



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ESTRUTURAS USUAIS DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO:  
ANÁLISE TÉCNICO-COMPARATIVA DE LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS  
COM LAJES DE VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS EM FORMA DE TRELIÇAS COM  
PREENCHIMENTO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO**

**PAULO RODRIGUES COTRIM**  
**RODRIGO CARLOS DE LIMA**

**GOIANÉSIA – GO**

**2017**

**PAULO RODRIGUES COTRIM  
RODRIGO CARLOS DE LIMA**

**ESTRUTURAS USUAIS DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO:  
ANÁLISE TÉCNICO-COMPARATIVA DE LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS  
COM LAJES DE VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS EM FORMA DE TRELIÇAS COM  
PREENCHIMENTO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade Evangélica de Goianésia, programa de graduação, como requisito total para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Luiz Tomaz de Aquino Neto

**GOIANÉSIA – GO  
2017**

**COTRIM, PAULO RODRIGUES**

**DE LIMA, RODRIGO CARLOS**

**ESTRUTURAS USUAIS DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO: ANÁLISE  
TÉCNICO-COMPARATIVA DE LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS COM LAJES DE  
VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS EM FORMA DE TRELIÇAS COM PREENCHIMENTO DE  
POLIESTIRENO EXPANDIDO**

TCC – Faculdade Evangélica de Goianésia

Curso de Engenharia Civil

1. Introdução

2. Revisão Bibliográfica

3. Estudo de caso

4. Considerações Finais

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

**COTRIM, P. R. ; DE LIMA, R. C.** Estruturas usuais de edifícios em concreto armado: Análise técnico-comparativa de lajes maciças convencionais com lajes de vigotas pré-moldadas em forma de treliças com preenchimento de poliestireno expandido. TCC, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, 73p. 2017.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

Paulo Rodrigues Cotrim / Rodrigo Carlos de Lima

**Estruturas usuais de edifícios em concreto armado: análise técnico-comparativa de lajes maciças convencionais com lajes de vigotas pré-moldadas em forma de treliças com preenchimento de poliestireno expandido**

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

**PAULO RODRIGUES COTRIM  
RODRIGO CARLOS DE LIMA**

**ESTRUTURAS USUAIS DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO:  
ANÁLISE TÉCNICO-COMPARATIVA DE LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS  
COM LAJES DE VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS EM FORMA DE TRELIÇAS COM  
PREENCHIMENTO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA  
CIVIL DA FACULDADE EVANGÉLICA DE  
GOIANÉSIA, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.

APROVADO POR:

---

**Prof. Esp. LUIZ TOMAZ DE AQUINO NETO, (FACEG)**  
(ORIENTADOR)

---

**Prof. Dr. CLÉBER CAETANO THOMAZI, (FACEG)**  
(EXAMINADOR INTERNO)

---

**Prof. Ms. JEANE SILVEIRA DE OLIVEIRA, (FACEG)**  
(EXAMINADOR INTERNO)

**GOIANÉSIA – GO**

**2017**

## DEDICATÓRIA

“Aos meus pais, Valcilei Rodrigues dos Reis Cotrim e Paulo Pereira Cotrim que sempre estiveram do meu lado, me motivando e dando apoio durante essa etapa tão importante da minha vida.”

- Paulo Cotrim

“Aos meus pais, João Carlos e Sandra, que sempre me apoiaram e que foram essenciais para que eu pudesse alcançar meu objetivo de tornar-me Engenheiro Civil.”

- Rodrigo Carlos

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por me dar forças para enfrentar os obstáculos enfrentados durante esses anos de graduação, permitindo que tudo acontecesse da melhor forma em minha vida.

Aos meus pais, Paulo e Valcilei, minha irmã Talita Cotrim, e minha namorada Paula Adrielly que me incentivaram a seguir com coragem e otimismo em busca do meu objetivo.

Ao Professor orientador Luiz Aquino, pela disposição, paciência e tempo dedicado para que esse trabalho fosse concluído da melhor maneira possível.

Aos demais amigos e familiares, que me apoiaram e torceram por mim, durante esta caminhada.

- Paulo Cotrim

Primeiramente a Deus, por me dar forças para enfrentar os obstáculos enfrentados durante esses anos de graduação, permitindo que tudo acontecesse da melhor forma em minha vida.

Aos meus pais, João Carlos e Sandra Maria, ao meu irmão João Vitor que me incentivaram a seguir com coragem e otimismo em busca do meu objetivo.

Ao Professor orientador Luiz Aquino, pela disposição, paciência e tempo dedicado para que esse trabalho fosse concluído da melhor maneira possível.

Aos demais amigos e familiares, que me apoiaram e torceram por mim, durante esta caminhada.

- Rodrigo Carlos

## **RESUMO**

Em função do surgimento de novas técnicas construtivas nas últimas décadas, justifica-se estudar e trazer aos leitores conhecimentos sobre as lajes, em especial as lajes maciças convencionais e as lajes de vigotas treliçadas com o preenchimento de poliestireno expandido. Esse trabalho traz um estudo bibliográfico, apresentando o histórico das lajes, as tipologias, definições e características, vantagens e desvantagens e o processo executivo das lajes destacadas. Uma análise de um edifício de dois pavimentos foi realizada com intuito de estabelecer parâmetros comparativos entre as lajes quanto ao custo final e consumo de materiais. O estudo fornecerá maiores subsídios quanto a utilização desses elementos estruturais, auxiliando assim a tomada de decisão quanto ao modelo ideal para um determinado projeto.

Palavras-chave: Lajes, custo, consumo, comparativo, vigotas, viabilidade, treliças.

## **ABSTRACT**

Due to the emergence of new construction techniques in the last decades, it is justified to study and bring to the readers knowledge about the slabs, especially the conventional solid slabs and the slabs of lattice beams with the filling of expanded polystyrene. This work presents a bibliographic study, presenting the history of the slabs, the typologies, definitions and characteristics, advantages and disadvantages and the executive process of the outstanding slabs. An analysis of a two-story building was carried out with the purpose of establishing comparative parameters between the slabs in terms of final cost and material consumption. The study will provide greater subsidies regarding the use of these structural elements, thus helping to make the decision as to the ideal model for a given project.

**Key words:** Slabs, cost, consumption, comparative, vigotas, viability, trusses.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> a) Sistema em laje-cogumelo. b) Sistema em laje lisa. ....	18
<b>Figura 2:</b> Ilustração estrutural de uma laje lisa. ....	19
<b>Figura 3:</b> Exemplos de capitel e de "drop panel". ....	21
<b>Figura 4:</b> Ilustração estrutural de uma laje nervurada. ....	21
<b>Figura 5:</b> Esquema de vigota pré-moldada em concreto armado. ....	23
<b>Figura 6:</b> Esquema de vigota pré-moldada em concreto protendido. ....	23
<b>Figura 7:</b> Lajota Cerâmica. ....	24
<b>Figura 8:</b> Ilustração estrutural da laje maciça convencional. ....	25
<b>Figura 9:</b> Aspectos da composição dos elementos para o processo executivo. ....	29
<b>Figura 10:</b> Esquema de vigota treliçada. ....	30
<b>Figura 11:</b> Seção transversal de uma vigota treliçada. ....	31
<b>Figura 12:</b> Exemplar de bloco de EPS utilizado em laje. ....	33
<b>Figura 13:</b> Escoramento contraventado. ....	36
<b>Figura 14:</b> Escoramento de madeira. ....	37
<b>Figura 15:</b> Escoras metálicas. ....	37
<b>Figura 16:</b> Forma de transporte e local de içamento das vigotas. ....	38
<b>Figura 17:</b> EPS montado na vigota. ....	38
<b>Figura 18:</b> Exemplo de armadura complementar. ....	39
<b>Figura 19:</b> Representação da concretagem da laje pré-moldada. ....	40
<b>Figura 20:</b> Fachada do edifício analisado. ....	45
<b>Figura 21:</b> Planta baixa do pavimento térreo. ....	46
<b>Figura 22:</b> Planta baixa do pavimento cobertura. ....	47
<b>Figura 23:</b> Seções transversais dos elementos pilares e vigas. ....	48
<b>Figura 24:</b> Disposição dos elementos estruturais do edifício. ....	49
<b>Figura 25:</b> Distribuição das lajes nos pavimentos. ....	49
<b>Figura 26:</b> EPS utilizado para preenchimento da laje treliçada. ....	51
<b>Figura 27:</b> Modelo de treliça utilizada em lajes. ....	51
<b>Figura 28:</b> Orientação das vigotas nos pavimentos. ....	52
<b>Figura 29:</b> Gráfico comparativo de valores finais das lajes. ....	63
<b>Figura 30:</b> Gráfico comparativo quanto ao custo final (total) das lajes do edifício. ....	64
<b>Figura 31:</b> Gráfico comparativo quanto ao consumo de concreto das lajes. ....	65

<b>Figura 32:</b> Gráfico demonstrativo do consumo de fôrmas pela laje maciça. ....	<b>66</b>
<b>Figura 33:</b> Gráfico comparativo de consumo de aço incluindo as treliças das vigotas pré-moldadas.....	<b>67</b>
<b>Figura 34:</b> Gráfico comparativo de consumo de aço não incluindo as treliças das vigotas pré-moldadas.....	<b>68</b>
<b>Figura 35:</b> Quantitativo de placas de EPS na composição das lajes pré-fabricadas.....	<b>68</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Vantagens do EPS em relação a lajota cerâmica. ....	<b>33</b>
<b>Quadro 2:</b> Altura total da laje em função do elemento de preenchimento. ....	<b>34</b>
<b>Quadro 3:</b> Descrição da vigota TR-06644.....	<b>51</b>
<b>Quadro 4:</b> Consumo de materiais exigido pela laje maciça tipo piso. ....	<b>53</b>
<b>Quadro 5:</b> Consumo de materiais exigido pela laje maciça tipo cobertura. ....	<b>53</b>
<b>Quadro 6:</b> Consumo de materiais exigido pela laje pré-moldada tipo piso. ....	<b>54</b>
<b>Quadro 7:</b> Consumo de materiais exigido pela laje pré-moldada tipo cobertura. ....	<b>54</b>
<b>Quadro 8:</b> Consumo de materiais da laje pré-moldada tipo piso não contando o peso das treliças.....	<b>55</b>
<b>Quadro 9:</b> Consumo de materiais da laje pré-moldada tipo cobertura não contando o peso das treliças.....	<b>55</b>
<b>Quadro 10:</b> Composição de custos referente ao uso de fôrmas em lajes maciças. ....	<b>57</b>
<b>Quadro 11:</b> Composição de custos referente ao uso de concreto em lajes maciças.....	<b>58</b>
<b>Quadro 12:</b> Composição de custos referente ao uso de aço CA-60 (5 mm) em lajes maciças. ....	<b>59</b>
<b>Quadro 13:</b> Composição de custos referente ao uso de aço CA-50 (6,3 mm) em lajes maciças. ....	<b>60</b>
<b>Quadro 14:</b> Composição de custos para a laje treliçada com EPS. ....	<b>61</b>
<b>Quadro 15:</b> Custo final da laje maciça tipo piso. ....	<b>62</b>
<b>Quadro 16:</b> Custo final da laje maciça tipo cobertura. ....	<b>62</b>
<b>Quadro 17:</b> Custo final da laje pré-moldada tipo piso. ....	<b>63</b>
<b>Quadro 18:</b> Custo final da laje pré-moldada tipo cobertura. ....	<b>63</b>

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2. DELIMITAÇÃO DO TEMA</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
1.3.1. OBJETIVO GERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>1.4. METODOLOGIA</b> .....	<b>16</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1. DEFINIÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2. HISTÓRICO DAS LAJES</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3. TIPOLOGIA DAS LAJES</b> .....	<b>18</b>
2.3.1. LAJES MACIÇAS .....	18
2.3.1.1. LAJES LISAS .....	19
2.3.1.2. LAJES-COGUMELO .....	20
2.3.2. LAJES NERVURADAS .....	21
2.3.3. LAJES COM NERVURAS PRÉ-MOLDADAS .....	22
2.3.3.1. VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS .....	23
2.3.3.2. ELEMENTOS DE PREENCHIMENTO .....	24
<b>2.4. LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS</b> .....	<b>25</b>
2.4.1. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS .....	25
2.4.2. PRESCRIÇÕES NORMATIVAS .....	26
2.4.3. VANTAGENS DAS LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS .....	26
2.4.4. DESVANTAGENS DAS LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS .....	26
2.4.5. PROCESSO EXECUTIVO .....	27
2.4.5.1. MONTAGEM DE FÔRMAS E ESCORAMENTO DA LAJE .....	27
2.4.5.2. COLOCAÇÃO DAS ARMADURAS .....	27
2.4.5.3. PREPARAÇÃO E LANÇAMENTO DO CONCRETO .....	28
2.4.5.4. ADENSAMENTO DO CONCRETO .....	28
2.4.5.5. CURA DO CONCRETO .....	28
2.4.5.6. RETIRADA DAS FORMAS E ESCORAMENTO .....	29
<b>2.5. LAJES TRELIÇADAS COM PREENCHIMENTO DE EPS</b> .....	<b>30</b>
2.5.1. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS .....	30
2.5.2. VIGOTA PRÉ-MOLDADA EM FORMA DE TRELIÇAS.....	30
2.5.3. POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO ELEMENTO DE PREENCHIMENTO .....	32
2.5.4. PRESCRIÇÕES NORMATIVAS .....	34
2.5.5. VANTAGENS .....	34
2.5.6. DESVANTAGENS .....	35
2.5.7. PROCESSO CONSTRUTIVO .....	35
2.5.7.1. ESCORAMENTO .....	35
2.5.7.2. COLOCAÇÃO DAS VIGOTAS E DOS BLOCOS DE EPS .....	37

2.5.7.3.	ARMADURAS COMPLEMENTARES .....	39
2.5.7.4.	CONCRETAGEM .....	39
2.5.7.5.	RETIRADA DO ESCORAMENTO.....	40
<b>2.6.</b>	<b>COMPARATIVO ENTRE AS LAJES.....</b>	<b>41</b>
2.6.1.	QUANTO AO CUSTO .....	41
2.6.2.	QUANTO AO PROCESSO EXECUTIVO.....	42
2.6.3.	QUANTO AO CONSUMO DE MATERIAIS.....	43
<b>3.</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1.</b>	<b>DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO ANALISADO.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO NO SOFTWARE EBERICK® .....</b>	<b>48</b>
3.2.1.	DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DAS LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS ..	50
3.2.2.	DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DAS LAJES TRELIÇADAS COM EPS.....	50
<b>3.3.</b>	<b>CONSUMO DE MATERIAIS EXIGIDO PELAS LAJES.....</b>	<b>52</b>
3.3.1.	CONSUMO DE MATERIAIS EXIGIDO PELA LAJE MACIÇA.....	53
3.3.2.	CONSUMO DE MATERIAIS EXIGIDO PELA LAJE PRÉ-MOLDADA.....	53
<b>3.4.</b>	<b>COMPOSIÇÃO DE CUSTOS.....</b>	<b>55</b>
3.4.1.	COMPOSIÇÃO DE CUSTOS PARA A LAJE MACIÇA CONVENCIONAL .....	56
3.4.2.	COMPOSIÇÃO DE CUSTOS PARA A LAJE PRÉ-MOLDADA.....	61
<b>3.5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>62</b>
3.5.1.	QUANTO AO CUSTO FINAL.....	62
3.5.2.	QUANTO AO CONSUMO DE MATERIAIS.....	65
<b>4.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXO A.....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXO B.....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXO C.....</b>	<b>86</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nas últimas décadas o processo de modernização da construção civil vem se intensificando de forma constante, surgindo novos materiais, técnicas e conceitos inovadores. A análise dos diversos elementos estruturais que compõem uma edificação faz-se necessária para que se obtenha estruturas mais rígidas, dispostas a alcançar melhores resultados, gerando redução de custos e maiores facilidades em sua execução.

As lajes são responsáveis por boa parte do orçamento final e consumo de elementos estruturais necessários à construção, por isso a busca por tecnologias aplicadas a essa área é fundamental na redução de custos. O uso de lajes pré-moldadas promoveu um grande avanço quando comparado a sistemas antigos com o mesmo intuito estrutural. Essas novas estruturas possuem maior viabilidade financeira, menor consumo de concreto, e atingem vãos maiores devido a redução de seu peso próprio.

No entanto, é perceptível a falta de dados consistentes para estabelecer parâmetros aos profissionais do setor, dificultando assim a tomada de decisão, já que as principais dúvidas surgem durante o processo de escolha do modelo estrutural ideal para determinado projeto.

Assim, o objetivo desse estudo é fornecer melhores parâmetros para a tomada de decisão, por meio da comparação dos sistemas de lajes mais adotados na atualidade.

## **1.2. DELIMITAÇÃO DO TEMA**

O presente estudo limita-se a estabelecer parâmetros necessários a tomada de decisão do profissional atuante no setor, sendo os aspectos analisados: o custo final e o consumo de materiais exigido por cada elemento estrutural.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GERAL**

- Fornecer subsídios para a tomada de decisão dos profissionais da área, considerando custo final e o consumo de materiais exigidos para um pavimento-tipo de uma edificação, analisando os modelos estruturais de lajes maciças convencionais e lajes com vigotas pré-moldadas em forma de treliças preenchidas por poliestireno expandido (EPS).

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre lajes, suas generalidades, diversos tipos desse elemento estrutural, e enfatizar de forma mais detalhada os aspectos relevantes das lajes maciças convencionais e das lajes de vigotas pré-moldadas em forma de treliças com preenchimento de EPS.
- Detalhar um pavimento tipo piso e outro tipo cobertura em laje maciça convencional.
- Detalhar um pavimento tipo piso e outro tipo cobertura em laje de vigotas pré-moldadas em forma de treliças com preenchimento de EPS.
- Realizar comparações dos dois modelos estruturais adotados para análise do pavimento-tipo detalhado no estudo em vigor, levando em consideração o custo final e o consumo de materiais.
- Viabilizar gráficos quantitativos e qualitativos dos resultados finais obtidos pelo estudo, obtendo parâmetros para que se possa auxiliar na tomada de decisão do modelo de laje adotado em uma determinada construção.



#### **1.4. METODOLOGIA**

O estudo será dividido em duas partes. A primeira se valerá de estudos bibliográficos quanto aos modelos de lajes determinados para análise. Essa análise foi mediada por artigos, periódicos, teses e livros, destacando as pesquisas já realizadas à cerca do tema, e que irão compor o banco de dados para auxílio no desenvolvimento do presente documento.

A segunda parte do projeto será um estudo de caso de um pavimento-tipo de uma edificação, que será detalhado utilizando o software EBERICK<sup>®</sup> da fabricante Altoqi. O detalhamento permitirá ter uma noção exata do quantitativo de materiais utilizados para cada modelo de laje e podendo assim estabelecer comparações, para que se possa obter parâmetros quanto ao consumo de materiais exigidos por cada estrutura.

Os valores dos materiais utilizados para a viabilização dos modelos de lajes serão obtidos por meio do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Tendo em mãos os valores referentes ao período em que foi desenvolvido o estudo, será feito as comparações e demonstradas graficamente a diferença de custos envolvendo os modelos estruturais para um pavimento-tipo com as especificidades e características próprias do pavimento.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. DEFINIÇÃO**

Segundo Bastos (2015) as lajes são classificadas como elementos planos bidimensionais, sendo a largura e o comprimento da mesma ordem de grandeza e bem maiores que a terceira dimensão, a espessura.

Ainda conforme avaliado por Bastos (2015) são, em sua totalidade, elementos estruturais encarregados de receber as ações oriundas da finalidade arquitetônica a quais foram projetadas. As cargas são aplicadas perpendicularmente em sua extensão de forma distribuída linear, não-linear ou mesmo concentradas. As ações captadas por essas estruturas são transmitidas a outros elementos como vigas, e até mesmo pilares, podendo estes serem acompanhados de capitéis que, por finalidade, elevam a capacidade em sustentação da laje.

### **2.2. HISTÓRICO DAS LAJES**

Como descrito por Dorneles (2014), o histórico das lajes remete a um passado distante, embora completamente diferente dos materiais e a forma como se apresentam atualmente, as lajes atuais se equiparam com componentes usados em construções na antiguidade. As pirâmides do Egito são exemplos da concepção inicial existente de placas ou lajes. Na pirâmide de Kéfren já haviam cômodos que eram isolados por pedras de calcário que serviam como teto. No período medieval, já era possível encontrar obras romanas semelhantes com as lajes atuais, como arcos que eram projetados para suportar esforços normais.

Mas, ainda de acordo com Dorneles (2014) foi após o surgimento do concreto armado que as estruturas lajeadas se desenvolveram, novas tecnologias surgiram, chegando a modelos conhecidos atualmente como as lajes maciças, mistas e convencionais.

## 2.3. TIPOLOGIA DAS LAJES

Dorneles (2014) destaca que as lajes podem ser classificadas de diferentes formas, como pelo tipo de apoio (suporte) ou natureza, mas que de forma geral as lajes se subdividem em grupos: Lajes moldadas “in loco”, e lajes pré-moldadas. A diferença entre esses modelos é a fabricação, sendo a primeira totalmente moldada na obra e a segunda fabricada (seus elementos) externamente à obra.

Nos próximos capítulos será discutido de forma detalhada os aspectos característicos da laje maciça convencional e da laje de vigota treliçada com EPS (Poliestireno expandido), sendo essas duas, objeto de estudo do presente trabalho.

Abaixo, vejamos um pouco mais sobre alguns dos tipos de lajes mais usados atualmente.

### 2.3.1. LAJES MACIÇAS

BASTOS (2015) define laje maciça como aquela totalmente composta por concreto, havendo, entretanto, armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais, e apoiada em vigas ou paredes ao longo das bordas. As lajes maciças são comumente diferenciadas pela sua condição de apoio, sendo as maciças convencionais apoiadas em vigas, as lisas apoiadas em pilares sem capitéis e as lajes-cogumelo apoiadas em pilares com capitéis.

Na figura 1, estão representados os sistemas em laje lisa e laje-cogumelo.

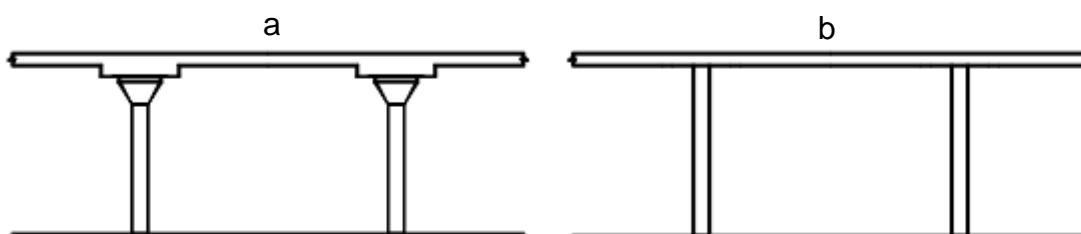


Figura 1: a) Sistema em laje-cogumelo. b) Sistema em laje lisa.

. Fonte: (MELGES, 2001, p. 2).

Será dedicado um capítulo específico às lajes maciças convencionais, já que esta se faz uma das estruturas motivadoras da pesquisa em vigor.

### 2.3.1.1. LAJES LISAS

De acordo com a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 86), “Lajes lisas são as apoiadas nos pilares sem capitéis”. A figura 2 representa de forma esquemática o modelo estrutural de uma laje lisa.

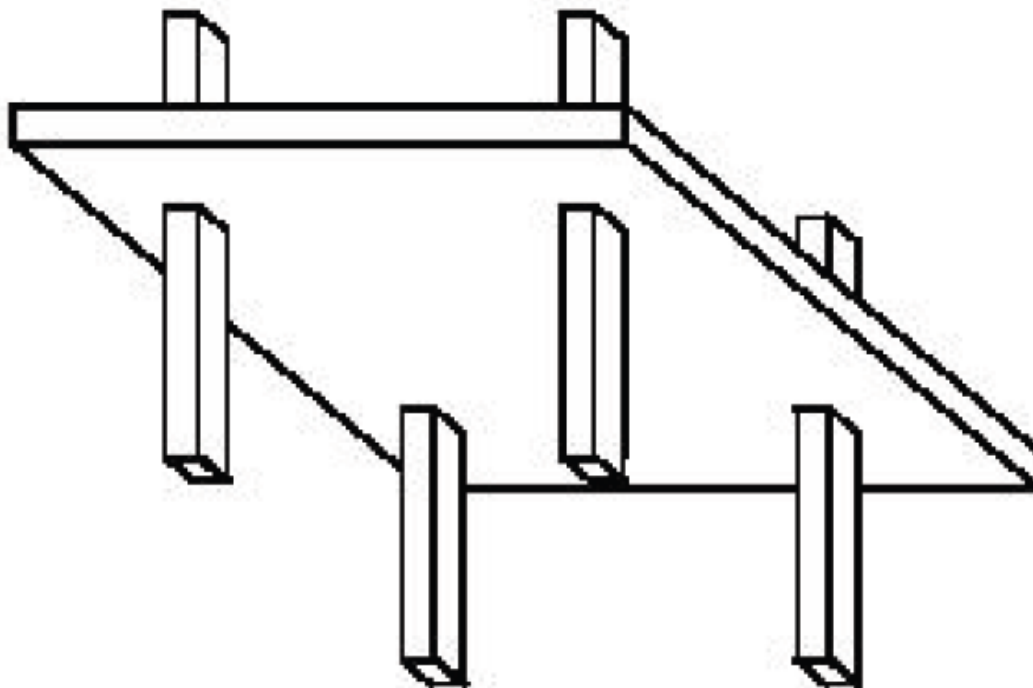


Figura 2: Ilustração estrutural de uma laje lisa.

Fonte: (MELGES, apud FARIA, 2010, p. 25)

As vantagens desse tipo de estrutura são explicitadas por Moretto (1975, apud HENNRICHES; FARIA, 2010, pág. 28) e Figueiredo Filho (1989, apud HENNRICHES; FARIA, 2010, pág. 28):

- Possui consumo de materiais menos elevado, as fôrmas apresentam plano contínuo sem obstáculos, as espessuras das lajes podem ser uniformizadas, as fôrmas são montadas e desmontadas com maior facilidade, menor incidência de mão-de-obra, racionalização e padronização dos cimbramentos;
- Grandes possibilidades de reformas e modificações futuras quando previstas em projetos, racionalização de vedações e aberturas, execução de fachadas com grande liberdade;
- Simplificam a concretagem pelos poucos recortes nas lajes, facilitando o acesso de vibradores, reduzindo a possibilidade de falhas e melhorando o acabamento;
- Simplificam e racionalizam as armaduras pela ausência de vigas, operações de corte, dobra e montagem facilitadas, facilidade de inspeção e conferência;
- Podem resultar na redução da quantidade de cimento (quando concreto produzido em obra), pois na concretagem de sistemas convencionais onde

há grande incidência de vigas pode ser necessário um concreto mais fluído;

- Simplificam as instalações pela menor quantidade de condutos e fios necessários, menor incidência de cortes e emendas, modificações futuras são facilitadas, possibilidade de perfuração da laje para passagem de tubulação;
- A ausência de viga facilita a insolação e ventilação dos ambientes, diminuindo a umidade, redução do acúmulo de sujeira e insetos;
- Reduzem do tempo de execução em função da simplificação nas fôrmas, armaduras, concretagem e instalações.

