

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**EDER PEREIRA ABADIA
PAULO VICTOR ALVES**

**ESTUDO COMPARATIVO DA PREFERÊNCIA DE
LAJES EM ANÁPOLIS GOIÁS**

**ANÁPOLIS / GO
2015**

**EDER PEREIRA ABADIA
PAULO VICTOR ALVES**

**ESTUDO COMPARATIVO DA PREFERÊNCIA DE
LAJES EM ANÁPOLIS GOIÁS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA
TEODORO SILVA**

**ANÁPOLIS / GO
2015**

**EDER PEREIRA ABADIA
PAULO VITOR ALVES**

**ESTUDO COMPARATIVO DA PREFERÊNCIA DE
LAJES EM ANÁPOLIS GOIÁS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**AGNALDO ANTÔNIO M. TEODORO SILVA, ESPECIALISTA
(ORIENTADOR) (UNI EVANGÉLICA)**

**JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR, MESTRE
EXAMINDAOR 1 (UNI EVANGÉLICA)**

**LEANDRO DANIEL PORFIRO, MESTRE
EXAMINADOR 2 (UNI EVANGÉLICA)**

ANÁPOLIS/GO, 25 DE NOVEMBRO DE 2015

AGRADECIMENTOS

Eu Eder P. Abadia,

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pois sem o qual eu não teria caminhado nem um só passo para chegar até aqui.

Agradeço minha esposa Juliana Batista, por todo amor, companheirismo e sacrifício, pois foi quem sempre me deu apoio e me impulsionou a ter fé e continuar.

Agradeço aos meus pais, Lourdes e José, pelo amor e educação que me deram.

Agradeço a minha avó Leonídia, pelo amor, por ter me amparado e me dado suporte nos momentos difíceis.

Agradeço aos meus amigos, Paulo Henrique, Ruither Santos, e Steven Róger, por toda parceria de amigos que ainda perdura até hoje.

Agradeço ao Prof. Agnaldo Antônio Teodora da Silva, orientador deste trabalho, pelos ensinamentos e confiança depositada.

Eu Paulo Vitor Alves,

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me dar saúde e fé para enfrentar o caminho para chegar à conclusão deste meu sonho.

Agradeço toda a minha família que me deu amparo em todos os momentos desta jornada cansativa.

*O temor do senhor é princípio da sabedoria; todos os que cumprem os seus preceitos revelam bom senso. Ele será louvado para sempre.
(salmos 111:10)*

RESUMO

Este trabalho versa fazer um comparativo entre custos, processo construtivo e de projeto entre as lajes mais utilizadas na cidade de Anápolis. Destaca-se inicialmente uma revisão bibliográfica com os processos de dimensionamento e apresentações das vantagens e desvantagens, bem como ainda os processos construtivos de cada uma. E por fim a apresentação de resultados inerentes a pesquisa e aos projetos de duas das lajes mais encontradas pela pesquisa, é apresentado ainda uma breve discussão sobre os resultados alcançados.

Palavras-chave: Lajes, Custos, Mercado, Pesquisa

ABSTRACT

This work deals make a comparison between costs, construction process and project between the slabs commonly used in the city of Anápolis. It stands out initially a literature review with the design of processes and presentations of the advantages and disadvantages and the constructive processes of each. Finally the presentation of results inherent in research and projects two more slabs found by the search, it is still presented a brief discussion of the results.

Keywords: Slabs, Costs, Market, Research

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Corte laje maciça	19
Figura 2.Laje armada em duas direções	22
Figura 3.Laje armada em uma direção	22
Figura 4.Dimensões consideradas no cálculo do vão efetivo.....	23
Figura 5. Tipos de vinculação das lajes.....	24
Figura 6. Peso próprio calculado para 1m ² de laje	25
Figura 7.Diagrama de cortante e momento fletor.....	29
figura 8.Diagramas de cortante e momento fletor.....	29
Figura 9.Diagrama de momento fletor e cortante laje bi engastada.....	30
Figura 10.Detalhes construtivos de lajes pré-moldadas Treliçadas.....	31
Figura 11.Vigota treliçada.....	32
Figura 12.Corte frontal da laje treliçada.....	32
Figura 13.Vigotas Tipo trilhos e tipo treliça	33
Figura 14.Lajota utilizada como material de enchimento	34
Figura 15.Cubetas espalhadas sobre painel de laje nervurada	38
Figura 16.Demonstrativo dos apoios de lajes cogumelos, lisas e nervuradas	39
Figura 17.Detalhe de laje nervurada	41
Figura 18.Parâmetros iniciais da laje inseridos no software	47
Figura 19.Painéis de laje maciça do pavimento tipo.....	47
Figura 20. Parâmetros de pré-dimensionamento.....	50
Figura 21.Pavimento com painéis de laje pré-moldadas	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classe de agressividade ambiental	19
Tabela 2. Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto	20
Tabela 3. Coeficiente adicional γ_n	21
Tabela 4. Peso específico dos materiais de construção. (KN/m ³).	27
Tabela 5. Valores mínimos das cargas verticais Unid. (KN/m ²).....	27
Tabela 6. Estimativa de h	30
Tabela 7. Ações nas lajes KN/m ²	30
Tabela 8. cálculo das flechas.....	30
Tabela 9. Armaduras de treliças.....	33
Tabela 10. Relação dos tipos de lajes utilizados em Anápolis 2013 a 2015	45
Tabela 11. Detalhamento do aço e volume de concreto do pavimento	48
Tabela 12. Resumo dos materiais necessários.....	51
Tabela 13. Preço do aço em cinco fornecedores	52
Tabela 14. Preço da madeira	52
Tabela 15. Preço da mão de obra	52
Tabela 16. Preço do metro cúbico de concreto fck-25 Mpa.....	53
Tabela 17. Comparativo de custos para cada laje	53
Tabela 18. Limites para deslocamentos	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

STICMA = Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário de Anápolis

\emptyset = Diâmetro

Kg/m^3 = Quilograma por metro cúbico

Kg/m^2 = Quilograma por metro quadrado

m^2 = Metro quadrado

cm = Centímetros

Mpa = Mega Pascal

mm = Milímetro

CA = Concreto armado

m = Metro

γ_n = Coeficiente majorador dos esforços solicitantes finais de cálculo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 Objetivo Geral.....	13
1.3 Objetivos Específicos.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Tipos de Laje e suas Características.....	15
2.1.1 Laje Maciça.....	15
2.1.1.1 Materiais das lajes maciças.....	16
2.1.2 Critérios de Dimensionamento	18
2.2 Laje Pré-Fabricada.....	31
2.2.1 Materiais das lajes pré-fabricadas	33
2.2.2 Critérios de dimensionamento	35
2.3 Laje Nervurada Tipo Cogumelo.....	37
2.3.1 Materiais das lajes tipo cogumelo.....	38
2.3.2 Critérios de dimensionamento	39
3 ESTUDO DE CASO	42
3.1 Pesquisa	43
3.2 Projeto.....	46
3.2.1 Projeto da laje maciça; definindo os parâmetros de pré-dimensionamento	46
3.2.1.1 Projeto da laje pré-moldada; definindo parâmetros de pré-dimensionamento	49
4 COMPARATIVO DOS RESULTADOS.....	52
4.1 Custo total.....	53
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	55
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57

1 INTRODUÇÃO

No mercado da construção civil atual, tem se tornado exponencialmente crescente a preocupação com os custos, os desperdícios e a agressão ao meio ambiente, que envolvem determinados empreendimentos, isto principalmente por parte dos profissionais da área, como engenheiros, arquitetos e principalmente construtores. Diante disso as empresas e os projetistas buscam cada vez mais, formas econômicas e de fácil e rápida execução e que não provoquem grandes impactos ambientais de forma direta ou indireta, para suas obras.

As lajes dentro de sua amplitude têm grande relevância no que se diz respeito ao aspecto econômico de um empreendimento, uma vez que a espessura podendo ser reduzida, e o tempo de execução podendo ser minimizado até a desforma e o número de repetições, podem trazer impactos consideráveis tanto positivos quanto negativos nos custos e na execução.

Atualmente no mercado da construção civil, estão disponíveis vários tipos modelos e nomes de lajes, e a escolha de qual utilizar por parte dos construtores muitas vezes fica difícil por falta de conhecimento ou de informações mais detalhadas, desse elemento. Mas afinal qual seria o tipo de laje mais adequada a se escolher, qual a mais vantajosa, para os aspectos construtivos de custo e de projeto? A resposta para esta pergunta pode estar no fato de conhecer melhor as finalidades para a qual cada tipo de laje foi introduzido no mercado, a partir de aí escolher qual se encaixa melhor no orçamento, cronograma e necessidades construtivas de cada empreendimento. Além disso existem vários sistemas estruturais disponíveis no mercado atualmente, tendo como finalidade a execução de forma econômica e sem desperdícios e sem danos ao ambiente.

Devido a esse grande número de sistemas estruturais encontrados no mercado da construção civil os profissionais precisam optar por um determinado sistema disponível, sempre pensando nos aspectos de custo-benefício. Porém muitas vezes a escolha adotada pode não se adaptar às condições específicas do empreendimento isso porque, cada obra possui características arquitetônicas particulares, dificultando a utilização de um modelo padrão. As ferramentas de cálculo (programas) auxiliam no processo de análise e aceleram a produtividade no detalhamento dos projetos para os diversos sistemas estruturais existentes. No entanto, cabe ao projetista de estruturas juntamente com o arquiteto escolher a opção mais adequada para um determinado tipo de obra, levando em consideração os critérios técnicos e econômicos. (LOPEZ, 2012, p.18).

Diante disso se torna necessário um estudo sobre o tipo de laje mais é mais utilizado visando alcançar o melhor custo benefício a determinado empreendimento, através de um comparativo entre os tipos de lajes mais comuns no mercado, visando dar referência na tomada de decisão para qual método construtivo de laje adotar.

1.1 JUSTIFICATIVA

Perante a um mercado de construção civil cada vez mais inovador e ainda aliados a modelos de programas computacionais, os profissionais da área se veem com mais opções de métodos construtivos para empreendimentos dos mais variados fins. Portanto optou-se por realizar um estudo sobre os métodos construtivos, como execução materiais utilizados tempo de cura e desforma, bem como aspectos econômicos como, custo de mão de obra execução e custo final para cada um dos tipos de laje mais encontrados no mercado de Anápolis com o intuito de identificar os principais critérios de escolha por cada modelo optado, de como está a preferência e motivos de escolha por cada tipo, no mercado de lajes na cidade. Portanto por meio deste estudo será possível traçar o panorama (da situação atual) ou seja identificar os motivos de escolha de determinados tipos de laje.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é realizar um estudo comparativo de execução (aspectos técnicos construtivos) e custos entre as lajes mais utilizadas na cidade de Anápolis.

1.3 Objetivo Específico

- a) realizar um estudo através de referências bibliográficas, sobre os tipos de lajes, apresentando as vantagens e desvantagens
- b) principais características, materiais e métodos construtivos e de projetos.
- c) apresentar resultados com uma estimativa de custo e tempo para cada tipo de laje, tendo como base um projeto de um edifício de cinco pavimentos multifamiliar.
- d) uma pesquisa levantando qual laje está sendo mais empregada no mercado de Anápolis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As lajes são segundo BASTOS (2015, p.5), elementos planos bidimensionais, que são aqueles onde duas dimensões, o comprimento e a largura, são da mesma ordem de grandeza e muito maiores que a terceira dimensão, a espessura. As lajes são também chamadas elementos de superfície, ou placas. Destinam-se a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção, normalmente de pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de carga que podem existir em função da finalidade arquitetônica do espaço que a laje faz parte. As ações são comumente perpendiculares ao plano da laje, podendo ser divididas em distribuídas na área, distribuídas linearmente ou forças concentradas. Embora menos comuns, também podem ocorrer ações externas na forma de momentos fletores, normalmente aplicados nas bordas das lajes. As ações são normalmente transmitidas para as vigas de apoio nas bordas da laje, mas eventualmente também podem ser transmitidas diretamente aos pilares, quando são chamadas lajes lisas.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) itens 14.4.2.1, são elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações normais a seu plano. As placas de concreto são usualmente denominadas lajes. Placas com espessura maior que $1/3$ do vão devem ser estudadas como placas espessas.

Este trabalho aborda um comparativo com relação ao processo construtivo e econômico das lajes mais usuais em Anápolis. Contudo é importante destacar as principais características de cada uma delas.

2.1 Tipos de Laje e suas Características

2.1.1 Laje Maciça

Laje maciça é aquela onde toda a espessura é composta por concreto, contendo armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais, e apoiada em vigas ou paredes ao longo das bordas. (BASTOS, 2015, p. 5).

As lajes maciças convencionais são também as mais simples utilizadas pois como já dito na definição, são elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações normais a seu plano. As placas de concreto são usualmente denominadas lajes. Placas com espessura maior que $1/3$ do vão devem ser estudadas como placas espessas (ARAÚJO, 2003, p. 2. *apud* SILVA, 2010.p. 23).

2.1.1. Materiais das lajes maciças

Os materiais que compõem as lajes maciças de concreto armado são:

- Concreto.

A norma NBR 6118/14 especifica para o concreto estrutural o valor mínimo de 20 MPa (200 Kgf/cm²), devendo ser composto de cimento, areia grossa, brita 1 e relação água cimento de acordo com o item 7.4.2 da NBR 6118/14 (ABNT, 2014) que fornece uma tabela semelhante à tabela 2.3. O diâmetro máximo do agregado não deve ser superior a 1/3 da espessura da capa.

- Aço.

