

"ALTERNATIVA PARA O DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS DE CONCRETO"

* Prof. Maria de Lourdes Teixeira Moreira
* Prof. Paulo de Tarso Cronemberger Mendes

1 - RESUMO

Este trabalho apresenta o Método dos Elementos Finitos como uma alternativa para o dimensionamento de pavimentos rodoviários de concreto simples, e sugere a simplificação do veículo-tipo utilizado no carregamento da placa.

2 - INTRODUÇÃO

O dimensionamento de pavimentos rodoviários de concreto simples usualmente é feito pelos métodos preconizados pela Portland Cement Association (PCA) e pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Tais métodos tiveram como embasamento a observação e acompanhamento de pavimentos em serviço, ensaios de laboratórios e principalmente os estudos teóricos realizados por Westergaard.

Esses estudos constituem importante contribuição ao estudo das placas e hoje fazem parte da história da Teoria da Elasticidade, na qual se baseiam.

Com a expansão do uso e ampliação da capacidade dos microcomputadores, a solução desses problemas está sendo possível com a utilização do Método dos Elementos Finitos (MEF). A facilidade e rapidez com que se podem alterar as características físicas, geométricas, de contorno e de carregamento envolvidas no problema permitem simular as mais diversas situações de projeto e avaliar a maior ou menor importância de cada um desses fatores.

Neste trabalho foram comparados os esforços solicitantes nas placas submetidas aos veículos com eixos em tandem tripto, conforme método da PCA descrito em [1], com os obtidos utilizando o veículo-tipo previsto na NBR 7188 - Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre [2].

A análise por elementos finitos foi feita em um microcomputador PC 486-DX, com o aplicativo SAP90 - Computer Software for Structural & Earthquake Engineering, desenvolvido por Edward L. Wilson e Ashraf Habibullah.

* UFPI - Centro de Tecnologia

3 - METODOLOGIA

Os estudos de Westergaard foram fundamentados nas seguintes hipóteses básicas:

- a) A placa de concreto tem comportamento elástico;
- b) A espessura da placa é constante e as suas dimensões suficientes para tornar significativa a distância entre juntas ou bordas;
- c) A placa é considerada não-fissurada em serviço;
- d) A placa assenta completamente sobre uma fundação isotrópica e homogênea;
- e) Em cada ponto da placa a pressão exercida sobre o solo é diretamente proporcional ao deslocamento do ponto, sendo a constante de proporcionalidade o "coeficiente de recalque k ".

No MEF a placa de concreto é discretizada em elementos interligados nos nós, e o solo é substituído por molas com rigidez proporcional à área dos elementos que concorrem nesses nós.

Para análise da placa pelo MEF foram adotadas duas malhas. A primeira, para estudo da placa sob efeito do veículo-tipo proposto em [1], apresentando 2880 elementos, de dimensões 6 cm x 12,5 cm. A segunda, para verificação das solicitações sob ação do veículo-tipo da NBR 7188, consistindo em 2160 elementos de dimensões 10 cm x 10 cm. A adoção das duas malhas deveu-se às diferenças nas dimensões dos veículos-tipo. Vale observar entretanto, que adotado o veículo-tipo da NBR 7188, o segundo tipo de malha adequa-se a qualquer valor de carga, visto que as dimensões do veículo e da área de contato do pneu com o pavimento são constantes para as diversas faixas de cargas.

O comportamento do solo foi simulado com a utilização de molas situadas nos nós dos elementos e com rigidez equivalente à de suas respectivas áreas de influência.

Da mesma forma, as cargas foram aplicadas nos nós dos elementos afetados, com valores equivalentes aos das cargas atuantes em suas respectivas áreas de influência.

Para verificação da aplicabilidade do MEF, foram mantidas as características do exemplo mencionado em [1], quais sejam (figura 1):

- a) Placa de concreto com 3,60m de largura, 6,00m de comprimento e 0,20m de espessura;
- b) Concreto com módulo de elasticidade de $2,8 \text{ E}+5 \text{ kgf/cm}^2$ e coeficiente de Poisson de 0,15;

c) Solo com coeficiente de recalque k de $5,0 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$;

d) Para deslocar-se sobre a placa, veículo de eixos em tandem triplo, com distância entre eixos de $1,25\text{m}$, distância entre centros de rodas duplas de $1,80\text{m}$ e distância entre centros de pneus de $0,30\text{m}$, com carga total de $35,0 \text{ tf}$ igualmente distribuída entre os pneus. A área de contato do pneu com a placa, por simplicidade, foi adotada como retangular (os elementos finitos adotados foram retangulares), com mesma largura de contato e área equivalente à do exemplo descrito em [1] (figura 2);

e) Deslocando-se o veículo sobre a placa determinou-se a intensidade máxima dos momentos fletores para cada posição do veículo, o que permitiu determinar o valor máximo maximum. O resultado foi comparado com o calculado em [1].

