

Ferreira, Myrian Renata Dias

O método dos elementos finitos aplicado a uma formulação mista da teoria das placas / M.R.D. Ferreira, H. de B. Costa. -- São Paulo : EPUSP, 1994.

14p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, BT/PEF/9411)

1. Elementos finitos - Aplicações 2. Placas - Teoria I. Costa, Henrique de Britto II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações III. Título IV. Série

CDU 519.60a
624.073.1

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Deptº de Engenharia de Estruturas e Fundações

ISSN 0103-9822

BT/PEF/9411

**O Método dos Elementos Finitos
Aplicado a uma Formulação Mista da
Teoria das Placas**

**Myriam Renata Dias Ferreira
Henrique de Britto Costa**



Escola Politécnica - EPBC



31200053685

São Paulo - 1994

O Método dos Elementos Finitos aplicado a uma Formulação Mista da Teoria das Placas

(The Finite Element Method applied to a Mixed Formulation
of the Theory of Plates)

Myriam Renata Dias Ferreira
Henrique de Britto Costa

Resumo

Este artigo apresenta uma formulação mista do método dos elementos finitos, introduzido pelo método de Galerkin, para placas delgadas de formato arbitrário, em regime de resposta linear. São discretizados os campos de deslocamentos, rotações e momentos.

Algumas das condições de contorno são introduzidas indiretamente, por meio de equações de vínculo. Essas equações são consideradas sob a forma de uma solução aproximada. Então, o método dos resíduos ponderados é utilizado nas versões de Galerkin e de mínimos quadrados a fim de gerar a solução final.

Como aplicação, apresenta-se um exemplo de placa de contorno triangular.

Abstract

A mixed formulation of the finite element method for thin plates of arbitrary shape is presented. Assumptions of material and geometrical linearity are made. The finite element method is derived from the weighted residual method, under Galerkin's assumption. In addition to displacements and rotations, the bending and twisting moments are discretized separately to generate the approximate solution.

The boundary conditions for the arbitrarily shaped plates are introduced by means of constraint equations. To solve the system the constraint equations are introduced as an approximate solution. Then the weighted residual method is applied in its Galerkin and least squares forms to generate the final solution.

As an example problem, the analysis of a triangular plate is presented.

1 Introdução

Neste boletim apresenta-se uma formulação mista para placas delgadas, fundamentada nas hipóteses de Kirchhoff, em teoria de primeira ordem. Considera-se o material da placa homogêneo e isotrópico, e adota-se a linearidade física (lei de Hooke) nas equações constitutivas.

O contorno da placa pode ser uma curva qualquer, e quatro condições de fronteira serão consideradas, entre as quais o engastamento, o apoio simples e a borda livre.

Utilizam-se elementos finitos na discretização, introduzidos por intermédio do método de Galerkin. Os parâmetros nodais são os deslocamentos transversais w , as rotações α e β , assim como os momentos fletores M_x e M_y , e o momento de torção M_{xy} .

2 Formulação Diferencial

Utiliza-se a notação técnica usual, TIMOSHENKO [2].

- Equilíbrio de forças:

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = -p. \quad (1)$$

- Equilíbrio de momentos:

$$Q_x = \frac{\partial M_x}{\partial x} - \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} \quad (2)$$

$$Q_y = \frac{\partial M_y}{\partial y} - \frac{\partial M_{xy}}{\partial x}. \quad (3)$$

- Rotações:

$$\alpha = \frac{\partial w}{\partial x} \quad (4)$$

$$\beta = \frac{\partial w}{\partial y}. \quad (5)$$

- Relações momento-curvatura:

$$M_x = -D \left(\frac{\partial \alpha}{\partial x} + \nu \frac{\partial \beta}{\partial y} \right) \quad (6)$$

$$M_y = -D \left(\frac{\partial \beta}{\partial y} + \nu \frac{\partial \alpha}{\partial x} \right) \quad (7)$$

$$M_{xy} = D \frac{(1 - \nu)}{2} \left(\frac{\partial \alpha}{\partial y} + \frac{\partial \beta}{\partial x} \right) . \quad (8)$$

As oito expressões (1) a (8) comandam o comportamento de um elemento infinitesimal da placa. Trata-se de uma formulação mista, porquanto seria possível reduzir o número dessas equações, por meio da eliminação de algumas das variáveis envolvidas, ZIENKIEWICZ [3].

Por exemplo, os momentos poderiam ser descartados, por intermédio da injeção das relações momento-curvatura nas equações de equilíbrio (2) e (3). Outra formulação mista (em termos dos momentos e do deslocamento transversal) pode ser obtida, por meio de duas operações: a introdução das rotações nas relações momento-curvatura, e as equações (2) e (3) na equação (1), ZIENKIEWICZ [4].

