



## II ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

### ANALISE COMPARATIVA DE ÁREA DE AÇO EM LAJE MACIÇA ATRAVÉS DO MÉTODO DE ANALOGIA DAS GRELHAS E TEORIA DAS PLACAS

*Francisco Gonçalves da Silva Neto*<sup>1</sup>  
*Helvio de Oliveira Pantoja*<sup>2</sup>

#### 1. INTRODUÇÃO

As lajes maciças de concreto armado são superfícies planas, que estão sujeitas usualmente a carregamentos atuantes em seu plano, com espessura maior que 1/3 do vão e são estudadas como placas espessas. (NBR 6118, 2014)

As lajes podem ser armadas em uma ou duas direções, que depende da relação dos lados da laje a ser calculada. As lajes armadas em duas direções possuem um comportamento diferente, e seus esforços podem ser determinados por diferentes teorias desenvolvidas ao longo do tempo com a finalidade de facilitar o cálculo de seus esforços, às expostas nesse trabalho são as mais usuais a teoria das placas e a analogia das grelhas. (MAGNANI, 1999)

Pela complexidade das teorias para obtenção dos momentos fletores, flechas e reações. Varias tabelas foram desenvolvidas para o cálculo dos esforços, como: Czerny, Bares, Kalmanok, etc. Foram desenvolvidas tabelas baseado na teoria de kalmanok para a obtenção dos esforços porém as corrigiu para atender a norma NBR 6118 correspondente ao valor do coeficiente de Poisson. (ARAUJO, 2010)

As tabelas desenvolvidas para a teoria das placas e analogia das grelhas fornecem coeficientes para o cálculo dos esforços presentes na laje. A obtenção dos momentos fletores positivos e negativos conforme as condições de apoio e a relação dos lados da laje, sendo a área de aço montada conforme a direção do momento fletor. (ARAUJO, 2010)

Após a obtenção dos esforços nas lajes dimensionamento é feito a através da teoria desejável por quem calcula. Pode-se fazer o dimensionamento da armadura de flexão semelhante ao realizados nas vigas, separando as lajes em faixas com largura de um metro. (ARAUJO, 2010).

Dentre os aspectos de cálculo de uma laje maciça, o objetivo principal é comparar os resultados dos momentos fletores e área de aço na laje calculada por teorias distintas e analisar suas diferenças, levando em consideração os conceitos de segurança, economia e conforto a estrutura.

---

<sup>1</sup> Aluno Graduado em Engenharia Civil na Faculdade de Rondônia – FARO – 2015-1

<sup>2</sup> Orientador, engenheiro civil especialista e Professor do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Rondônia – FARO – 2015-2

## 2. METODOLOGIA

O cálculo para obtenção dos momentos fletores será feito segundo cada teoria a ser comparada, ambas possuindo tabelas específicas que relacionam suas condições de apoio, com os lados da laje calculando os momentos fletores e demais reações. A obtenção dos momentos fletores e área de aço pela analogia das grelhas serão obtidas através do software de dimensionamento de estruturas em concreto armado Eberick, desenvolvido da empresa Altoqi e que utiliza em seu método de cálculo a analogia das grelhas, usando as recomendações da norma NBR 6118:2014, levando em consideração as condições de apoio que para este artigo serão simplesmente apoiada em todos os lados.

Obtida a área de aço da laje maciça por ambas as teorias serão comparadas os resultados, colocando em evidencia a teoria que apresentar mais economia de aço sem afetar a segurança e conforto da estrutura calculada.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de laje estudado tem como base uma abordagem e concepção estrutural usual para o uso de lajes maciças de concreto armado. Sua utilização será para uso como sala de reuniões e o carregamento acidental usado para cálculo foi de  $3 \text{ kn/m}^2$ , onde o valor foi retirado da tabela de utilização das estruturas presente na norma Nbr 6120:1985.

Os momentos fletores foram calculados considerando a borda de todas as lajes simplesmente apoiada. Para a obtenção dos momentos fletores pela teoria das placas foram utilizadas as tabelas desenvolvidas por Araújo (2010), sendo que os momentos fletores calculados pelo software Eberick apresentam resultados segundo a teoria das grelhas.

Nos gráficos 1 e 2 observa-se que os momentos fletores pela analogia das grelhas são superiores, pois levam em consideração a estrutura como um todo e cada parte tendo influencia nos descolamentos da laje, sendo que em algumas situações eles ficam bem próximos.

Os momentos fletores foram calculados considerando a borda de todas as lajes simplesmente apoiada. Para a obtenção dos momentos fletores pela teoria das placas foram utilizadas as tabelas desenvolvidas por Araújo (2010), sendo que os momentos fletores calculados pelo software Eberick apresentam resultados segundo a teoria das grelhas.

Nos gráficos 1 e 2 observa-se que os momentos fletores pela analogia das grelhas são superiores, pois levam em consideração a estrutura como um todo e cada parte tendo influencia nos descolamentos da laje, sendo que em algumas situações eles ficam bem próximos.