Segundo a NBR 6118/14 (ABNT, 2014) nos projetos de estruturas de concreto armado deve ser utilizado aço classificado pela ABNT NBR 7480/96 com o valor característico da resistência de escoamento nas categorias CA-25, CA-50 e CA-60. Os diâmetros e seções transversais nominais devem ser os estabelecidos na Tabela 1 do anexo B da NBR 7480/96 (ABNT, 96). (Lopes, 2012. p. 37).

Processo Construtivo

Os processos construtivos das lajes maciças seguem basicamente seis passos, são eles:

1 Fôrmas e Escoramentos.

A finalidade das formas é justamente dar forma a peça concretada até que o concreto atinja a resistência necessária para a desforma. (LOPES, 2012. p. 32)

2 Armadura de Aço

Já colocadas as fôrmas e os cimbramentos, lança-se as armaduras principais e secundárias com o auxílio de espaçadores com a função de evitar que a armadura negativa nas regiões dos apoios ceda durante a execução da laje. Colocam-se espaçadores, para garantir o recobrimento mínimo da estrutura necessário à proteção contra a corrosão. (LOPES, 2012. p. 33)

3 Lançamento do Concreto.

Após ter sido posicionado todos os eletro dutos para fiação elétrica e espaços para estrutura hidrossanitária é feito o lançamento da camada de concreto. (LOPES, 2012. p. 34)

4 Adensamento

O concreto deve ser lançado e adensado de modo que todas as armaduras, além dos componentes embutidos previstos no projeto, sejam adequadamente envolvidas na massa de concreto segundo a NBR 14931/04. (LOPES, 2012. p. 35)

5 Cura do Concreto

Segundo a NBR 14931/04 até que atinja maturação suficiente o concreto deve ser protegido e resguardado de todo intempere que possa prejudica-lo, como mudanças bruscas de temperatura, secagem rápida, chuva forte, agentes químicos, abalos, pancadas e etc. (LOPES, 2012. p. 36)

6 Desforma.

O item 10.2.2 da NBR 14931/04 estabelece que a retirada das fôrmas e do escoramento só pode ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, tendo em vista o baixo valor do módulo de elasticidade do concreto e a maior probabilidade de grande deformação diferida no tempo quando o concreto é solicitado com pouca idade. (LOPES, 2012. p. 37).

Principais Vantagens:

- a) Oferece funções de placa (chapa);
- b) Bom desempenho em relação à capacidade de redistribuição dos esforços;
- c) Adequada a situações de singularidade estrutural (por exemplo: Um, dois ou três bordos livres);
- d) A existência de muitas vigas, por outro lado, forma muitos pórticos, que garantem uma boa rigidez à estrutura de contraventamento;
- e) Foi durante anos o sistema estrutural mais utilizado nas construções de concreto, por isso a mão de obra já é bastante treinada;
- f) Menos suscetível a fissuras e trincas, uma vez que, depois de seco, o concreto torna-se um monobloco que dilata e contrai de maneira uniforme.

Principais Desvantagens

- a) Elevado consumo de fôrmas, escoras, concreto e aço;
- b) Elevado peso próprio implicando em maiores reações nos apoios (vigas, pilares e fundações);
- c) Elevado consumo de mão de obra referente às atividades dos profissionais: carpinteiro, armador, pedreiro e servente;
- d) Grande capacidade de propagação de ruídos entre pavimentos;
- e) Limitação quanto a sua aplicação a grandes vãos por conta da demanda de espessura média de concreto exigida para esta situação;
- f) Custo relativamente elevado;
- g) Tempo muito elevado para execução das fôrmas e da desforma.
- h) (LOPES, 2012. p. 38)

2.1.2 Critérios de Dimensionamento

Este capítulo tem por objetivo, apresentar ainda que por breves comentários os critérios de dimensionamento de cada para a laje maciça. Desta forma cada tópico a seguir apresentará critérios de dimensionamento, que servirão inclusive como parâmetro de comparação nos custos e cronogramas para cada tipo de laje, o que é o objetivo deste trabalho.

Pré-dimensionamento.

A seguir um breve comentário sobre os critérios de dimensionamento e projeto de lajes maciças.

1 A espessura da laje

$$h = d + \frac{\emptyset}{2} + c , \quad (1)$$

Onde

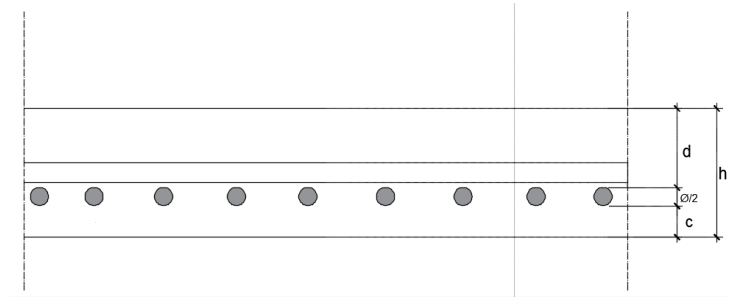
$d \rightarrow$ Altura útil da laje

$\emptyset \rightarrow$ Diâmetros das barras

$C \rightarrow$ cobrimento nominal da armadura

A figura 1, a seguir demonstra a disposição das armaduras e o cobrimento nominal da laje.

Figura 1. Corte laje maciça



Fonte: Acervo dos autores 2015

a) Cobrimento da armadura

O cobrimento nominal da armadura (c) é o cobrimento mínimo (c_{min}) acrescido de uma tolerância de execução (Δc):

$$c = c_{min} + \Delta c \quad (2)$$

O projeto e a execução devem considerar esse valor do cobrimento nominal para assegurar que o cobrimento mínimo seja respeitado ao longo de todo o elemento.

Nas obras correntes, $\Delta c \geq 10\text{mm}$. Quando houver um controle rigoroso da qualidade da execução, pode ser adotado $\Delta c = 5\text{mm}$. Mas a exigência desse controle rigoroso deve ser explicitada nos desenhos de projeto. O valor do cobrimento depende da classe de agressividade do ambiente. Algumas classes estão indicadas na Tabela 6.1 e os cobrimentos na tabela 7.2 da NBR 6118/14. (SILVA, 2015). A tabela 1 apresenta os valores das classes de agressividade ambiental.

Tabela 1. Classe de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana ¹²	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹ Industrial ¹²	Grande
IV	Muito Forte	Industrial ¹³ Respingos de maré	Elevado

Fonte: Tabela 6.1 NBR 6118/14 (ABNT 2014)

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

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

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

Tabela 2. Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b,c}	Classe de agressividade (tabela 6.1 NBR 6118/14)			
		I	II	III	IV
Relação	CA	≤ 65	≤ 60	≤ 55	≤ 45
água/cimento em massa	CP	≤ 60	≤ 55	≤ 50	≤ 45
Classe do concreto NBR 8953	CA	≥ C20	≥ C25	≥ 30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ 35	≥ C40

Fonte: NBR 6118/14 tabela 7.1 (ABNT 2014)

^a O concreto empregado nas estruturas deve cumprir os requisitos estabelecidos na NBR 12655 (ABNT, 2015).

^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado

^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado

b) Altura útil da laje

Para lajes com bordas apoiadas ou engastadas, a altura útil pode ser estimada por meio da seguinte expressão:

$$d_{est} = 2,5 - 01 \cdot xn) \cdot l/100 \quad (3)$$

$$l^* \leq \begin{cases} l_x \\ 0,7 \cdot l_y \end{cases}$$

Onde:

n → número de bordas engastadas

l_x → menor vão

l_y → maior vão

Quanto a espessura da laje deve ser respeitada os seguintes valores mínimos

- 7 cm para coberturas 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
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com no mínimo 1/42 para lajes bi apoiadas e 1/50 para lajes de piso contínuas
- 16 cm para lajes lisas e 14 para lajes-cogumelo fora do capitel

Para o dimensionamento das lajes em balanço os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados devem ser multiplicados por um coeficiente adicional, como indica a tabela 3 a seguir.

Tabela 3. Coeficiente adicional γ_n

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

Fonte: SILVA, 2015

Onde;

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

h é a altura da laje expressa em centímetros

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

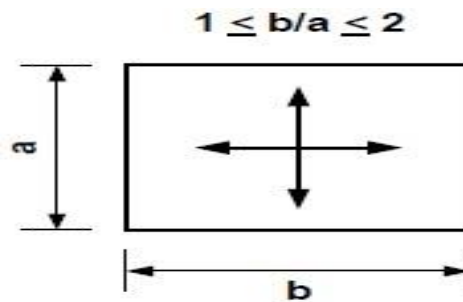
a) Classificação quanto a direção

As lajes maciças podem ser classificadas segundo diferentes critérios, como em relação à forma geométrica, dos tipos de vínculos nos apoios, quanto à direção, etc. Uma classificação muito importante das lajes maciças é aquele referente à direção ou direções da armadura principal. Existem dois casos: laje armada em uma direção ou laje armada em duas direções. (SILVA, 2015)

b) Lajes armadas em duas direções (ou armadas em cruz)

Lajes armadas em duas direções são aquelas na qual a relação entre o maior e menor vão, não é superior a 2. Neste caso os momentos fletores nas duas direções devem ser calculados, devendo ser feito um dimensionamento para cada um deles, dispondo as armaduras conforme segue na figura. (ARAÚJO, 2010). As figuras 2 e 3 respectivamente, apresentam as disposições das direções das armaduras.

Figura 2. Laje armada em duas direções



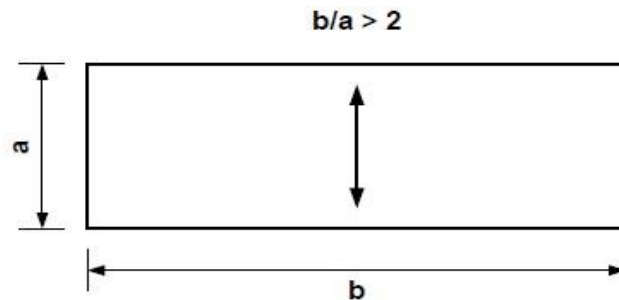
Fonte: Campos & Américo. (2014).

$\frac{b}{a} \leq 2$, as armaduras nas direções a e b são calculadas.

c) Lajes armadas em uma direção

As lajes armadas em uma direção são aquelas em que a relação entre os vãos é superior a 2. Nestes casos o momento fletor na direção do maior vão é muito pequeno, não necessita ser calculado. No entanto a laje será armada nas duas direções. A diferença é que uma das armaduras é calculada e a outra é arbitrada.

Figura 3. Laje armada em uma direção



Fonte: Campos, Américo. (2014).

d) Vãos efetivos das lajes.

A NBR 6118:2014 indica que, quando os apoios puderem ser considerados suficientemente rígidos quanto à translação vertical, o vão efetivo deve ser calculado pela seguinte expressão:

$$l_{ef} = l_0 + a_1 + a_2 \quad (4)$$

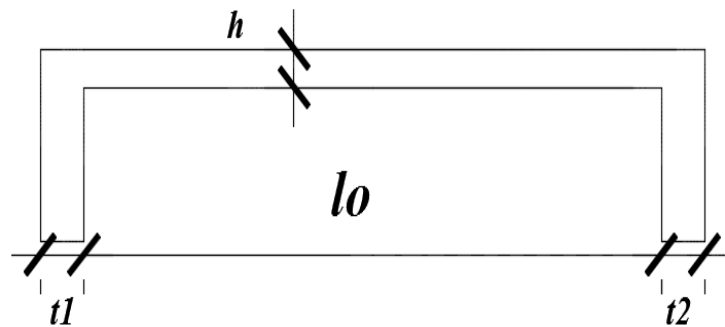
Com:

$$a_1 \leq \begin{cases} t_1/2 \\ 0,3 \cdot h \end{cases}$$

$$a_2 \leq \begin{cases} t_2/2 \\ 0,3 \cdot h \end{cases}$$

As dimensões, t_1 , t_2 e h estão indicadas na figura 4.

Figura 4. Dimensões consideradas no cálculo do vão efetivo












Fonte: Acervo dos autores 2015

Os valores de “a1” e “a2”, em cada extremidade do vão, podem ser determinados pelos valores apropriados, indicado na figura, sendo: a1 igual ao menor valor entre (t1e h) e a 2 iguais ao menor valor entre (t2e h). Na maioria dos casos usuais de lajes de edifícios, pode-se considerar como vão efetivo a distância entre os centros dos apoios (vigas) que têm, nos projetos usuais de edifícios, larguras medindo entre 10cm a 20cm. Nos casos de lajes apoiadas em vigas de transição, que são vigas de grande largura, faz-se necessário aplicar a regra citada. (GIONGO 2007).

e) Vinculações

Em função das vinculações das bordas das lajes as apresentações abaixo apresentam exceções. Se a laje for suportada continuamente ao longo de duas bordas paralelas ou quando tiver três bordas livres, ela será armada em uma só direção independentemente da relação entre os lados, como indica a figura 5.

Figura 5. Tipos de vinculação das lajes

Caso	Vinculação	Caso	Vinculação	Caso	Vinculação
1		2A		2B	
	Quatro bordas simplesmente apoiadas		Uma borda menor engastada		Uma borda maior engastada
3		4A		4B	
	Duas bordas adjacentes engastadas		Duas bordas menores engastadas		Duas bordas maiores engastadas
5A		5B		6	
	Uma borda maior apoiada		Uma borda menor apoiada		Quatro bordas engastadas

Fonte: BASTOS, 2015.

f) Cargas nas Lajes

Peso próprio;

O peso Próprio da laje é o peso do concreto armado que forma a laje maciça. Para o peso específico do concreto armado a NBR 6118/14 (ABNT, 2014) indica o valor de 25 KN/m³. O peso próprio para lajes com espessuras constantes, é uniformemente distribuído na área da laje, portanto para um metro quadrado de laje, pode se calcular da seguinte forma:

Com:

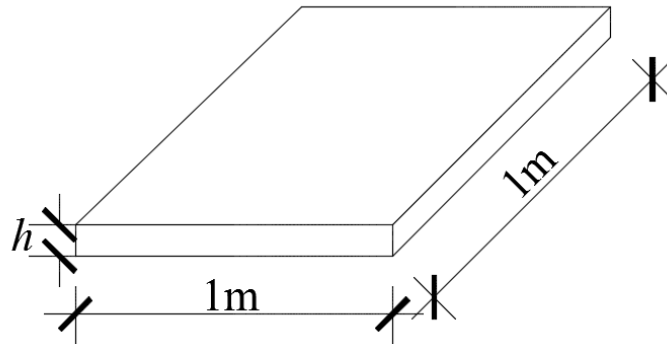
$$g_{pp} = \gamma_{conc} \times h = 25h \quad (5)$$

g_{pp} = peso próprio da laje em KN/m²

h = altura da laje

A figura 6, apresenta um painel de laje com medidas de 1 m².