No presente estudo eliminam-se as forças cortantes, o que se consegue pela introdução de (2) e (3) na equação de equilíbrio de forças. Com isso logra-se preservar — como incógnitas primárias — além dos momentos (cujo interesse é grande), também as rotações. A presença destas últimas, como parâmetros nodais, facilita a imposição de certas condições de contorno.

3 Condições de Contorno

- Engastamento:

$$w = 0 \quad (9)$$

$$\alpha = 0 \quad (10)$$

$$\beta = 0 . \quad (11)$$

- Apoio Simples:

$$w = 0$$

$$M_n = \overline{M}_n \quad (12)$$

$$\frac{\partial w}{\partial s} = \text{grad } w \cdot \mathbf{t} = 0 . \quad (13)$$

Das condições (12) e (13) resultam, respectivamente:

$$M_x \cos^2 \delta + M_y \sin^2 \delta - 2M_{xy} \sin \delta \cos \delta = \overline{M_n} \quad (14)$$

$$\alpha(-\sin \delta) + \beta(\cos \delta) = 0 , \quad (15)$$

sendo δ o ângulo que a normal externa \mathbf{n} ao contorno faz com o eixo x , e \mathbf{t} o versor tangente.

- Borda Livre:

$$Q_n = \overline{Q_n} \quad (16)$$

$$M_n = \overline{M_n}$$

$$M_{nt} = \overline{M_{nt}} \quad (17)$$

Das expressões (16) e (17) obtêm-se, na ordem:

$$Q_x \cos \delta + Q_y \sin \delta = \overline{Q_n} \quad (18)$$

$$(M_x - M_y) \sin \delta \cos \delta + M_{xy}(\cos^2 \delta - \sin^2 \delta) = \overline{M_{nt}} . \quad (19)$$

- Engastamento Móvel:

$$Q_n = \overline{Q_n}$$

$$\frac{\partial w}{\partial n} = \text{grad } w \cdot \mathbf{n} = 0 \quad (20)$$

$$M_{nt} = 0 . \quad (21)$$

As duas últimas condições (20) e (21) podem ser escritas, respectivamente, como:

$$\alpha(\cos \delta) + \beta(\sin \delta) = 0 \quad (22)$$

$$(M_x - M_y) \sin \delta \cos \delta + M_{xy}(\cos^2 \delta - \sin^2 \delta) = 0 . \quad (23)$$

4 Formulação Integral

Seja $\gamma = \gamma(x, y)$ uma função arbitrária, contínua e diferenciável, definida no domínio Ω da placa. De (1) vem:

$$\iint_{\Omega} \gamma \left(\frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} + p \right) d\Omega = 0 . \quad (24)$$

Como se sabe, a exatidão da expressão integral (24), não obstante a arbitrariedade da função de ponderação γ , implica na rigorosa obediência da equação diferencial (1) em todos os pontos de Ω .

Integrando-se por partes as duas primeiras parcelas do lado esquerdo de (24), fica:

$$-\iint_{\Omega} \left(\frac{\partial \gamma}{\partial x} Q_x + \frac{\partial \gamma}{\partial y} Q_y \right) d\Omega + \iint_{\Omega} \gamma p d\Omega + \int_{\Gamma} \gamma (Q_x \cos \delta + Q_y \sin \delta) d\Gamma = 0 . \quad (25)$$

Chama-se a expressão (25) de a "forma fraca" de (24). Considerando-se (2), (3) e (18), da forma fraca (25) resulta, finalmente:

$$\begin{aligned} \iint_{\Omega} \left[\frac{\partial \gamma}{\partial x} \left(\frac{\partial M_x}{\partial x} - \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial \gamma}{\partial y} \left(\frac{\partial M_y}{\partial y} - \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} \right) \right] d\Omega = \\ = \iint_{\Omega} \gamma p d\Omega + \int_{\Gamma} \gamma \overline{Q_n} d\Gamma . \end{aligned} \quad (26)$$