Assim como todos os demais elementos, as lajes lisas possuem desvantagens, sendo estas:

- Menor rigidez da estrutura às ações laterais em relação aos outros sistemas estruturais, devido ao número reduzido de pórticos (ALBUQUERQUE, 1999, apud FARIA, 2010, pág. 29);
- Puncionamento da laje pelos pilares é um dos principais problemas desses elementos, podendo ser solucionado adotando-se uma espessura de laje adequada ou adotando uma armadura de punção, ou ambos (HENNRICHS, 2003, apud FARIA, 2010, pág. 29);
- Em geral, maior consumo de aço e concreto (ALBUQUERQUE, 1999, apud FARIA, 2010, pág. 29);
- O deslocamento de lajes sem vigas, para uma mesma rigidez e um mesmo vão, é maior do que aqueles nas lajes sobre vigas (HENNRICHS, 2003, apud, FARIA, 2010, pág. 29);

### **2.3.1.2. LAJES-COGUMELO**

A definição de lajes-cogumelo é apresentada na NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 86) como sendo: “Lajes apoiadas diretamente em pilares com capitéis.”

De acordo com MELGES (2001) as lajes-cogumelo, no qual as lajes estão diretamente apoiadas e rigidamente ligadas aos pilares, teve o seu surgimento datado de 1905, com a iniciativa de C.A.P. Turner. Como elemento à segurança e diminuição das tensões de cisalhamento nas ligações, o uso de capitéis e de “*drop panels*” era comum no início. Embora tenham a mesma função, MELGES (2001) cita GHOSH (1983) que menciona que, no projeto, o capitel é considerado como sendo uma

extensão da seção transversal do pilar próximo à ligação com a laje, enquanto “drop panel” é o aumento da extensão da laje nessa mesma região.

A figura 3 esquematiza os modelos estruturais de capitel e “drop panel”.

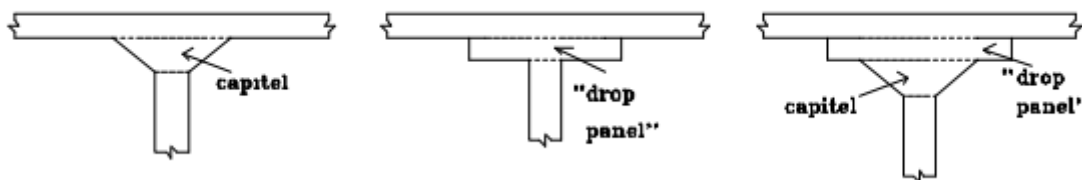


Figura 3: Exemplos de capitel e de “drop panel”.

Fonte: (MELGES, 2001, p. 1).

MELGES (2001) ressalta que a denominação laje-cogumelo nasceu da semelhança do conjunto constituído pelas lajes, capitéis e pilares, após a intensificação do uso de capitéis e “drop panels”.

### 2.3.2. LAJES NERVURADAS

Conforme definido no texto da NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 86) “Lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos está localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”. De acordo com Faria (2010), essas lajes podem ser unidirecionais ou bidirecionais, sendo a laje bidirecional constituída por nervuras principais nas duas direções. Albuquerque (1999, apud FARIA, 2010) destaca que o fato de as armaduras serem responsáveis por suportar esforços de tração permite que a zona tracionada seja idealizada em forma de nervuras, sem comprometimento à zona comprimida, que será resistida pelo concreto ali existente. A figura 4 traz uma ilustração estrutural de uma laje nervurada bidirecional.

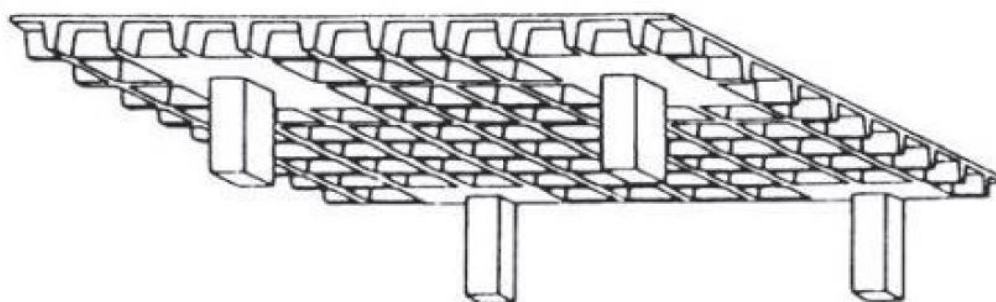


Figura 4: Ilustração estrutural de uma laje nervurada.

Fonte: (MELGES, apud FARIA, 2010, p. 30)

### 2.3.3. LAJES COM NERVURAS PRÉ-MOLDADAS

As lajes pré-moldadas são consideradas lajes nervuradas, pois apresentam nervuras em formas de vigotas pré-fabricadas. Aragão (2007) define as lajes pré-moldadas como aquelas formadas por uma parte pré-fabricada de concreto armado (vigotas), um elemento de preenchimento, normalmente bloco cerâmico ou EPS e uma camada de concreto moldada no local.

Dorneles (2014, p. 23) destaca que as lajes pré-fabricadas têm o seu surgimento associado ao intuito de acelerar o processo construtivo de lajes e melhor viabilização financeira, pois os elementos que a constituem são fabricados em processos industriais. Dorneles ainda cita Di Pietro (2000) que chamou de monolitismo, a perfeita aderência dos elementos que integram a laje com a capa de concreto lançada “*in loco*”. O mesmo ainda complementa que devido a falta de rugosidade nas faces dos elementos de concreto, a união nem sempre é possível mesmo com todo o cuidado na concretagem. No entanto, as lajes pré-fabricadas devem atribuir uma estabilidade adequada, tendo os seus elementos estruturais corretamente interligados por vínculos.

As vantagens da pré-fabricação das lajes podem ser descritas como sendo:

- Garantia de rapidez a obra (LIMA, apud DORNELES, 2014, p. 23);
- Maior confiabilidade no cumprimento do cronograma (LIMA, apud DORNELES, 2014, p. 23);
- Obra limpa e menor dano ao meio ambiente (LIMA, apud DORNELES, 2014, p. 23);
- Maior organização do canteiro de obras (LIMA, apud DORNELES, 2014, p. 23);

Os elementos a serem pré-fabricados são basicamente a parte em que se apresenta nervuras (vigotas) e os elementos de preenchimento. Abaixo encontra-se detalhados os elementos fabricados em indústrias que compõem o resultado final desse tipo de laje.

### 2.3.3.1. VIGOTAS PRÉ-MOLDADAS

Conforme avaliado por Dorneles (2014), as vigotas podem ser divididas em três principais grupos: Vigotas de concreto armado (VC), vigotas de concreto protendido (VP) e vigotas com armaduras treliçadas (VT).

Vigotas de concreto armado: Gaspar (1997, p. 10) destaca que “as vigotas de concreto armado apresentam seção T invertida (Figura 5), permitindo o apoio dos blocos de elementos leves sobre suas abas. O mesmo ainda enfatiza que “os painéis lajeados montados com essas vigotas permitem a realização de nervuras unidirecionais. Portanto, seu funcionamento é equivalente à laje maciça ou nervurada armada em apenas uma direção”.

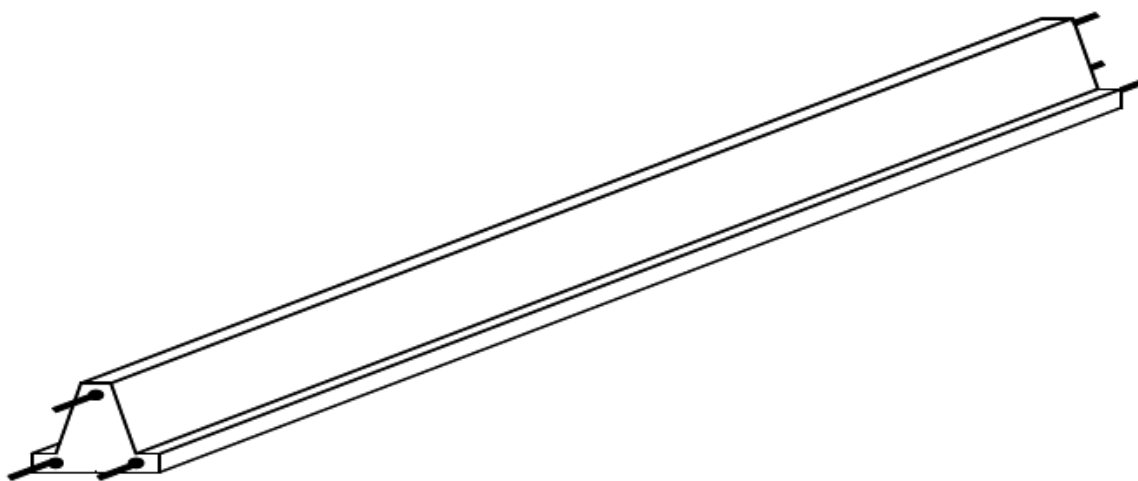


Figura 5: Esquema de vigota pré-moldada em concreto armado.

Fonte: (GASPAR, 1997, p. 11)

Vigotas de concreto protendido (figura 6): GASPAR (1997) define as vigotas de concreto protendido pelas características de fabricação, que consiste em tracionar as armaduras antes do lançamento do concreto, em um processo de protensão inicial.

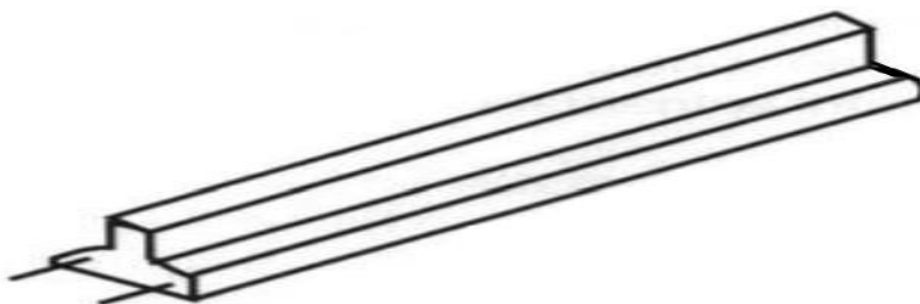


Figura 6: Esquema de vigota pré-moldada em concreto protendido.

Fonte: (DORNELES, 2014, p. 24)

Vigotas treliçadas: são elementos componente da laje treliçada, que se apresenta de forma detalhada no capítulo 2.5 do presente trabalho.



### 2.3.3.2. ELEMENTOS DE PREENCHIMENTO

A NBR 14860-1 (NORMA BRASILEIRA, 2002, p. 3) define elementos de enchimento como sendo:

Componentes pré-fabricados com materiais inertes diversos, sendo maciços ou vazados, intercalados entre as nervuras das pré-lajes (ou vigotas pré-moldadas), no caso de lajes com seção final nervurada, com a função de reduzir o volume de concreto e o peso próprio da laje. São desconsiderados como colaborantes nos cálculos de resistência e rigidez da laje.

A NBR 14860-1 (NORMA BRASILEIRA, 2002, p. 6) ainda ressalta que os componentes de enchimento podem ser “maciços ou vazados, devem ser compostos por materiais leves, suficientemente rígidos, que não produzam danos ao concreto e às armaduras. Devem ainda ter resistência à ruptura suficiente para resistir à carga de trabalho durante a montagem da laje”.

Dentre os principais elementos de enchimento, destacam-se a lajota cerâmica e o bloco de poliestireno expandido (EPS).

Lajota cerâmica: Avaliado por Gaspar (1997, p. 17), as composições das dimensões mais utilizadas para as lajotas cerâmicas, em milímetros, são descritas abaixo e observadas na figura 7:

$h = 70; 100; 120; 160; 200; 250$

$b = 250; 300; 320$

$L = 200$

$C = 30$

$d = 15$

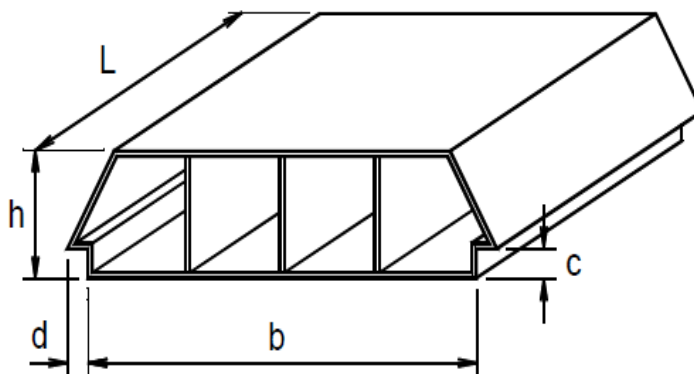


Figura 7: Lajota Cerâmica.  
Fonte: (GASPAR, 1997, p.17)

Gaspar (1997) admite como vantagem do uso de blocos cerâmicos a boa aderência que esse material propicia ao revestimento, além de baixo custo, sendo este um material de fácil localização no mercado da construção civil.

## 2.4. LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS

### 2.4.1. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS

De acordo com Araújo (2003a) as lajes maciças convencionais são aquelas que têm em sua totalidade o preenchimento de concreto em sua espessura, caracteriza-se por ter armaduras no interior do concreto, não possuir vazios e ser apoiada ao longo de todo ou parte do seu contorno. O mesmo ainda destaca que “os apoios podem ser constituídos por vigas ou por alvenarias, sendo este tipo de laje predominante nos edifícios residenciais onde os vãos são relativamente pequenos”. A figura 8 representa de forma esquemática uma laje maciça convencional.

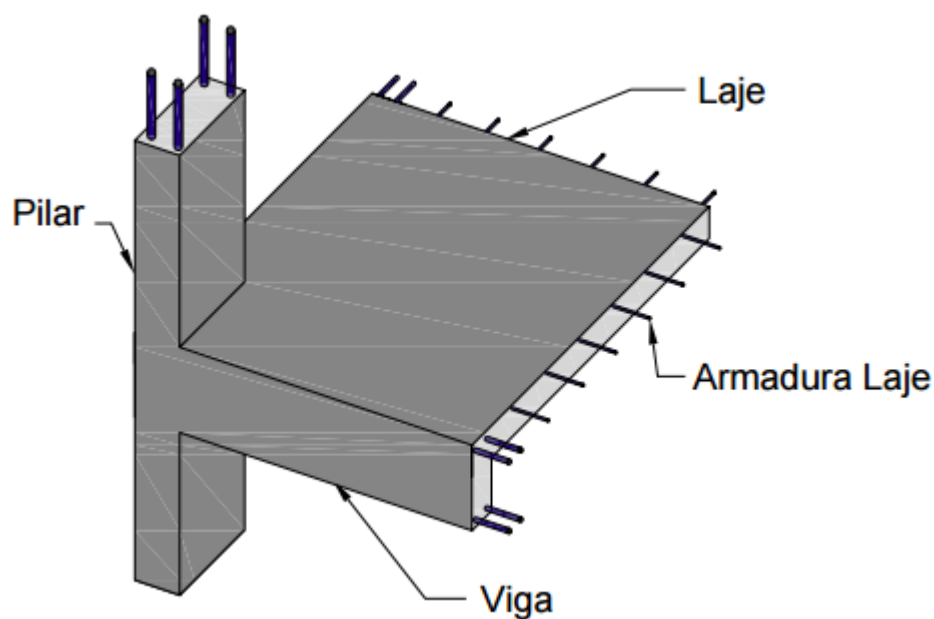


Figura 8: Ilustração estrutural da laje maciça convencional.

Fonte: (SPOHR, apud FARIA, 2010, p. 20)

De acordo com Spohr (2008) a laje maciça convencional é adequada para vãos considerados pequenos, sendo assim não é considerado adequado sua utilização para grandes vãos. O mesmo cita que, como prática usual, utiliza-se como vão médio econômico um valor entre 3,5 e 5 metros.

#### **2.4.2. PRESCRIÇÕES NORMATIVAS**

Conforme NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 67) os seguintes limites mínimos para a espessura das lajes maciças devem ser respeitados:

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

#### **2.4.3. VANTAGENS DAS LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS**

As lajes maciças convencionais apresentam as seguintes vantagens:

- A rigidez da estrutura de contraventamento é garantida com a existência de muitas vigas formando pórticos (ALBURQUERQUE, 1999, p. 21);
- Apresenta esforços relativamente pequenos e pouca deformação (CARVALHO E PINHEIRO, 2009 p.28);
- A mão de obra treinada, pelo fato de ser o sistema estrutural mais utilizado durante anos, facilita a execução da obra (SPOHR, 2008, p. 21);
- O lançamento e adensamento do concreto é facilitado (FARIA 2010, p.20).
- Acabamento mais liso;
- Redução no número de fissuras ao longo da vida útil da laje.

#### **2.4.4. DESVANTAGENS DAS LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS**

As lajes maciças convencionais apresentam as seguintes desvantagens:

- A produtividade da construção é reduzida pela grande quantidade de vigas existentes, ocasionando muito recorte na fôrma do pavimento (ALBURQUERQUE, 1999, p. 21);
- O consumo de concreto e aço é grande para vãos grandes (FARIA 2010, p. 25);
- O consumo de fôrmas e escoramentos é grande (SPOHR, 2008, p. 23);
- Elevado tempo na execução das formas e desforma (ALBUQUERQUE, 1999, p. 21);

- Elevado peso próprio.

## **2.4.5. PROCESSO EXECUTIVO**

Segundo Barros e Melhado (1998) o processo construtivo da laje maciça que se caracteriza pelo fato de ser moldado no local segue a ordem de se montar as fôrmas, o preparo das armaduras, da concretagem (lançamento, adensamento e cura do concreto) e a desforma. Nos próximos itens segue de aspecto mais detalhado as diferentes etapas da construção de uma laje maciça convencional.

### **2.4.5.1. MONTAGEM DE FÔRMAS E ESCORAMENTO DA LAJE**

Barros e Melhado (1998, p. 36) orientam que no processo de montagem das formas e escoras sejam seguidos os seguintes procedimentos:

- Posicionamento das escoras das lajes;
- Alinhamento e prumo das escoras;
- Distribuição de painéis, verificar se há sobreposição ou frestas;
- Que os pés direitos de apoio dos painéis de laje sejam posicionados;
- Nivelamento das lajes;
- Limpeza geral das formas.

### **2.4.5.2. COLOCAÇÃO DAS ARMADURAS**

De acordo com Barros e Melhado (1998, p. 37) no posicionamento das armaduras na forma, após as mesmas já estarem cortadas e pré-montadas, recomenda-se observar os seguintes processos:

- Marcar a posição das armaduras nas lajes;
- Montar a armadura na laje com a colocação das pastilhas de cobertura;
- Chumbar os ferros para definição dos eixos.

### **2.4.5.3. PREPARAÇÃO E LANÇAMENTO DO CONCRETO.**

Segundo a NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 15), “antes de fazer o lançamento do concreto, as formas devem estar limpas e estanques”, de maneira que se evite a perda de pasta e argamassa.

Ainda conforme o texto da NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 20) “O concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição definitiva, evitando-se incrustação de argamassa nas paredes das formas e nas armaduras”.

### **2.4.5.4. ADENSAMENTO DO CONCRETO**

De acordo com a NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 21) “Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser vibrado ou apiloado contínua e energicamente com equipamento adequado à sua consistência”.

Ainda conforme a NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 20), “a armadura e todos os outros componentes do projeto, devem ser adequadamente cobertos pela massa do concreto com a realização do processo de adensamento”.

### **2.4.5.5. CURA DO CONCRETO**

A NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 23), estabelece que

[...] o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais antes de atingir seu endurecimento, evitando os agentes químicos, secagem rápida, mudanças de temperaturas inesperada, etc., a fim de assegurar uma resistência adequada em sua superfície e assegurar a formação de uma capa de superfície durável, com o evito da perda de água pela superfície exposta, assim não produzindo fissuras na massa de concreto.

#### 2.4.5.6. RETIRADA DAS FORMAS E ESCORAMENTO

Segundo a NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 24), “é o responsável pelo projeto da obra que tem a responsabilidade de informar ao executor da obra e que se tenha a precaução de retirar as escoras e formas sem haver choques que possa abalar a estrutura”, quando retirar as formas e o escoramento, essa mesma NBR recomenda ainda que os mesmos sejam removidos somente quando tiverem resistência suficiente para:

- “Suportar a carga imposta ao elemento estrutural nesse estágio”;
- “Evitar deformações que excedam as tolerâncias especificadas”;
- “Resistir a danos para a superfície durante a remoção”.

A figura 9 resume bem os aspectos de composição das lajes maciças convencionais, além de sua forma após a retirada das fôrmas.

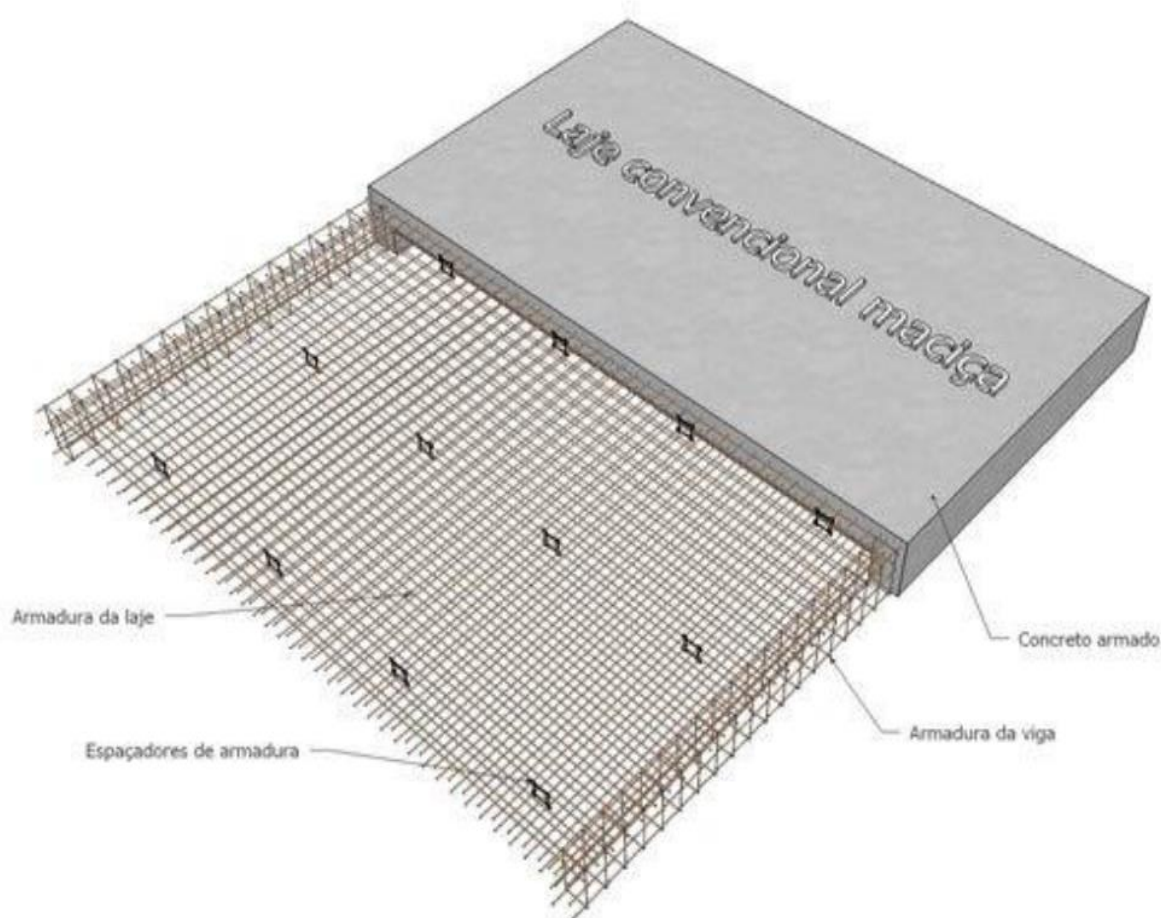


Figura 9: Aspectos da composição dos elementos para o processo executivo.  
Fonte: Catálogo digital de detalhamento da construção.

## 2.5. LAJES TRELIÇADAS COM PREENCHIMENTO DE EPS

### 2.5.1. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS

Conforme Dorneles (2014), as lajes treliçadas tem como característica a presença de nervuras em formato de treliças pré-fabricadas, e normalmente são constituídas de blocos de EPS e lajota cerâmica em seu preenchimento. Nesse tópico será apenas destacado o poliestireno expandido (EPS) como constituinte da laje de vigota pré-moldada em forma de treliças.

Os elementos pré-fabricados constituintes dessa estrutura de lajes são a vigota e o material de enchimento da laje. O elemento de moldagem “*in loco*” fica restrito a capa de concreto que cobrirá esses outros dois elementos pré-fabricados.

### 2.5.2. VIGOTA PRÉ-MOLDADA EM FORMA DE TRELIÇAS

Citando a NBR 14859-1, Higaki (2009) define as vigotas pré-moldadas como elementos estruturais composto por concreto estrutural, fabricadas industrialmente fora do local de utilização definitivo da laje, ou mesmo em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade. O mesmo ainda enfatiza que esses elementos englobam a armadura inferior de tração de forma total ou parcial constituindo parcialmente a seção de concreto da nervura longitudinal. A figura 10 apresenta um esquema de vigota pré-moldada em forma de treliças.

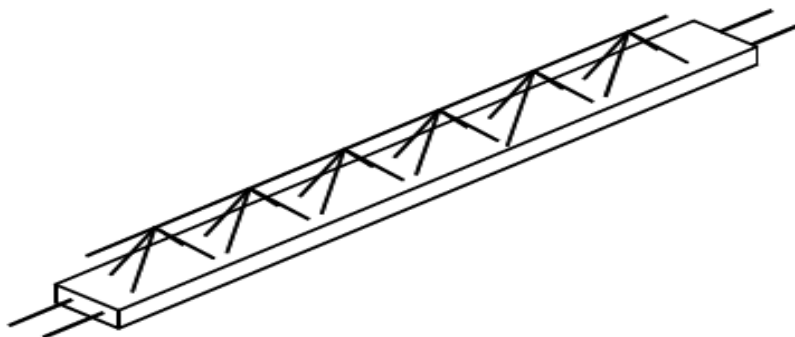


Figura 10: Esquema de vigota treliçada.

Fonte: (GASPAR, 1997, p.13)

Dorneles (2014) destaca que as vigotas treliçadas são elementos de lajes treliçadas, possuem armadura em formato de treliças e o concreto utilizado é uma pequena camada envolta parcialmente da armadura. Sendo assim, ainda acrescenta que dependendo do projeto, pode ser necessária a armadura inferior de tração que estará envolta pela capa de concreto. Gaspar (1997) enfatiza que as treliças espaciais contidas nessa vigota são soldadas por eletrofusão e anexadas a placa de concreto. A figura 11 esquematiza a seção transversal de uma vigota em forma de treliças.

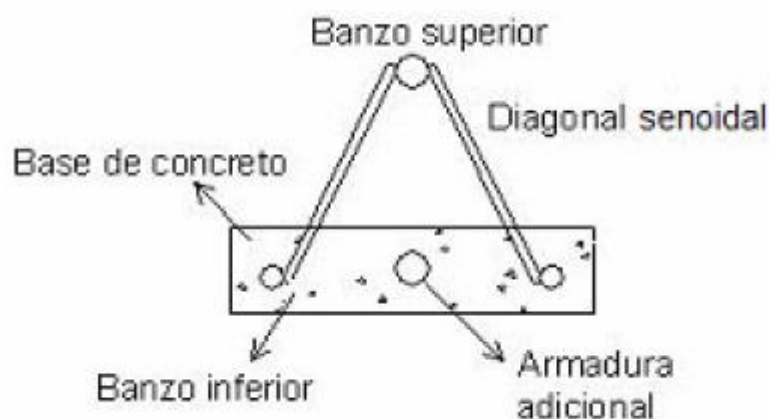


Figura 11: Seção transversal de uma vigota treliçada.