Figura 6. Peso próprio calculado para 1m² de laje



Fonte: Acervo dos autores.

Contra piso;

A camada de argamassa colocada logo acima do concreto da superfície superior das lajes recebe o nome de contra piso ou argamassa de regularização. A sua função é de nivelar e reduzir a rugosidade da laje, preparando-a para receber o revestimento de piso final. A espessura do contra piso deve ser cuidadosamente avaliada, recomenda-se adotar espessura não inferior a 3 cm, a argamassa do contra piso tem comumente o traço 1:3 em volume, sendo considerado o peso específico de 21 KN/m³.

A ação permanente do contra piso é função da espessura do contra piso:

Com

$$g_{cont} = \gamma_{cont} \cdot e = 21e \quad (6)$$

Com g_{cont} = carga permanente do contrapiso em KN/m²

e = espessura do contra piso em metros

Revestimento do teto;

Na superfície inferior das lajes, é padrão executar-se uma camada de revestimento de argamassa, sobreposta à camada fina de chapisco. Para essa argamassa menos rica em cimento, pode-se considerar um peso específico de 19 KN/m³. De um modo geral, este revestimento tem uma pequena espessura não inferior a 1,5 ou 2 cm. Portanto a ação permanente é:

$$g_{rev.teto} = \gamma_{rev} \cdot e = 19e \quad (7)$$

Com *grev. teto = carga permante do revestimento no teto em KN/m²*
 e= espessura do revestimento em metros

Piso;

O piso é o revestimento final na face superior da laje, assentado sobre a argamassa de regularização. Para sua correta quantificação é necessário definir o tipo ou o material do qual o piso é composto, o que normalmente é feito com o auxílio do projeto arquitetônico. Os tipos mais comuns são de madeira, cerâmica, carpetes ou forrações, e de rochas como granito e mármore.

A tabela 1 da NBR 6120/80 (ABNT, 1980) fornece os pesos específicos de diversos materiais, valores estes que auxiliam no cálculo da carga do piso por metro quadrado de área de laje.

Paredes;

A das paredes sobre as lajes maciças deve ser determinada em função da laje ser armada em uma ou em duas direções. É necessário conhecer o tipo de unidade de alvenaria (tijolo, bloco, etc.), que compõe a parede, ou o peso específico da parede, a espessura e altura da parede, bem como a sua disposição e extensão sobre a laje. O peso específico da parede pode ser dado em função do peso total da parede, composta pela unidade de alvenaria e pelas argamassas de assentamento e revestimento, ou pelos pesos específicos individuais dos materiais que a compõe.

Ações variáveis;

A ação variável nas lajes é tratada pela NBR 6120/80 (ABNT, 1980) (item 22) como carga acidental. Na prática costumam chamar também de sobrecarga. A carga acidental é definida pela NBR 6120 como “toda aquela que pode atuar sobre a estrutura de edificações em função de seu uso (pessoas, móveis, materiais diversos, veículos, etc.)”. As cargas verticais que se consideram atuando nos pisos de edificações, além das que se aplicam em caráter especial, referem-se a carregamentos devidos a pessoas, móveis, materiais diversos e veículos, e são supostas uniformemente distribuídas, com valores mínimos indicados na tabela 4. (SILVA, 2015).

Tabela 4. Peso específico dos materiais de construção. (KN/m³).

Blocos artificiais	Lajotas cerâmicas	18
	Tijolos furados	13
	Tijolos maciços	18
	Tijolos sílico-calcáreos	20
	Argamassa de cal, cimento e areia	19
Revestimentos e concretos	Argamassa de cimento e areia	21
	Argamassa de gesso	12,5
	Concreto simples	24
	Concreto armado	25
Metais	Aço	78,5
	Alumínio e Ligas	28
	Bronze	85
	Chumbo	114
	Cobre	89
	Ferro fundido	72,5
	Estanho	74
	Latão	85
	Zinco	72

Fonte: NBR 6118/14 (ABNT, 2014)

A seguir a tabela 5 apresenta os valores mínimos para cargas verticais no projeto de lajes.

Tabela 5. Valores mínimos das cargas verticais Unid. (KN/m²)

Edifícios residenciais	Carga KN/m ²
Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro	1,5
Despensa, área de serviço e lavanderia	2
Escadas com acesso ao público	3
Escadas sem acesso ao público	2,5

Fonte: NBR 6120 (ABNT, 1980)

Mesmo nos casos de procedimentos simplificados de pré-dimensionamento ou mesmo dimensionamento como no caso do uso de *softwares*, pode gerar sistemas estruturais incompatíveis com a realidade, tendo em vista que *softwares* dependem de inúmeros parâmetros de entrada e configuração para o correto processamento dos elementos estruturais contidos no projeto, portando é nessa hora que entra em ação o bom senso e o conhecimento apurado, do projetista (ARAÚJO, 2010). Tendo em vista esta suma de conhecimento por parte do projetista.

g) Cálculo das flechas

A NBR-6118 estabelece diversos limites para os deslocamentos dos elementos estruturais. Esses limites são valores práticos, determinados de modo a evitar que os deslocamentos da estrutura não causem sensações desagradáveis aos usuários, não impeçam a utilização adequada da construção, nem causem danos em elementos não estruturais. Além disso, esses limites devem garantir a validade da hipótese de pequenos deslocamentos, usualmente admitida na análise estrutural. Assim, o limite a ser adotado para um deslocamento é função do dano que se quer evitar. Por exemplo, se o objetivo é evitar vibrações que possam ser sentidas no piso, a flecha devida à carga acidental não deve ultrapassar um determinado limite. Por outro lado, o objetivo pode ser evitar danos em parede. (ARAÚJO, 2010 p.160).

h) Lajes 2D

Para laje 2D tem-se:

$$f_{total} = \frac{(carga\ permanente+carga\ acidental)l^4\ menor\ vão*\alpha}{100*E*h^3} \quad (8)$$

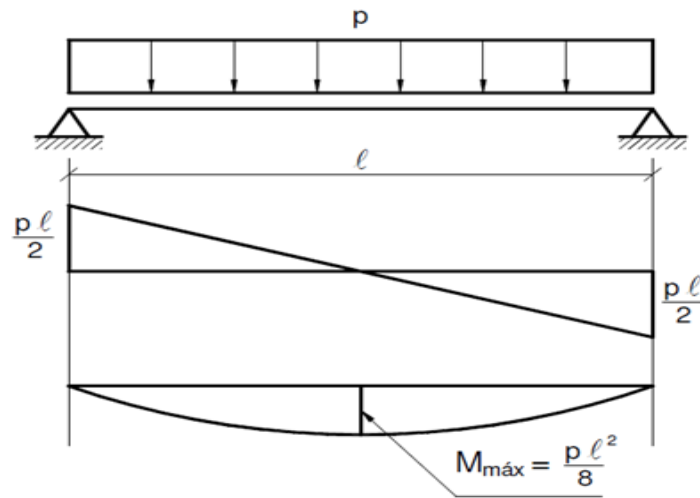
$$f_{acid} = \frac{(carga\ acidental)*l^4\ menor\ vão*\alpha}{100*E*h^3}$$

$$E = 0,85 * 5600 * \sqrt{fck} \quad (9)$$

i) Lajes 1D

Para laje armada em uma direção há dois casos a serem analisados, em função da disposição da parede sobre a laje. Para o caso de parede com direção paralela à direção principal da laje (direção do menor vão), considera-se simplifcadamente a carga da parede distribuída uniformemente numa área da laje adjacente à parede, com largura de $2/3 l_x$, como mostrado na Figura 7.

Figura 7. Diagrama de cortante e momento fletor



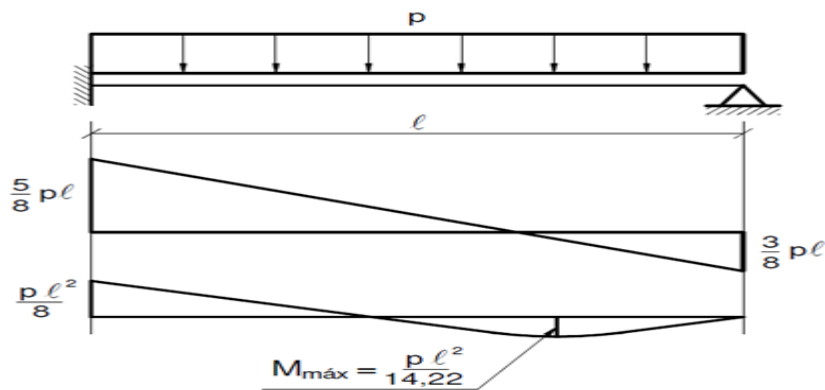
Fonte: SILVA (2015).

A flecha máxima é dada por:

$$a_i = \frac{5}{384} * \frac{pl^4}{EI} \quad (10)$$

A figura 8, apresenta o diagrama para laje 1D com um apoio e um engaste.

Figura 8. Diagramas de cortante e momento fletor



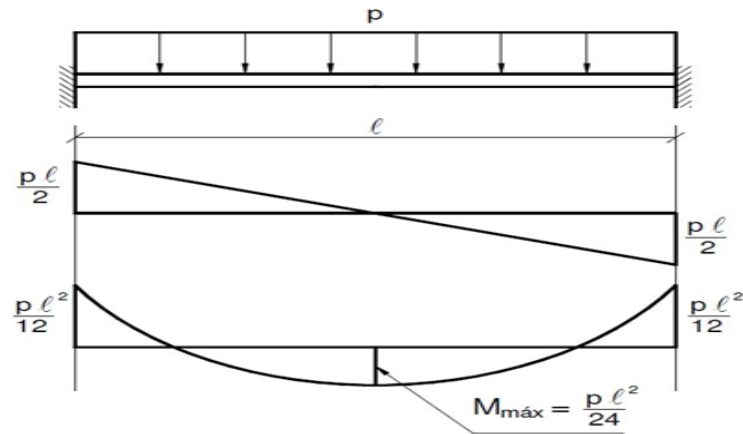
Fonte: SILVA (2015)

A flecha máxima é dada por:

$$a_i = \frac{1}{185} * \frac{pl^4}{EI} \quad (11)$$

A figura 9 apresenta para o caso de laje bi engastada.

Figura 9. Diagrama de momento fletor e cortante laje bi engastada



Fonte: Moreira (2015)

A flecha máxima é dada por:

$$a_i = \frac{1}{384} * \frac{pl^4}{EI} \tag{12}$$

(SILVA, 2015)

j) Pré dimensionamento da altura da laje

Tabela 6. Estimativa de h

Laje	Lx (m)	Ly (m)	λ	0,7 lx (m)	l* (m)	n	d (cm)	h (cm)

Fonte: Moreira 2015

Tabela 7. Ações nas lajes KN/m²

Laje	h cm	gpp	Revest. forro	Revest. piso	Paredes	Perman. total	Variável	Total

Fonte: Moreira 2015

Tabela 8. cálculo das flechas

Laje	Tipo	λ	h (cm)	Lx (cm)	KN/m²	KN/m²	aq (cm)	aq (cm)	ag+q (cm)	ag+q (cm)

Fonte: Moreira 2015

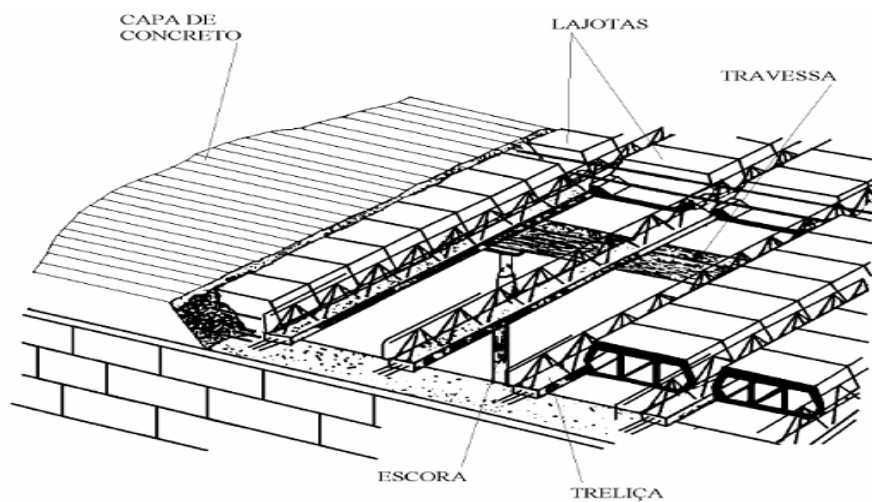
k) Redefinindo a altura inicial e verificando os valores da flecha

$$h = \sqrt[3]{\frac{(carga_{perm.} + carga_{acid.}) * l_{manor\ v\tilde{a}o}^4}{100 * E * f_{equiv.}}} \quad (13)$$

2.2 Laje Pré-Fabricada

A NBR 14859/02 (ABNT, 2002) define como laje pré-fabricada unidirecional a laje nervurada constituída por nervuras principais longitudinais (NL) dispostas em uma única direção. Podem ser empregadas algumas nervuras transversais (NT) perpendiculares às nervuras principais, cuja finalidade é a de travamento do pavimento. A armadura tipo treliça é uma treliça espacial de aço composta por três banzos paralelos e diagonais laterais de forma senoidal, soldadas por processo eletrônico aos banzos. (MATTOS, 2009. p. 9).

