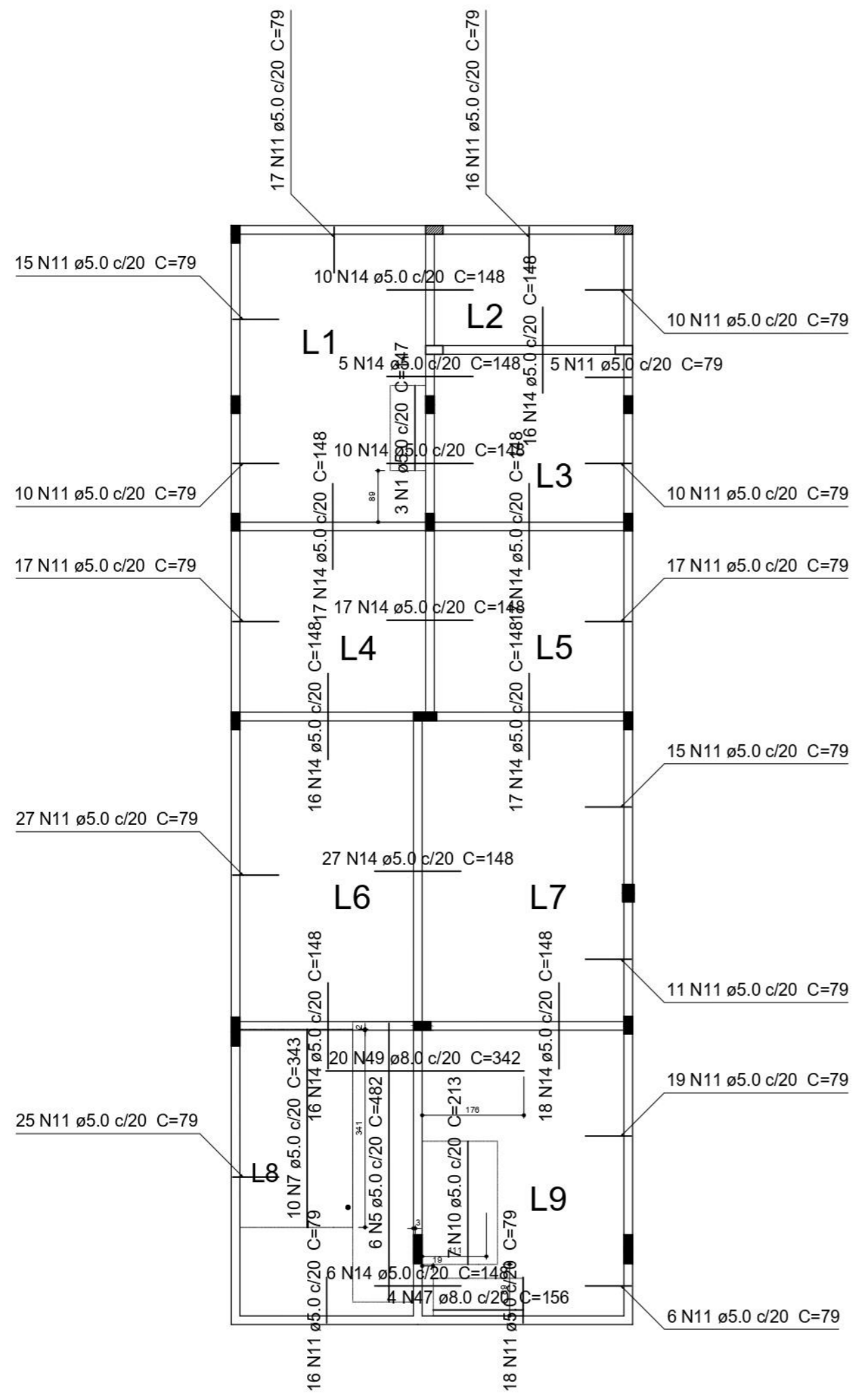


Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 05/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de armação negativa das lajes do pavimento superior	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022



Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 06/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de armação positiva das lajes do pavimento cobertura	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022





Universidade Federal de Campina Grande CCTA - UACTA - Curso de Graduação em Engenharia Civil		PRANCHA: 07/07
PROJETO: Sobrado	LOCALIZAÇÃO: Pombal - PB	
TIPO DE PROJETO: Estrutural	TÍTULO: Planta de armação negativa das lajes do pavimento cobertura	
AUTOR: Adão Mendes Cavalcante Junior	ESCALA: 1:50	DATA: NOV/2022