Fonte: (HIGAKI, 2009, p. 42)

Gaspar (1997, p. 13) descreve a fabricação dessas vigotas através dos seguintes passos:

- Utiliza-se concreto confeccionado com um consumo mínimo de 350 kg de cimento por metro cúbico de concreto e brita zero, como agregado graúdo (NOTICIÁRIO MEDITERRÂNEA, 1993);
- O concreto após usinado, é armazenado em um misturador móvel e lançado através de um bico injetor em toda a extensão das fôrmas, tratadas previamente com óleo desmoldante, onde estão contidas a armadura treliçada e eventuais armaduras positivas adicionais, devidamente posicionadas;
- Terminado o lançamento do concreto, as vigotas são submetidas automaticamente a um processo vibratório que possibilita o perfeito adensamento do concreto fresco;
- Quanto às armaduras treliçadas, são estas, em geral, fabricadas com fios de aço CA-60, em comprimentos padronizados [...] e [...] “soldados por eletrofusão”.



### 2.5.3. POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO ELEMENTO DE PREENCHIMENTO

Segundo Silva (2002, apud FARIA, 2010) o EPS é uma sigla padronizada pela ISO – *International Organization for Standardization* para o poliestireno expandido, sendo no Brasil mais conhecido como isopor, marca registrada de uma empresa. O mesmo ainda destaca que o EPS é um monômero polimerizado em meio aquoso que recebe como agente expensor a adição de gás pentano. Tal produto foi descoberto pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz em 1949, na Alemanha. Esse material é industrializado em “pérolas” milimétricas, capazes de expandir-se até 50 vezes quando expostas ao vapor d’água. Com isso, tem-se como resultado uma espuma rígida com apenas 2% de poliestireno e 98% de ar, complementa o autor. Ressaltando, o mesmo ainda quantifica em 1 m<sup>3</sup> de EPS cerca de 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar, que impedem a passagem de líquidos como a água.

Como visto anteriormente, devido à grande porcentagem de ar contido no EPS, o poliestireno expandido possui, dentre suas características, um baixo peso próprio, angariando assim, uma importante propriedade para a utilização em lajes. Além disso, pode-se destacar outras características que faz do EPS um importante aliado à construção civil.

- A combustão do EPS não libera produtos tóxicos; GASPAR (1997, p.18)
- Baixa absorção de água; GASPAR (1997, p.18)
- Boa resistência a compressão; GASPAR (1997, p.18)
- Possibilidade de reaproveitamento das eventuais sobras, as quais podem ser moídas na própria obra e usadas como agregado graúdo, em lugar da brita, para fazer concreto leve; GASPAR (1997, p.18)
- Grande redução das perdas do concreto, devido a boa junção das peças sobre as vigotas; GASPAR (1997, p.19)
- O corte do EPS pode ser feito na obra; GASPAR (1997, p.19)
- Facilidade de transporte; GASPAR (1997, p.19)

O uso de poliestireno expandido começou a ser difundido na composição de lajes devido a apresentar propriedades de leveza, ocasionando o reconhecimento como um bom material para o preenchimento da laje nervurada.

A figura 12 esquematiza um exemplar de bloco de EPS utilizado em lajes.



Figura 12: Exemplo de bloco de EPS utilizado em laje.  
Fonte: Termo Técnica.

Dois dos elementos mais utilizados para o enchimento em lajes com nervuras pré-moldadas são: a lajota cerâmica e o bloco de EPS. Fazendo um breve comparativo, destaca-se no quadro 1 algumas das vantagens do uso do EPS em lajes em relação a lajota cerâmica.

Quadro 1: Vantagens do EPS em relação a lajota cerâmica.  
Fonte: Construlev

<b>Vantagens na Laje com EPS</b>		
Exemplos para uma laje de 50m <sup>2</sup>		
laje H7 + 4cm de capa de concreto e interreixo = 42cm		
	<b>Cerâmica</b>	<b>EPS</b>
Peso da lajota	13,5Kg/m	0,27Kg/m
Peso da laje	8.800Kg	7.200Kg
Ferro adicional	93Kg	61Kg
Transporte manual	3,5 horas	11 minutos
Montagem da laje	16 horas (2 dias)	6 horas
Quebras	18 lajotas	Não quebra
Serviço pedreiro	18,5h	11,0h
Serviço servente	37,0h	22,0h
Qualidade concreto	Ressecado (absorve água)	Bem curado (não absorve água)
Desperdício concreto	Vazamento nata concreto	Não há vazamento
Isolação termo-acústica	Nenhuma	Otima isolação
Segurança	Cacos - machucam	Não quebra
Aparência	Obra suja	Obra limpa

#### 2.5.4. PRESCRIÇÕES NORMATIVAS

Citando a NBR 14859-1, Aragão (2007, p.15) prescreve a altura total das lajes em função da altura padronizada dos elementos de enchimento. Essa relação podemos perceber no quadro 2, no qual descreve esses valores em centímetros.

Quadro 2: Altura total da laje em função do elemento de preenchimento.

Fonte: (ARAGÃO, 2007, p.15)

Altura do elemento de enchimento ( $h_e$ )	Altura total da laje ( $h$ )
7,0	10,0 ; 11,0 ; 12,0
8,0	11,0 ; 12,0 ; 13,0
10,0	14,0 ; 15,0
12,0	16,0 ; 17,0
16,0	20,0 ; 21,0
20,0	24,0 ; 25,0
24,0	29,0 ; 30,0
29,0	34,0 ; 35,0

#### 2.5.5. VANTAGENS

Como vantagens desse modelo de laje, podemos destacar:

- Baixo desperdício de materiais (uso racional); (DORNELES, 2014, p. 31)
- Baixo uso de escoras devido ao seu reduzido peso próprio; (DORNELES, 2014, p. 31)
- Redução do número de vigas e pilares para suportar o peso da laje acarretando um maior espaço interno no produto final; (DORNELES, 2014, p. 31)
- Melhoria no conforto acústico e térmico (devido a presença do EPS); (DORNELES, 2014, p. 31)
- Boa compatibilização de projetos (projetos hidráulicos e elétricos são facilmente adequados ao tipo de laje); (DORNELES, 2014, p. 31)
- Capacidade de vencer grandes vãos livres e suportar altas cargas; (TRELIART, 2002, apud FERREIRA, 2016, p.16)

- Capacidade de suportar paredes apoiadas diretamente sobre a laje, desde que feitas previamente as considerações necessárias; (TRELIART, 2002, apud FERREIRA, 2016, p.16)
- Eliminação do uso de fôrmas para a execução das lajes; (TRELIART, 2002, apud FERREIRA, 2016, p.16)
- Menor peso próprio com conseqüente alívio das cargas em vigas, pilares e fundações; (TRELIART, 2002, apud FERREIRA, 2016, p.16)
- Redução do custo final da estrutura se considerado economia de aço, concreto, fôrma e mão-de-obra; (TRELIART, 2002, apud FERREIRA, 2016, p.17)
- [...] agilidade na montagem; (TRELIART, 2002, apud FERREIRA, 2016, p.17)
- Dimensionamento uni ou bidirecional, dependendo da necessidade da estrutura; (TRELIART, 2002, apud FERREIRA, 2016, p.17)

#### **2.5.6. DESVANTAGENS**

Além de vantagens, são notadas algumas desvantagens nesse modelo de laje. Tendo isso como premissa destaca-se as seguintes:

- Problemas quanto ao içamento de materiais quando presente em obras muito altas; (DORNELES, 2014, p. 31)
- Altos valores de deslocamentos transversais em obras muito altas, pois a laje não tem desempenho ideal de chapa; (DORNELES, 2014, p. 31).
- Quando é feito o enchimento com EPS, não é possível fazer furos na parte inferior; (Ferreira, 2016, p.17)
- Também é necessário utilizar uma cola especial na face aparente do “isopor” para que o acabamento (chapisco ou gesso) possa aderir ao material; (Ferreira, 2016, p.17)
- Necessidade de mão-de-obra especializada para realizar os acabamentos de forma adequada. (Ferreira, 2016, p.17)

#### **2.5.7. PROCESSO CONSTRUTIVO**

##### **2.5.7.1. ESCORAMENTO**

“O escoramento de uma laje pré-fabricada é composto de guias, pontaletes e guias de contraventamento. Os fabricantes costumam recomendar que sejam feitas linhas de escoras

com tábuas de 250 a 300 mm de largura, colocadas em espelho.” (GASPAR, 1997, p. 25)

Gaspar (1997) ainda salienta que as tábuas das linhas de escoras são fixadas em pontaletes contraventados em duas direções.

A figura 13 representa o escoramento contraventado para uma laje pré-fabricada.

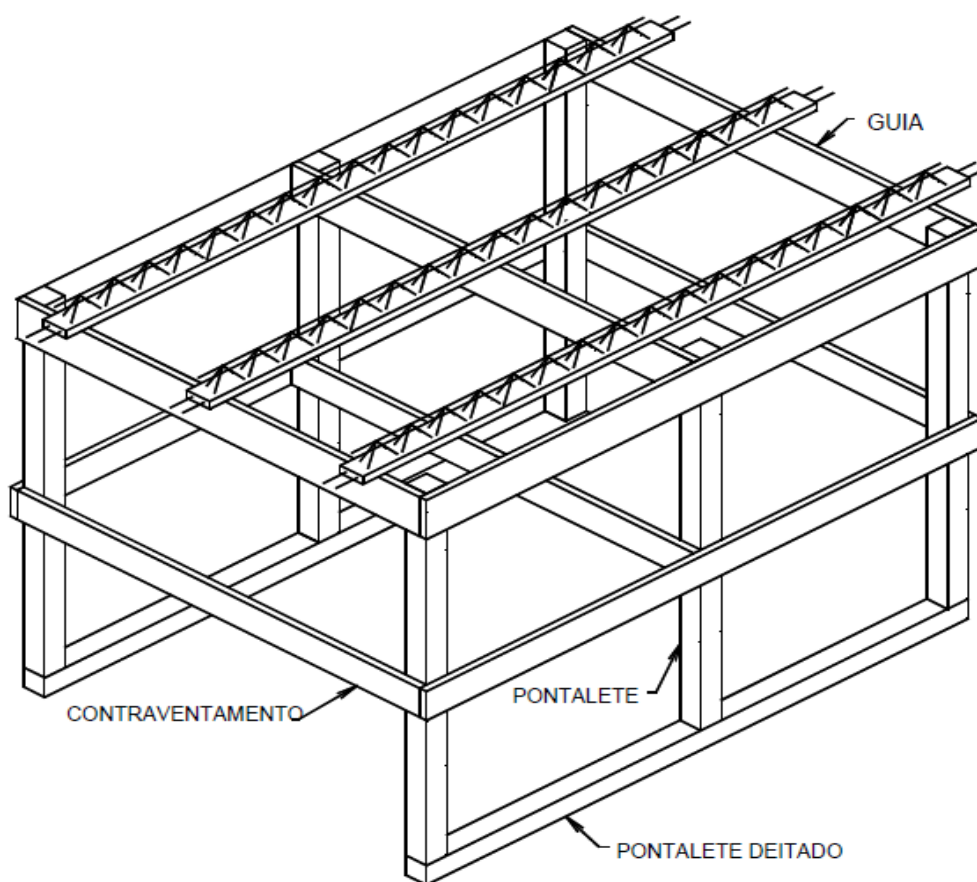


Figura 13: Escoramento contraventado.

Fonte: (GASPAR, 1997, p.25)

No processo construtivo das lajes treliçadas com EPS, o primeiro passo é a correta adequação dos escoramentos, podendo ser esses de madeira (Figura 14) ou mesmo escoras metálicas (Figura 15).

A figura 14 faz uma representação de um modelo de escoramento de madeira.

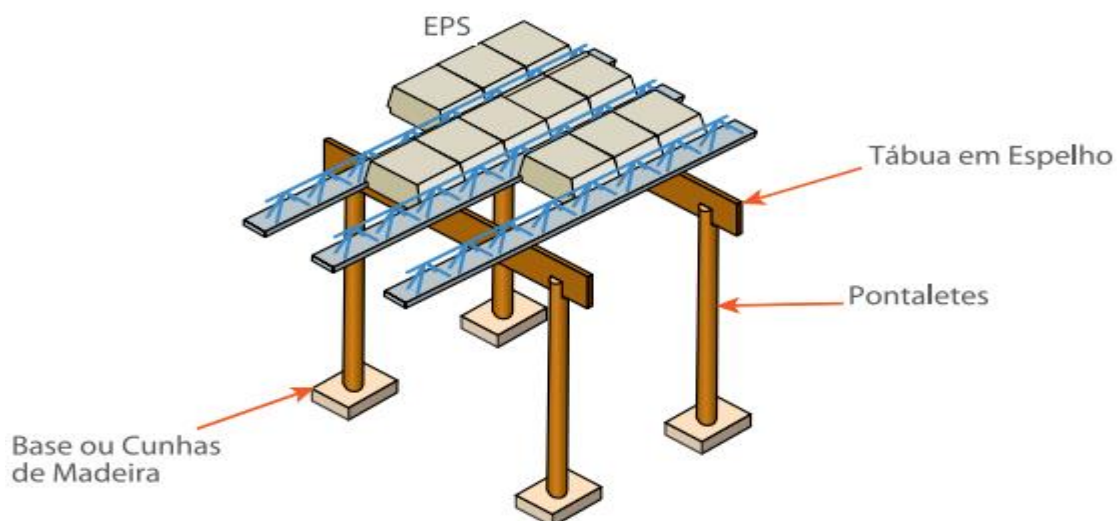


Figura 14: Escoramento de madeira.  
Fonte: Arcelor Mittal

A figura 15 traz uma representação de escoras metálicas.

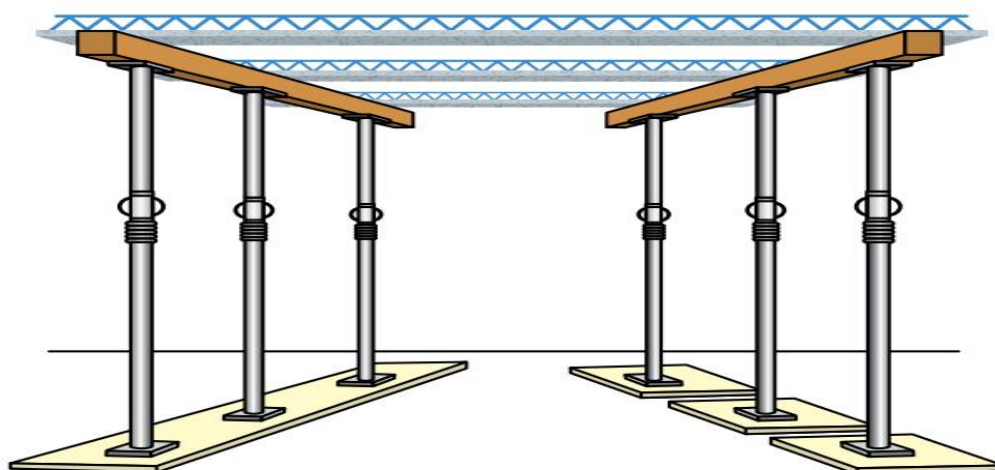


Figura 15: Escoras metálicas.  
Fonte: Arcelor Mittal

### 2.5.7.2. COLOCAÇÃO DAS VIGOTAS E DOS BLOCOS DE EPS

Feito o escoramento, o próximo passo é a colocação dos elementos pré-fabricados: vigotas treliçadas e o elemento de preenchimento, neste caso sendo o poliestireno expandido. Dorneles (2014) atenta que primeiramente, deve-se planejar o içamento das vigotas, e essas devem ser colocadas como especificado em projeto.

A figura 16 representa uma forma correta para o içamento e transporte das vigotas.

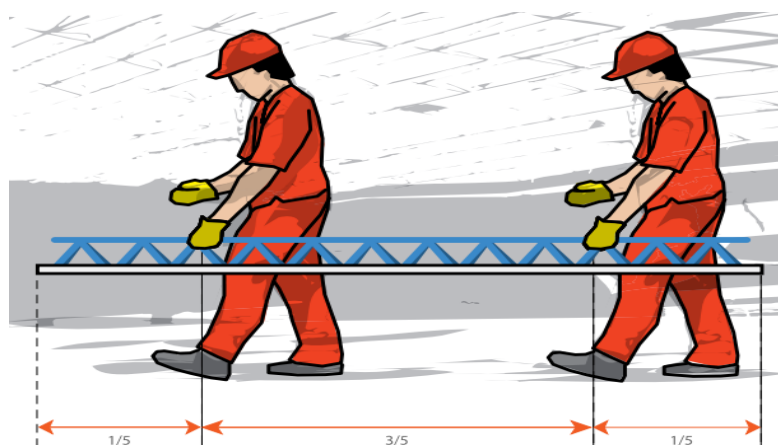


Figura 16: Forma de transporte e local de içamento das vigotas.

Fonte: Arcelor Mittal

Gaspar (1997, p. 27) instrui sobre a colocação desses elementos:

- Para espaçar corretamente as vigotas umas das outras, deve-se colocar um bloco de elemento leve em cada extremidade das mesmas;
- Por razões de economia, apoia-se a primeira fileira de blocos de elementos leves de um lado sobre parede ou viga e de outro sobre a primeira vigota. Com isso consegue-se economizar uma vigota em cada painel de laje. Esse procedimento facilita também a passagem de tubulações hidráulicas e elétricas embutidas, pois é sempre mais fácil quebrar um bloco de elemento leve (EPS) do que quebrar uma vigota (BOTELHO, 1991);
- Em seguida, dispõem-se sobre o painel de laje o restante dos blocos de EPS. Nessa etapa, deve-se tomar o cuidado de não deixar folgas, evitando assim riscos de escorregamento dos blocos e de vazamento do concreto fresco.

A figura 17 representa a feição do conjunto EPS e vigota treliçada.

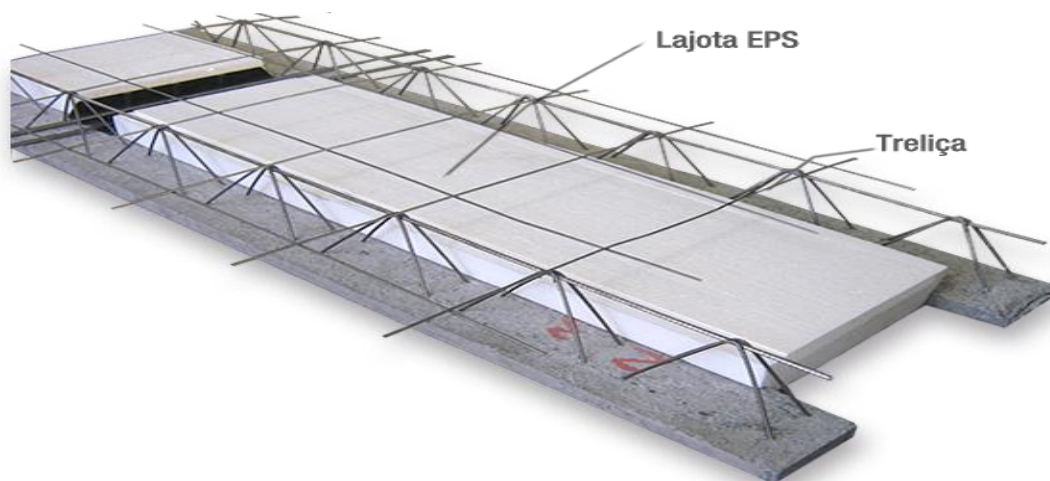


Figura 17: EPS montado na vigota.

Fonte: Faler Blocos

### 2.5.7.3. ARMADURAS COMPLEMENTARES

GASPAR (1997) explica que sobre o painel de laje é necessária a colocação de armadura transversal ao sentido das vigotas, ficando esta incorporada à mesa de compressão, evitando assim o aparecimento de fissuras.

Gaspar (1997) destaca também que além dessa armadura transversal ao sentido da vigota, faz-se necessário armaduras negativas, apoiadas e fixadas na armadura da capa de concreto para as uniões da laje, seja com outro painel, ou mesmo com suas bordas

A figura 18 apresenta um exemplo de colocação da armadura complementar.

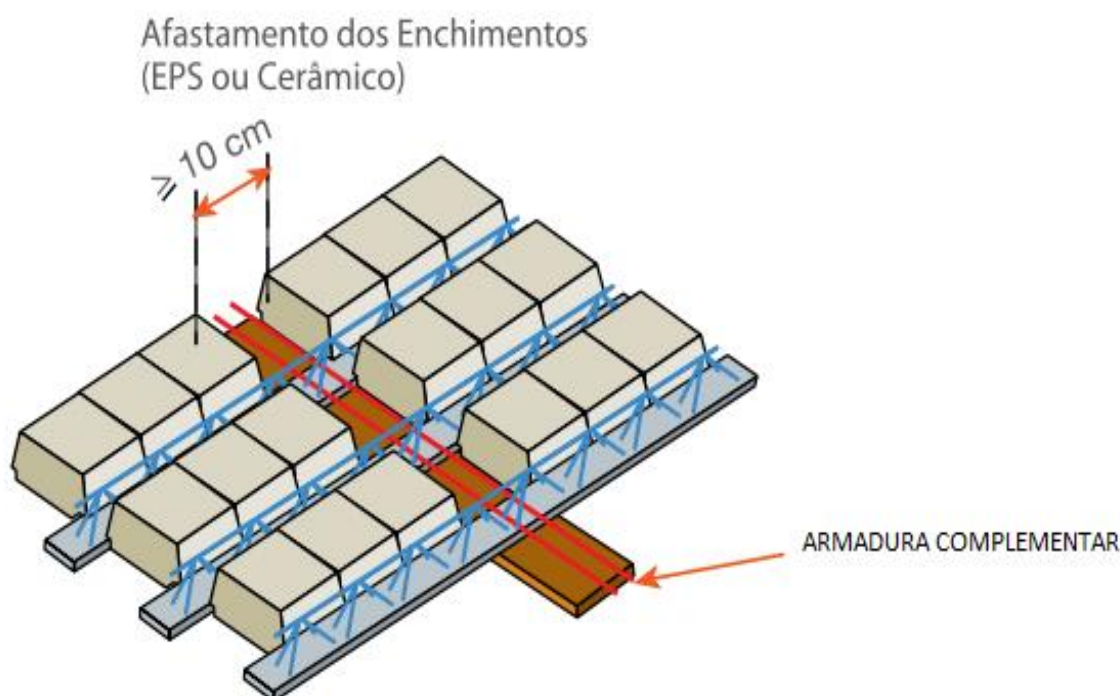


Figura 18: Exemplo de armadura complementar.  
Fonte: Arcelor Mittal

### 2.5.7.4. CONCRETAGEM

Após a montagem dos elementos pré-moldados da laje, o próximo passo é cobrir esses elementos por uma capa de concreto. Higaki (2009, p. 47) apresenta alguns cuidados para a concretagem que formará a capa de concreto na laje:

- Colocar passadiços de madeira para evitar que o material de enchimento se rompa permitindo o vazamento do concreto;
- Molhar adequadamente a superfície da laje antes de lançar o concreto;
- Adensar suficientemente o concreto para que ele penetre nas juntas entre as vigotas e o material de enchimento;



- Efetuar uma boa cura, molhando a superfície da capa de concreto.

A figura 19 faz uma representação da concretagem da laje.

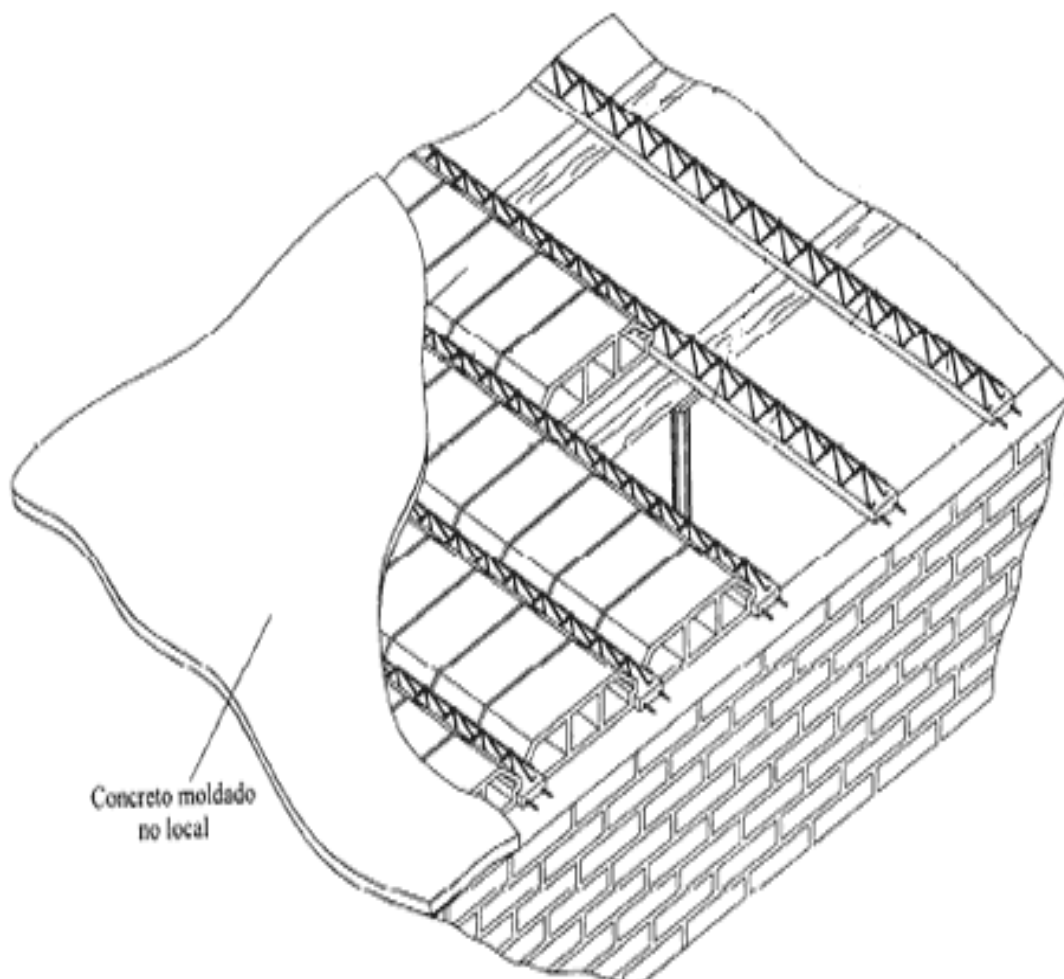


Figura 19: Representação da concretagem da laje pré-moldada.  
Fonte: Faz Fácil

#### 2.5.7.5. RETIRADA DO ESCORAMENTO

Após o concreto obter uma boa resistência dá-se início a retirada dos escoramentos. Para múltiplos pavimentos, Higaki (2009) salienta que a retirada do escoramento do piso inferior não deve ser feita antes do término do piso superior, e além disso é importante averiguar se o próximo piso a ser concretado não ocasionará um excesso de carga no piso inferior por meio do escoramento.

## **2.6. COMPARATIVO ENTRE AS LAJES**

Os comparativos a seguir representam um estudo bibliográfico à cerca das diferenças e semelhanças dos dois modelos de laje adotados: a laje maciça convencional e a laje de vigotas pré-moldadas em forma de treliças com o preenchimento de poliestireno expandido. Os comparativos são quanto ao custo final, consumo de materiais e processo construtivo, embora este último não faça parte da análise realizada nesse trabalho, constatamos a necessidade de colocar informações mais detalhadas sobre o tema, já que o processo construtivo é um fator modificador e de grande influência no custo final das lajes observadas.

### **2.6.1. QUANTO AO CUSTO**

Quando se trata de construção civil, um dos grandes desafios do profissional locado na área é a de otimizar a construção reduzindo custos, portanto, faz-se necessário o entendimento da estrutura escolhida a fim de que se obtenha bom desempenho estrutural à competência do projeto, e envolvimento de menores valores financeiros à viabilização do modelo adotado. Neste caso, tem-se aqui discriminados, referenciais teóricos quanto a implementação de dois modelos estruturais de lajes distintos. Em sua tese de mestrado Higaki (2009, p. 40) avalia que a busca por uma construção rápida e de economia cada vez maior vem propiciando o aumento de uso de lajes pré-fabricadas de concreto, além disso, a utilização de vãos cada vez maiores vem se intensificando e o dimensionamento de lajes maciças, nestes casos, conduz a espessuras maiores que o usual, acarretando um alto custo à estrutura, já que grande parte de sua resistência será para suportar o seu próprio peso.