Figura 10. Detalhes construtivos de lajes pré-moldadas Treliçadas

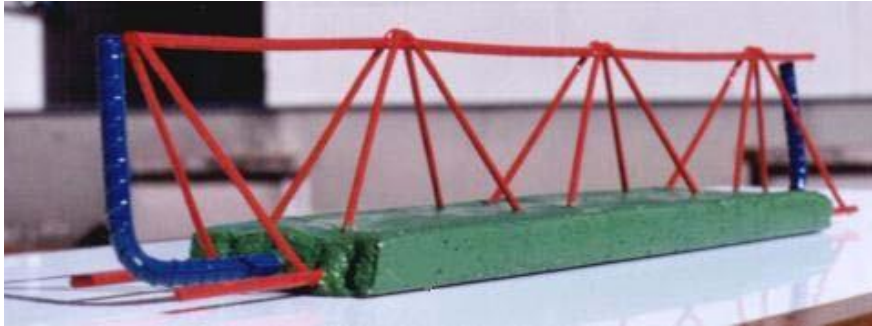


Fonte: Mattos (2009)

a) Vigota tipo treliça

Conforme NBR 14862/02 (ABNT, 2002), a vigota treliçada é formada por uma placa de concreto que envolve parcialmente ou totalmente a armadura treliçada e quando for necessário pode ser complementada com armadura passiva inferior de tração que ficaria totalmente envolvida pelo concreto da nervura. São utilizadas para compor as lajes treliçadas (LT). A figura 11, apresenta uma vigota treliçada.

Figura 11. Vigota treliçada.

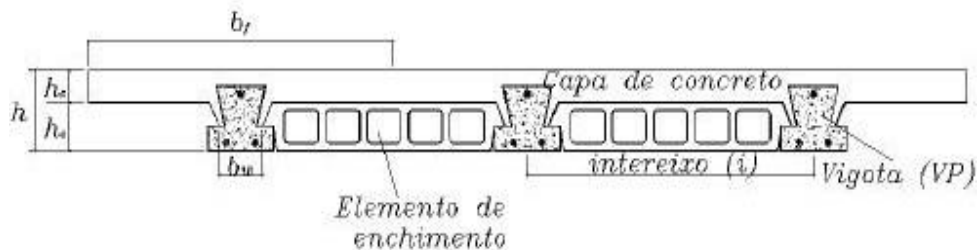


Fonte: Lajes Puma 2015

Alguns parâmetros são utilizados para definir a laje de vigota treliçada:

- a) Altura total da laje (h).
- b) Espessura da capa de concreto (h_c).
- c) Inter eixo de nervuras (i).
- d) Espessura das nervuras (b_w).
- e) Tipo de material de enchimento (figura 12).
- f) Altura da vigota (h_e).

Figura 12. Corte frontal da laje treliçada



Fonte: (CHUST *et al.*, 2005, p. 3)

A armação treliçada é constituída por dois banzos ligados na direção diagonal sinusoidais igualmente espaçadas, sua altura “H” varia de 60 a 300 mm e comprimento de 9,0 a 12,0m. A industrialização se dá por eletro fusão, transformando em um único corpo rígido. O banzo superior é constituído por um fio de aço que varia de Φ 6 a 8 mm, os banzos inferiores são compostos por dois fios de aço que variam de Φ 4,2 a 6,0mm. (SILVA, 2006. p. 23). As armações padronizadas pelos fabricantes estão dispostas na tabela 9.

Tabela 9. Armaduras de treliças

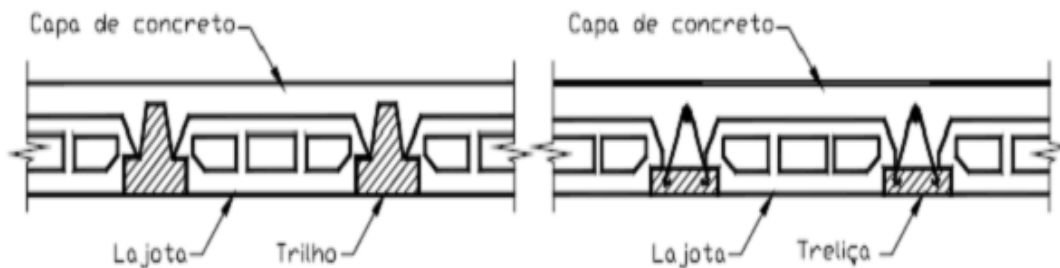
TIPO DE ARMAÇÃO	ALT. (mm)	DIÂMETRO DOS VERGALHÕES (mm)			SEÇÃO INF. (cm ²)	PESO DA TRELIÇA (Kg/m)
		Super.	sinusoide	inferior		
TR06 644	60	6,0	4,20	4,20	0,276	0,711
TR08 644	80	6,0	4,20	4,20	0,276	0,735
TR10 644	100	6,0	4,20	4,20	0,276	0,762
TR12 645	120	6,0	4,20	5,00	0,392	0,890
TR12 646	120		4,20	6,00	0,566	1,017
TR16 745	160	7,0	4,20	5,00	0,392	1,032
TR20 746z	200	7,0	4,20	6,00	0,566	1,260
TR25 856	250	8,0	5,00	6,00	0,566	1,700
TR30 856	300	8,0	5,00	6,00	0,566	1,830

Fonte: Lajes puma 2015.

b) Vigota de trilha

Esta constitui de uma vigota de concreto armado e possui sua seção transversal no formato de um “T”, invertido possuindo ainda uma armadura positiva envolvida por concreto. Os parâmetros que definem as vigotas tipo trilha são os mesmos utilizados para as vigotas tipo treliça. A figura 13, mostra a diferença entre os dois tipos.

Figura 13. Vigotas Tipo trilhos e tipo treliça



Fonte: MATTOS (2009).

2.2.1 Materiais das lajes pré-fabricadas

Para as lajes pré-moldadas os materiais são:

a) Concreto

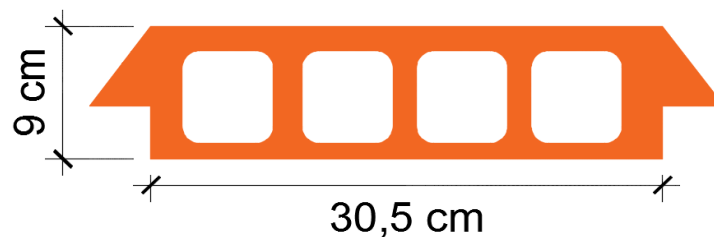
Como na laje maciça, a norma NBR 6118/14 (ABNT, 2014) especifica para o concreto estrutural o valor mínimo de 20 MPa (200 Kgf/cm²), devendo ser composto de cimento, areia

grossa, brita 1 e relação água cimento de acordo com o item 7.4.2 da NBR 6118/14 (ABNT, 2014) que fornece uma tabela semelhante à tabela 2.3. O diâmetro máximo do agregado não deve ser superior a 1/3 da espessura da capa. (FLORIO, 2014.p. 27).

b) Material de Enchimento

Ainda que não possuam função estrutural diretamente no contexto das lajes, o material de enchimento tem grande importância no processo construtivo. Podendo ser qualquer material inerte, porém devendo de preferência ser de boa qualidade para garantir segurança no processo de montagem da laje, pois os blocos de enchimentos são responsáveis por transferir o peso do concreto ainda fresco às vigotas que se apoiam sobre as linhas de escora. Durante muito tempo o material de enchimento mais utilizado foi a lajota cerâmica (figura 2.15). Hoje em dia o uso de EPS (figura 2.16) está se popularizando devido ao seu baixo peso e a facilidade de recorte para se adaptar a qualquer geometria dos vazios. O interfixo no caso de lajotas cerâmicas é menor devido à pequena largura destes blocos. (FLORIO, 2014.p. 27). A figura 14 mostra o detalhe do bloco cerâmico tipo lajota.

Figura 14.Lajota utilizada como material de enchimento



Fonte: Acervo dos autores 2015.

2 Processo Construtivo

a) 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. As tábuas dessas linhas de escoras devem ser fixadas em pontaletes, devidamente contraventados nas duas direções. (GASPAR, 1997. p. 25).

b) Colocação das vigotas e dos elementos de enchimento

Executado o escoramento inicia-se das vigotas, centralizando-as no vão a ser coberto.

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 do que quebrar uma vigota (BOTELHO, 1991.*apud* GASPAR 1997.p. 27).

c) Armaduras Complementares

No sentido transversal ao sentido das vigotas, deve ser colocado uma armadura que ficará incorporada à mesa de compressão evitando o aparecimento de fissuras. Esta armadura deve estar posicionada no meio da espessura da capa de concreto.

Recomenda-se que a seção transversal desta armadura seja, no mínimo, de $0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$, composta de pelo menos três barras. (GASPAR, 1997. p. 27).

d) Concretagem

Nesta fase aplica-se a capa de concreto segundo a NBR 6118/14 este não sendo inferior a 20 Mpa com espessura mínima de 8 cm.

e) Cura do concreto e desforma

Por último deve ser feito a desforma e a retirada dos escoramentos, este processo só deve ser executado após a cura de 21 dias do concreto. Como em qualquer estrutura em concreto armado, o descimbramento de lajes pré-fabricadas deve ser feito gradualmente e com poucas vibrações, de modo a não causar esforços imprevistos à estrutura. (DI PIETRO, 1993. Apud, GASPAR 1997.p. 30).

2.2.2 Critérios de dimensionamento

Estados limites

O projeto de laje pré-moldada tem início na escolha da altura total da laje. Este valor será usado para o cálculo das ações permanentes no pavimento (que provocam também o efeito

da fluência). Normalmente, as lajes pré-moldadas apresentam rigidez inferior às lajes maciças e é de se esperar que as situações de deformação sejam, na maioria das vezes, determinantes na escolha da altura. A verificação de colapso na flexão é feita de acordo com as hipóteses básicas da flexão contidas nas diversas normas e de ampla divulgação no meio técnico. Para CRAVALHO. *et.alli* (2000) a verificação do estado limite de deformação excessiva pode-se seguir o roteiro, baseado nos preceitos da NB1-80, que prevê como flechas limites $l/300$ para combinação frequente de ações e $l/500$ para ação da carga acidental. As flechas devem ser calculadas para as combinações de ação permanente, quase permanente, frequente e rara cujas ações podem ser dadas por:

$$Fd = Fgk + \chi Fqk \quad (14)$$

Com $\chi=0,0$ para combinação permanente, 0,2 para quase permanente, 0,7 para frequente e 1,0 para a rara. A ação Sg corresponde à ação permanente e Sq à ação acidental.

Segundo NBR 6118/14 itens 13.3, os Deslocamentos-limites são valores práticos utilizados para verificação em serviço do estado-limite de deformações excessivas da estrutura. A mesma norma classifica quatro grupos básicos relacionados a seguir:

- a) Aceitabilidade sensorial: o limite é caracterizado por vibrações indesejáveis ou efeito visual desagradável. A limitação da flecha para prevenir essas vibrações, em situações especiais de utilização, deve ser realizada como estabelecido na Seção 23 da NBR 6118/14.
- b) Efeitos específicos: os deslocamentos podem impedir a utilização adequada da construção;
- c) Efeitos em elementos não estruturais: deslocamentos estruturais podem ocasionar o mau funcionamento de elementos que, apesar de não fazerem parte da estrutura, estão a ela ligados;
- d) Efeitos em elementos estruturais: os deslocamentos podem afetar o comportamento do elemento estrutural, provocando afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas. Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-as ao modelo estrutural adotado. A tabela 10 no apêndice A, expõe os valores dos limites de deslocamento.

A NBR 6118/14 item 13.4.2, ainda trata dos Limites para fissuração e proteção das armaduras quanto à durabilidade. Sendo a abertura máxima característica w_k das fissuras, não podendo exceder os valores entre 0,2 mm a 0,4 mm, sob ação das combinações frequentes, não

tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.

Principais Vantagens:

- a) Capacidade de suportar paredes apoiadas diretamente sobre a laje, fazendo-se previamente as considerações necessárias (aspecto importante que também será tratado mais adiante);
- b) Possibilidade de redução da quantidade de vigas e conseqüentemente de pilares e fundações do sistema estrutural de qualquer edificação. Com a redução da quantidade de pilares, ganha-se espaço interno;
- c) Redução do custo final da estrutura, entre economia de aço, concreto, fôrma e mão de obra;
- d) Menor peso próprio com conseqüente alívio das cargas em vigas, pilares e fundações;
- e) Redução do escoramento, devido ao baixo peso próprio;
- f) Eliminação do uso de fôrma para a execução das lajes;
- g) Facilidade de transporte horizontal e vertical, e maior agilidade na montagem;
- h) Dimensionamento uni ou bidirecional, dependendo da necessidade da estrutura;

Principais Desvantagens:

A principal desvantagem no sistema de lajes pré-moldadas destaca-se a dificuldade nas instalações prediais nas lajes com nervuras tipo trilho os valores dos deslocamentos transversais, que são bem maiores que os apresentados pelas lajes maciças e o carregamento apenas em uma direção, no caso de unidirecional, nas vigas de contorno.

2.3 Laje Nervurada Tipo Cogumelo

Para ARAÚJO (2010.p.199) lajes cogumelo são as lajes apoiadas diretamente em pilares, sem a presença de vigas, que possuem capitéis. A denominação "lajes lisas" é empregada para as lajes que se apoiam diretamente sobre pilares sem capitéis.