Adotando-se o veículo-tipo da NBR 7188 (figura 3), com distância entre eixos de $1,50\text{m}$, distância entre centro de rodas de $2,00\text{m}$, área de contato de cada roda de $0,20\text{m} \times 0,50\text{m}$, mesma carga total de $35,0 \text{ tf}$ e repetidas as características dos itens a, b, c e e, os resultados também foram comparados com os calculados em [1].

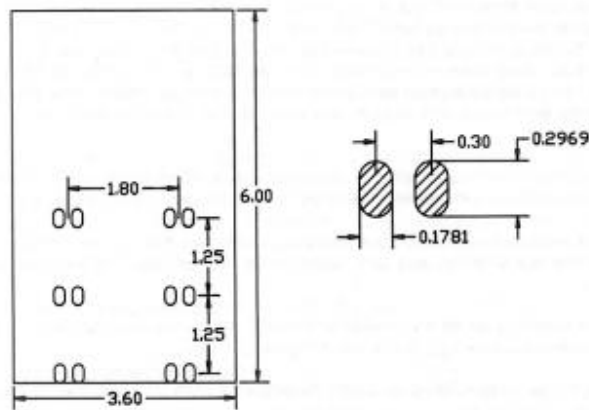


Figura 1 - Esquema de carregamento adotado em [1]

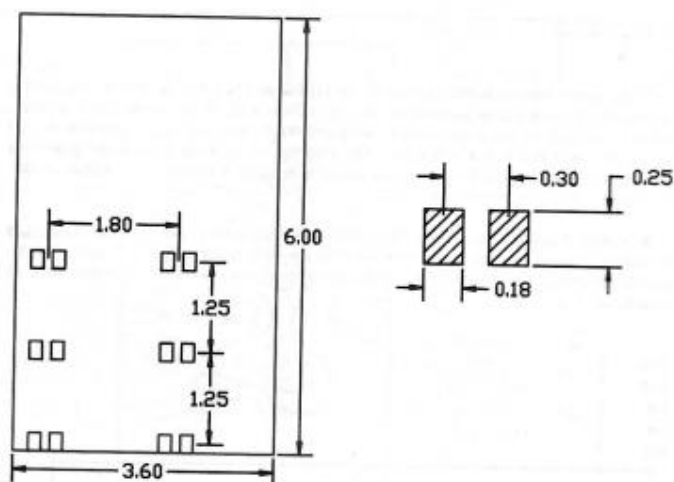


Figura 2 - Esquema de carregamento simplificado - MEF

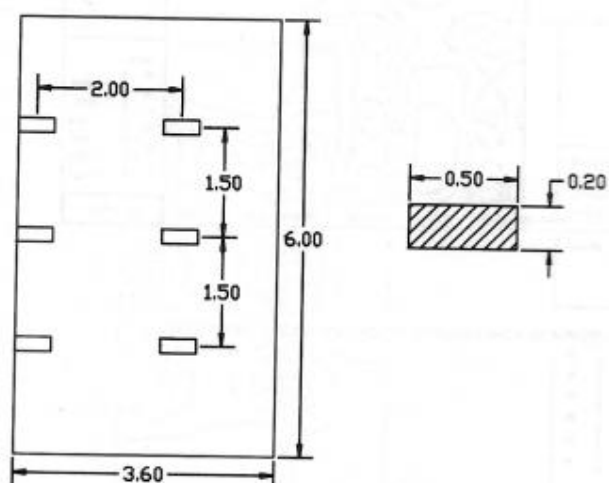


Figura 3 - Esquema de carregamento adotado com base na NBR 7188

4- RESULTADOS

O momento fletor máximo calculado em [1] foi de $1507 \text{ kgf} \times \text{cm} / \text{cm}$, com o veículo situado junto à borda transversal da placa (figura 1). O momento fletor máximo obtido pelo MEF, utilizando o veículo-tipo simplificado e mesma posição prevista em [1] (figura 2), foi de $1500 \text{ kgf} \times \text{cm} / \text{cm}$. Os valores de mesma ordem de grandeza evidenciam a equivalência dos métodos de cálculo. A figura 4 mostra o diagrama de iso-momentos na placa para este caso.

Alterando a posição do veículo-tipo no interior da placa foi possível constatar que o valor máximo máximo do momento fletor foi de $1600 \text{ kgf} \times \text{cm} / \text{cm}$, com veículo-tipo situado na posição indicada na figura 3, cujo diagrama de iso-momentos encontra-se na figura 5.