O tempo de execução da laje influencia no quesito custo final de uma obra, pois quanto mais rápido for seu processo construtivo, menor será o tempo dedicado a essa tarefa, e conseqüentemente a mão-de-obra será designada a uma outra atividade, diminuindo o prazo final de entrega da construção e o tempo de funcionários em obra (que em algumas situações são contratados por períodos de tempo, sendo a diária uma das formas). A cerca dos modelos de laje estudados aqui, Brandalise e Wessling (2015) ressaltam que há diferenças entre custos e duração das atividades de execução, tendo a laje de vigotas pré-moldadas em forma de treliças apresentando vantagens em quantitativos de agilidade e rapidez com um melhor aproveitamento de tempo durante a execução da laje.

No estudo realizado por Brandalise e Wessling (2015) ficou constatado que ao levar em conta apenas o custo de realização de uma obra de pequeno a médio porte, como edificações de até quatro andares, a laje maciça convencional é cerca de 25% mais onerosa que as lajes de vigotas pré-fabricadas treliçadas. Os mesmos ainda ressaltam que a pesquisa reflete apenas uma parcela do custo final da obra, a de execução das lajes, e que a pesquisa não abrange a linha de produção global da obra, mesmo sabendo que todas as outras etapas de uma construção influenciam no custo final atribuído a mesma.

Quando se avalia o custo isolado de uma laje, apenas o valor final referente a ela é demonstrado. Todavia, essas estruturas, quando bem pensadas, acabam por acarretar economia em outros elementos estruturais, como vigas, pilares e fundações. No estudo desenvolvido por Nappi (1993), uma de suas constatações foram que as vigas de sustentação da laje maciça aplicado ao seu projeto de estudo obteve praticamente o mesmo custo de execução, embora o mesmo ressalte que em alguns casos os valores envolvendo essas estruturas de sustentação possa chegar a diferenças maiores e consideráveis ao custo global da obra.

## **2.6.2. QUANTO AO PROCESSO EXECUTIVO**

Os dois tipos de lajes analisadas aqui possuem métodos construtivos diversos, com características fundamentalmente diversas: uma moldada “*in loco*” outra pré-moldada. Tendo isso como premissa, a laje maciça convencional tende a ter um processo executivo mais delicado, com necessidade de muitas fôrmas e escoramento, além de mão-de-obra especializada, enquanto a laje de vigotas pré-fabricadas possui uma simples montagem de seus elementos. Quanto a isso, Nappi (1993) reforça que a possibilidade de não contratar operários de especialidades diferentes, além dos pedreiros, devido a simplicidade de execução das lajes pré-fabricadas, é também considerado um fator importante, pois facilita a administração da obra, que em muitos casos é realizada pelo próprio proprietário, normalmente leigo e inexperiente neste tipo de serviço.

Os dois modelos de lajes possuem tempos de execução diferentes, a laje maciça por ser totalmente moldada “*in loco*” leva um tempo maior para a sua implantação quando comparada à laje pré-moldada, embora há de se considerar que o processo de viabilização da laje pré-fabricada começa antes na indústria a qual suas vigotas e enchimento são fabricados

para posterior montagem na obra. Neste estudo não será analisado o processo industrial de fabricação das vigotas e dos elementos de enchimento, mas sim, a montagem dos mesmos no canteiro.

### **2.6.3. QUANTO AO CONSUMO DE MATERIAIS**

Quando se faz comparativos com dois tipos de lajes como essas: maciças e treliçadas pré-moldadas, têm-se que levar em conta que uma é a evolução da outra, portanto, notoriamente as lajes pré-fabricadas vão se sobressair em relação as maciças quanto ao consumo de materiais, pois estas surgiram como uma alternativa para isso, ressalva as limitações de projeto.

Nappi (1993) destaca como aspectos positivos da laje de vigotas pré-moldadas em forma de treliças com enchimento de EPS, o baixo consumo de concreto e aço, além da eliminação de fôrmas e a redução de escoramento. O autor ainda reforça que o fator desfavorável da laje maciça convencional é justamente o alto consumo de fôrmas, concreto e aço. E devido a isso, essas lajes que são muito utilizadas em garagens de edifícios, têm o seu uso reduzido em residências, principalmente se levarmos em conta o quantitativo de fôrmas e o período excessivo de execução, que em grandes proporções geram elevados custos, e desestimulam a sua execução.

### **3. ESTUDO DE CASO**

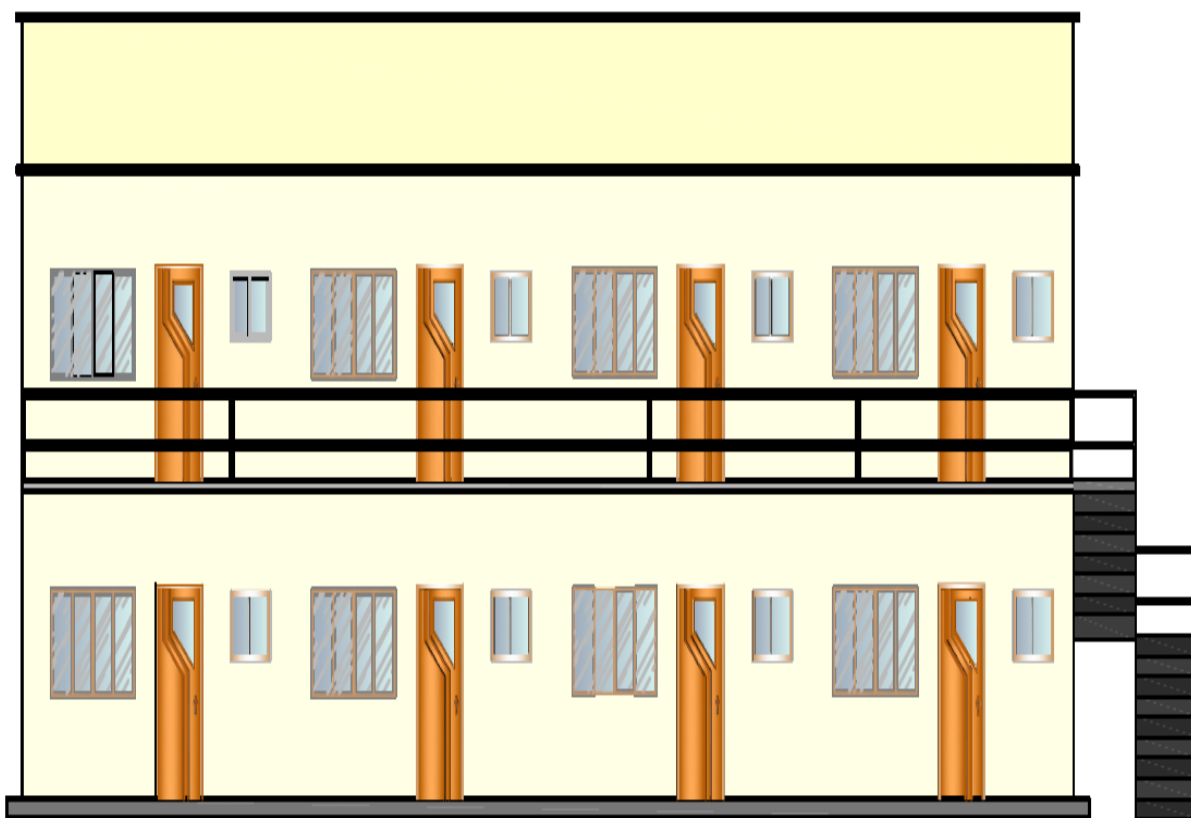
#### **3.1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO ANALISADO**

As construções de edifícios com apartamento de pequeno porte são comuns na região próxima à Faculdade Evangélica de Goianésia, principalmente pelo fato que a procura por esse tipo de residência para moradia, está cada vez mais frequente por acadêmicos e outros profissionais. Quando comparado com outros modelos, seu aluguel é mais em conta, viabilizando a moradia de famílias que são compostas por poucas pessoas.

O edifício analisado é um projeto de residência multifamiliar, composta por dois pavimentos, com uma área construída de 240,00 m<sup>2</sup> (duzentos e quarenta metros quadrados), 120,00 m<sup>2</sup> (cento e vinte metros quadrados) cada andar, com uma distância de três metros entre pisos, os pavimentos são constituídos por quatro apartamentos de 30,00 m<sup>2</sup> (trinta metros quadrados). Os oito apartamentos de padrão popular, são compostos por sala, cozinha, quarto, banheiro e lavanderia.

A laje tipo piso tem uma área que compreende 145,20 m<sup>2</sup> (cento e quarenta e cinco metros quadrados), que correspondem a área dos quatro apartamentos mais um hall de circulação que acessa os edifícios do segundo pavimento. Já a laje da cobertura contempla 120,00 m<sup>2</sup> (cento e vinte metros quadrados), equivalente a cobertura dos apartamentos. A escada que dá acesso ao hall de circulação no segundo pavimento é totalmente de estrutura metálica e situa-se ao lado da edificação.

Na figura 20, tem-se a fachada frontal do edifício multifamiliar, nele destacamos as entradas dos apartamentos e o hall de circulação que acessa o segundo pavimento. Ainda nessa figura, podem ser visíveis a distribuição de portas e janelas na fachada, além da escada de estrutura metálica que dá acesso ao pavimento superior do sobrado.



*Figura 20: Fachada do edifício analisado.  
Fonte: Autores.*

O projeto que será analisado foi inteiramente pensado e projetado arquitetonicamente pelos autores deste trabalho. O objetivo é engajar nessa arquitetura as melhores condições para a análise das lajes maciças convencionais e pré-fabricadas com enchimento de EPS, trazendo com isso resultados mais consistentes no comparativo entre elas.

O projeto compreende um estilo simples, com uso de platibanda e sem cobertura no hall de circulação, o que é comum para edificações desse tipo. O uso de estacionamento em projeto desse porte é bastante comum, mas o intuito deste é o comparativo entre lajes, justificando a desnecessidade de se colocar estacionamento para o sobrado aqui exibido.

A figura 21 mostra a planta baixa do pavimento térreo com os quatro apartamentos, e é sobre esses quatro apartamentos que se situam a laje tipo piso, um dos componentes de análise deste trabalho.

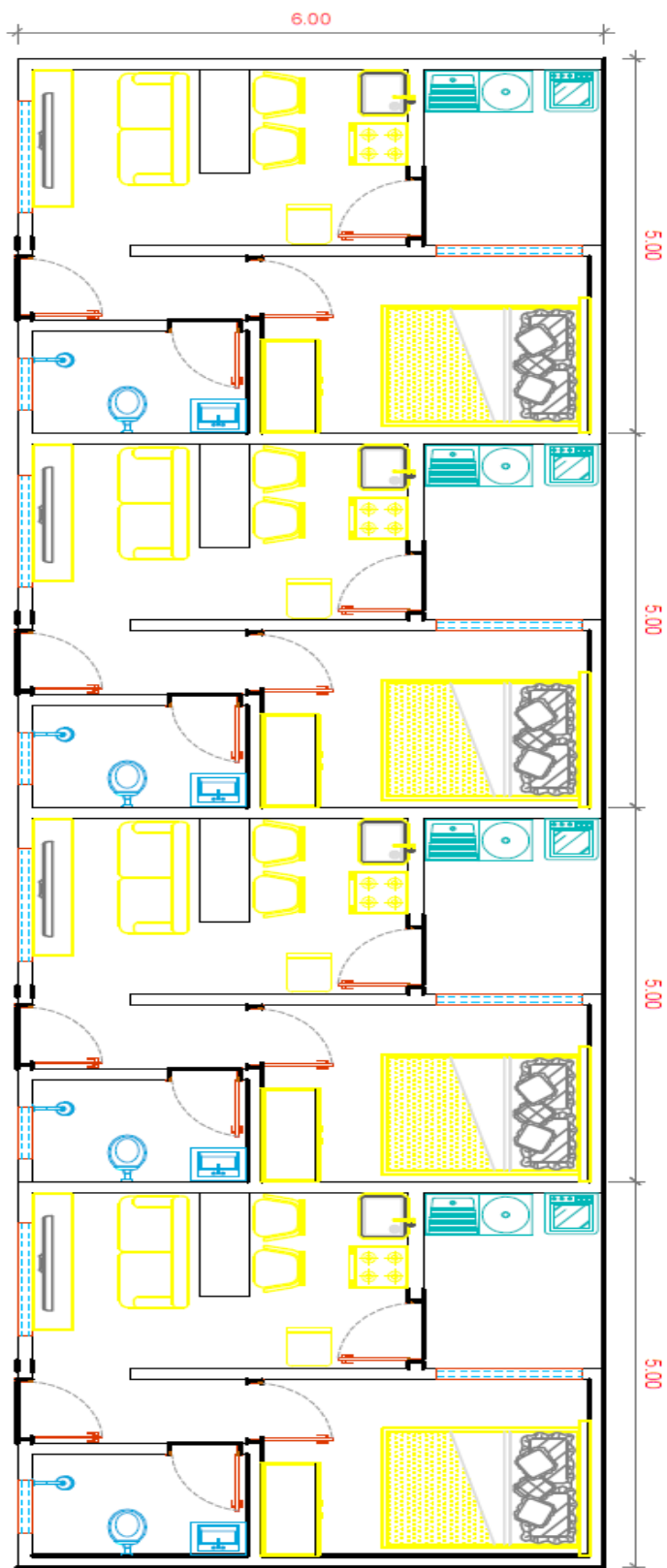


Figura 21: Planta baixa do pavimento térreo.  
Fonte: Autores.

Na figura 22, temos a planta baixa do pavimento cobertura, contendo a mesma quantidade e modelo de apartamentos do pavimento térreo com o acréscimo do hall de circulação.

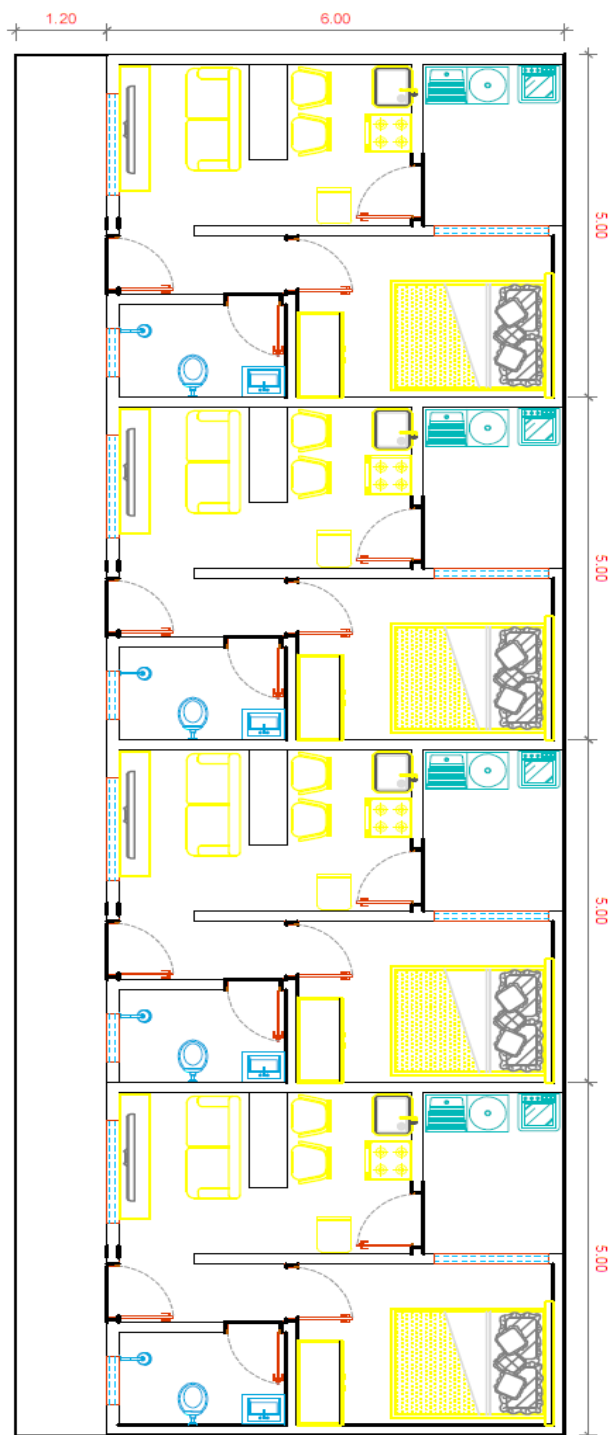


Figura 22: Planta baixa do pavimento cobertura.  
Fonte: Autores.



### 3.2. DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO NO SOFTWARE EBERICK®

O projeto apresentado foi dimensionado e detalhado usando o software EBERICK® (V8 GOLD) da fabricante AltoQi, uma empresa de desenvolvimento de softwares na área de construção civil.

Foi dimensionado e detalhado o mesmo projeto para os dois tipos de lajes, adotando sempre a espessura mínima, respeitando os limites de norma, necessária a atender as exigências de uso da edificação. Com isso, tem-se resultados mais consistentes e uma avaliação justa na composição de preços e consumo de materiais.

Um laudo de sondagem SPT (*standard penetration test*) realizado na região de Goianésia-GO foi adquirido para o dimensionamento das fundações do tipo sapata. Na plataforma do EBERICK® a estrutura foi dividida em 4 (quatro) lances, sendo esses: viga baldrame e fundações, pavimento térreo, pavimento cobertura e platibanda.

A figura 23 esboça as secções transversais dos elementos pilares e vigas, adotadas na estrutura.

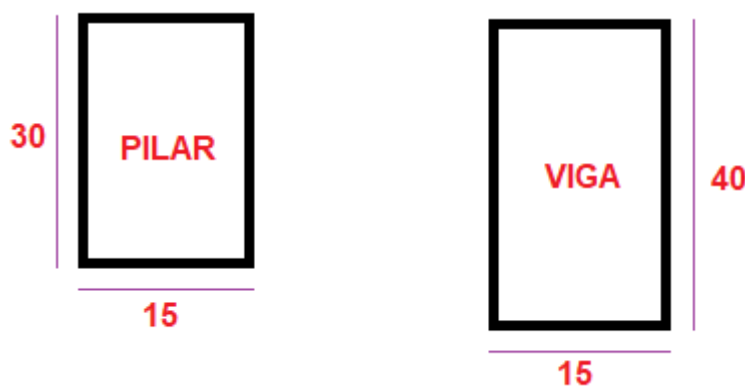


Figura 23: Seções transversais dos elementos pilares e vigas.

Fonte: Autores.

Todos os pilares possuem secção transversal 15x30 (cm), e as vigas 15x40 (cm). O concreto utilizado em todos os elementos estruturais, inclusive nas lajes, foi dotado de  $F_{ck}$  (Resistência característica do concreto à compressão) igual a 20 MPa.

O desenho estrutural e a disposição dos elementos descritos acima podem ser visualizados na figura 24. No anexo A pode se encontrar o desenho estrutural sob a perspectiva de outros ângulos.

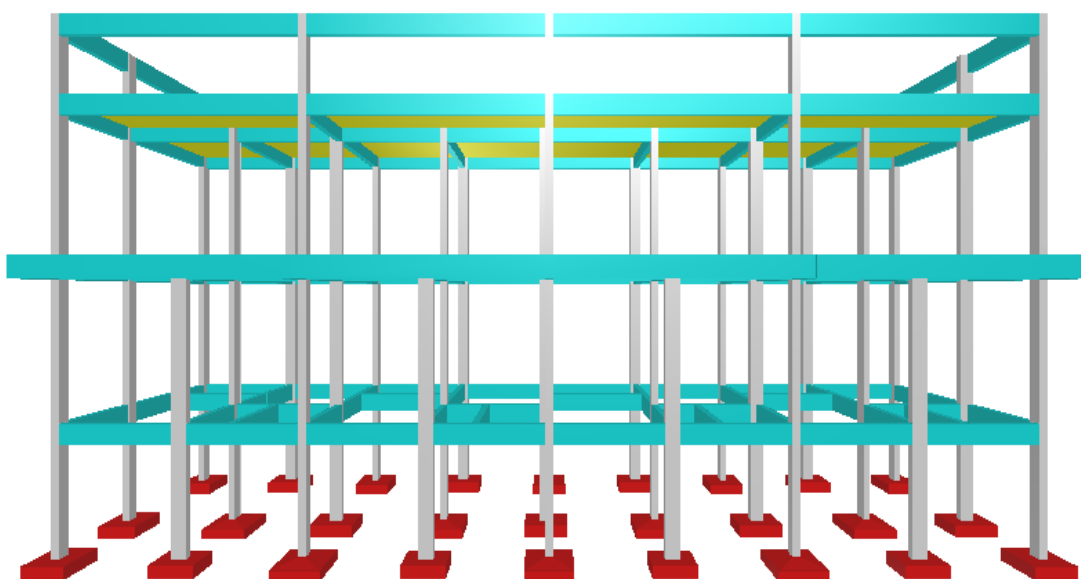


Figura 24: Disposição dos elementos estruturais do edifício.  
Fonte: Autores.

As cargas referentes a edificações desse porte com essa finalidade e especificidades próprias desse projeto foram adicionadas conforme a NBR 6120, que trata de cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Na figura 25, pode-se visualizar a distribuição das lajes inerentes ao pavimento térreo e cobertura do projeto.

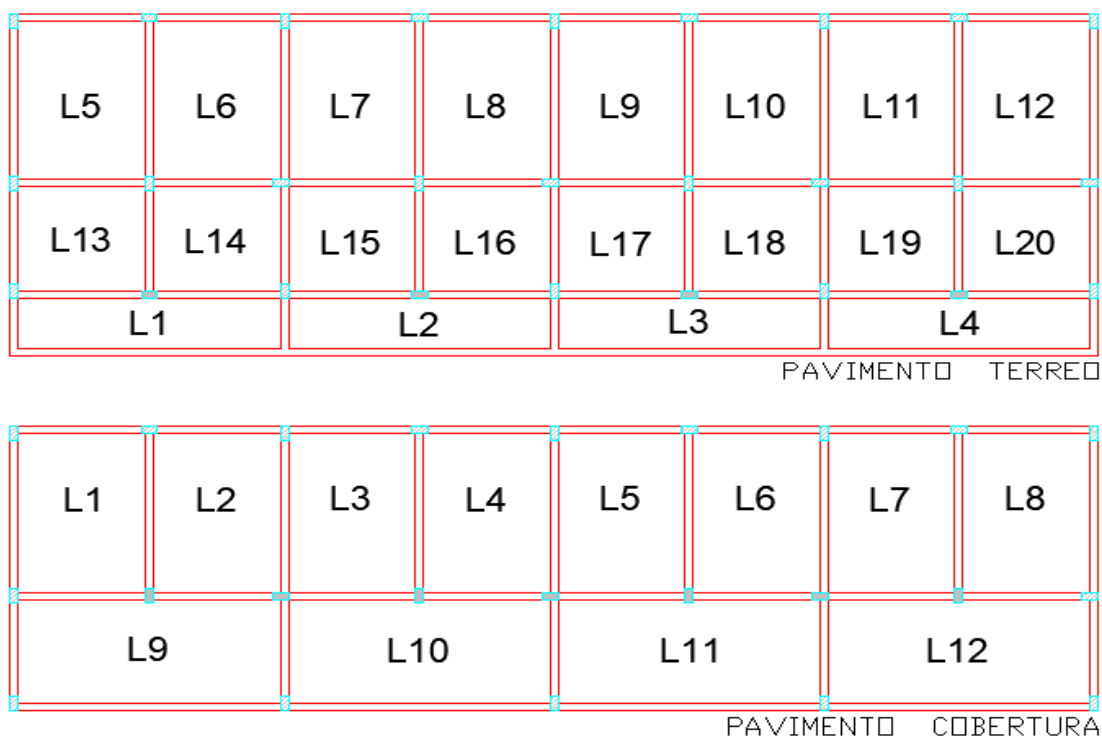


Figura 25: Distribuição das lajes nos pavimentos.  
Fonte: Autores.

### **3.2.1. DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DAS LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS**

As lajes maciças convencionais foram dimensionadas adotando sua espessura mínima prevista em norma. Analisando a NBR 6118:2014, foram adotadas as seguintes espessuras de lajes maciças:

- Laje piso (pavimento térreo): 8 cm;
- Laje cobertura (pavimento cobertura): 7 cm.

Todas as lajes maciças foram apoiadas e não houve engastamento entre elas, fazendo com que não haja armadura negativa nas lajes maciças (armadura de ligação e engastamento entre lajes).

Embora pareça, por uma visão superficial, que as lajes L1, L2, L3 e L4 do pavimento térreo estejam em balanço, não há nenhuma laje nessa condição. Para evitar a situação de balanço, foi colocada uma viga na extremidade descarregando em outras vigas perpendiculares a ela. Com isso, as lajes se apoiaram nessas vigas evitando assim a condição de balanço.

### **3.2.2. DIMENSIONAMENTO E DETALHAMENTO DAS LAJES TRELIÇADAS COM EPS**

As lajes de vigotas pré-moldadas em forma de treliças com preenchimento de poliestireno expandido foram dimensionadas de acordo com as normas NBR 14859/1:2016 (Laje Pré-fabricada – Requisitos – Parte 1: Lajes Unidirecionais) e NBR 14860/1:2002 (Laje Pré-fabricada – Pré-laje - Requisitos – Parte 1: Lajes Unidirecionais).

A espessura final desse tipo de laje varia de acordo com a altura do elemento de preenchimento, nesse caso o EPS. Na figura 26, vemos as dimensões do poliestireno expandido utilizado como material inerte da laje. O elemento utilizado possui 8 cm de espessura, 30 cm de largura e 125 cm de comprimento.

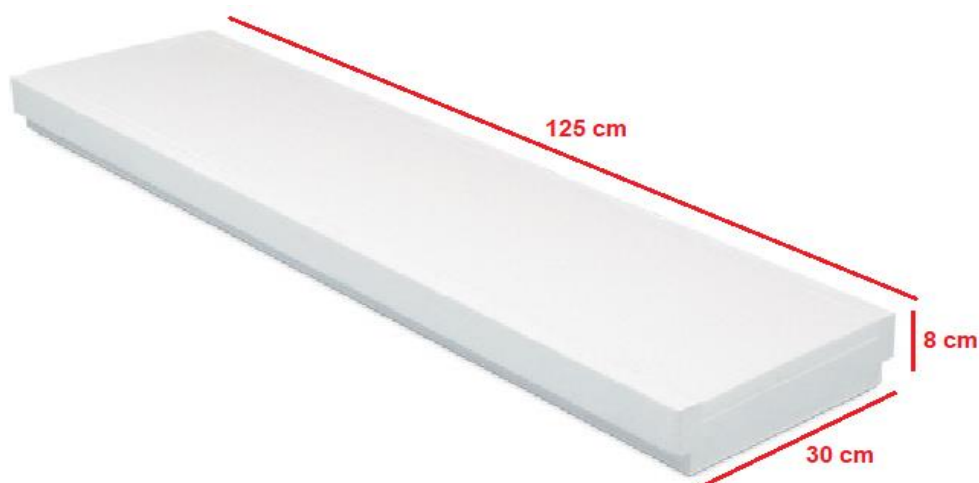


Figura 26: EPS utilizado para preenchimento da laje treliçada.  
Fonte: Autores.

Com um elemento de enchimento com espessura de 8 cm, a altura final da laje fica sendo 12 cm, já que por norma o mínimo admitido para a capa de concreto que envolverá as vigotas e o material inerte é 4 cm.

Para a composição dessas placas de concreto foram utilizadas vigotas com treliças TR-06644. A vigota utilizada nessas lajes pode ser visualizada na figura 27, e as medidas referentes a ela são especificadas no quadro 3.