Segundo a NBR 6118/14 (ABNT, 2014), lajes nervuradas são lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração é constituída por nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte.

A evolução das necessidades arquitetônicas e de vãos cada vez maiores fizeram com

que os custos das lajes maciças se tornassem mais altos de forma a tornar o projeto de lajes de grandes vãos desinteressante do ponto vista econômico. A ideia de laje nervurada surgiu com essa demanda. A inserção de material inerte, ou até mesmo vazios nas lajes, permitiu que a altura útil da laje crescesse de forma significativa sem que houvesse acréscimo de peso próprio ou aumento significativo dos custos da estrutura. (VASCONCELOS, 2010. p. 2).

As lajes nervuradas são indicadas, sobretudo quando existe a necessidade de grandes vãos. Este sistema construtivo é caracterizado pela utilização de cubas ou cubetas plásticas reaproveitáveis.

2.3.1 Materiais das lajes tipo cogumelo

a) Concreto

Como nas lajes pré-moldadas e maciças a laje nervurada tipo cogumelo conta com uma capa de concreto, devendo atender as especificações da NBR 6118/14 (ABNT, 2014).

b) Cubas ou Cubetas

Para SILVA (2002, p.25. *apud* FARIA 2010, p. 32), cubetas são moldes, em polipropileno, desenvolvidos especialmente para construção de lajes nervuradas. Esta tecnologia foi desenvolvida na Inglaterra há mais de 30 anos e é utilizada hoje em mais de 30 países, inclusive no Brasil. Eles são comercializados por algumas empresas em regime de locação e por outras em regime de vendas. Segundo informações de uma empresa que comercializa moldes para lajes nervuradas em regime de venda, a vida útil de cada molde é de 100 utilizações e em apenas 13, o construtor já reaverá o capital empregado na compra, comparando-se com o preço de locação praticado no mercado. A figura 15, mostra as cubetas distribuídas sobre um painel.

Figura 15. Cubetas espalhadas sobre painel de laje nervurada



Fonte: Atexbrasil 2015.

c) Armaduras

São Utilizadas Armaduras com diâmetros que variam de $4 \text{ mm} \leq \phi \leq h/10$, onde “ h” é a espessura da mesa.

2 Processo Construtivo

a) Colocação das cubetas;

Inicia logo após o ter executado o escoramento e vigamento, seguido pela montagem das chapas de apoio das cubetas, sobre as escoras. O posicionamento das armaduras é feito com o auxílio de espaçadores.

b) Distribuição das cubetas no painel;

c) Colocação das armaduras prendendo vergalhões e estribos

d) Concretagem;

O concreto é espalhado e sarrafeado sobre os painéis preenchendo os vazios até que atinja a espessura desejada da laje.

e) Retirar o escoramento e o tablado de apoio das cubetas, deixando o reescoramento a cada 1,5m².

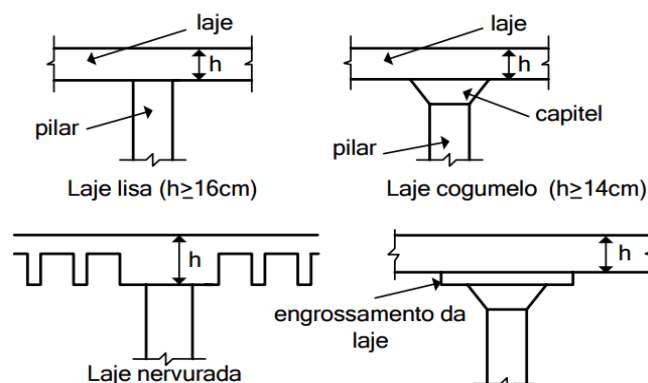
f) Retirar as cubetas, observando evitar pancadas e vibrações desnecessárias.

g) Esperar a cura completa do concreto, retirar o reescoramento que restou.

2.3.2 Critérios de dimensionamento

Em geral, a capacidade resistente das lajes cogumelo é determinada pelas tensões tangenciais de punção que ocorrem no entorno dos pilares de apoio. Para reduzir essas tensões de cisalhamento, podem-se alargar as seções de topo dos pilares, o que dá origem aos capitéis, como indicado na figura 16. (ARAÚJO, 2010.p. 199).

Figura 16.Demonstrativo dos apoios de lajes cogumelos, lisas e nervuradas



Fonte: Curso de concreto armado, vol. 4. ARAÚJO (2010)

Para DIAS e RIOS (2010), a carga de ruptura em lajes lisas e cogumelo pode ser prevista através do cálculo da tensão nominal de cisalhamento atuando em uma dada superfície de controle e comparando-se esta tensão com a resistência do concreto ao cisalhamento. A base das normas e modelos de cálculo é a superfície de controle (também chamada de superfície crítica). Basicamente a diferença entre os modelos é a superfície que é considerada de controle por cada um.

De acordo com a NBR 6118/14 (ABNT, 2014), no cálculo de lajes nervuradas devem ser observadas as seguintes prescrições:

- a) A espessura da mesa, quando não houver tubulações horizontais embutidas, deve ser maior ou igual a $1/15$ da distância entre nervuras e não menor que 3 cm.
- b) O valor mínimo absoluto deve ser 4 cm, quando existirem tubulações embutidas de diâmetro máximo 12,5 mm.
- c) A espessura das nervuras não deve ser inferior a 5 cm.
- d) Nervuras com espessura menor que 8 cm não deve conter armadura de compressão.

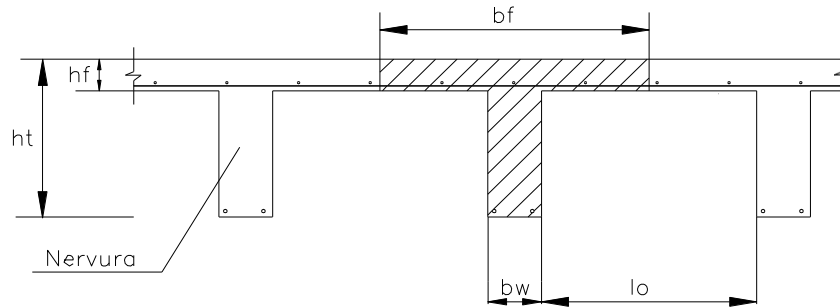
A seguir um breve comentário sobre os critérios de dimensionamento e projeto de lajes nervuradas.

Para Aragão (2007), são obedecidas as seguintes condições para o projeto de lajes nervuradas tipo cogumelo. Para lajes com espaçamento entre eixos de nervuras menor ou igual a 65 cm, pode ser dispensada a verificação da flexão da mesa, e para a verificação do cisalhamento da região das nervuras, permite-se a consideração dos critérios de laje.

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

Para lajes nervuradas com espaçamento entre eixos de nervuras maior que 110 cm, a mesa deve ser projetada como laje maciça, apoiada na grelha de vigas, respeitando-se os seus limites mínimos de espessura. Na definição da seção transversal da laje nervurada é feita uma analogia em que a capa de concreto moldado in loco é uma laje maciça e as nervuras formam um conjunto de vigas.

Figura 17. Detalhe de laje nervurada



Fonte: ARAGÃO, 2007

A parte de laje a ser considerada como elemento de viga será determinada, conforme mostrado na figura 17, a partir da seguinte expressão

$$b_f = b_w + 2b_1 \quad (15)$$

Onde:

$$b_1 \begin{cases} 0,1 a \\ 0,5l_o \end{cases}$$

O valor de l_o é dado pela distância entre as nervuras. E o parâmetro a depende da distância entre momentos fletores nulos, podendo ser estimado em função do comprimento do vão teórico L do tramo, considerado através das seguintes expressões:

Tramo simplesmente apoiado: $a = 1,00.L$

Tramo com momento em uma só extremidade: $a = 0,75.L$

Tramo com momentos nas duas extremidades: $a = 0,60.L$

Tramo em balanço: $a = 2.L$
(ARAGÃO, 2007).

Conforme a NBR 6118/14 (ABNT, 2014), o dimensionamento é feito verificando a segurança das lajes nervuradas com relação aos estados limites.

Para verificação do estado limite de deformação excessiva deve-se utilizar uma combinação das ações, como demonstra as equações:

$$F_{d.serv.} = \sum F_{gk} + \psi_2 F_{gk} \quad (16)$$

Onde:

$F_{d.serv.}$ É o valor de cálculo das ações para combinações de serviço

F_{gk} São ações permanentes como peso próprio alvenaria e etc.

F_{gk} São ações acidentais, como cargas variáveis.

Ψ_2 É o fator de redução de combinação quase frequente para ELS

A tabela 18 no Apêndice A, apresenta os valores limites para deslocamentos de aceitabilidade sensorial, esses deslocamentos são medidos a partir do plano que passa pelos apoios e estão limitados aos valores fornecidos pela NBR 6118/14 (ABNT, 2014).

Principais Vantagens

- a) Oferece funções de placa e membrana;
- b) Deve ser considerada bidirecional;
- c) Bom desempenho em relação à capacidade de redistribuição dos esforços;
- d) Possibilidade de reaproveitamento de fôrmas e cubas.

Principais Desvantagens

- a) Elevado consumo de cubas plásticas, fôrmas e escoras;
- b) Elevado consumo de mão-de-obra referente às atividades dos profissionais: carpinteiro, armador, pedreiro e servente;
- c) Significativo consumo de concreto e aço, com peso próprio elevado, cabendo otimização;
- d) Demanda significativa espessura de capa de concreto para manter condição de cobertura inferior e superior da armadura de distribuição (tela);
- e) Demanda espaçadores adicionais para garantir adequado posicionamento das armaduras;
- f) Opções de altura limitadas pela produção padronizada das cubas;
Geralmente necessita de acabamento da face inferior com forro falso. (Vizotto e Sartorti, 2010. p. 21).

3 ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso foi realizada uma pesquisa em obras e empresas da cidade, e também um projeto de um edifício de 5 (cinco) pavimentos, utilizando-se de apenas um pavimento para o lançamento dos painéis de laje, como parâmetro de comparação para os modelos de laje mais encontrados.

Este capítulo tem como objetivo apresentar os aspectos da pesquisa realizada e do projeto comparativo. A referente pesquisa apresentou um questionário com o objetivo de

levantar dados inerentes a preferências de profissionais da construção civil de Anápolis sobre os modelos de laje que estes mais utilizavam.

3.1 Pesquisa

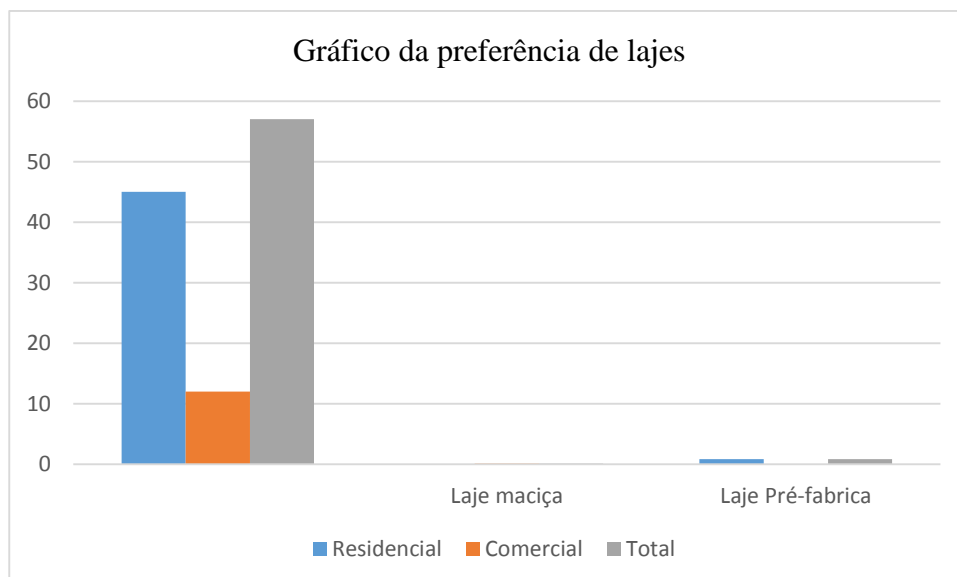
A pesquisa foi realizada com visitas e entrevistas com profissionais em empreendimentos da cidade, utilizando-se do questionário mencionado anteriormente que possui 6 perguntas. Durante a realização da pesquisa foram consultados cinquenta e sete (57), obras na cidade. Os tópicos a seguir apresentam um breve comentário sobre cada item do questionário da pesquisa.

Questionário para pesquisa de modelos de lajes utilizados em Anápolis-Go

1- Qual a finalidade do empreendimento?

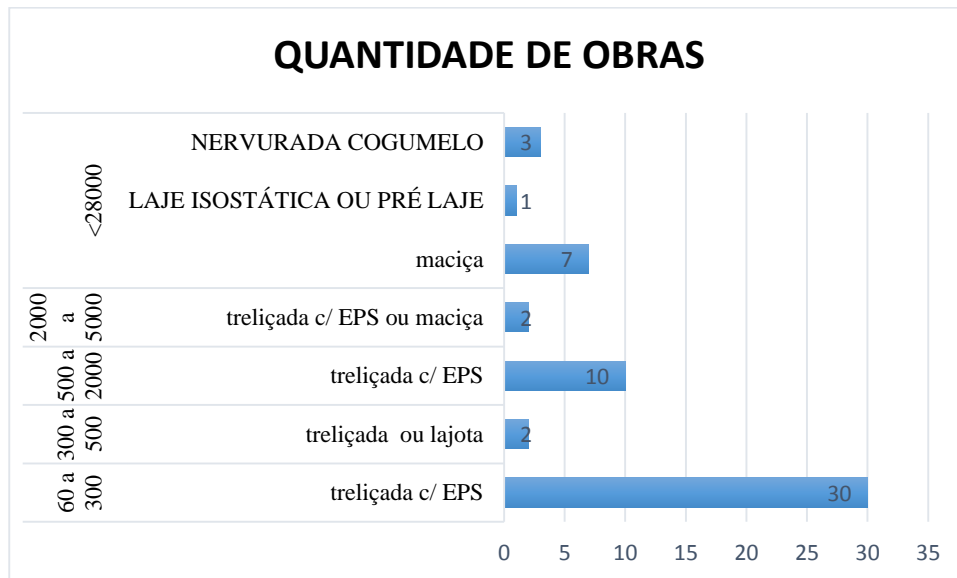
A pergunta foi introduzida com a finalidade de levantar um quantitativo sobre qual a finalidade do empreendimento separando-os entre residencial, comercial, para se criar um perfil das preferências dos modelos de lajes e a finalidade da obra.