Com a definição dos momentos fletores por ambas as teorias e definido condições de apoio da laje a área de aço é calculada normalmente pela mesma teoria de calculo de vigas de concreto armado considerando uma faixa de um metro de laje.

Nos gráficos é possível visualizar que a área de aço obtida pela analogia das grelhas é superior em todas as direções, sendo o local a direção que sua área de aço é zero é somente o posicionamento de uma armadura construtiva de canto muitas vezes não calculada.

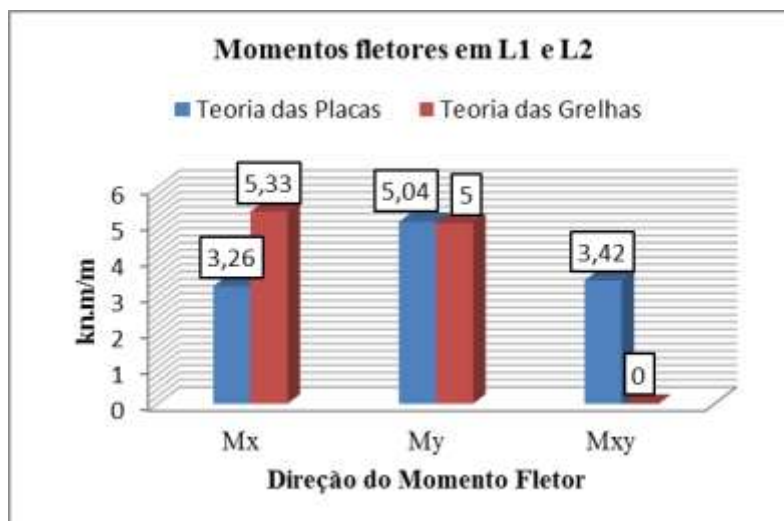


Gráfico 1 – Comparativo de momentos fletores das lajes L1 e L2.