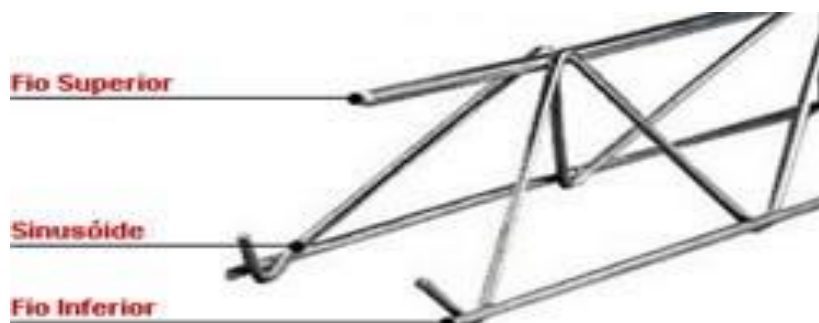


Figura 27: Modelo de treliça utilizada em lajes.  
Fonte: puma.com.br

Quadro 3: Descrição da vigota TR-06644.  
Fonte: puma.com.br

TIPO DE ARMAÇÃO	ALTURA (mm)	DIÂMETRO DOS VERGALHÕES (mm)			SEÇÃO INFERIOR (cm <sup>2</sup> )	PESO DA TRELIÇA (kg/m)
		superior	sinusóide	inferiores		
TR-06644	60	6,00	4,20	4,20	0,276	0,711

A orientação das vigotas na laje obedeceu ao sentido dos menores vãos no pavimento cobertura. No pavimento térreo, devido a carregamentos de cargas lineares (paredes) no sentido do menor vão, essa configuração teve de ser alterada, fazendo com que houvesse vigotas em algumas lajes no sentido de maior vão, como é o caso das lajes L5, L7, L9, L11, L13, L14, L15, L16, L17, L18, L19 e L20. Na figura 28, pode-se observar a orientação das vigotas nos pavimentos térreo e cobertura da edificação.

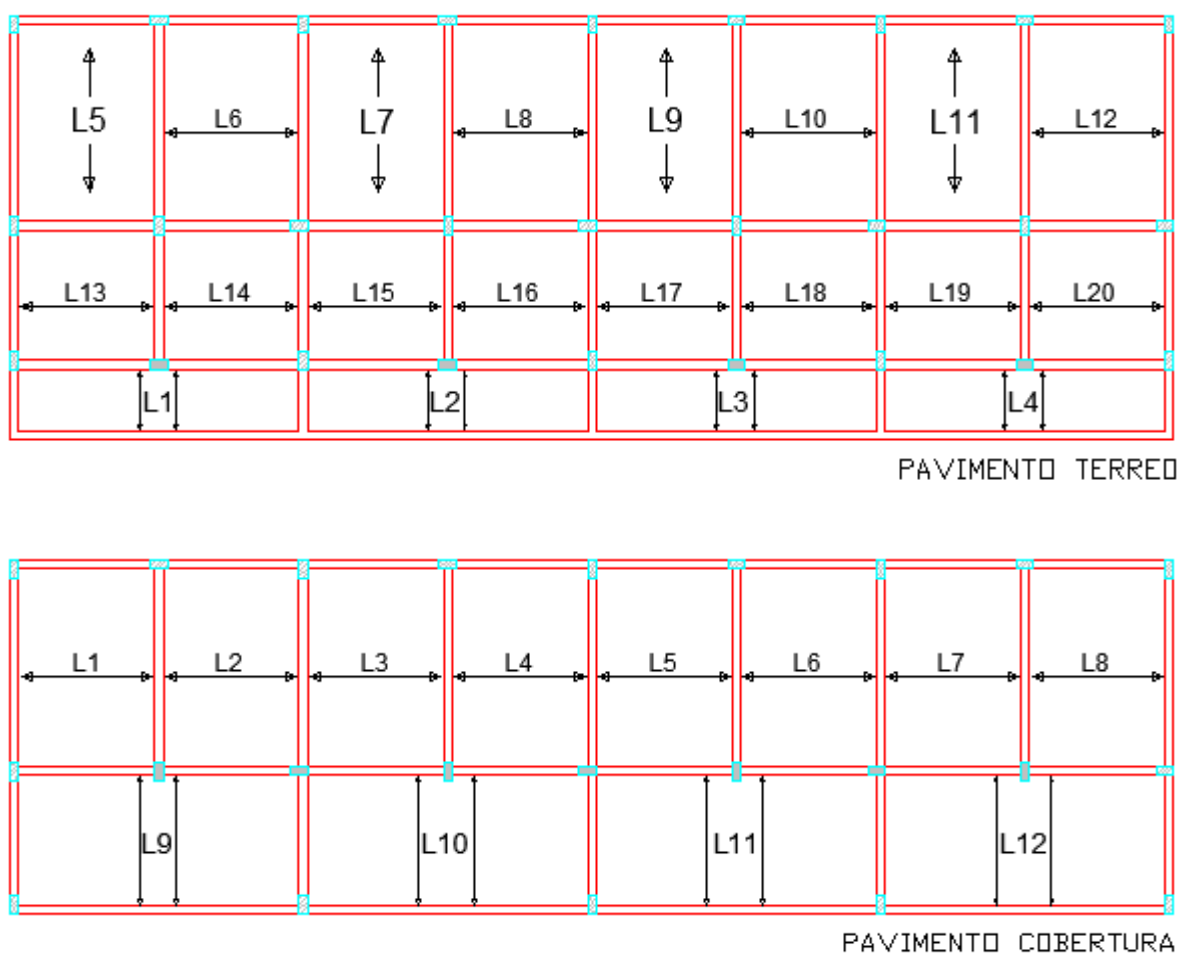


Figura 28: Orientação das vigotas nos pavimentos.

Fonte: Autores.

### 3.3. CONSUMO DE MATERIAIS EXIGIDO PELAS LAJES

Após o dimensionamento da estrutura, o próprio software EBERICK® fornece a quantidade de aço, fôrma e concreto necessário a implantação dos modelos de laje para o projeto em questão.

### 3.3.1. CONSUMO DE MATERIAIS EXIGIDO PELA LAJE MACIÇA

A laje maciça se caracteriza pelo seu alto consumo de materiais. Tal fato pode ser diagnosticado nos quadros 4 e 5, que destacam as quantidades dos materiais de maior relevância na composição desse tipo de laje.

Quadro 4: Consumo de materiais exigido pela laje maciça tipo piso.  
Fonte: Autores.

LAJE MACIÇA TIPO PISO		
ITEM	UND.	QTD.
Fôrmas	M <sup>2</sup>	124,97
Concreto	M <sup>3</sup>	10,00
Aço	KG	400,4

Quadro 5: Consumo de materiais exigido pela laje maciça tipo cobertura.  
Fonte: Autores.

LAJE MACIÇA TIPO COBERTURA		
ITEM	UND.	QTD.
Fôrmas	M <sup>2</sup>	105,89
Concreto	M <sup>3</sup>	7,41
Aço	KG	280,2

### 3.3.2. CONSUMO DE MATERIAIS EXIGIDO PELA LAJE PRÉ-MOLDADA

Diferentemente da laje maciça convencional, o consumo de fôrmas exigidos para essa laje é praticamente nulo. Como já citado, Nappi (1993) destaca como aspectos positivos da laje de vigotas pré-moldadas em forma de treliças com enchimento de EPS, o baixo consumo de concreto e aço, além da eliminação de fôrmas e a redução de escoramento. Para a composição de custos será considerada a parcela do uso de fôrmas referente as guias de acabamento lateral e ao escoramento da laje, o que é previsto na planilha orçamentária da SINAPI. Na análise do consumo de materiais essa parcela será desprezada, já que o seu uso é restrito a escoramentos, e estes não são aspectos comparados no estudo em vigor.

Para a análise do consumo de aço, serão consideradas as treliças TR-06644 como sendo CA-60 e eventuais reforços ou ligações necessárias a estrutura, sendo assim o peso total de aço, em KG, incluirá também a parcela referente as treliças, composição principal das vigotas.

Nos quadros 6 e 7, podemos visualizar o quantitativo de materiais exigido pela laje treliçada tipo piso e cobertura, considerando o peso das treliças no aço, sendo destacados os elementos: concreto, aço e blocos de enchimento (EPS).

*Quadro 6: Consumo de materiais exigido pela laje pré-moldada tipo piso.  
Fonte: Autores.*

LAJE PRÉ-MOLDADA TIPO PISO		
ITEM	UND.	QTD.
Concreto	M <sup>3</sup>	6,44
Aço, incluindo as treliças das vigotas e eventuais armaduras complementares	KG	398,9
EPS (08X30X125)	UNIDADE	360

*Quadro 7: Consumo de materiais exigido pela laje pré-moldada tipo cobertura.  
Fonte: Autores.*

LAJE PRÉ-MOLDADA TIPO COBERTURA		
ITEM	UND.	QTD.
Concreto	M <sup>3</sup>	5,46
Aço, incluindo as treliças das vigotas e eventuais armaduras complementares	KG	290,7
EPS (08X30X125)	UNIDADE	288

Se não considerarmos o peso das treliças na quantidade de aço chegaremos a resultados bem menores para o consumo de aço, o que pode ser percebido pelos quadros 8 e 9.

Quadro 8: Consumo de materiais da laje pré-moldada tipo piso não contando o peso das treliças.  
Fonte: Autores.

LAJE PRÉ-MOLDADA TIPO PISO		
ITEM	UND.	QTD.
Concreto	M <sup>3</sup>	6,44
Aço	KG	145,5
EPS (08X30X125)	UNIDADE	360

Quadro 9: Consumo de materiais da laje pré-moldada tipo cobertura não contando o peso das treliças.  
Fonte: Autores.

LAJE PRÉ-MOLDADA TIPO COBERTURA		
ITEM	UND.	QTD.
Concreto	M <sup>3</sup>	5,46
Aço	KG	53,3
EPS (08X30X125)	UNIDADE	288

Na análise de custos, as treliças não serão consideradas componentes específicos do aço, isso porque na tabela SINAPI, de onde retiraremos a composição dos custos, as treliças já são integrantes do valor atribuído as vigotas.

### 3.4. COMPOSIÇÃO DE CUSTOS

Todos os valores que compõe esse estudo foram tirados da tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), tendo como parâmetros os dados obtidos através da tabela atualizada de outubro de 2017.

A tabela SINAPI oferece um banco de dados com precificação de insumos, materiais e procedimentos que compõem o setor de construção civil. Além disso, segundo a página da web da CAIXA, estatal que detém a gestão parcial da SINAPI, esse sistema “estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia”.



Ainda conforme explicitado pela CAIXA, esse sistema é gerido, em regime compartilhado, pelas estatais Caixa Econômica Federal e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo a primeira responsável pela base técnica de engenharia (especificação de insumos, composições de serviços e orçamentos de referência) e pelo processamento de dados, e a segunda responsável pela pesquisa mensal de preço, tratamento dos dados e formação dos índices.

A SINAPI é dividida em planilhas de composições sintéticas, analíticas e de referência para insumos, serviços e procedimentos. Nas tabelas de composições sintéticas podem ser encontrados a precificação de referência, ou seja, o custo final já incluso todas as fases, insumos e despesas de um determinado procedimento, enquanto que na composição analítica é detalhado todas essas fases, insumos e despesas que levaram a precificação na tabela de composições sintéticas. A planilha de referência para insumos trata-se de um banco de dados com valores e preços isolados de diferentes insumos e serviços no âmbito da construção civil.

### **3.4.1. COMPOSIÇÃO DE CUSTOS PARA A LAJE MACIÇA CONVENCIONAL**

A viabilização de uma laje maciça convencional é um pouco mais complexa que uma laje pré-moldada, haja visto que as placas maciças são inteiramente moldadas *in loco* enquanto que as pré-moldadas, como o próprio nome já diz, são fabricadas em escala industrial e apenas anexados os seus diversos elementos para a montagem *in loco*. Para uma melhor composição de custos separamos, por tabela, os elementos de maiores relevâncias à viabilização das lajes maciças, sendo eles: aço, fôrma e concreto.

O projeto em estudo, por se tratar de mais de um pavimento, possui dois tipos básicos de lajes, uma do tipo piso e outra do tipo cobertura. Para melhor visualização de resultados iremos analisá-las separadamente, e posteriormente demonstrarmos resultados separados e conjuntos para a arquitetura em questão.

São quatro quadros explicitados abaixo e que compõe os encargos, insumos e serviços referentes as atividades correlacionadas ao aço, fôrmas e concretagem. No quadro 10, podemos ver a composição relacionada pela tabela SINAPI para as atividades inerentes ao metro quadrado do uso de fôrmas em lajes.

Quadro 10: Composição de custos referente ao uso de fôrmas em lajes maciças.  
Fonte: Autores.

CONSUMO DE INSUMOS E MÃO DE OBRA					
LAJE MACIÇA					
MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMAS - MADEIRA COMPENSADA RESINADA					
COMPOSIÇÃO PARA AS FORMAS					
	DESCRIÇÃO	UND.	Coef. SINAPI	PREÇO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
INSUMO	DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,01	R\$ 5,87	R\$ 0,06
INSUMO	LOCAÇÃO DE ESCORA METALICA TELESCOPICA, COM ALTURA REGULAVEL DE *1,80* A *3,20* M, COM CAPACIDADE DE CARGA DE NO MINIMO 1000 KGF (10 KN), INCLUSO TRIPE E FORCADO	MÊS	0,278	R\$ 4,58	R\$ 1,27
INSUMO	VIGA DE ESCORAMENTO H20, DE MADEIRA, PESO DE 5,00 A 5,20 KG/M, COM EXTREMIDADES PLASTICAS	M	0,021	R\$ 44,00	R\$ 0,92
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,141	R\$ 15,02	R\$ 2,12
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,767	R\$ 18,68	R\$ 14,33
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E = 17 MM. AF_12/2015	M <sup>2</sup>	0,577	R\$ 19,27	R\$ 11,12
	VALOR TOTAL DE INSUMOS / M <sup>2</sup>	R\$	2,26		
	VALOR TOTAL DE MÃO DE OBRA / M <sup>2</sup>	R\$	27,56		
	VALOR TOTAL / M <sup>2</sup>	R\$	29,82		

Na SINAPI, os valores são adequados para que os vários procedimentos, insumos e mão de obra sejam relacionados entre si, obtendo um valor final para o custo por metro quadrado de fôrmas em lajes.

Outra atividade de grande relevância é a concretagem e todas as etapas e componentes que a envolvem. No quadro 11, podemos ver a composição relacionada pela tabela SINAPI para as atividades inerentes ao metro cúbico do uso de concreto em lajes.

Quadro 11: Composição de custos referente ao uso de concreto em lajes maciças.  
Fonte: Autores.

CONSUMO DE INSUMOS E MÃO DE OBRA					
LAJE MACIÇA					
CONCRETAGEM					
DESCRIÇÃO		UND.	Coef. SINAPI	PREÇO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
INSUMO	Concreto usinado bombeavel, FCK 20MPa, com brita 0 e 1, Slump = 190 +/- 20mm inclui serviço de bombeamento (NBR:8953)	M <sup>3</sup>	1,11	R\$ 289,63	R\$ 321,49
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2CV AF_06/2015	CHP	0,067	R\$ 1,17	R\$ 0,08
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2CV AF_06/2015	CHI	0,114	R\$ 0,24	R\$ 0,03
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Pedreiro com encargos complementares	H	0,725	R\$ 18,80	R\$ 13,63
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Servente com encargos complementares	H	0,816	R\$ 13,28	R\$ 10,84
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	0,181	R\$ 18,68	R\$ 3,38
	<b>VALOR TOTAL DE INSUMOS / M<sup>3</sup></b>		<b>R\$ 321,49</b>		
	<b>VALOR TOTAL DE MÃO DE OBRAS / M<sup>3</sup></b>		<b>R\$ 27,95</b>		
	<b>VALOR TOTAL / M<sup>3</sup></b>		<b>R\$ 349,44</b>		

Assim como na composição de custos referente ao uso de fôrmas, a planilha SINAPI também relaciona o necessário à essa etapa, dando embasamento e fornecendo o custo em metro cúbico para a viabilização dessa etapa em projetos de lajes.

Além das duas outras etapas já citadas, temos a colocação da armadura como uma das principais atividades para a idealização das lajes maciças. No dimensionamento da estrutura foi diagnosticada a necessidade de armadura CA-60 e CA-50, com diâmetros diferentes. No quadro 12, podemos ver a composição relacionada pela tabela SINAPI para as atividades inerentes ao Kg do aço CA-60 com diâmetro de 5mm.

Quadro 12: Composição de custos referente ao uso de aço CA-60 (5 mm) em lajes maciças.  
Fonte: Autores.

CONSUMO DE INSUMOS E MÃO DE OBRA					
LAJE MACIÇA					
ARMAÇÃO - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E COLOCAÇÃO - CA-60 5mm					
DESCRIÇÃO	UND.	Coef. SINAPI	PREÇO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	
<b>CORTE E DOBRA</b>					
INSUMO	Aço CA-60 5mm, vergalhão	KG	1,07	R\$ 3,94	R\$ 4,22
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0082	R\$ 14,99	R\$ 0,12
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Armador com encargos Complementares	H	0,0581	R\$ 18,68	R\$ 1,09
<b>COLOCAÇÃO</b>					
INSUMO	Arame recozido 18 BWG, 1,25mm (0,01 kg/m)	KG	0,025	R\$ 8,58	R\$ 0,21
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Espaçador / Distanciador circular com entrada lateral, em plástico para vergalhão (4,2 a 12,5mm), cobertura de 20mm	UND.	2,118	R\$ 0,10	R\$ 0,21
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Armador com encargos Complementares	H	0,154	R\$ 18,68	R\$ 2,88
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,025	R\$ 14,99	R\$ 0,37
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Corte e dobra de aço CA-60, diâmetro de 5mm, utilizado em laje	KG	1	R\$ 5,41	R\$ 5,41
	<b>VALOR TOTAL DE INSUMOS / KG</b>	R\$	<b>4,43</b>		
	<b>VALOR TOTAL DE MÃO DE OBRAS / KG</b>	R\$	<b>4,89</b>		
	<b>VALOR TOTAL / KG</b>	R\$	<b>9,32</b>		

Para a armadura utilizando aço CA-60 com diâmetro de 5 mm a SINAPI relaciona o fundamental para a equalização dos procedimentos correlacionados a utilização dessa armadura, e retorna um valor em KG que compreende essa etapa e seus insumos necessários. O mesmo é feito para o aço CA-50 de 6,3 mm de diâmetro. No quadro 13, podemos ver a composição relacionada pela tabela SINAPI para as atividades inerentes ao Kg do aço CA-50 com diâmetro de 6,3mm.

Quadro 13: Composição de custos referente ao uso de aço CA-50 (6,3 mm) em lajes maciças.  
Fonte: Autores.

CONSUMO DE INSUMOS E MÃO DE OBRA					
LAJE MACIÇA					
ARMAÇÃO - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E COLOCAÇÃO - CA-50 6,3mm					
DESCRIÇÃO	UND.	Coef. SINAPI	PREÇO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	
<b>CORTE E DOBRA</b>					
INSUMO	Aço CA-50 6,3mm, vergalhão	KG	1,07	R\$ 4,16	R\$ 4,45
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0044	R\$ 14,99	R\$ 0,07
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Armador com encargos Complementares	H	0,031	R\$ 18,68	R\$ 0,58
<b>COLOCAÇÃO</b>					
INSUMO	Arame recozido 18 BWG, 1,25mm (0,01 kg/m)	KG	0,025	R\$ 8,58	R\$ 0,21
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Espaçador / Distanciador circular com entrada lateral, em plástico para vergalhão (4,2 a 12,5mm), cobertura de 20mm	UND.	1,333	R\$ 0,10	R\$ 0,13
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Armador com encargos Complementares	H	0,1168	R\$ 18,68	R\$ 2,18
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0191	R\$ 14,99	R\$ 0,29
COMPOSIÇÃO/ MÃO DE OBRA	Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 6,3mm, utilizado em laje	KG	1	R\$ 5,08	R\$ 5,08
	<b>VALOR TOTAL DE INSUMOS / KG</b>	R\$	<b>4,67</b>		
	<b>VALOR TOTAL DE MÃO DE OBRAS / KG</b>	R\$	<b>3,46</b>		
	<b>VALOR TOTAL / KG</b>	R\$	<b>8,13</b>		

O dimensionamento da estrutura proporcionou a exata noção dos diâmetros e quantitativos das bitolas que compõem a laje. Como não houve engastamento das lajes, não há armadura negativa. Portanto, o uso de aço fica restrito as armações positivas exigidas no detalhamento da edificação, que pode ser visualizado no anexo B do estudo.

### 3.4.2. COMPOSIÇÃO DE CUSTOS PARA A LAJE PRÉ-MOLDADA

Diferentemente da laje maciça, a laje treliçada possui uma maior simplicidade na composição do seu orçamento pela tabela SINAPI, isso porque nessa planilha nacional já está discriminado todos os itens necessários à sua viabilização. No caso do projeto analisado, o valor referencial por metro quadrado de laje desse tipo já inclui as vigotas do tipo TR06644, as placas de EPS (08x30x125), a concretagem da capa de 4 cm que encobrirá os elementos, e toda a mão de obra necessária a execução do serviço. No quadro 14, podemos ver a composição relacionada pela tabela SINAPI para as atividades inerentes a laje pré-moldada com poliestireno expandido.

Quadro 14: Composição de custos para a laje treliçada com EPS.  
Fonte: Autores.

CONSUMO DE INSUMOS E MÃO DE OBRA					
LAJE DE VIGOTA PRÉ MOLDADA TRELIÇADA COM EPS					
	DESCRIÇÃO	UND.	coef. SINAPI	PREÇO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
INSUMO	Laje pré-moldada de piso convencional sobrecarga 200kg/m <sup>2</sup> vão de 3,5m, vigota TR06644, EPS (08x30x125)	M <sup>2</sup>	1	R\$ 24,41	R\$ 24,41
INSUMO	Peça de madeira nativa/regional 7,5X7,5cm (3X3) Não aparelhada para forma	M	0,29	R\$ 5,68	R\$ 1,65
INSUMO	Prego polido com cabeça 18X27cm (2 1/2 X 10)	KG	0,03	R\$ 8,70	R\$ 0,26
INSUMO	Tabua de madeira 2A qualidade 2,5X30,0cm (1 X12") não aparelhada	M	0,17	R\$ 14,79	R\$ 2,51
INSUMO	Aço CA-60 5,0mm - Vergalhão	KG	0,471	R\$ 3,94	R\$ 1,86
COMPOSIÇÃO/MÃO DE OBRA	Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	H	0,16	R\$ 15,02	R\$ 2,40
COMPOSIÇÃO/MÃO DE OBRA	Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	0,16	R\$ 18,68	R\$ 2,99
COMPOSIÇÃO/MÃO DE OBRA	Pedreiro com encargos complementares	H	0,4	R\$ 18,80	R\$ 7,52
COMPOSIÇÃO/MÃO DE OBRA	Servente com encargos complementares	H	0,44	R\$ 13,28	R\$ 5,84
	Lançamento com uso de Bomba, adensamento e acabamento de concreto em estruturas. AF 12/2015	M <sup>3</sup>	0,043	R\$ 23,37	R\$ 1,00
	Concreto FCK20MPa, traço 1:2,7:3 (cimento/areia média/ brita 1) - Preparo mecânico com betoneira 600 L. AF 07/2016	M <sup>3</sup>	0,043	R\$ 272,17	R\$ 11,70
	<b>VALOR TOTAL DE INSUMOS / M<sup>2</sup></b>	R\$	<b>43,396</b>		
	<b>VALOR TOTAL DE MÃO DE OBRA / M<sup>2</sup></b>	R\$	<b>18,755</b>		
	<b>VALOR TOTAL / M<sup>2</sup></b>	R\$	<b>62,15</b>		

### 3.5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.5.1. QUANTO AO CUSTO FINAL

Tendo como base os dados obtidos no dimensionamento da estrutura, os quadros 15 e 16, apresentam os valores finais de viabilização da laje maciça tipo piso e tipo cobertura para a edificação.

*Quadro 15: Custo final da laje maciça tipo piso.  
Fonte: Autores.*

LAJE MACIÇA TIPO PISO				
ITEM	UND.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Fôrmas	M <sup>2</sup>	124,97	R\$ 29,82	R\$ 3.726,61
Concreto	M <sup>3</sup>	10,00	R\$ 349,44	R\$ 3.494,40
Aço CA-60 5mm	KG	178,1	R\$ 9,32	R\$ 1.659,89
Aço CA-50 6,3mm	KG	222,3	R\$ 8,13	R\$ 1.807,30
<b>CUSTO FINAL DA LAJE MACIÇA TIPO PISO</b>				<b>R\$ 10.688,20</b>

*Quadro 16: Custo final da laje maciça tipo cobertura.  
Fonte: Autores.*

LAJE MACIÇA TIPO COBERTURA				
ITEM	UND.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Fôrmas	M <sup>2</sup>	105,89	R\$ 29,82	R\$ 3.157,64
Concreto	M <sup>3</sup>	7,41	R\$ 349,44	R\$ 2.589,35
Aço CA-60 5mm	KG	280,2	R\$ 9,32	R\$ 2.611,46
<b>CUSTO FINAL DA LAJE MACIÇA TIPO COBERTURA</b>				<b>R\$ 8.358,45</b>

Da mesma forma, os resultados do orçamento da laje pré-moldada podem ser visualizados nos quadros 17 e 18.

Quadro 17: Custo final da laje pré-moldada tipo piso.  
Fonte: Autores.

LAJE PRÉ-MOLDADA TIPO PISO				
ITEM	UND.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
LAJE PRÉ-MOLDADA TIPO PISO	M <sup>2</sup>	145,08	R\$ 62,15	R\$ 9.016,72
CUSTO FINAL DA LAJE PRÉ-MOLDADA TIPO PISO				<b>R\$ 9.016,72</b>

Quadro 18: Custo final da laje pré-moldada tipo cobertura.  
Fonte: Autores.

LAJE PRÉ-MOLDADA TIPO COBERTURA				
ITEM	UND.	QTD.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
LAJE PRÉ-MOLDADA TIPO COBERTURA	M <sup>2</sup>	120,90	R\$ 62,15	R\$ 7.513,94
CUSTO FINAL DA LAJE PRÉ-MOLDADA TIPO COBERTURA				<b>R\$ 7.513,94</b>

A comparação dos orçamentos finais das lajes maciças e pré-moldadas, tipo piso e cobertura podem ser visualizadas no gráfico da figura 29.

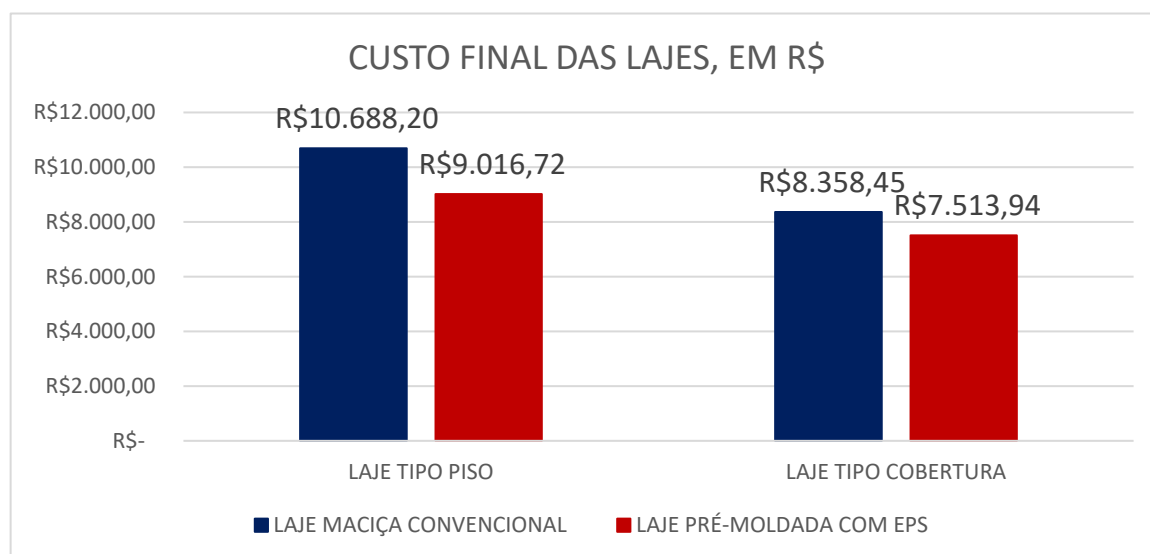


Figura 29: Gráfico comparativo de valores finais das lajes.  
Fonte: Autores.