Verificou-se na pesquisa que 45 dentre as 57 obras visitadas, tinham a finalidade residencial, e apenas 12 tinha finalidade comercial. Foi observado que nas obras com finalidade residencial, aproximadamente 86,6% optaram por lajes pré-fabricadas, ficando as 12 restantes comerciais, optantes por laje nervurada e as outras 13,14% lajes maciças. O gráfico a seguir exemplifica melhor estes resultados.



2-Qual a área construída?

O intuito de avaliar a área construída, foi de levantar os portes das obras classificando-as em grande, médio e pequeno porte. Optou-se por classificar as obras da seguinte forma, obras residenciais térreas e sobrados entre 60 e 300 m², como pequeno porte, obras residenciais de prédios entre 300 e 2000 m², como médio porte e obras de grandes edifícios residenciais e comerciais acima de 2000 m² como de grande porte. Notou-se que que obras de pequeno e médio porte todas optaram por lajes pré-fabricadas por não apresentarem grandes carregamentos e por serem de mais fácil execução e apenas uma obra de grande porte optou por laje pré-fabricada por ter firmado contrato de permuta, e obras de grande porte optaram por lajes maciças ou nervuradas, pelo fato das dimensões grandes e carregamentos e ações maiores, como pode ser observado no gráfico de barras a seguir.



3-Qual o cronograma estipulado da obra?

O objetivo da pergunta foi de encontrar uma correlação entre o tempo de execução e o modelo de laje escolhido para obra. Observou-se que o tempo de execução das lajes pré-fabricadas são muito menores em relação ao tempo de montagem da laje maciça, o que explica a preferência pela laje pré-moldada em obras de pequeno e médio porte, justamente por estas apresentarem um cronograma menor, o que não foi observado nas lajes maciças onde o tempo de execução é maior devido aos fatos de montagem de fôrmas armaduras e tempo de cura do concreto.

4-Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

A pergunta tem a intenção de avaliar as opiniões dos profissionais quanto aos critérios diferenciais para a escolha da laje utilizada. Foi relatado pelos profissionais que escolheram a laje pré-fabricada que a mão de obra não especializada, o custo total e a quantidade de trabalho envolvida para execução final da laje, foi o fator diferencial. As empresas que optaram por laje maciça escolheram este modelo pelas dimensões da obra serem grandes e exigirem uma maior capacidade de carga, além das ações e reações de travamento da estrutura aumentando a rigidez, e por terem o costume de executarem este modelo de laje. Os profissionais optaram por laje cogumelo por apresentarem a capacidade de vencer grandes vãos com economia de materiais, este modelo de laje foi encontrado exclusivamente em obras comerciais da cidade. Outro modelo único encontrado foi a laje isostática. A empresa optou por este modelo de laje por ter conhecimento e experiência na execução, que exige mão de obra especializada, maquinário diferenciado e o canteiro ter área para montagem das fôrmas da laje.

5- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

A pergunta identifica a prática do profissional ou empresa, na escolha em manter os modelos já executados anteriormente ou optar por novos modelos. Esclarece-se que os profissionais e empresas não têm o hábito de mudar de modelo de laje, notado que as empresas mantem um mesmo padrão de obras quanto as áreas e finalidades.

6- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Para identificação e registro do modelo de laje selecionada pela empresa para a obra.

A seguir a tabela 10, apresenta em resumo os resultados obtidos pela pesquisa feita na cidade de Anápolis.

Tabela 10.Relação dos tipos de lajes utilizados em Anápolis 2013 a 2015 (continua)

Áreas m ²	Tipo de laje	Quantidade de obras
60 a 300	Treliçada c/ EPS	30
300 a 500	Treliçada c/ EPS	2
500 a 2000	Treliçada c/ EPS	10

2000 a 5000	Treliçada c/ EPS ou maciça	2
<28000	Maciça	7

Tipos esporádicos	Quantidade
Nervurada Cogumelo	5
Laje Isostática Ou pré laje	1

Fonte: Acervo dos autores 2015

(conclusão)

Como se pode observar na tabela os resultados obtidos pela pesquisa indicam um número de dois tipos mais utilizados, que são maciças e pré-fabricadas, seguidos por um número muito inferior de lajes tipo cogumelo.

Visto que os tipos de laje mais utilizados nas obras da cidade foram as lajes Pré-fabricadas seguida pelas lajes maciças, o estudo comparativo de custos, projeto e processo construtivo, será feito para os dois tipos tendo como base um pavimento de um prédio de cinco andares.

3.2 Projeto

Este item se fixa em comparar os aspectos de projeto de cada uma das duas lajes mais encontradas na pesquisa, abordando os materiais necessários em cada modelo, tais como, volume de concreto, quantidade de aço, dentre outros materiais que são necessários para concepção das lajes, para um prédio com pavimento tipo de 260 m², utilizando de parâmetros como concreto de 25 Mpa, com cobrimento de 2,5 cm, e espessura mínima da laje de 8 cm para lajes de piso não em balanço e 10 cm para lajes em balanço de acordo com a norma NBR 6120/14.

3.2.1 Projeto da laje maciça; definindo os parâmetros de pré-dimensionamento

Para o pré-dimensionamento a seguir mostrado na figura 18, das lajes do pavimento Foram lançados previamente os pilares e as vigas na arquitetura do pavimento.

Figura 18. Parâmetros iniciais da laje inseridos no software

Laje

Nome L1 Tipo Maciça Grelha...

Cargas

Acidental 150 kgf/m² Revestimento 80 kgf/m²

Extra 0 kgf/m² Editar... Remover

Vigota protendida

Grupo Vigota protendida com bloco cerâmico ...

Arranjo Simplex Altura 13(8+5)

Enchimento

Tipo

Dimensão

Seção

Espessura 10 cm Elevação 0 cm

ec 4 cm

ee 6 cm

enx 9 cm

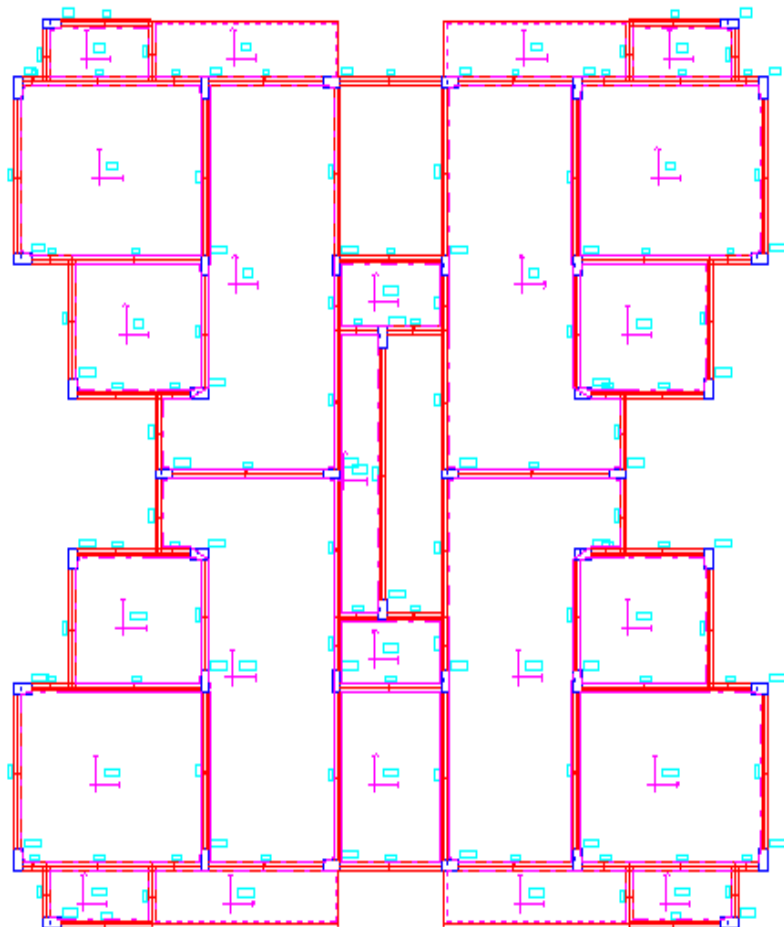
eny 9 cm

espessura

OK Cancelar Desenho... Ajuda

Fonte: Acervo dos autores 2015.

Figura 19. Painéis de laje maciça do pavimento tipo



Fonte: Acervo dos autores 2015.

Como pode se observar na figura 18, os parâmetros de dimensionamento da laje como cargas acidentais, cargas de revestimento, espessura da laje, tipo e método de cálculo, são inseridos como está previsto nas NBR's 6118 e 6120. Para o pré-dimensionamento das lajes foi escolhido o método de analogia das grelhas. Logo após a figura 19 apresenta uma visão geral do pavimento tipo do prédio.

Após ter sido lançados todos os painéis de lajes do pavimento como citado acima, é necessário analisar toda estrutura do prédio, visto que o prédio em questão possui 5 pavimentos tendo cada um com 24 painéis de laje engastadas, entre lajes 1D e 2D sendo as lajes da sacada do patamar e a laje da cozinha/sala de estar, totalizando 14 lajes 1D e as demais lajes 2D, totalizando 10 lajes 2D, o método de análise adotado é o de pórtico espacial, segundo a NBR6118/14 (ABNT 2014).

Com a estrutura totalmente analisada é possível se obter todo detalhamento necessário da laje, como armaduras volume de concreto e espessura.

A tabela 11 a seguir apresenta todos os valores do detalhamento do pavimento mostrando o volume de concreto gasto e quantidade de aço necessários.

Tabela 11. Detalhamento do aço e volume de concreto do pavimento

Aço	Diâmetro	Peso + 10 % (kg)		
		Lajes	Escadas	Total
CA50	6.3	315.7		315.7
CA50	8.0	998.7		998.7
CA50	10.0	40.5		40.5
CA60	5.0	1582.3		1582.3
CA60	6.0	333.5		333.5
		Lajes	Escadas	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	1354.9		1354.9
	CA60	1915.8		1915.8
	Total	3270.8		3270.8
Volume concreto (m ³)	C-25	26		26
Área de forma (m ²)		260		260
Consumo de aço (kgf/m ³)		30.2		30.2

Fonte: Acervo dos autores 2015.

Quantitativo obtidos com projeto da laje maciça

a) Área do pavimento $\approx 260 \text{ m}^2$

Laje com beta 10 (10 cm de espessura) $\approx 26,00 \text{ m}^3$ de concreto

b) Escoras:

580 peças

- c) 257 metros lineares de Caibro 6X5cm de madeira
- d) 545,5 metros lineares de vigotas 5X10cm de madeira para escoramento das formas
- e) 116 unidades de madeira com dimensão de 1,10 por 2,20 m 14 mm para a forma
- f) 60 Kg de Arame recozido N° 18 (dado coletado através da pesquisa)
- g) Aço CA 50 em barras de 12 m:
 - 107 Barras C.A. 50 de 6.3 mm
 - 211 Barras C.A. 50 de 8.0 mm
 - 06 Barras C.A. 50 de 10.0 mm
- h) AÇO CA 60 em barras de 12 m:
 - 855 Barras C.A. 60 de 5.0 mm
 - 126 Barras C.A. 60 de 6.3 mm

Com os resultados obtidos acima é possível fazer um levantamento dos custos de produção para a laje maciça, estes custos serão apresentados posteriormente.

3.2.1.1 Projeto da laje pré-moldada; definindo parâmetros de pré-dimensionamento

Assim como no projeto da laje maciça o projeto da laje pré-moldada com “EPS” também foi executado com o auxílio do mesmo *software*, EBERICK V4, tendo em vista que o processo comparativo será entre dois tipos de laje, será utilizado parâmetros comparativos de apenas um pavimento de um prédio com pavimento tipo de 260 m².

Através dos dados coletados com a pesquisa pode-se observar que a laje pré-moldada com EPS foi o modelo de laje mais executado nas obras da cidade, portanto o segundo projeto de laje será de um pavimento desse modelo.

Para a laje pré-moldada com EPS foram escolhidos os seguintes parâmetros, carga acidental de 150 Kg/m², carga de revestimento de 80 Kg/m², treliça “TR06644, EPS unidirecional 10x40x49, capa de concreto de 4cm e espessura de 14 cm, assim como mostra a figura 20. Como mostrado na figura 20.

Figura 20. Parâmetros de pré-dimensionamento

Laje

Nome L1 Tipo Trelçada 1D Grelha...

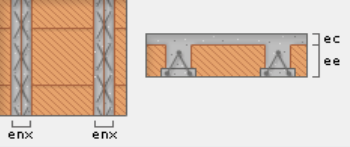
Cargas
 Acidental 150 kgf/m² Revestimento 80 kgf/m²
 Extra 0 kgf/m² Editar... Remover

Trelça
 Tipo TR 08644 Repetições 1
 Altura sapata 3 cm Largura sapata 12 cm

Enchimento
 Tipo EPS Unidirecional
 Dimensão B10/40/49 ...