Por outro lado, das equações (4), (5), (6), (7) e (8) obtêm-se, de forma direta:

$$\iint_{\Omega} \gamma \left[\alpha - \frac{\partial w}{\partial x} \right] d\Omega = 0 \quad (27)$$

$$\iint_{\Omega} \gamma \left[\beta - \frac{\partial w}{\partial y} \right] d\Omega = 0 . \quad (28)$$

$$\iint_{\Omega} \gamma \left[M_x + D \left(\frac{\partial \alpha}{\partial x} + \nu \frac{\partial \beta}{\partial y} \right) \right] d\Omega = 0 \quad (29)$$

$$\iint_{\Omega} \gamma \left[M_y + D \left(\frac{\partial \beta}{\partial y} + \nu \frac{\partial \alpha}{\partial x} \right) \right] d\Omega = 0 \quad (30)$$

$$\iint_{\Omega} \gamma \left[M_{xy} - \frac{D(1-\nu)}{2} \left(\frac{\partial \alpha}{\partial y} + \frac{\partial \beta}{\partial x} \right) \right] d\Omega = 0 \quad (31)$$

Das seis expressões (26) a (31) podem ser obtidas soluções aproximadas para o problema, conforme se verá nos próximos itens. As incógnitas são, na ordem: w , α , β , M_x , M_y e M_{xy} .

5 Discretização. Elementos Finitos

Seja a seguinte solução aproximada, em notação indicial (convenção da somatória):

$$\begin{aligned}w &= w_j \phi_j \\ \alpha &= \alpha_j \phi_j \\ \beta &= \beta_j \phi_j \\ M_x &= (M_x)_j \phi_j \\ M_y &= (M_y)_j \phi_j \\ M_{xy} &= (M_{xy})_j \phi_j ,\end{aligned}\tag{32}$$

onde ϕ_j representa a função de forma do primeiro grau associada ao elemento finito triangular (CST).

Introduzindo-se (32) nas expressões integrais (26) a (31), nas quais se impõe $\gamma = \phi_i$ (hipótese de Galerkin), logra-se chegar ao seguinte sistema de equações algébricas lineares:

$$\mathbf{M} \mathbf{x} = \mathbf{m} ,\tag{33}$$

sendo:

$$\mathbf{x} = \begin{Bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \vdots \end{Bmatrix} ,\tag{34}$$

e:

$$\mathbf{x}_j = \begin{Bmatrix} w_j \\ \alpha_j \\ \beta_j \\ (M_x)_j \\ (M_y)_j \\ (M_{xy})_j \end{Bmatrix} .\tag{35}$$

Também:

$$\mathbf{m} = \begin{Bmatrix} \mathbf{m}_1 \\ \mathbf{m}_2 \\ \vdots \end{Bmatrix} ,\tag{36}$$

e:

$$m_i = \left\{ \begin{array}{c} \iint_{\Omega} \phi_i p \, d\Omega + \int_{\Gamma} \phi_i \overline{Q_n} \, d\Gamma \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}. \quad (37)$$

A matriz dos coeficientes M é formada pelas submatrizes M_{ij} , dadas por:

$$M_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & E_{ij} & F_{ij} & -G_{ij} \\ -B_{ij} & A_{ij} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -C_{ij} & 0 & A_{ij} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & D [B_{ij}] & \nu D [C_{ij}] & A_{ij} & 0 & 0 \\ 0 & \nu D [B_{ij}] & D [C_{ij}] & 0 & A_{ij} & 0 \\ 0 & -\frac{D(1-\nu)}{2} [C_{ij}] & -\frac{D(1-\nu)}{2} [B_{ij}] & 0 & 0 & A_{ij} \end{bmatrix}, \quad (38)$$

sendo:

$$A_{ij} = \iint_{\Omega} \phi_i \phi_j \, d\Omega$$

$$B_{ij} = \iint_{\Omega} \phi_i \frac{\partial \phi_j}{\partial x} \, d\Omega$$

$$C_{ij} = \iint_{\Omega} \phi_i \frac{\partial \phi_j}{\partial y} \, d\Omega$$

$$E_{ij} = \iint_{\Omega} \frac{\partial \phi_i}{\partial x} \frac{\partial \phi_j}{\partial x} \, d\Omega$$

$$F_{ij} = \iint_{\Omega} \frac{\partial \phi_i}{\partial y} \frac{\partial \phi_j}{\partial y} \, d\Omega$$

$$G_{ij} = \iint_{\Omega} \left(\frac{\partial \phi_i}{\partial x} \frac{\partial \phi_j}{\partial y} + \frac{\partial \phi_i}{\partial y} \frac{\partial \phi_j}{\partial x} \right) d\Omega.$$

Como se pode ver, a matriz M é assimétrica, pois:

$$M_{ij} \neq M_{ji}^*. \quad (39)$$

6 Equações de vínculo

As condições de contorno que dizem respeito ao engastamento ($w = 0$ e $\alpha = \beta = 0$) são introduzidas na formulação de modo direto, simplesmente eliminando-se as linhas e colunas do sistema matricial (33) associadas aos parâmetros nodais em questão. O mesmo pode-se dizer com relação à primeira das condições ligadas ao apoio livre ($w = 0$).