Para o pavimento térreo (laje tipo piso), a laje maciça convencional apresenta uma oneração de aproximadamente 19% quando comparada a laje treliçada com EPS. Essa diferença



se deve muito pela maior complexidade construtiva de uma em relação a outra, além de maiores consumos de concreto, aço e fôrmas.

No pavimento cobertura (laje tipo cobertura), há uma redução no percentual em relação ao pavimento térreo. Tal situação se dá pela menor exigência da laje cobertura, ou seja, nessa existe menor carga accidental, não contém cargas lineares típicas do primeiro pavimento, o que acarreta um quantitativo menor de ferragens, e um menor volume de concreto por metro quadrado, já que nessa laje a dimensão mínima exigida é diferente para a laje piso. Ainda assim, a laje maciça convencional é cerca de 12% menos viável financeiramente que a laje pré-moldada.

Em termos gerais, o gráfico da figura 30 esboça um comparativo quanto ao valor final das lajes na edificação, ou seja, nessa análise foram somados os custos para a implantação dos modelos estruturais de lajes nos dois pavimentos, abrangendo assim o projeto por completo.

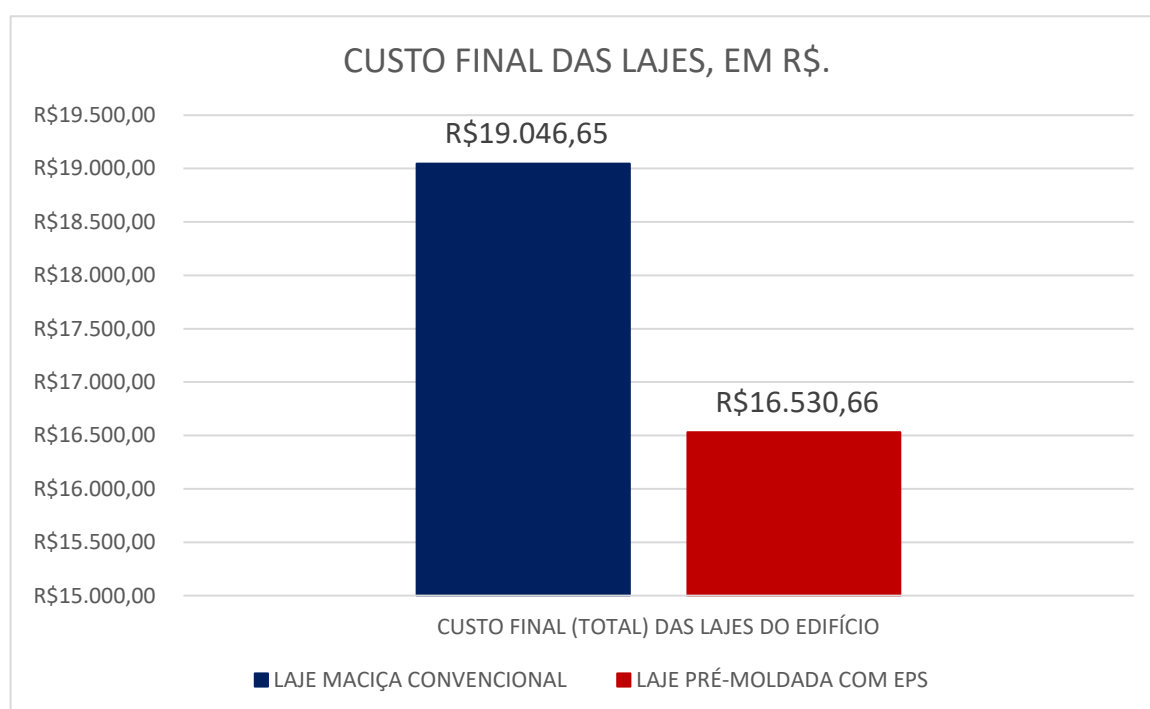


Figura 30: Gráfico comparativo quanto ao custo final (total) das lajes do edifício.  
Fonte: Autores.

Analisando o projeto como um todo, para a viabilização da laje maciça seria necessário o valor de R\$ 19.046,65 (Dezenove mil, quarenta e seis reais e sessenta e cinco centavos), enquanto que para as lajes pré-moldadas esse valor ficaria compreendido em R\$ 16.530,66 (Dezesseis mil, quinhentos e trinta reais e sessenta e seis centavos). Avaliando em termos de

porcentagem, para o custo total das lajes do edifício, a laje maciça é cerca de 15% mais onerosa que a pré-fabricada, inviabilizando uma em relação a outra no quesito financeiro.

### 3.5.2. QUANTO AO CONSUMO DE MATERIAIS

O consumo de materiais em uma laje é um grande fator determinante no custo final da estrutura, não só da laje, mas de todos os outros elementos estruturais, como: pilares, vigas e fundações. Um alto consumo de concreto eleva o peso da estrutura, aumentando assim o dimensionamento dos outros elementos, já que estes deverão ser dimensionados para suportar um peso maior. No gráfico da figura 31, podemos visualizar a diferença no consumo de concreto que envolve as duas lajes comparadas.

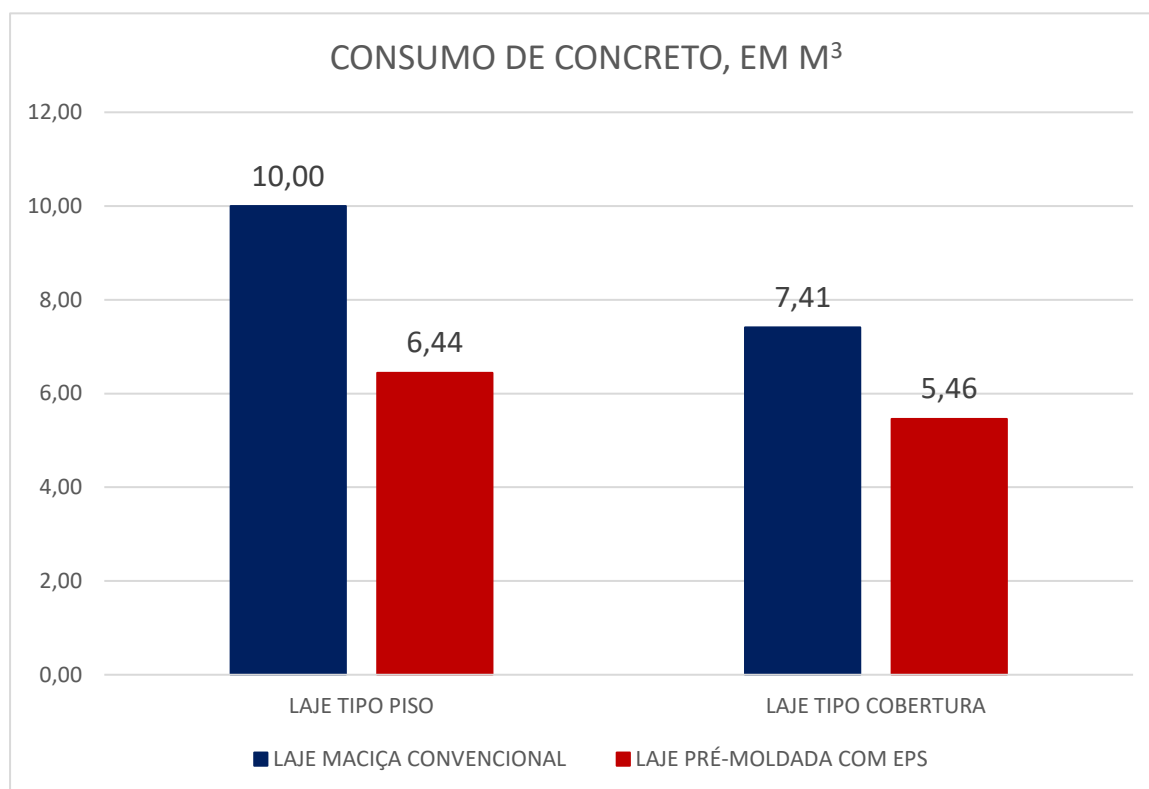


Figura 31: Gráfico comparativo quanto ao consumo de concreto das lajes.  
Fonte: Autores.

Quanto ao uso de fôrmas, podemos destacar como uma grande vantagem das lajes treliçadas o fato de elas eliminarem o uso de fôrmas para moldagem das lajes, sendo estas, presentes apenas nos sistemas de escoramento ou nas guias laterais, o que não é analisado nesse estudo. Esse estudo se vale para fôrmas de moldagem da área que receberá o concreto. Sendo

assim demonstraremos no gráfico da figura 32 o consumo de fôrmas da laje maciça convencional para os pavimentos térreo e cobertura.

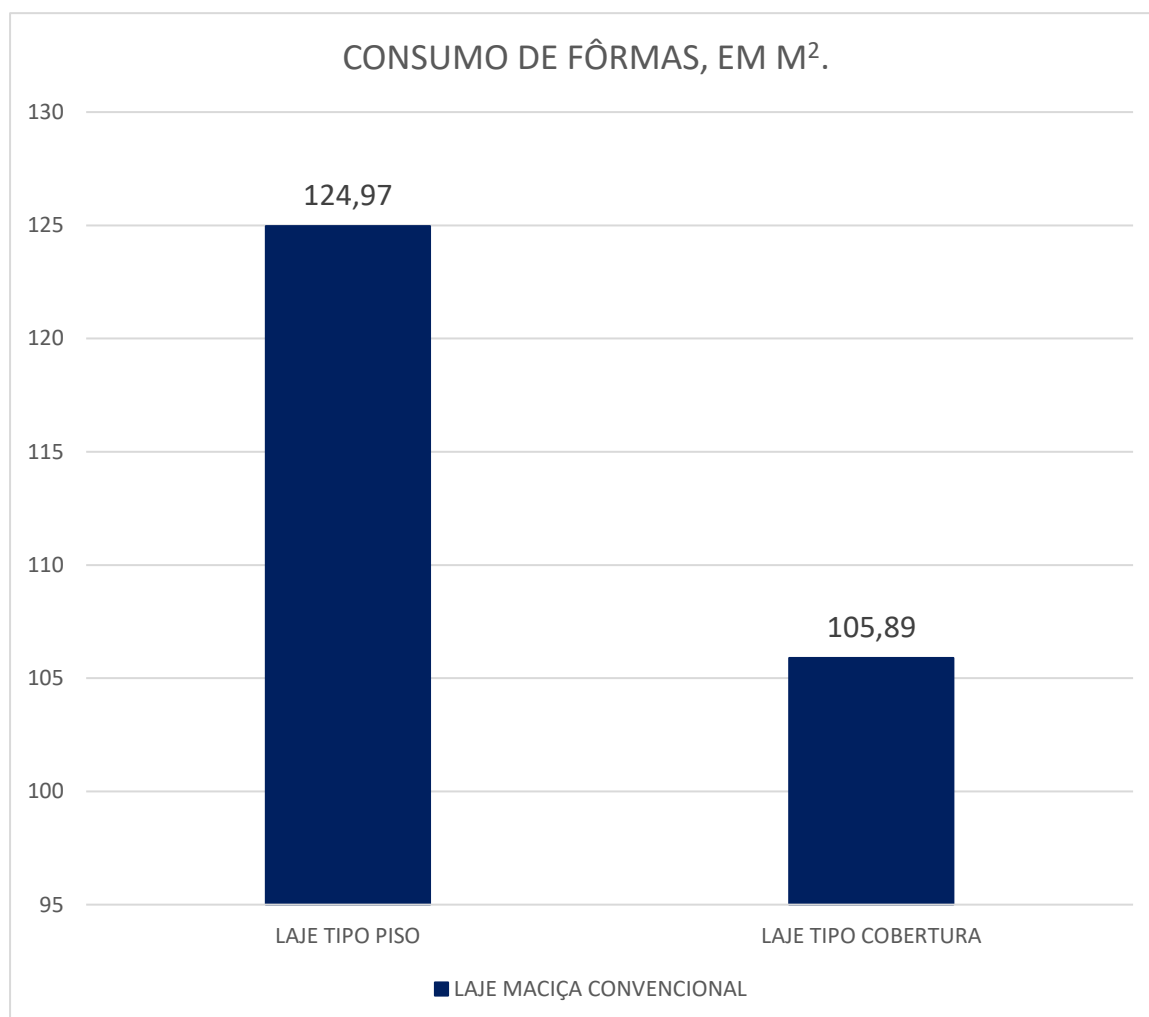


Figura 32: Gráfico demonstrativo do consumo de fôrmas pela laje maciça.  
Fonte: Autores.

Quanto ao consumo de aço, podemos separar esse consumo de duas maneiras. A primeira se equivale da análise do aço nas lajes incluindo o presente nas treliças das vigotas pré-fabricadas. Como já dito, as treliças TR-06644 adotadas no dimensionamento são fabricadas com aço CA-60 e se equivalem de uma grande parcela no uso de aço por esse modelo de laje. No gráfico da figura 33, podemos visualizar o comparativo da armadura necessária para a laje maciça convencional e o quantitativo de aço presente nas lajes pré-moldadas incluindo a parcela presente como treliças nas vigotas.

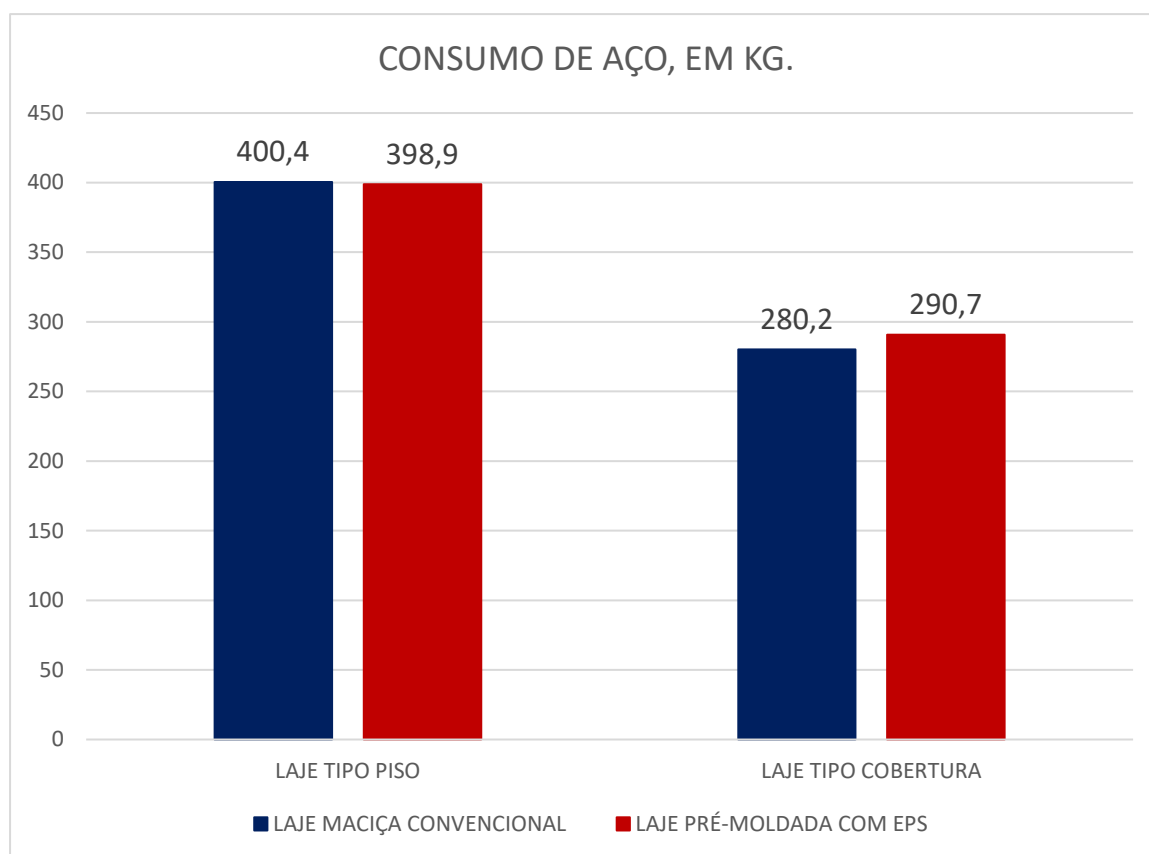


Figura 33: Gráfico comparativo de consumo de aço incluindo as treliças das vigotas pré-moldadas.

Fonte: Autores.

Analisando o gráfico acima, podemos perceber a semelhança no consumo de aço das duas lajes quando consideramos a treliça presente nas vigotas das lajes pré-fabricadas. O gráfico aponta para números quase idênticos quanto ao consumo de aço na laje tipo piso, enquanto que nas lajes tipo cobertura as pré-moldadas se mostram ligeiramente maior consumidora de aço que a outra comparada.

Uma outra maneira de avaliarmos o quantitativo de aço nas lajes é não incluindo as treliças no cálculo do consumo de aço. Isso se justifica pelo fato da treliça ser componente integrante das vigotas e ser adquirida na parcela referente as vigotas pré-fabricadas.

No gráfico da figura 34, está discriminado o comparativo do consumo de aço não incluindo as treliças das lajes pré-moldadas. Esse gráfico inclui apenas a parcela de aço referente ao reforço da estrutura, o que é comum nesse tipo de laje.

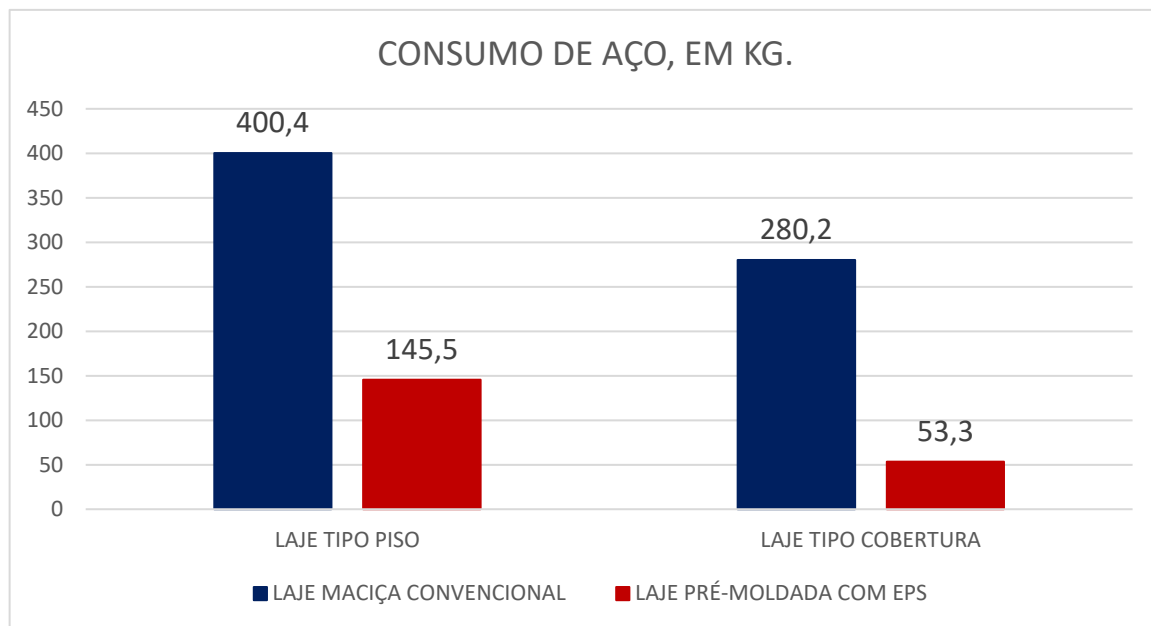


Figura 34: Gráfico comparativo de consumo de aço não incluindo as treliças das vigotas pré-moldadas.  
Fonte: Autores.

Quando não incluímos as treliças no cálculo de quantitativo de aço, podemos perceber que há uma substancial variação na diferença de consumo de materiais entre as lajes analisados sendo, o consumo em lajes maciças convencionais mais que o dobro do requerido pelas lajes pré-fabricadas com EPS.

Embora seja um material de menor relevância quanto a custos, ou influência no peso da superestrutura, as placas de EPS são elementos de grande composição nas lajes treliçadas. No gráfico da figura 35, a quantidade de placas de EPS necessárias ao preenchimento da área tracionada podem ser visualizadas.

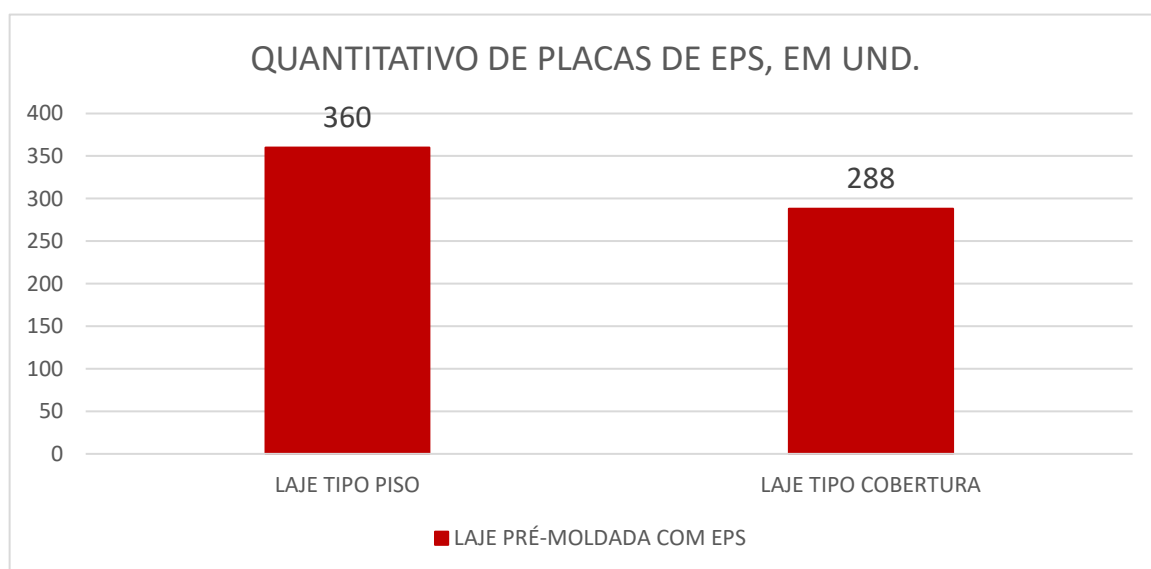


Figura 35: Quantitativo de placas de EPS na composição das lajes pré-fabricadas.  
Fonte: Autores.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao analisarmos as lajes maciças convencionais e as lajes com vigotas pré-moldadas em forma de treliças com preenchimento de poliestireno expandido, obtivemos parâmetros que auxiliarão os profissionais do setor na tomada de decisão quanto ao modelo a adotar, levando em consideração custos e consumo de materiais.

Verificou-se através do estudo realizado que as lajes maciças convencionais por ser um modelo mais complexo no processo construtivo, e ter alto teor no consumo dos principais materiais é uma opção mais onerosa, podendo chegar a percentuais de cerca de quase 19% maior que o custo das lajes pré-fabricadas com EPS. Além do mais, essas estruturas mais antigas tendem a consumir um percentual de concreto muito maior, chegando ao percentual de 46% de concreto utilizado a mais que nas lajes pré-moldadas, o que acarreta um peso mais elevado na superestrutura.

O uso da laje pré-moldada traz uma melhor viabilidade financeira, um menor consumo de materiais e conseqüentemente um menor peso próprio. Esse modelo confere resultados expressivos comparados ao método tradicional e se destaca como uma alternativa mais viável em todos os aspectos analisados nesse trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto.** Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 14859-1: Laje pré-fabricada – Requisitos – Parte 1: Lajes unidirecionais.** Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 14859-2: Laje pré-fabricada – Requisitos – Parte 2: Lajes bidirecionais.** Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 14859-3: Lajes pré-fabricadas de concreto – Parte 3: Armadura treliçada eletrossoldada para lajes pré-fabricadas – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR 14860-1: Laje pré-fabricada – Pré-laje – Requisitos - Parte 1: Lajes unidirecionais.** Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR 14860-2: Laje pré-fabricada – Pré-laje – Requisitos - Parte 2: Lajes bidirecionais.** Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto.** Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15696: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.** Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto armado.** Rio de Janeiro, 2007.

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

ARAÚJO, J.M. **Curso de concreto armado.** 2. Ed., v.2. Rio Grande: Dunas 2003a.

ARAGÃO, H.G. **Análise estrutural de lajes pré-moldadas produzidas com concreto reciclado de construção e demolição.** Maceió, 2007. 109 f.

ARAÚJO, J.M. **Curso de concreto armado.** 2. Ed., v.4 Rio Grande: Dunas 2003b.

ARCELOR MITTAL. **Manual técnico de lajes treliçadas.** Disponível em: <http://longos.arcelormittal.com.br/pdf/produtos/construcao-civil/outros/manual-tecnico-trelicas.pdf> . Acesso em: 10 de maio de 2017.

BARROS, M.S.B.; MELHADO, S.B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios.** São Paulo: Escola politécnica da Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: [http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/TT\\_00004.pdf](http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/TT_00004.pdf). Acesso em: 16 mai. 2017.

BASTOS, P.S.S. **Histórico e principais elementos estruturais de concreto armado**. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Bauru, São Paulo, 2006.

BASTOS, P.S.S. **Lajes de concreto**. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Bauru, São Paulo, 2015.

BOTELHO, M.H.C. **Lajes pré-moldadas de concreto armado**. Programações Técnicas e Culturais, São Paulo, 1991.

BRANDALISE, G.M.; WESSLING, L.I. **Estudo comparativo de custo entre laje maciça simples e laje de vigotas pré-fabricadas treliçadas em edifícios de até quatro pavimentos no município de Pato Branco, Paraná, Brasil**. 2015. 102 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná., Pato Branco, 2015.

CARVALHO, R.C.; PINHEIRO, L.M. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. São Paulo: Pini, 2009. v.2.

CATÁLOGO DIGITAL DE DETALHAMENTO DA CONSTRUÇÃO. Disponível em <http://cddcarqfevale.wordpress.com/2012/04/03/lajes-macicas-de-concreto-armado/>, acesso em: 11 de abril de 2017.

CONSTRULEV. **Tabela comparativa em lajota de cerâmica e EPS**. Disponível em: <http://www.construlev.com.br/html/produtos.html> . Acesso em: 21 de maio de 2017.

DI PIETRO, J.E. **O conhecimento qualitativo das estruturas das edificações na formação do arquiteto e do engenheiro**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DORNELES, D.M. **Lajes na construção civil brasileira – Estudo de caso em edifício residencial em Santa Maria - RS**. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014.

FALER BLOCOS. **Categoria lajes treliçadas**. Disponível em: <http://www.falerblocos.com.br/v1/produto/lajes-teste1/> . Acesso em: 19 de maio de 2017.

FARIA, M.P. **Estruturas para edifícios em concreto armado: Análise comparativa de soluções com lajes convencionais, lisas e nervuradas**. 2010. 94f. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010.