Seção
 Espessura 14 cm Elevação 0 cm

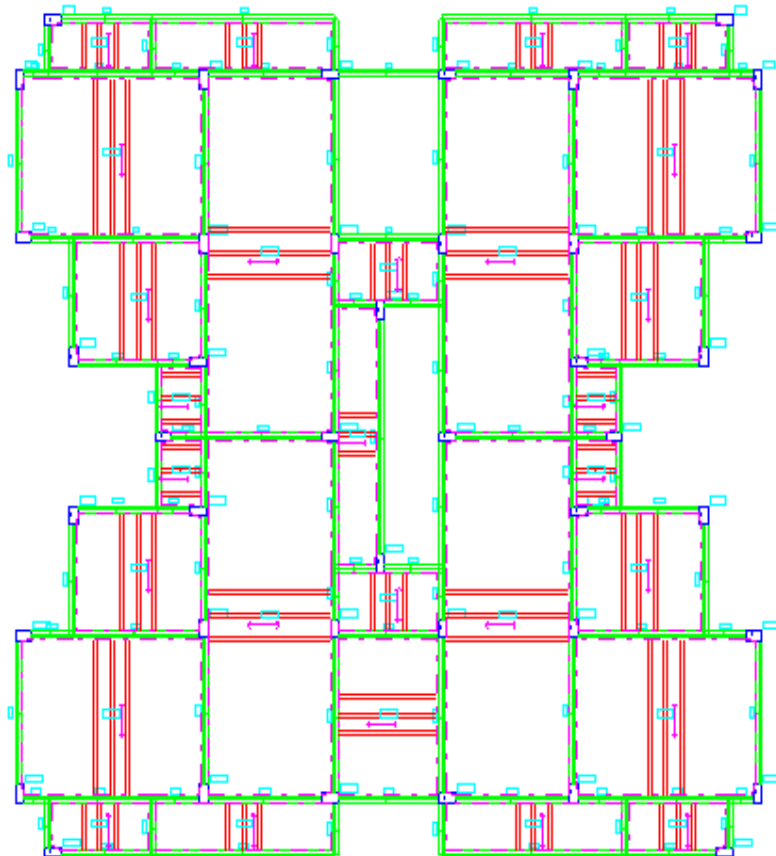
ec 4 cm
 ee 10 cm
 enx 9 cm
 eny 9 cm



OK Cancelar Desenho... Ajuda

Fonte: Acervo dos autores 2015.

Figura 21. Pavimento com painéis de laje pré-moldadas



Fonte: Acervo dos autores 2015.

Dados todos os parâmetros necessários ao pré-dimensionamento, o pavimento com todos os painéis pode ser observado na figura 21.

O processo de análise estática do pavimento feito pelo *software*, sendo como pórtico espacial é análogo ao processo de análise para lajes maciças, assim como pode ser observado na figura 20. Portanto assim como ocorreu no dimensionamento da laje maciça, após todo o processo de análise estática, é possível obter todos os dados importantes sobre a laje, tais como volume de concreto, armaduras e no caso da laje pré-moldada com EPS os materiais inertes. A seguir a tabela 12 apresenta alguns desses dados.

Tabela 12. Resumo dos materiais necessários

Aço	Concreto C-25	Forma
Peso total (Kg)	Vol. concreto total (m ³)	Área de forma total (m ²)
0.00	10,4	0.00

Fonte: Acervo dos autores 2015.

As tabelas a seguir disponibilizam detalhadamente os materiais necessários segundo o projeto da laje pré-moldada.

Quantitativo obtido no projeto da Laje pré-moldada com EPS

- a) Área quadra de laje 260 m²;
- b) Volume de concreto para a laje (sem contar com as vigas de respaldo) 10,4 m³;
- c) Ferragem de distribuição (malha) 76 barras C.A. 50 de 5.0 mm;
- d) Ferragem negativa de ancoragem 9 barras C.A. 50 de 5.0 mm e 20 barras de 4.2 mm;
- e) Ferragem para nervura de travamento 14 barras C.A. 50 de 5.0 mm; (toda esta ferragem está sem os 10% (de traspasse))
- f) Escoras 109 peças;
- g) Tábuas para nervura 87 m linear (tábua de 20 cm).
- h) 20 KG arame recozido N° 18 (dado coletado através da pesquisa)

Através do comparativo feito acima, ficou explícito a diferença dentre os dois modelos de laje principalmente em se tratando da quantidade de materiais gastos para a concepção de ambas as lajes. O capítulo a seguir apresentará um comparativo quanto aos custos dos materiais apresentados acima. Esses custos foram cotados com fornecedores de Anápolis.

4 COMPARATIVO DOS RESULTADOS

Com os dados do quantitativo retirados do projeto das lajes foi possível fazer um levantamento de custos para a concepção de cada laje no mercado de Anápolis. Primeiramente foi feita uma cotação de preço, com fornecedores de aço, madeiras e concreto, além do preço da mão de obra média na cidade, essa cotação está presente nas tabelas a seguir.

a) Aço:

Tabela 12.Preço do aço em cinco fornecedores

Aço Ø mm	Fornecedor "A"	Fornecedor "B"	Fornecedor "C"	Fornecedor "D"	Fornecedor "E"
C.A. 50 de 6.3	R\$ 9,78	R\$ 10,84	R\$ 11,34	R\$ 5,66	R\$ 11,45
C.A. 50 de 8.0	R\$ 15,77	R\$ 17,34	R\$ 18,29	R\$ 16,00	R\$ 18,34
C.A. 50 de 10.0	R\$ 23,51	R\$ 25,87	R\$ 27,27	R\$ 24,00	R\$ 26,75
C.A. 60 de 6.3	R\$ 9,98	R\$ 11,14	R\$ 11,56	R\$ 10,05	R\$ 12,00
C.A. 60 de 5.0	R\$ 5,66	R\$ 6,28	R\$ 6,66	R\$ 5,66	R\$ 6,53
Arame n 18	R\$ 4,62 o Kg	R\$ 4,87 o Kg	R\$ 5,02 o Kg	R\$ 5,10 o Kg	R\$ 5,05 o Kg

Fonte: Acervo dos autores 2015

b) Madeira

Tabela 13.Preço da madeira

Madeira

Escora de eucalipto 3m	R\$ 40,00 a dúzia
Taboa de 20cm	R\$ 4,20 metro linear
Caibro 5X6	R\$ 3,50 metro linear
Vigota 5X10	R\$ 6,50 metro linear
maderite plastificado. 1,10 X 2,20 m	R\$ 63 a unidade

Fonte: Acervo dos autores 2015

c) Mão de obra

Tabela 14.Preço da mão de obra

Mão de obra

Pedreiro B	R\$ 1098,55 aprox. R\$ 5,60 /hora
Servente	R\$ 800,83 aprox. R\$ 4,08 /hora
Armador B	R\$ 1098,55 aprox. R\$ 5,60 /hora
Carpinteiro B	R\$ 1098,55 aprox. R\$ 5,60 /hora

Fonte: Acervo dos autores 2015

d) Concreto.

Tabela 15. Preço do metro cúbico de concreto fck-25 Mpa

Concreto m ³	
Fornecedor "A"	R\$ 259,00
Fornecedor "B"	R\$ 296,00
Fornecedor "C"	R\$ 290,00

Fonte. Acervo dos autores 2015

Os valores apresentados acima para a mão de obra foram retirados da pesquisa através de valores com base no Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário de Anápolis (STICMA).

A seguir é apresentado os valores em média de mão de obra na cidade de Anápolis, estes valores foram levantados pela pesquisa através de entrevistas com profissionais de gerência das obras acerca de custos de mão de obra, e foi constatado o seguinte para cada modelo de laje.

a) Laje maciça

Um carpinteiro juntamente com um ajudante constroem em média 1,5 m² de forma de laje por hora excluindo-se as vigas e pilares, como temos 241,73 m² de pano de laje serão necessárias 162 horas de serviço de cada profissional = R\$ 1.568,16.

Um armador juntamente com um ajudante custa em média 40 centavos por quilo de aço de um total de 3.270,8 Kg assim o custo para de armar a laje e de R\$ 8.177,00.

b) Laje pré-moldada

Um pedreiro com um ajudante e um armador constroem 20m² de laje treliçada por dia, como a laje tem 241,73 m² serão necessárias 12,08 diárias de pedreiro ajudante e armador com o dia trabalhado de 10 horas com um custo de R\$ 2.029,44.

4.1 Custo total

Com os dados apresentados no capítulo 3.4, pode-se então fazer uma estimativa dos custos de produção para um pavimento de laje para cada tipo no mercado de construção da cidade de Anápolis como mostrado na tabela 17.

Tabela 16. Comparativo de custos para cada laje

Laje maciça		Laje Pré-Fabricada (continua)	
Material	Custo	Material	Custo
Concreto	R\$ 7.511,00	Treliça	R\$ 7.780,00
Escoras	R\$ 1.934,00	Concreto	R\$ 3.108,00

Caibro	R\$ 899,50	Aço da malha	R\$ 430,16
Vigota	R\$ 3.545,75	Aço negativo	R\$ 164,14
Madeirite	R\$ 7.308,00	Aço nervura	R\$ 79,24
Aço	R\$ 10.368,53	Escoras	R\$ 364,00
Arame	R\$ 277,20	Taboas	R\$ 365,40
Mão de Obra	R\$ 9.745,16	Mão de Obra	R\$ 2.029,44
Total	R\$ 41.589,14	Total	R\$ 14.320,38

Fonte: Acervo dos autores 2015

(conclusão)

Dado os valores apresentados acima temos, há em uma breve visão de que a laje pré-moldada custa no mercado de Anápolis 34,43 %, do custo da laje maciça, demonstrando uma diferença de custos muito considerável.

A pesquisa realizada constatou uma preferência pela laje pré-fabricada por parte de alguns construtores principalmente pelo fato do custo final menor.

Contudo a pesquisa levou em consideração ainda a opinião de vários profissionais de gerência da construção civil da cidade, quanto as suas preferências quanto a cada tipo de laje. A discussão sobre o fato de divergências de opiniões será tratada no capítulo seguinte.

5. Análise dos Resultados

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma discussão dos resultados encontrados na pesquisa.

A pesquisa pôde demonstrar vários fatores importantes sobre as características da cidade de Anápolis, observou-se em grande parte dos casos uma preferência pela laje maciça em obras de grande porte, mesmo que esta ainda custe mais cara com relação a pré-fabricada, esta preferência se deve ao fato de a laje maciça oferecer maior capacidade de carga, oferecer maior rigidez a estrutura como citado no item 3.4 tópico 4.

Em se tratando do comparativo de projeto das lajes, o projetista ao optar por utilizar lajes maciças em um projeto, uma questão importante como a de vencer grandes vãos pode ficar um pouco mais simples, visto que a NBR6118/14, recomenda vãos de até 6 m de comprimento, o que pode não ocorrer de forma tão simples com a laje pré-moldada pelo menos com as mais comumente utilizadas. Outros aspectos, como o peso da estrutura, das lajes maciças indiscutivelmente tem o maior resultado, o que é uma preocupação a mais por parte do projetista no pré-dimensionamento de pilares e vigas assim como a área de aço necessária. Porém mesmo que o projetista conte com a ajuda de *softwares*, para ARAÚJO (2010.p.9), para utilizar um *software* sofisticado na realização de projetos estruturais, é imprescindível que o projetista entenda o funcionamento da estrutura, o que se consegue através de modelos simplificados, ainda que este apresente algumas limitações.

Para os construtores com mais tempo de carreira, o que foi observado foi basicamente uma questão de costume no uso da laje maciça, pois como citado acima, mesmo a laje maciça apresentando valores mais altos nos custos finais, estes construtores permanecem utilizando-as, alegando terem mais familiaridade e experiência com o processo construtivo. Enquanto os construtores, com menos tempo de carreira utilizam novas tecnologias em suas escolhas.

Porém nas obras de pequeno e médio porte observou-se uma preferência unânime pelas lajes pré-fabricadas devido, ao fato de serem mais baratas, possuírem um menor peso próprio, fácil execução, e não necessitar de mão de obra especializada.

Em se tratando de lajes pré-moldadas utilizando-se dos modelos simplificados citados por ARAÚJO (2010) a concepção da estrutura com lajes pré-moldadas, ficam um pouco mais fácil de realizar, pois questões como seção transversal de pilares, vigas e os vãos ficam mais simples também, como tratado na revisão bibliográfica, as lajes pré-fabricadas dispõem de trilhos ou painéis treliçados, colocados em uma única direção, sendo paralelos ao menor vão da laje,

além de que estruturas com estas lajes se tornam ainda mais leves. Estes tem sido os motivos de preferência por parte dos projetistas em optar por lajes pré-fabricadas.

Com base no projeto executado, e na pesquisa, observou-se que ambos, projetistas e construtores partilham da mesma preferência quanto as obras de pequeno e médio porte, utilizando lajes pré-fabricadas.

Para confirmar os resultados da pesquisa resolveu-se fazer o projeto. Através do projeto observou-se que a laje maciça no final apresentou vantagens principalmente em questões estruturais como já foi citado, porém apresenta desvantagem se comparada com a laje pré-fabricada, pois apresenta maior custo final de execução. Observou-se também que a laje pré-fabricada apresenta vantagens como, facilidade de execução e menor custo final de execução. Em relação aos custos observou-se que a laje maciça apresenta um valor de 34,22 % mais caro que o valor final da laje pré-fabricada, demonstrando, portanto, que a questão do uso da laje maciça é realmente pelo fato, de se utilizar na execução de obras de grande porte, oferecendo um sistema de segurança estrutural melhor, além da possibilidade de se utilizar as fôrmas até 5 vezes. Para laje pré-fabricada encontrou-se diversas vantagens, como facilidade de execução, custo baixo e menor peso próprio, porém não se mostrando adequada para de grande porte como o encontrado na pesquisa.