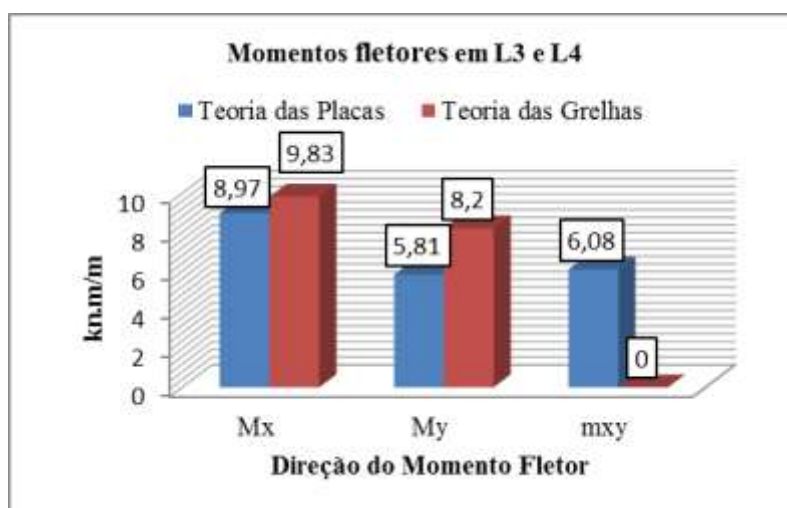


Gráfico 1 - Comparativo de momentos fletores das lajes L3 e L4

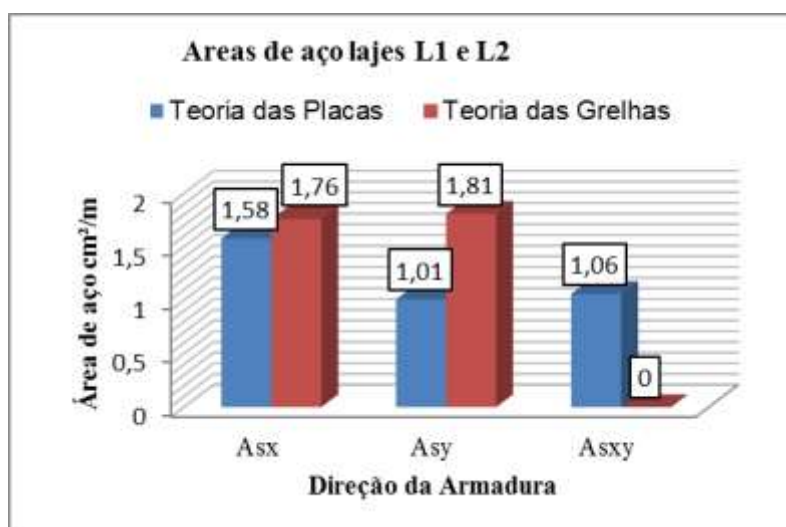


Gráfico 2 - Comparativo de área de aço das lajes L1 e L2

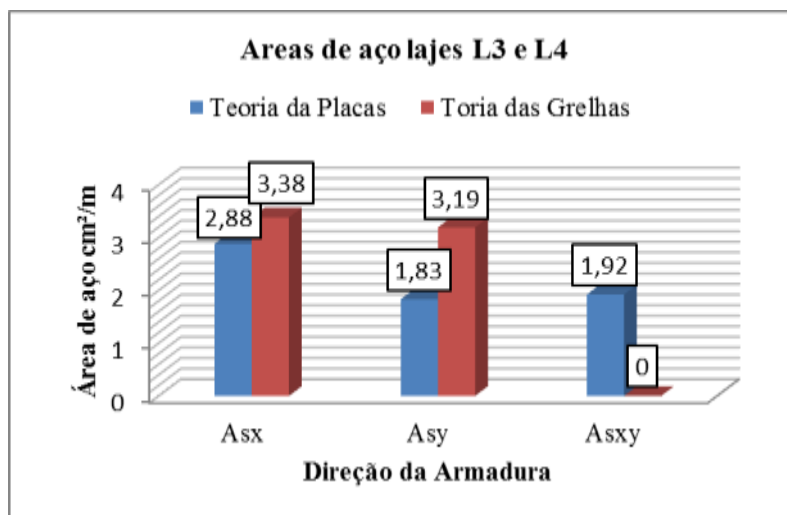
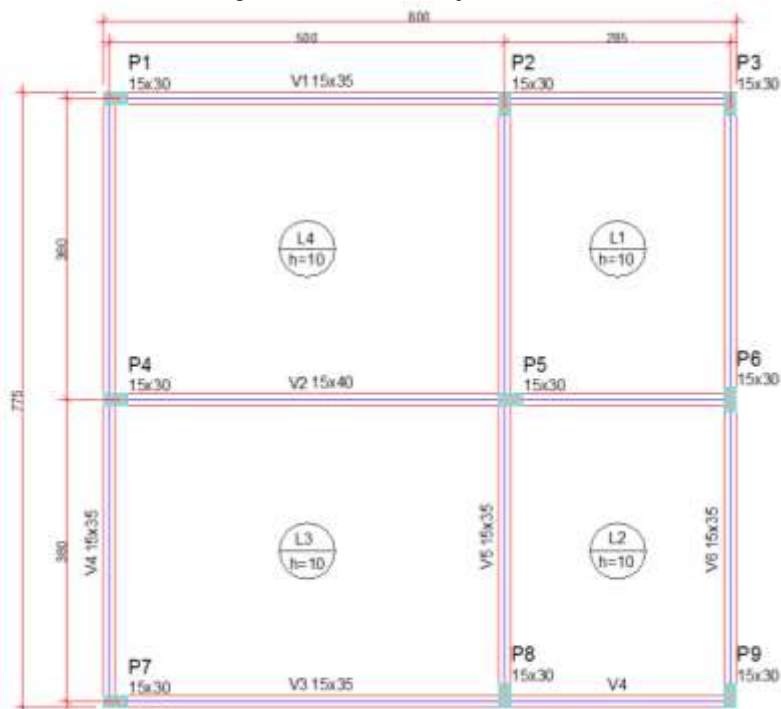


Grafico 3 - Comparativo de área de aço das lajes L3 e L4.

Figura 4- Modelo da laje estudada



Fonte: Autor

#### 4. CONCLUSÕES

A comparação do cálculo de área de aço entre a teoria das placas e a analogia de grelhas apresentou resultados próximos entre si, desde o cálculo dos esforços dos momentos fletores até a área de aço calculada.

Como a analogia das grelhas considera as vigas e pórticos ao qual compõem a estrutura e sua geometria influenciarem diretamente nos esforços e descolamentos da estrutura, mostra-se menos vantajosa principalmente nos momentos fletores na direção  $M_y$  a

qual apresenta uma diferença de 29.15% em relação ao momento calculado pela teoria de placas e apresenta uma área de aço 42,63% superior a outra teoria de cálculo isso considerando a situação das lajes L3 e L4, entre as lajes L1 e L2 por terem dimensões menores suas diferenças de resultados são menos relevantes.

O cálculo dos momentos fletores através da teoria de placas é pouco usado na atualidade pela presença de softwares avançados para cálculo de estrutura de concreto armado, levando em consideração da adoção de outras teorias para a programação destes softwares por apresentarem melhores resultados.

Mesmo a teoria de placas apresentando uma menor área de aço na maior parte da situação estudada a teoria da grelha apresenta resultados compatíveis e seu cálculo tem maior proximidade da realidade e da estrutura como um todo.

Com a complexidade e ousadia da arquitetura moderna o cálculo de lajes e demais estruturas em concreto armado deve ter proximidade com a realidade considerando cada elemento como parte de um todo, por muitas não irá apresentar economia na área de aço, porém com a mesma segurança apresentará economia nos demais aspectos da edificação.

## REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Carga para cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980. 5 p.

ARAUJO, José Milton. **Curso de concreto armado**. v 2, 3 ed. Rio Grande do Sul: Dunas, 2010.

MAGNINI, Roberto. **Calculo e desenho de concreto armado**: notas de aula. Araraquara: Universidade de São Paulo, 1999.