FAZFÁCIL. **Laje pré-fabricada. Como se faz a montagem desta laje?** Disponível em: <http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/montagem-laje-pre-fabricada/>. Acesso em: 17 de maio de 2017.

Ferreira T.R. 1987. **Otimização estrutural de lajes formadas por vigotas treliçadas com e sem protensão** / Tobias Ribeiro Ferreira. 2016. 104f.



FIGUEIREDO FILHO, J.R. **Sistemas estruturais de lajes sem vigas: subsídios para o projeto e execução.** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

GASPAR, Ricardo. **Análise da segurança estrutural das lajes pré-fabricadas na fase de construção.** Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

HENNRICHS, C.A. **Estudo sobre modelagem de lajes planas.** 2003.201 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HIGAKI, B.E. **Análise teórica e experimental de vigas mistas de aço e concreto e laje com vigotas pré-moldadas e lajotas cerâmicas em um pavimento tipo.** Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

LIMA, J.E.P. **Sistema convencional versus pré-fabricado: os ganhos qualitativos e quantitativos na gestão de um projeto pelo sistema construtivo pré-fabricado em concreto.** Fae Business, n.10, p.21-23, 2004. Disponível em: <http://www.unifae.br/publicacoes/pdf/revista10/sistema%20convencional.pdf> . Acesso em: 14 de abril de 2017.

LIMA, Y.D. da C. **Alternativas de sistemas de lajes para edifício em aço: Um estudo comparativo.** Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

MELGES, J.L.P. **Análise experimental de punção em lajes de concreto armado e protendido.** Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PINHEIRO, L.M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios.** Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Estruturas. Universidade de São Carlos, São Carlos, 2007.

SILVA, A.R. **Análise comparativa de custos de sistemas estruturais para pavimentos de concreto armado.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2002.

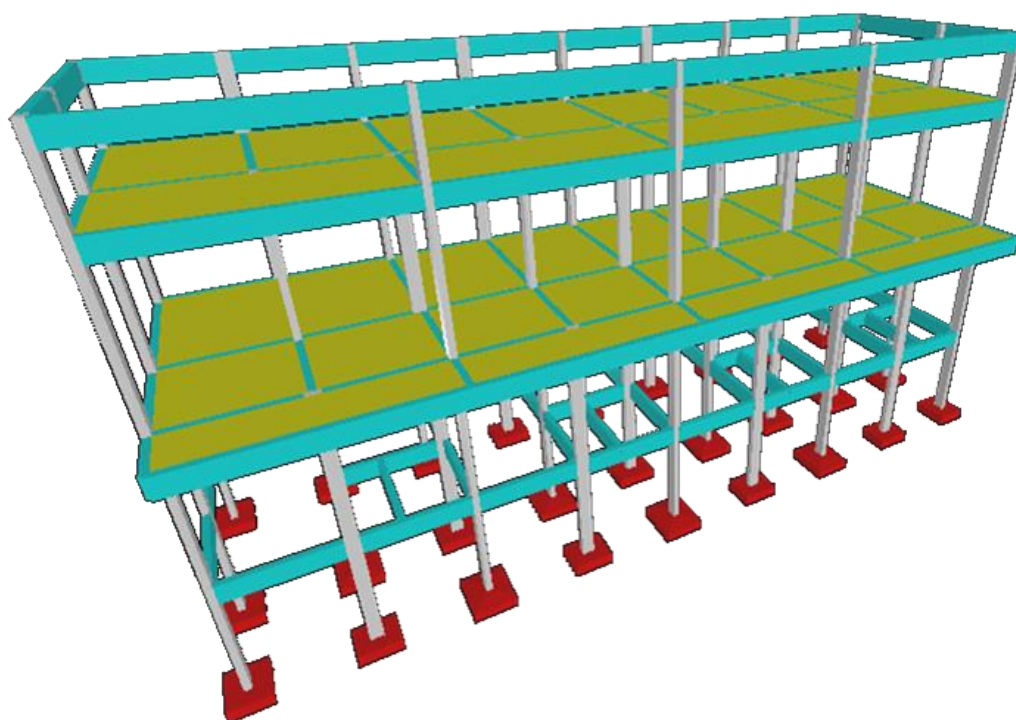
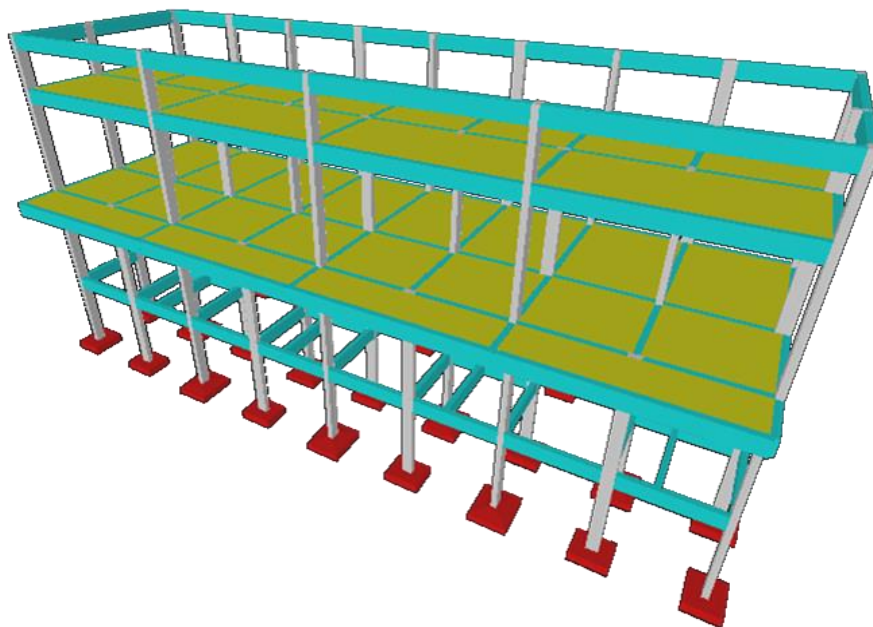
SPOHR, V.H. **Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas.** 2008. 107f. dissertação (Mestrado em construção Civil) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012b.

TERMO TÉCNICA. **Laje Unidirecional.** Disponível em: <http://www.termotecnica.ind.br/construcao-civil/laje-unidirecional/> . Acesso em: 25 de maio de 2017.

TRELIART. **Manual de fabricação lajes treliças.** 2002. Disponível em: <http://www.treliart.com.br/downloads/Manual%20de%20fabricacao.pdf> . Acesso em: 10 de maio de 2017.

## ANEXO A

Estrutura sob a perspectiva de diferentes ângulos.



## ANEXO B

Memorial de cálculo da análise estrutural e da laje maciça.

### Resumo de resultados

#### Análise de 1ª ordem:

Processo de pórtico espacial

#### Cargas verticais:

Peso próprio = 134.76 tf

Adicional = 160.38 tf

Acidental = 30.60 tf

Total = 325.74 tf

Área aproximada = 258.00 m<sup>2</sup>

Relação = 1262.55 kgf/m<sup>2</sup>

#### Deslocamento horizontal:

Direção X = 0.05 cm (limite 0.54)

Direção Y = 0.28 cm (limite 0.54)

#### Coefficiente Gama-Z:

Direção X = 1.02 (limite 1.10)

Direção Y = 1.03 (limite 1.10)

#### Análise de 2ª ordem:

Processo P-Delta

Deslocamentos no topo da edificação:

Acidental: 0.05 »» 0.06 (+2.48%)

Vento X+: 0.15 »» 0.16 (+2.57%)

Vento X-: 0.15 »» 0.16 (+2.57%)

Vento Y+: 0.91 »» 0.94 (+2.65%)

Vento Y-: 0.91 »» 0.94 (+2.65%)

Desaprumo X+: 0.03 »» 0.03 (+2.74%)

Desaprumo X-: 0.03 »» 0.03 (+2.74%)

Desaprumo Y+: 0.03 »» 0.03 (+2.87%)

Desaprumo Y-: 0.03 »» 0.03 (+2.87%)

## Verificação da Estabilidade Global da Estrutura

Eixo X (1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V1)						
Pavimento	Altura Relativa (cm)	Carga Vertical (tf)	Carga Horizontal (tf)		Desloc. Horizontal (cm)	
			Eixo X	Eixo Y	Eixo X	Eixo Y
Platibanda	920	13.45	0.28	1.57	0.14	0.29
Cobertura	770	94.09	0.81	4.58	0.13	0.24
Térreo	460	217.42	1.03	5.02	0.08	0.12
Baldrame	150	117.59	0.04	0.19	0.01	0.01

Eixo Y (1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V3)						
Pavimento	Altura Relativa (cm)	Carga Vertical (tf)	Carga Horizontal (tf)		Desloc. Horizontal (cm)	
			Eixo X	Eixo Y	Eixo X	Eixo Y
Platibanda	920	13.45	0.28	1.57	0.01	1.06
Cobertura	770	94.09	0.81	4.58	0.01	0.94
Térreo	460	217.42	1.03	5.02	0.00	0.54
Baldrame	150	117.59	0.04	0.19	0.00	0.06

Coeficiente Gama-Z		
	Eixo X	Eixo Y
Momento de tombamento de cálculo (tf.m)	13.53	73.13
Momento de 2a. ordem de cálculo (tf.m)	0.32	2.27
Gama-Z	1.02	1.03

Valor limite: 1.10

Gama-Z por Combinação						
Combinação	Momento de tombamento de cálculo (tf.m)		Momento de 2a. ordem de cálculo (tf.m)		Gama-Z	
	Eixo X	Eixo Y	Eixo X	Eixo Y	Eixo X	Eixo Y
1.3G1+1.4G2+1.4S+0.98Q+1.2A+1.4V1	22.55	121.88	0.51	0.47	1.02	1.00
1.3G1+1.4G2+1.4S+0.98Q+1.2A+1.4V2	22.55	121.88	0.51	0.47	1.02	1.00
1.3G1+1.4G2+1.4S+0.98Q+1.2A+1.4V3	22.55	121.88	0.01	3.28	1.00	1.03
1.3G1+1.4G2+1.4S+0.98Q+1.2A+1.4V4	22.55	121.88	0.01	3.28	1.00	1.03
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V1	13.53	73.13	0.32	0.53	<b>1.02</b>	1.01
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V2	13.53	73.13	0.32	0.53	1.02	1.01
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V3	13.53	73.13	0.01	2.27	1.00	<b>1.03</b>
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V4	13.53	73.13	0.01	2.27	1.00	1.03
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4V1	22.55	121.88	0.47	0.34	1.02	1.00
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4V2	22.55	121.88	0.47	0.34	1.02	1.00
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4V3	22.55	121.88	0.01	2.91	1.00	1.02
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4V4	22.55	121.88	0.01	2.91	1.00	1.02
G1+G2+S+0.98Q+1.2A+1.4V1	22.55	121.88	0.39	0.29	1.02	1.00
G1+G2+S+0.98Q+1.2A+1.4V2	22.55	121.88	0.39	0.29	1.02	1.00
G1+G2+S+0.98Q+1.2A+1.4V3	22.55	121.88	0.00	2.44	1.00	1.02
G1+G2+S+0.98Q+1.2A+1.4V4	22.55	121.88	0.00	2.44	1.00	1.02
G1+G2+S+1.4Q+1.2A+0.84V1	13.53	73.13	0.25	0.33	1.02	1.00
G1+G2+S+1.4Q+1.2A+0.84V2	13.53	73.13	0.25	0.33	1.02	1.00
G1+G2+S+1.4Q+1.2A+0.84V3	13.53	73.13	0.00	1.69	1.00	1.02
G1+G2+S+1.4Q+1.2A+0.84V4	13.53	73.13	0.00	1.69	1.00	1.02
G1+G2+S+1.4V1	22.55	121.88	0.35	0.19	1.02	1.00
G1+G2+S+1.4V2	22.55	121.88	0.35	0.19	1.02	1.00
G1+G2+S+1.4V3	22.55	121.88	0.00	2.10	1.00	1.02
G1+G2+S+1.4V4	22.55	121.88	0.00	2.10	1.00	1.02

## Deslocamentos Horizontais

Verificações	X+	X-	Y+	Y-
Altura total da edificação (cm)	920.00			
Deslocamento limite (cm)	0.54			
Deslocamento característico (cm)	0.16	-0.16	0.94	-0.94
$\psi_1$	0.30	0.30	0.30	0.30
Deslocamento freqüente (cm)	0.05	-0.05	0.28	-0.28

Pavimento	Altura (cm)	Deslocamento freqüente (cm)				Diferença (cm)				Limite (cm)
		X+	X-	Y+	Y-	X+	X-	Y+	Y-	
Platibanda	150.00	0.05	-0.05	0.28	-0.28	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.18
Cobertura	310.00	0.05	-0.05	0.26	-0.26	0.02	-0.02	0.10	-0.10	0.36
Térreo	310.00	0.03	-0.03	0.16	-0.16	0.02	-0.02	0.14	-0.14	0.36
Baldrame	150.00	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.18

## Dados das Lajes

**Térreo**       $f_{ck} = 200.00 \text{ kgf/cm}^2$        $E = 212874 \text{ kgf/cm}^2$        $\text{Peso Espec} = 2500.00 \text{ kgf/m}^3$   
**Lance 2**       $\text{cobr} = 2.50 \text{ cm}$

Seção (cm)						Cargas (kgf/m <sup>2</sup> )			
Laje	Tipo	H	ee ec	enx eny	eex eey	Peso Próprio	Acidental Revestimento	Paredes Outras	Total
L1	Maciça	8				200.00	300.00 100.00	0.00 0.00	600.00
L2	Maciça	8				200.00	300.00 100.00	0.00 0.00	600.00
L3	Maciça	8				200.00	300.00 100.00	0.00 0.00	600.00
L4	Maciça	8				200.00	300.00 100.00	0.00 0.00	600.00
L5	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	141.40 0.00	591.40
L6	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	0.00 0.00	450.00
L7	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	141.40 0.00	591.40
L8	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	0.00 0.00	450.00
L9	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	141.40 0.00	591.40
L10	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	0.00 0.00	450.00
L11	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	141.40 0.00	591.40
L12	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	0.00 0.00	450.00
L13	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	0.00 0.00	450.00
L14	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	197.16 0.00	647.16
L15	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	0.00 0.00	450.00
L16	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	197.16 0.00	647.16
L17	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	0.00 0.00	450.00
L18	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	197.16 0.00	647.16

Seção (cm)						Cargas (kgf/m <sup>2</sup> )			
Laje	Tipo	H	ee ec	enx eny	eex eey	Peso Próprio	Acidental Revestimento	Paredes Outras	Total
L19	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	0.00 0.00	450.00
L20	Maciça	8				200.00	150.00 100.00	197.16 0.00	647.16

### Resultados da Laje

Térreo fck = 200.00 kgf/cm<sup>2</sup>  
Lance 2

E = 212874 kgf/cm<sup>2</sup>  
cobr = 2.50 cm

Peso Espec = 2500.00 kgf/m<sup>3</sup>

Nome	Espessura (cm)	Carga (kgf/m <sup>2</sup> )	Mdx (kgf.m/m)	Mdy (kgf.m/m)	Asx	Asy	Flecha (cm)
L1	8	600.00	120	155	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.34
L2	8	600.00	118	153	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.31
L3	8	600.00	119	153	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.31
L4	8	600.00	118	155	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.34
L5	8	591.40	537	408	As = 2.62 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/11 - 2.83 cm <sup>2</sup> /m)	As = 2.26 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/13 - 2.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.55
L6	8	450.00	336	217	As = 1.29 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/15 - 1.31 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.91 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.38
L7	8	591.40	529	423	As = 2.58 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/12 - 2.60 cm <sup>2</sup> /m)	As = 2.35 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/13 - 2.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.56
L8	8	450.00	337	216	As = 1.30 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/15 - 1.31 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.91 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.39
L9	8	591.40	529	423	As = 2.58 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/12 - 2.60 cm <sup>2</sup> /m)	As = 2.35 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/13 - 2.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.56
L10	8	450.00	337	216	As = 1.30 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/15 - 1.31 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.91 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.39
L11	8	591.40	528	423	As = 2.57 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/12 - 2.60 cm <sup>2</sup> /m)	As = 2.36 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/13 - 2.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.56
L12	8	450.00	346	201	As = 1.34 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.37
L13	8	450.00	206	202	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.16
L14	8	647.16	421	323	As = 2.01 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/15 - 2.08 cm <sup>2</sup> /m)	As = 1.75 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/16 - 1.95 cm <sup>2</sup> /m)	-0.26
L15	8	450.00	207	198	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.15
L16	8	647.16	422	323	As = 2.01 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/15 - 2.08 cm <sup>2</sup> /m)	As = 1.75 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/16 - 1.95 cm <sup>2</sup> /m)	-0.26
L17	8	450.00	206	200	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m	-0.15

Nome	Espessura (cm)	Carga (kgf/m <sup>2</sup> )	Mdx (kgf.m/m)	Mdy (kgf.m/m)	Asx	Asy	Flecha (cm)
					(ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	(ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	
L18	8	647.16	423	322	As = 2.01 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/15 - 2.08 cm <sup>2</sup> /m)	As = 1.74 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/16 - 1.95 cm <sup>2</sup> /m)	-0.26
L19	8	450.00	205	200	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/16 - 1.23 cm <sup>2</sup> /m)	-0.15
L20	8	647.16	423	326	As = 2.02 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/15 - 2.08 cm <sup>2</sup> /m)	As = 1.77 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/16 - 1.95 cm <sup>2</sup> /m)	-0.27

### Cálculos das Lajes

Térreo  $f_{ck} = 200.00 \text{ kgf/cm}^2$

$E = 212874 \text{ kgf/cm}^2$

Peso Espec =  $2500.00 \text{ kgf/m}^3$

Lance 2

cobr = 2.50 cm

Laje	Direção	Cisalhamento		Flexão	Seção	Área de aço	
		Seção					
L1	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm		Md = 164 kgf.m/m  As = 0.62 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.04 mm	vsd = 0.73 tf/m vrđ1 = 2.90 tf/m Modelo I vrđ2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm		Md = 164 kgf.m/m  As = 0.68 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.08 mm	vsd = 0.63 tf/m vrđ1 = 2.66 tf/m vrđ2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L2	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm		Md = 164 kgf.m/m  As = 0.62 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.04 mm	vsd = 0.73 tf/m vrđ1 = 2.90 tf/m Modelo I vrđ2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm		Md = 164 kgf.m/m  As = 0.68 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.07 mm	vsd = 0.59 tf/m vrđ1 = 2.66 tf/m vrđ2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L3	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm		Md = 164 kgf.m/m  As = 0.62 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.04 mm	vsd = 0.74 tf/m vrđ1 = 2.90 tf/m Modelo I vrđ2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm		Md = 164 kgf.m/m  As = 0.68 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.07 mm	vsd = 0.59 tf/m vrđ1 = 2.66 tf/m vrđ2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L4	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm		Md = 164 kgf.m/m  As = 0.62 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.04 mm	vsd = 0.73 tf/m vrđ1 = 2.90 tf/m Modelo I vrđ2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m

Laje	Direção	Cisalhamento		Seção	Área de aço	
		Seção	Flexão			
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 164 kgf.m/m  As = 0.68 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.08 mm	vsd = 0.63 tf/m vrd1 = 2.66 tf/m vrd2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L5	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 537 kgf.m/m  As = 2.62 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.62 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/11 (2.83 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.12 mm	vsd = 1.37 tf/m vrd1 = 3.15 tf/m Modelo I vrd2 = 16.63 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 408 kgf.m/m  As = 2.26 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.26 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/13 (2.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 0.85 tf/m vrd1 = 2.76 tf/m vrd2 = 14.39 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L6	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 336 kgf.m/m  As = 1.29 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 1.29 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/15 (1.31 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.26 mm	vsd = 0.71 tf/m vrd1 = 2.92 tf/m Modelo I vrd2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 217 kgf.m/m  As = 0.91 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.91 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.15 mm	vsd = 0.71 tf/m vrd1 = 2.66 tf/m vrd2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L7	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 529 kgf.m/m  As = 2.58 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.58 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/12 (2.60 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.14 mm	vsd = 1.33 tf/m vrd1 = 3.11 tf/m Modelo I vrd2 = 16.63 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 423 kgf.m/m  As = 2.35 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.35 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/13 (2.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 0.86 tf/m vrd1 = 2.76 tf/m vrd2 = 14.39 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L8	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 337 kgf.m/m  As = 1.30 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 1.30 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/15 (1.31 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.26 mm	vsd = 0.71 tf/m vrd1 = 2.92 tf/m Modelo I vrd2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 216 kgf.m/m  As = 0.91 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.91 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.15 mm	vsd = 0.70 tf/m vrd1 = 2.66 tf/m vrd2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L9	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 529 kgf.m/m  As = 2.58 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.58 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/12 (2.60 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.14 mm	vsd = 1.33 tf/m vrd1 = 3.11 tf/m Modelo I vrd2 = 16.63 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 423 kgf.m/m  As = 2.35 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.35 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/13 (2.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 0.86 tf/m vrd1 = 2.76 tf/m vrd2 = 14.39 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L10	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 337 kgf.m/m  As = 1.30 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 1.30 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/15 (1.31 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.26 mm	vsd = 0.71 tf/m vrd1 = 2.92 tf/m Modelo I vrd2 = 16.86 tf/m



Laje	Direção	Cisalhamento		Flexão	Seção	Área de aço	
		Seção					
							vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 216 kgf.m/m  As = 0.91 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.91 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.15 mm	vsd = 0.70 tf/m vrd1 = 2.66 tf/m vrd2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L11	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 528 kgf.m/m  As = 2.57 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.57 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/12 (2.60 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.14 mm	vsd = 1.33 tf/m vrd1 = 3.11 tf/m Modelo I vrd2 = 16.63 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 423 kgf.m/m  As = 2.36 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.36 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/13 (2.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 0.86 tf/m vrd1 = 2.76 tf/m vrd2 = 14.39 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L12	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 346 kgf.m/m  As = 1.34 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 1.34 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.24 mm	vsd = 0.73 tf/m vrd1 = 2.93 tf/m Modelo I vrd2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 201 kgf.m/m  As = 0.84 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 0.68 tf/m vrd1 = 2.66 tf/m vrd2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L13	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 206 kgf.m/m  As = 0.78 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.11 mm	vsd = 0.66 tf/m vrd1 = 2.90 tf/m Modelo I vrd2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 202 kgf.m/m  As = 0.85 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 0.64 tf/m vrd1 = 2.66 tf/m vrd2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L14	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 421 kgf.m/m  As = 2.01 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.01 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/15 (2.08 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 1.07 tf/m vrd1 = 3.02 tf/m Modelo I vrd2 = 16.63 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 323 kgf.m/m  As = 1.75 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 1.75 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/16 (1.95 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.12 mm	vsd = 1.18 tf/m vrd1 = 2.68 tf/m vrd2 = 14.39 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L15	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 207 kgf.m/m  As = 0.78 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.11 mm	vsd = 0.72 tf/m vrd1 = 2.90 tf/m Modelo I vrd2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 198 kgf.m/m  As = 0.83 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 0.64 tf/m vrd1 = 2.66 tf/m vrd2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L16	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 422 kgf.m/m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.01 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/15	vsd = 1.07 tf/m vrd1 = 3.02 tf/m	

Laje	Direção	Cisalhamento		Flexão	Seção	Área de aço	
		Seção					
				As = 2.01 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m		(2.08 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	Modelo I vrd2 = 16.63 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 323 kgf.m/m  As = 1.75 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 1.75 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/16 (1.95 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.12 mm	vsd = 1.18 tf/m vrd1 = 2.68 tf/m vrd2 = 14.39 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L17	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 206 kgf.m/m  As = 0.78 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.11 mm	vsd = 0.71 tf/m vrd1 = 2.90 tf/m Modelo I vrd2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 200 kgf.m/m  As = 0.84 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 0.64 tf/m vrd1 = 2.66 tf/m vrd2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L18	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 423 kgf.m/m  As = 2.01 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.01 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/15 (2.08 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 1.07 tf/m vrd1 = 3.02 tf/m Modelo I vrd2 = 16.63 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 322 kgf.m/m  As = 1.74 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 1.74 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/16 (1.95 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.12 mm	vsd = 1.18 tf/m vrd1 = 2.68 tf/m vrd2 = 14.39 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L19	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 205 kgf.m/m  As = 0.77 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.11 mm	vsd = 0.72 tf/m vrd1 = 2.90 tf/m Modelo I vrd2 = 16.86 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 200 kgf.m/m  As = 0.84 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/16 (1.23 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 0.65 tf/m vrd1 = 2.66 tf/m vrd2 = 15.08 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L20	X	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 423 kgf.m/m  As = 2.02 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 2.02 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/15 (2.08 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.13 mm	vsd = 1.07 tf/m vrd1 = 3.02 tf/m Modelo I vrd2 = 16.63 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
	Y	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	Md = 326 kgf.m/m  As = 1.77 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 8.0 cm	As = 1.77 cm <sup>2</sup> /m ø6.3 c/16 (1.95 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.12 mm	vsd = 1.18 tf/m vrd1 = 2.68 tf/m vrd2 = 14.39 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	

## Pavimento Cobertura

### Dados das Lajes

**Cobertura**       $f_{ck} = 200.00 \text{ kgf/cm}^2$        $E = 212874 \text{ kgf/cm}^2$        $\text{Peso Espec} = 2500.00 \text{ kgf/m}^3$   
**Lance 3**                       $\text{cobr} = 2.50 \text{ cm}$

Cargas (kgf/m <sup>2</sup> )						
Laje	Tipo	H	Peso Próprio	Acidental Revestimento	Paredes Outras	Total
L1	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L2	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L3	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L4	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L5	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L6	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L7	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L8	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L9	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L10	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L11	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00
L12	Maciça	7	175.00	50.00 50.00	0.00 0.00	275.00

### Resultados da Laje

**Cobertura**       $f_{ck} = 200.00 \text{ kgf/cm}^2$        $E = 212874 \text{ kgf/cm}^2$        $\text{Peso Espec} = 2500.00 \text{ kgf/m}^3$   
**Lance 3**                       $\text{cobr} = 2.50 \text{ cm}$

Nome	Espessura (cm)	Carga (kgf/m <sup>2</sup> )	Mdx (kgf.m/m)	Mdy (kgf.m/m)	Asx	Asy	Flecha (cm)
L1	7	275.00	213	110	As = 1.01 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.33
L2	7	275.00	211	113	As = 1.00 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.32
L3	7	275.00	212	112	As = 1.01 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.33
L4	7	275.00	211	113	As = 1.00 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.33
L5	7	275.00	212	112	As = 1.01 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.33
L6	7	275.00	211	113	As = 1.00 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.33
L7	7	275.00	211	112	As = 1.00 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.33

Nome	Espessura (cm)	Carga (kgf/m <sup>2</sup> )	Mdx (kgf.m/m)	Mdy (kgf.m/m)	Asx	Asy	Flecha (cm)
L8	7	275.00	212	111	As = 1.01 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.33
L9	7	275.00	86	247	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 1.37 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.37
L10	7	275.00	78	248	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 1.37 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.32
L11	7	275.00	79	248	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 1.37 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.32
L12	7	275.00	85	247	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	As = 1.37 cm <sup>2</sup> /m (ø5.0 c/14 - 1.40 cm <sup>2</sup> /m)	-0.37

### Cálculos das Lajes

Cobertura fck = 200.00 kgf/cm<sup>2</sup>

E = 212874 kgf/cm<sup>2</sup>

Peso Espec = 2500.00 kgf/m<sup>3</sup>

Lance 3

cobr = 2.50 cm

Laje	Direção	Cisalhamento		Flexão	Seção	
		Seção				
L1	X	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 213 kgf.m/m As = 1.01 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 1.01 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.14 mm	vsd = 0.46 tf/m vrd1 = 2.44 tf/m Modelo I vrd2 = 13.31 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 126 kgf.m/m As = 0.67 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.05 mm	vsd = 0.42 tf/m vrd1 = 2.18 tf/m vrd2 = 11.53 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L2	X	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 211 kgf.m/m As = 1.00 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 1.00 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.14 mm	vsd = 0.46 tf/m vrd1 = 2.44 tf/m Modelo I vrd2 = 13.31 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 126 kgf.m/m As = 0.67 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.05 mm	vsd = 0.42 tf/m vrd1 = 2.18 tf/m vrd2 = 11.53 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L3	X	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 212 kgf.m/m As = 1.01 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 1.01 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.14 mm	vsd = 0.46 tf/m vrd1 = 2.44 tf/m Modelo I vrd2 = 13.31 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 126 kgf.m/m As = 0.67 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.05 mm	vsd = 0.42 tf/m vrd1 = 2.18 tf/m vrd2 = 11.53 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L4	X	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 211 kgf.m/m As = 1.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 1.00 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.14 mm	vsd = 0.46 tf/m vrd1 = 2.44 tf/m Modelo I vrd2 = 13.31 tf/m



						vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 248 kgf.m/m As = 1.37 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 1.37 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.25 mm	vsd = 0.49 tf/m vrd1 = 2.18 tf/m vrd2 = 11.53 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L11	X	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 126 kgf.m/m As = 0.58 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.02 mm	vsd = 0.39 tf/m vrd1 = 2.44 tf/m Modelo I vrd2 = 13.31 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 248 kgf.m/m As = 1.37 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 1.37 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.25 mm	vsd = 0.49 tf/m vrd1 = 2.18 tf/m vrd2 = 11.53 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L12	X	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 126 kgf.m/m As = 0.58 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.02 mm	vsd = 0.40 tf/m vrd1 = 2.44 tf/m Modelo I vrd2 = 13.31 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
	Y	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	Md = 247 kgf.m/m As = 1.37 cm <sup>2</sup> /m A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	bw = 100.0 cm h = 7.0 cm	As = 1.37 cm <sup>2</sup> /m ø5.0 c/14 (1.40 cm <sup>2</sup> /m) fiss = 0.24 mm	vsd = 0.50 tf/m vrd1 = 2.18 tf/m vrd2 = 11.53 tf/m vsw = 0.00 tf/m asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m

## ANEXO C

Memorial de cálculo da análise estrutural e da laje pré-moldada com EPS.