Portanto o que foi constatado na pesquisa foi que a preferência por lajes maciças na cidade se dá, principalmente pelo fato do costume em se trabalhar com esse modelo de laje, utilizando-a principalmente em obras de grande porte, mesmo que ainda os valores apresentados pela laje pré-fabricada se apresentem mais interessantes, como mostrado através do projeto.

6 Considerações Finais

Este trabalho foi importante, para observar o costume que existe na cidade de Anápolis quanto a preferência de modelos de laje, e os aspectos técnicos usados pelos engenheiros. Também foi importante para observar que na cidade de Anápolis ainda vigora em grande parte dos casos, um o uso em grande escala de lajes maciças em empreendimentos de grande porte, o que confirma o costume constatado nos resultados da pesquisa. Porém se avaliarmos os projetos, encontra-se uma contradição com relação as lajes pré-fabricadas, pois as lajes maciças são de custos finais mais altos e tempo de execução maior.

Portanto observa-se que na cidade de Anápolis predomina uma preferência da laje pré-moldada, para obras de pequeno e médio porte, e por outro lado lajes maciças são comumente utilizadas em obras de grande porte apesar das contradições aparentes, na escolha das lajes maciças em detrimento às lajes pré-fabricadas, se encontra principalmente a questão do costume em se trabalhar com esse mesmo modelo construtivo por vários anos.

Com isso este trabalho pôde nos dar um panorama atual de como está o uso e a preferência de lajes, na cidade de Anápolis.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, Helio Guimarães. **Análise Estrutural de Lajes Pré-Moldadas Produzidas com Concreto Reciclado de Construção e Demolição**. Dissertação (Pós-Graduação) Universidade Federal de Alagoas – UFAL Centro de Tecnologia – CTEC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil –PPGEC Área de Concentração: Estruturas. Maceió, AL. 2007.
- ARAÚJO, José Milton de. **Curso de Concreto Armado**. Rio Grande, RS: Dunas, 2010.v.2, 3.ed.2010.
- ARAÚJO, José Milton de. **Curso de Concreto Armado**. Rio Grande, RS: Dunas, 2010.v.4, 3.ed.2010.
- BASTOS, Paulo Sergio dos Santos. Histórico e Principais elementos Estruturais de Concreto Armado. **Universidade Estadual Paulista**, Bauru SP. abril,2006.
- CARVALHO, Roberto Chust. **Estado da Arte do Cálculo das Lajes Pré-Fabricadas com Vigotas de Concreto**. 1º Encontro Nacional de Pesquisa Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado. São Carlos, SP. 2005.
- DIAS, Leandro Carvalho D'Ávila e Rios, Roberto Domingo. **Estudo do Efeito de Punção em Lajes Lisas e Cogumelo Mediante a Utilização de Normas Técnicas e Resultados Experimentais**. Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.
- FLORIO, Márcio Cardoso. **Projeto e Execução de Lajes Unidirecionais com Vigotas em Concreto Armado**. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos, SP. 2004.
- FARIA, Marcel Poeta. **Estruturas para Edifícios em Concreto Armado: Análise Comparativa de Soluções com Lajes Convencionais, Lisas e Nervuradas**. 2010, TCC (Monografia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre, RS.
- GASPAR, Ricardo. **Análise da Segurança Estrutural das Lajes Pré-Fabricadas na Fase de Construção**.1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GIONGO, José Samuel. **Concreto Armado Projeto Estrutural de Edifícios**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos SP, fevereiro, 2007.
- LOPES, André Felipe de oliveira. **Estudo Técnico Comparativo Entre Lajes Maciças e Nervuradas com diferentes tipos de materiais de enchimento**. Universidade Federal de Pernambuco Centro Acadêmico do Agreste Núcleo de Tecnologia, Curso de Graduação em Engenharia Civil. Caruaru, PE 2012. p, 18.

MATTOS, José Vladir Vieira. **Pavimentos de lajes com vigotas treliçadas: análise dos detalhes de execução e comparação com procedimentos adotados em obras.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São Carlos Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil. São Carlos.SP. 2009.

NBR 6118/2014 (ABNT, 2014). Projeto de Estruturas de Concreto. 2014.

NBR 6120/1980 (ABNT, 2014). Cargas Para o Cálculo de Estruturas de Edificações. 1980.

SILVA, Agnaldo Antônio Moreira Teodoro. **Projeto de Estruturas de Concreto Armado 2015/1.** Centro Universitário de Anápolis Uni-Evangélica, Faculdade de Engenharia Civil. Anápolis-Go. 2015.

SILVA, Lucas Purgher. **Estudo Comparativo Entre Nervuradas e Maciças em Função dos Vãos de Apoio.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre, RS 2010.

VASCONCELOS, Killiton da Silva. **Análise Comparativa entre Lajes Nervuradas em Concreto Armado e Concreto Protendido.** 2010. TCC (Monografia) Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola Politécnica. Rio de Janeiro.

APÊNDICE A- TABELA 18: LIMITES DE DESLOCAMENTOS

Tabela 17.Limites para deslocamentos

(continua)

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Aceitabilidade de sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	A/250
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	A/350
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	A/250 ^a
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total	A/350+ contraflecha ^b
			Ocorrido após a construção do piso	A/600
Efeitos estruturais em serviço	Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	A/500 ^c e 10 mm e $\theta = 0,0017 \text{ rad}^d$
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	A/250 ^c e 25 mm
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação (0,30)	H/1 700 e H _i /850 ^e entre pavimentos ^f
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	A/400 ^g e 15 mm

Tabela 18.Limites para deslocamentos

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Efeitos em elementos não estruturais	forros	Movimentos térmicos horizontais	Provocado por diferença de temperatura	$H_i/500$
		Revestimentos colados	Ocorrido após a construção do forro	$A/350$
		Revestimentos pendurados ou com juntas	Deslocamento ocorrido após a construção do forro	$A/175$
	Pontes rolantes	Desalinhamento de trilhos	Deslocamento provocado pelas ações decorrentes da frenagem	$H/400$
Efeitos em elementos estruturais	Afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas	Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-os ao modelo estrutural adotado.		

^a As superfícies devem ser suficientemente inclinadas ou o deslocamento previsto compensado por contra- flechas, de modo a não se ter acúmulo de água.

^b Os deslocamentos podem ser parcialmente compensados pela especificação de contraflechas. Entretanto, a atuação isolada da contraflecha não pode ocasionar um desvio do plano maior que $A/350$.

^c O vão A deve ser tomado na direção na qual a parede ou a divisória se desenvolve.

^d Rotação nos elementos que suportam paredes.

^e H é a altura total do edifício e H_i o desnível entre dois pavimentos *v i z i n h o s* .

^f Esse limite aplica-se ao deslocamento lateral entre dois pavimentos consecutivos, devido à atuação de ações horizontais. Não podem ser incluídos os deslocamentos devidos a deformações axiais nos pilares. O limite também se aplica ao deslocamento vertical relativo das extremidades de lintéis conectados a duas paredes de contraventamento, quando H_i representa o comprimento do lintel.

^g O valor A refere-se à distância entre o pilar externo e o primeiro pilar

interno. NOTAS

1 Todos os valores-limites de deslocamentos supõem elementos de vão A suportados em ambas as extremidades por apoios que não se movem. Quando se tratar de balanços, o vão equivalente a ser considerado deve ser o dobro do comprimento do balanço.

2 Para o caso de elementos de superfície, os limites prescritos consideram que o valor A é o menor vão, exceto em casos de verificação de paredes e divisórias, onde interessa a direção na qual a parede ou divisória se desenvolve, limitando-se esse valor a duas vezes o vão menor.

3 O deslocamento total deve ser obtido a partir da combinação das ações características ponderadas pelos coeficientes definidos na Seção 11.

4 Deslocamentos excessivos podem ser parcialmente compensados por contraflechas.

APÊNDICE B- QUESTIONÁRIO DA PESQUISA

QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES UTILIZADOS EM ANÁPOLIS

Empresa A Obra 01 Unidades 03

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 150m².

03- Qual o cronograma da obra?

12 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Tempo e mão de obra necessária.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça e nervurada tipo cabaça.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa A Obra 01 Unidades 03

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 150m².

03- Qual o cronograma da obra?

12 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Tempo e mão de obra necessária.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça e nervurada tipo cabaça.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa A Obra 02 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 500m².

03- Qual o cronograma da obra?

18 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Tempo e mão de obra necessária.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça e nervurada tipo cabaça.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa A Obra 03 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 450m².

03- Qual o cronograma da obra?

12 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Tempo e mão de obra necessária.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça e nervurada tipo cabaça.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa A Obra 04 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 1850m².

03- Qual o cronograma da obra?

24 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Tempo e mão de obra necessária.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça e nervurada tipo cabaça.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa A Obra 05 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 2200m².

03- Qual o cronograma da obra?

18 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Custo benefício, mão de obra necessária.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça e nervurada tipo cabaça.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa A Obra 06 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 2200m².

03- Qual o cronograma da obra?

12 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Tempo e mão de obra necessária.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça e nervurada tipo cabaça.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa B Obra 01 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

5140m².

03- Qual o cronograma da obra?

36 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes

Mão de obra qualificada e prática na execução e os fatores termo acústico.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Nervurada, tipo cubeta, laje pré-moldada, laje protendida.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Maciça.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa B Obra 02 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 28500m².

03- Qual o cronograma da obra?

42 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Mão de obra qualificada e prática na execução e os fatores termo acústico.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Nervurada, tipo cubeta, laje pré-moldada, laje protendida.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Maciça.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa C Obra 01 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

14648m².

03- Qual o cronograma da obra?

36 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes

Tempo e custo de mão de obra barata.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça e nervurada tipo cubeta e pré-moldada.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa D Obra 01 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

13447,80m².

03- Qual o cronograma da obra?

10 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes

Tempo curto de execução.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Isostática ou pré-laje.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa E Obra 01 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 6.600m².

03- Qual o cronograma da obra?

36 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes

Praticidade e segurança.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Maciça

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa F Obra 01 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

4.863m².

03- Qual o cronograma da obra?

36 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Tempo de montagem e mão de obra necessária e peso da estrutura.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa G Obra 01 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

16.182,440m².

03- Qual o cronograma da obra?

36 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Segurança, termo acústica, ações e reações na estrutura.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Nervurada e pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Maciça.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa G Obra 02 Unidades 02

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 11.000m².

03- Qual o cronograma da obra?

36 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Segurança, termo acústica, ações e reações na estrutura.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Nervurada e pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Maciça.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa H Obra 01 Unidades 07

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Comercial.

02- Área construída?

1.513,16m².

03- Qual o cronograma da obra?

12 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Tempo, mão de obra necessária e peso final.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça, nervurada e protendida.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa H Obra 02 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 1060m².

03- Qual o cronograma da obra?

18 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Tempo, mão de obra necessária e peso da estrutura.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça, nervurada e protendida.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa I Obra 01 Unidades 03

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

69,20m².

03- Qual o cronograma da obra?

6 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Mão de obra necessária e custo.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Apenas Pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa I Obra 02 Unidades 06

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

68,90m².

03- Qual o cronograma da obra?

6 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Mão de obra necessária e custo.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Apenas Pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa I Obra 03 Unidades 03

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

68,70m².

03- Qual o cronograma da obra?

7 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Mão de obra necessária e custo.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Apenas Pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa J Obra 01 Unidades 03

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 72 m².

03- Qual o cronograma da obra?

5 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Mão de obra necessária e preço final.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Apenas Pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa K Obra 01 Unidades 03

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 72,4 m².

03- Qual o cronograma da obra?

6 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Preço e facilidade de montar.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Apenas Pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa K Obra 02 Unidades 03

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 76,4 m².

03- Qual o cronograma da obra?

6 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Preço e facilidade de montar.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Apenas Pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa K Obra 03 Unidades 03

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Residencial.

02- Área construída?

Aproximadamente 82 m².

03- Qual o cronograma da obra?

6 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Preço e facilidade de montar.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Apenas Pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Pré-moldada com EPS.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa L Obra 01 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Comercial.

02- Área construída?

8.239,6 m².

03- Qual o cronograma da obra?

18 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Vão maiores com economia de materiais.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça, pré-fabricada e pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Nervurada tipo Cubeta.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa L Obra 02 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Comercial.

02- Área construída?

6.433,7 m².

03- Qual o cronograma da obra?

16 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Vão maiores com economia de materiais.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça, pré-fabricada e pré-moldada com EPS.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Nervurado tipo Cubeta.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa B Obra 01 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Comercial.

02- Área construída?

2.583,7 m².

03- Qual o cronograma da obra?

12 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Vão maiores com menos peso.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça, laje pré-moldada, laje protendida.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Nervurado tipo Cubeta

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa M Obra 01 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Comercial.

02- Área construída?

Aproximadamente 3160m².

03- Qual o cronograma da obra?

18 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Grandes vãos com menos peso e concreto.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça, laje pré-moldada, laje protendida.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Nervurado tipo Cubeta

.

**QUESTIONARIO PARA PESQUISA DE MODELOS DE LAJES
UTILIZADOS EM ANÁPOLIS**

Empresa M Obra 02 Unidades 01

01- Qual a finalidade do empreendimento?

Comercial.

02- Área construída?

Aproximadamente 2.608m².

03- Qual o cronograma da obra?

16 meses.

04- Em se tratando de execução qual o diferencial perante outras lajes?

Grandes vãos com menos peso e concreto.

05- Em outras construções qual o tipo de laje foi usado?

Maciça, laje pré-moldada, laje protendida.

06- Qual modelo de laje escolhido para o empreendimento?

Nervurada tipo Cubeta

.