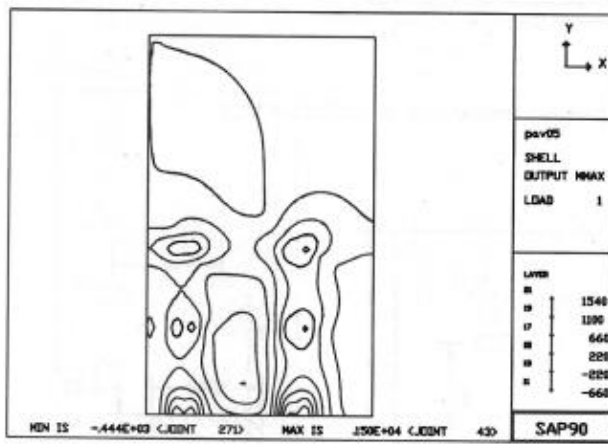


Figura 4 - Diagrama de iso-momentos. Placa carregada conforme [1]

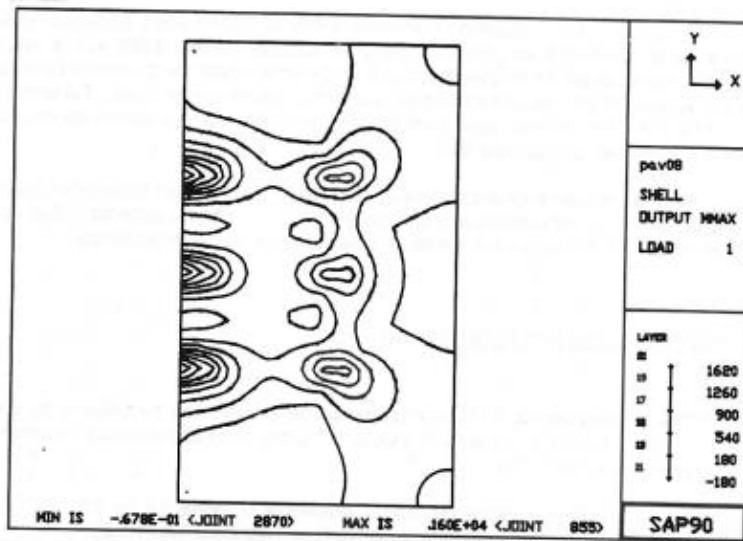


Figura 5 - Diagrama de iso-momentos. Condição mais desfavorável de carregamento.

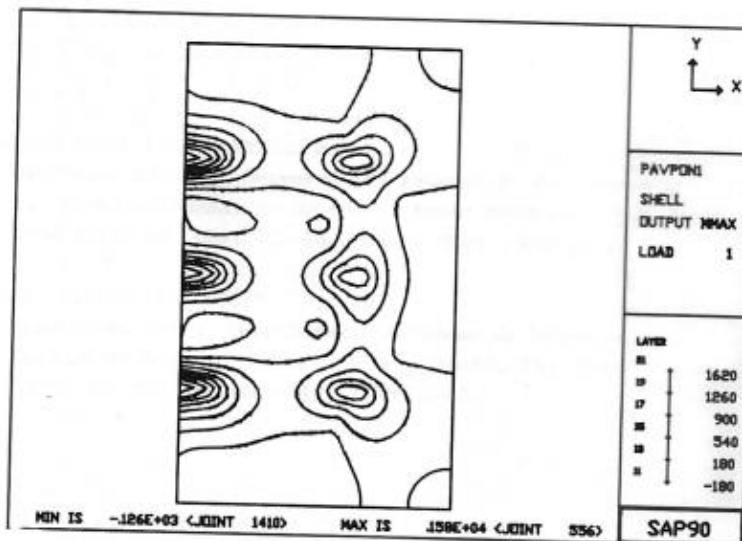


Figura 6 - Diagrama de iso-momentos. Carregamento da NBR-7188

O momento fletor máximo obtido pelo MEF, utilizando veículo-tipo da NBR-7188 (figura 3) e mantendo as demais hipóteses básicas foi de 1580 kgf x cm / cm, praticamente igual ao da análise anterior e da mesma ordem de grandeza do calculado em [1]. A figura 6 mostra o diagrama de iso-momentos para este caso. Tal constatação permite a simplificação das condições de carregamento, quer utilizando os métodos da PCA e ABCP, quer utilizando o MEF.

Na análise pelo MEF é possível ainda analisar placas com dimensões quaisquer, alterar as características da placa e do solo e visualizar o comportamento global da placa sob efeito do veículo, com suas zonas de solicitações e de deslocamentos.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PITTA, Márcio Rocha - Dimensionamento de pavimentos rodoviários de concreto para o caso de eixos tandem triplos. 1º Congresso Brasileiro de Pavimentos de Concreto - PAVICON.
- [2] NBR 7188 - "Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre", Norma Brasileira, Associação Brasileira de Normas Técnicas, dez./1982.