### Resumo de resultados

#### Análise de 1ª ordem:

Processo de pórtico espacial

#### Cargas verticais:

Peso próprio = 124.11 tf

Adicional = 160.38 tf

Acidental = 30.60 tf

Total = 315.09 tf

Área aproximada = 258.00 m<sup>2</sup>

Relação = 1221.27 kgf/m<sup>2</sup>

#### Deslocamento horizontal:

Direção X = 0.05 cm (limite 0.54)

Direção Y = 0.28 cm (limite 0.54)

#### Coefficiente Gama-Z:

Direção X = 1.02 (limite 1.10)

Direção Y = 1.03 (limite 1.10)

#### Análise de 2ª ordem:

Processo P-Delta

Deslocamentos no topo da edificação:

Acidental: 0.06 »» 0.06 (+2.21%)

Vento X+: 0.15 »» 0.16 (+2.46%)

Vento X-: 0.15 »» 0.16 (+2.46%)

Vento Y+: 0.91 »» 0.94 (+2.54%)

Vento Y-: 0.91 »» 0.94 (+2.54%)

Desaprumo X+: 0.03 »» 0.03 (+2.61%)

Desaprumo X-: 0.03 »» 0.03 (+2.61%)

Desaprumo Y+: 0.03 »» 0.03 (+2.74%)

Desaprumo Y-: 0.03 »» 0.03 (+2.74%)

### Verificação da Estabilidade Global da Estrutura

Eixo X (1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V1)						
Pavimento	Altura Relativa (cm)	Carga Vertical (tf)	Carga Horizontal (tf)		Desloc. Horizontal (cm)	
			Eixo X	Eixo Y	Eixo X	Eixo Y
Platibanda	920	13.45	0.28	1.57	0.14	0.28
Cobertura	770	89.89	0.81	4.58	0.13	0.21
Térreo	460	207.78	1.03	5.02	0.08	0.10
Baldrame	150	117.59	0.04	0.19	0.01	0.01

Eixo Y (1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V3)						
Pavimento	Altura Relativa (cm)	Carga Vertical (tf)	Carga Horizontal (tf)		Desloc. Horizontal (cm)	
			Eixo X	Eixo Y	Eixo X	Eixo Y
Platibanda	920	13.45	0.28	1.57	0.01	1.04
Cobertura	770	89.89	0.81	4.58	0.01	0.91
Térreo	460	207.78	1.03	5.02	0.00	0.52
Baldrame	150	117.59	0.04	0.19	0.00	0.06

Coeficiente Gama-Z		
	Eixo X	Eixo Y
Momento de tombamento de cálculo (tf.m)	13.53	73.13
Momento de 2a. ordem de cálculo (tf.m)	0.31	2.12
Gama-Z	1.02	1.03

Valor limite: 1.10

Gama-Z por Combinação						
Combinação	Momento de tombamento de cálculo (tf.m)		Momento de 2a. ordem de cálculo (tf.m)		Gama-Z	
	Eixo X	Eixo Y	Eixo X	Eixo Y	Eixo X	Eixo Y
1.3G1+1.4G2+1.4S+0.98Q+1.2A+1.4V1	22.55	121.88	0.49	0.39	1.02	1.00
1.3G1+1.4G2+1.4S+0.98Q+1.2A+1.4V2	22.55	121.88	0.49	0.39	1.02	1.00
1.3G1+1.4G2+1.4S+0.98Q+1.2A+1.4V3	22.55	121.88	0.01	3.08	1.00	1.03
1.3G1+1.4G2+1.4S+0.98Q+1.2A+1.4V4	22.55	121.88	0.01	3.08	1.00	1.03
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V1	13.53	73.13	0.31	0.44	<b>1.02</b>	1.01
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V2	13.53	73.13	0.31	0.44	1.02	1.01
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V3	13.53	73.13	0.01	2.12	1.00	<b>1.03</b>
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4Q+1.2A+0.84V4	13.53	73.13	0.01	2.12	1.00	1.03
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4V1	22.55	121.88	0.45	0.27	1.02	1.00
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4V2	22.55	121.88	0.45	0.27	1.02	1.00
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4V3	22.55	121.88	0.01	2.73	1.00	1.02
1.3G1+1.4G2+1.4S+1.4V4	22.55	121.88	0.01	2.73	1.00	1.02
G1+G2+S+0.98Q+1.2A+1.4V1	22.55	121.88	0.38	0.24	1.02	1.00
G1+G2+S+0.98Q+1.2A+1.4V2	22.55	121.88	0.38	0.24	1.02	1.00
G1+G2+S+0.98Q+1.2A+1.4V3	22.55	121.88	0.00	2.30	1.00	1.02
G1+G2+S+0.98Q+1.2A+1.4V4	22.55	121.88	0.00	2.30	1.00	1.02
G1+G2+S+1.4Q+1.2A+0.84V1	13.53	73.13	0.24	0.28	1.02	1.00
G1+G2+S+1.4Q+1.2A+0.84V2	13.53	73.13	0.24	0.28	1.02	1.00
G1+G2+S+1.4Q+1.2A+0.84V3	13.53	73.13	0.01	1.58	1.00	1.02
G1+G2+S+1.4Q+1.2A+0.84V4	13.53	73.13	0.01	1.58	1.00	1.02
G1+G2+S+1.4V1	22.55	121.88	0.33	0.15	1.01	1.00
G1+G2+S+1.4V2	22.55	121.88	0.33	0.15	1.01	1.00
G1+G2+S+1.4V3	22.55	121.88	0.00	1.98	1.00	1.02
G1+G2+S+1.4V4	22.55	121.88	0.00	1.98	1.00	1.02



## Deslocamentos Horizontais

Verificações	X+	X-	Y+	Y-
Altura total da edificação (cm)	920.00			
Deslocamento limite (cm)	0.54			
Deslocamento característico (cm)	0.16	-0.16	0.94	-0.94
$\psi_1$	0.30	0.30	0.30	0.30
Deslocamento freqüente (cm)	0.05	-0.05	0.28	-0.28

Pavimento	Altura (cm)	Deslocamento freqüente (cm)				Diferença (cm)				Limite (cm)
		X+	X-	Y+	Y-	X+	X-	Y+	Y-	
Platibanda	150.00	0.05	-0.05	0.28	-0.28	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.18
Cobertura	310.00	0.05	-0.05	0.26	-0.26	0.02	-0.02	0.10	-0.10	0.36
Térreo	310.00	0.03	-0.03	0.16	-0.16	0.02	-0.02	0.13	-0.13	0.36
Baldrame	150.00	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.18

## Pavimento Térreo

### Dados das Lajes

Térreo       $f_{ck} = 200.00 \text{ kgf/cm}^2$

$E = 212874 \text{ kgf/cm}^2$

Peso Espec =  $2500.00 \text{ kgf/m}^3$

Lance 2

$cobr = 2.50 \text{ cm}$

Laje	Tipo	Seção (cm)				Cargas (kgf/m <sup>2</sup> )			
		H	ee ec	enx eny	eex eey	Peso Próprio	Acidental Revestimento	Paredes Outras	Total
L1	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	300.00 100.00	0.00 0.00	547.38
L2	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	300.00 100.00	0.00 0.00	547.38
L3	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	300.00 100.00	0.00 0.00	547.38
L4	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	300.00 100.00	0.00 0.00	547.38
L5	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	141.40 0.00	538.79
L6	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	0.00 0.00	397.38
L7	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	141.40 0.00	538.79
L8	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	0.00 0.00	397.38
L9	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	141.40 0.00	538.79
L10	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	0.00 0.00	397.38
L11	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	141.40 0.00	538.79
L12	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	0.00 0.00	397.38
L13	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	0.00 0.00	397.38
L14	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	197.16 0.00	594.54
L15	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	0.00 0.00	397.38

Seção (cm)						Cargas (kgf/m <sup>2</sup> )			
Laje	Tipo	H	ee ec	enx eny	eex eey	Peso Próprio	Acidental Revestimento	Paredes Outras	Total
L16	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	197.16 0.00	594.54
L17	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	0.00 0.00	397.38
L18	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	197.16 0.00	594.54
L19	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	0.00 0.00	397.38
L20	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	150.00 100.00	197.16 0.00	594.54

### Resultados da Laje

Térreo fck = 200.00 kgf/cm<sup>2</sup>

E = 212874 kgf/cm<sup>2</sup>

Peso Espec = 2500.00 kgf/m<sup>3</sup>

Lance 2

cobr = 2.50 cm

Nome	Espessura (cm)	Carga (kgf/m <sup>2</sup> )	Mdx (kgf.m/m)	Mdy (kgf.m/m)	Asx	Asy	Flecha (cm)
L1	12	547.38	133		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.31
L2	12	547.38	133		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.27
L3	12	547.38	133		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.27
L4	12	547.38	133		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.31
L5	12	538.79	1407		As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (2ø5.0 c/N - 1.01 cm <sup>2</sup> /N)		-1.44
L6	12	397.38	421		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.30
L7	12	538.79	1407		As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (2ø5.0 c/N - 1.01 cm <sup>2</sup> /N)		-1.43
L8	12	397.38	421		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.30
L9	12	538.79	1407		As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (2ø5.0 c/N - 1.01 cm <sup>2</sup> /N)		-1.43
L10	12	397.38	421		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.30
L11	12	538.79	1407		As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (2ø5.0 c/N - 1.01 cm <sup>2</sup> /N)		-1.43
L12	12	397.38	421		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.30
L13	12	397.38	424		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N)		-0.23

Nome	Espessura (cm)	Carga (kgf/m <sup>2</sup> )	Mdx (kgf.m/m)	Mdy (kgf.m/m)	Asx	Asy	Flecha (cm)
					(1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		
L14	12	594.54	1290		As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (2ø5.0 c/N - 1.01 cm <sup>2</sup> /N)		-0.65
L15	12	397.38	424		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.23
L16	12	594.54	1290		As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (2ø5.0 c/N - 1.01 cm <sup>2</sup> /N)		-0.65
L17	12	397.38	424		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.23
L18	12	594.54	1290		As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (2ø5.0 c/N - 1.01 cm <sup>2</sup> /N)		-0.65
L19	12	397.38	424		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.23
L20	12	594.54	1290		As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (2ø5.0 c/N - 1.01 cm <sup>2</sup> /N)		-0.65

### Cálculos das Lajes

Térreo fck = 200.00 kgf/cm<sup>2</sup>  
Lance 2

E = 212874 kgf/cm<sup>2</sup>  
cobr = 2.50 cm

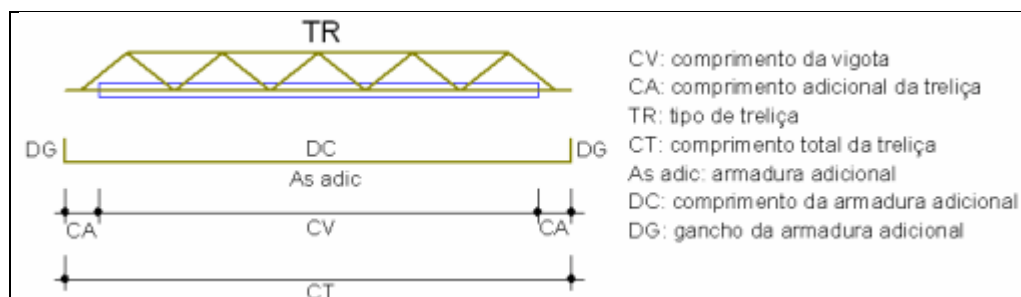
Peso Espec = 2500.00 kgf/m<sup>3</sup>

Laje	Direção	Cisalhamento	Flexão	Seção		
		Seção				
L1	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 67 kgf.m/N  As = 0.12 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.02 mm	vsd = 0.17 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L2	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 67 kgf.m/N  As = 0.12 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.02 mm	vsd = 0.17 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L3	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 67 kgf.m/N  As = 0.12 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.02 mm	vsd = 0.17 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L4	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 67 kgf.m/N  As = 0.12 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.02 mm	vsd = 0.17 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L5	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 549 kgf.m/N  As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 2ø5.0 c/N (1.01 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.15 mm	vsd = 0.48 tf/N vrd1 = 0.63 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m

Laje	Direção	Cisalhamento				
		Seção	Flexão	Seção		
L6	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 164 kgf.m/N  As = 0.30 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.17 mm	vsd = 0.26 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L7	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 549 kgf.m/N  As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 2ø5.0 c/N (1.01 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.15 mm	vsd = 0.48 tf/N vrd1 = 0.63 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L8	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 164 kgf.m/N  As = 0.30 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.17 mm	vsd = 0.26 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L9	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 549 kgf.m/N  As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 2ø5.0 c/N (1.01 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.15 mm	vsd = 0.48 tf/N vrd1 = 0.63 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L10	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 164 kgf.m/N  As = 0.30 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.17 mm	vsd = 0.26 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L11	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 549 kgf.m/N  As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 1.27 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 2ø5.0 c/N (1.01 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.15 mm	vsd = 0.48 tf/N vrd1 = 0.63 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L12	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 164 kgf.m/N  As = 0.30 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.17 mm	vsd = 0.26 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L13	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 166 kgf.m/N  As = 0.31 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.17 mm	vsd = 0.27 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L14	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 503 kgf.m/N  As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 2ø5.0 c/N (1.01 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.14 mm	vsd = 0.55 tf/N vrd1 = 0.63 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L15	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 166 kgf.m/N  As = 0.31 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.17 mm	vsd = 0.27 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L16	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 503 kgf.m/N  As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 2ø5.0 c/N	vsd = 0.55 tf/N vrd1 = 0.63 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N

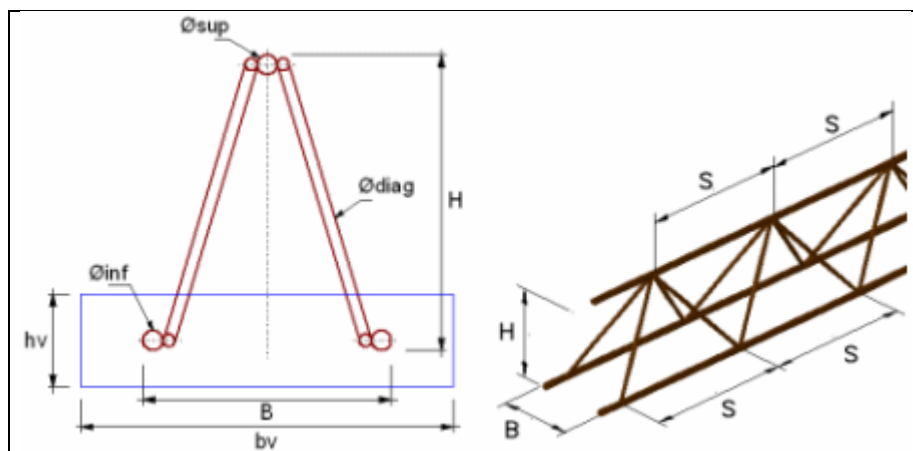
Laje	Direção	Cisalhamento		Flexão	Seção		
		Seção					
						(1.01 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.14 mm	vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L17	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 166 kgf.m/N  As = 0.31 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.17 mm	vsd = 0.27 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L18	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 503 kgf.m/N  As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 2ø5.0 c/N (1.01 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.14 mm	vsd = 0.55 tf/N vrd1 = 0.63 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L19	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 166 kgf.m/N  As = 0.31 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.17 mm	vsd = 0.27 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	
L20	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 503 kgf.m/N  As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 1.16 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 2ø5.0 c/N (1.01 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.14 mm	vsd = 0.55 tf/N vrd1 = 0.63 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m	

### Vigotas pré-moldadas - Lajes do pavimento Térreo



Laje	Vigota	Quant	Compr. (cm)	Compr. Adic. (cm)	Treliça		Armadura adicional			
					Tipo	Compr. (cm)	Armadura	Compr. (cm)	Gancho (cm)	Total (cm)
L1	VT1a	13	115	3	TR 06644	121	1ø5.0 c/N	121	6	130
L2	VT2a	13	115	3	TR 06644	121	1ø5.0 c/N	121	6	130
L3	VT3a	13	115	3	TR 06644	121	1ø5.0 c/N	121	6	130
L4	VT4a	13	115	3	TR 06644	121	1ø5.0 c/N	121	6	130
L5	VT5a	5	345	3	TR 06644	351	2ø8.0 c/N	351	9	365
L6	VT6a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L7	VT7a	5	345	3	TR 06644	351	2ø5.0 c/N	351	9	365

Laje	Vigota	Quant	Compr. (cm)	Compr. Adic. (cm)	Treliça		Armadura adicional			Total (cm)
					Tipo	Compr. (cm)	Armadura	Compr. (cm)	Gancho (cm)	
L8	VT8a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L9	VT9a	5	345	3	TR 06644	351	2ø5.0 c/N	351	9	365
L10	VT10a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L11	VT11a	5	345	3	TR 06644	351	2ø5.0 c/N	351	9	365
L12	VT12a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L13	VT13a	5	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L14	VT14a	5	245	3	TR 06644	251	2ø5.0 c/N	251	9	265
L15	VT15a	5	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L16	VT16a	5	245	3	TR 06644	251	2ø5.0 c/N	251	9	265
L17	VT17a	5	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L18	VT18a	5	245	3	TR 06644	251	2ø5.0 c/N	251	9	265
L19	VT19a	5	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L20	VT20a	5	245	3	TR 06644	251	2ø5.0 c/N	251	9	265



Laje	bv (cm)	hv (cm)	Treliça	Altura (cm)	Base (cm)	Armaduras treliça (mm)			S (cm)
						øsup	ødiag	øinf	
L1	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L2	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L3	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L4	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L5	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L6	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L7	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L8	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L9	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L10	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L11	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L12	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L13	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L14	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L15	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20

Laje	bv (cm)	hv (cm)	Treliça	Altura (cm)	Base (cm)	Armaduras treliça (mm)			S (cm)
						øsup	ødiag	øinf	
L16	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L17	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L18	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L19	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L20	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20

## Pavimento Cobertura

### Dados das Lajes

Cobertura  
Lance 3

$f_{ck} = 200.00 \text{ kgf/cm}^2$

$E = 212874 \text{ kgf/cm}^2$

Peso Espec =  $2500.00 \text{ kgf/m}^3$

$cobr = 2.50 \text{ cm}$

Laje	Tipo	Seção (cm)				Cargas (kgf/m <sup>2</sup> )			
		H	ee ec	enx eny	eex eey	Peso Próprio	Acidental Revestimento	Paredes Outras	Total
L1	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L2	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L3	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L4	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L5	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L6	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L7	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L8	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L9	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L10	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L11	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38
L12	Treliçada 1D	12	8.00 4.00	9.00	30.00	147.38	50.00 50.00	0.00 0.00	247.38

## Resultados da Laje

**Cobertura**  
**Lance 3**

$f_{ck} = 200.00 \text{ kgf/cm}^2$

$E = 212874 \text{ kgf/cm}^2$

Peso Espec =  $2500.00 \text{ kgf/m}^3$

$cobr = 2.50 \text{ cm}$

Nome	Espessura (cm)	Carga (kgf/m <sup>2</sup> )	Mdx (kgf.m/m)	Mdy (kgf.m/m)	Asx	Asy	Flecha (cm)
L1	12	247.38	258		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.21
L2	12	247.38	258		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.21
L3	12	247.38	258		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.21
L4	12	247.38	258		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.21
L5	12	247.38	258		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.21
L6	12	247.38	258		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.21
L7	12	247.38	258		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.21
L8	12	247.38	258		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.21
L9	12	247.38	226		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.22
L10	12	247.38	226		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.16
L11	12	247.38	226		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.16
L12	12	247.38	226		As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)		-0.22



## Cálculos das Lajes

**Cobertura**       $f_{ck} = 200.00 \text{ kgf/cm}^2$   
**Lance 3**

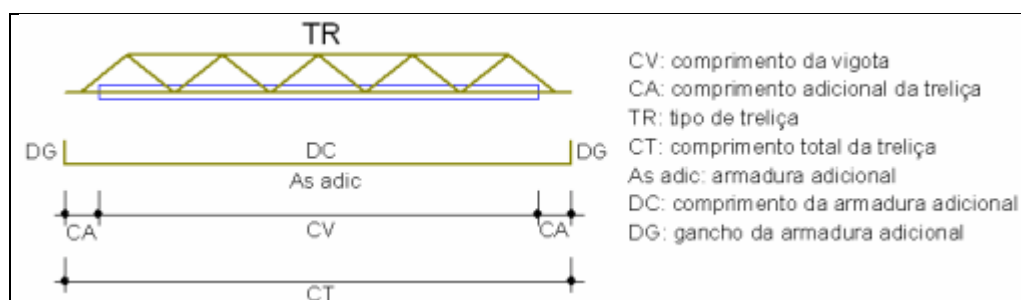
$E = 212874 \text{ kgf/cm}^2$   
 $\text{coibr} = 2.50 \text{ cm}$

Peso Espec =  $2500.00 \text{ kgf/m}^3$

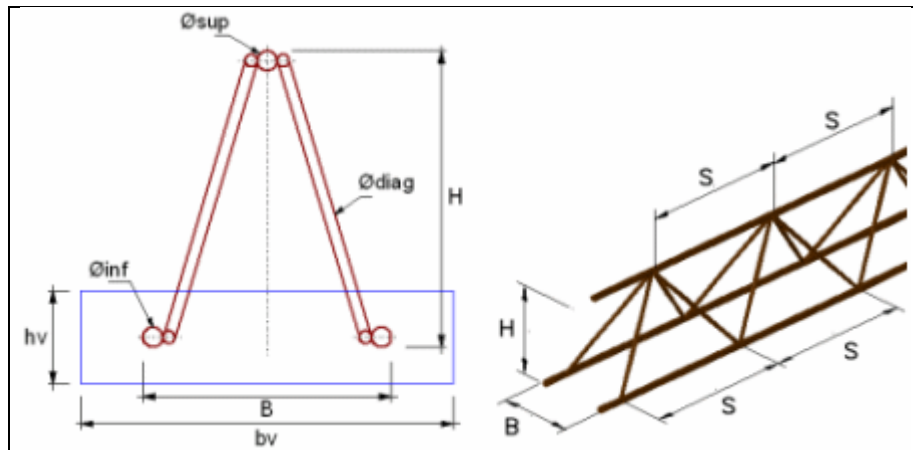
Laje	Direção	Cisalhamento		Flexão	Seção	Área de aço	
		Seção					
L1	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm		Md = 101 kgf.m/N  As = 0.19 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.06 mm	vsd = 0.16 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L2	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm		Md = 101 kgf.m/N  As = 0.19 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.06 mm	vsd = 0.16 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L3	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm		Md = 101 kgf.m/N  As = 0.19 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.06 mm	vsd = 0.16 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L4	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm		Md = 101 kgf.m/N  As = 0.19 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.06 mm	vsd = 0.16 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L5	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm		Md = 101 kgf.m/N  As = 0.19 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.06 mm	vsd = 0.16 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L6	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm		Md = 101 kgf.m/N  As = 0.19 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.06 mm	vsd = 0.16 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L7	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm		Md = 101 kgf.m/N  As = 0.19 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.06 mm	vsd = 0.16 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L8	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm		Md = 101 kgf.m/N  As = 0.19 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.06 mm	vsd = 0.16 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L9	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm		Md = 88 kgf.m/N  As = 0.16 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.05 mm	vsd = 0.15 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L10	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm		Md = 88 kgf.m/N  As = 0.16 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N)	vsd = 0.15 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N

Laje	Direção	Cisalhamento				
		Seção	Flexão	Seção	Área de aço	
					fiss = 0.05 mm	asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L11	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 88 kgf.m/N  As = 0.16 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.05 mm	vsd = 0.15 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m
L12	X	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm bf = 39.0 cm hf = 4.0 cm	Md = 88 kgf.m/N  As = 0.16 cm <sup>2</sup> /N A's = 0.00 cm <sup>2</sup> /N	bw = 9.0 cm h = 12.0 cm	As = 0.34 cm <sup>2</sup> /N (TR 06644 - 0.28 cm <sup>2</sup> /N) 1ø5.0 c/N (0.20 cm <sup>2</sup> /N) fiss = 0.05 mm	vsd = 0.15 tf/N vrd1 = 0.50 tf/N Modelo I vrd2 = 3.19 tf/N vsw = 0.00 tf/N asw = 0.00 cm <sup>2</sup> /m

### Vigotas pré-moldadas - Lajes do pavimento Cobertura



Laje	Vigota	Quant	Compr. (cm)	Compr. Adic. (cm)	Treliça		Armadura adicional			
					Tipo	Compr. (cm)	Armadura	Compr. (cm)	Gancho (cm)	Total (cm)
L1	VT1a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L2	VT2a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L3	VT3a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L4	VT4a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L5	VT5a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L6	VT6a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L7	VT7a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L8	VT8a	9	245	3	TR 06644	251	1ø5.0 c/N	251	6	260
L9	VT9a	13	230	3	TR 06644	236	1ø5.0 c/N	236	6	245
L10	VT10a	13	230	3	TR 06644	236	1ø5.0 c/N	236	6	245
L11	VT11a	13	230	3	TR 06644	236	1ø5.0 c/N	236	6	245
L12	VT12a	13	230	3	TR 06644	236	1ø5.0 c/N	236	6	245



Laje	bv (cm)	hv (cm)	Treliça	Altura (cm)	Base (cm)	Armaduras treliça (mm)			S (cm)
						øsup	ødiag	øinf	
L1	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L2	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L3	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L4	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L5	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L6	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L7	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L8	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L9	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L10	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L11	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20
L12	12	3	TR 06644	6	8	6.0	4.2	4.2	20