Por outro lado, a primeira das condições relativas aos casos de borda livre e engastamento móvel ($Q_n = \overline{Q}_n$) já foi introduzida, indiretamente, por meio da integração por partes da expressão integral (24), como se pode concluir da observação da forma fraca resultante (25).

Assim, restam, após o que foi visto acima, três tipos de contorno (*apoio simples, borda livre e engastamento móvel*), cada qual com duas condições a serem impostas. Tais condições se reduzem a certas relações entre os parâmetros dos pontos nodais alojadas ao longo da fronteira, e só podem ser introduzidas pela consideração das chamadas equações de vínculo ou de restrição ("constraint equations").

Seja n o número total de nós da placa discretizada, situados no domínio e no contorno. Dentre esses n pontos nodais, seja m o número deles que caem sobre a fronteira (com exceção do engastamento).

As equações de vínculo, no formato matricial, são dadas por:

$$C \mathbf{x} = \mathbf{c}, \quad (40)$$

com a seguinte partição:

$$\begin{bmatrix} C_{11} & \dots & C_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ C_{m1} & \dots & C_{mn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \mathbf{c}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{c}_m \end{Bmatrix}. \quad (41)$$

Considere-se que P_j seja o i -ésimo ponto nodal, dentre os m pertencentes à fronteira. Nessas condições ($C = \cos \delta_j$ e $S = \sin \delta_j$):

- Se P_j é ponto nodal de **apoio simples**, então, em consequência de (14) e (15), ter-se-ão:

$$C_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & C^2 & S^2 & -2CS \\ -S & C & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_{ik} = \mathbf{0} \quad \text{para } k \neq j$$

$$c_i = \left\{ \begin{array}{c} (\overline{M_n})_j \\ 0 \end{array} \right\} .$$

- Se P_j pertence a uma **borda livre**, virão, de acordo com (14) e (19):

$$C_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & C^2 & S^2 & -2CS \\ 0 & 0 & 0 & CS & -CS & C^2 - S^2 \end{bmatrix}$$

$$C_{ik} = \mathbf{0} \quad \text{para } k \neq j$$

$$c_i = \left\{ \begin{array}{c} (\overline{M_n})_j \\ (\overline{M_{nt}})_j \end{array} \right\} .$$

- Finalmente, se P_j pertencer a um **engastamento móvel**, decorrem, em virtude das expressões (22) e (23):

$$C_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & C & S & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & CS & -CS & C^2 - S^2 \end{bmatrix}$$

$$C_{ik} = \mathbf{0} \quad \text{para } k \neq j$$

$$c_i = \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 0 \end{array} \right\} .$$

7 Condensação

Cada equação de restrição presente em (40) possibilita a eliminação de uma incógnita. Como há $2m$ equações de restrição, $2m$ parâmetros nodais serão eliminados.

Suponha-se que seja feita uma partição em (40), de modo a se colocarem em primeiro lugar os parâmetros que serão **retidos** como incógnitas, e por último aqueles que serão **eliminados**, resultando:

$$\begin{bmatrix} C_r & C_e \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{c} \mathbf{x}_r \\ \mathbf{x}_e \end{array} \right\} = \mathbf{c} . \quad (42)$$

Uma partição semelhante pode ser feita no sistema original de equações (33):

$$\begin{bmatrix} M_{rr} & M_{re} \\ M_{er} & M_{ee} \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{c} \mathbf{x}_r \\ \mathbf{x}_e \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} \mathbf{m}_r \\ \mathbf{m}_e \end{array} \right\} . \quad (43)$$

De (42) vem (note-se que C_e é quadrada):

$$\mathbf{x}_e = -C_e^{-1}C_r\mathbf{x}_r + C_e^{-1}\mathbf{c} . \quad (44)$$

A expressão (44) e a identidade $\mathbf{x}_r = \mathbf{x}_r$ podem ser escritas numa única fórmula:

$$\mathbf{x} = \begin{Bmatrix} \mathbf{x}_r \\ \mathbf{x}_e \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} I \\ -C_e^{-1}C_r \end{bmatrix} \mathbf{x}_r + \begin{Bmatrix} \mathbf{0} \\ C_e^{-1}\mathbf{c} \end{Bmatrix} ,$$

ou seja:

$$\mathbf{x} = T\mathbf{x}_r + \mathbf{t} , \quad (45)$$

com:

$$T = \begin{bmatrix} I \\ -C_e^{-1}C_r \end{bmatrix} ,$$

e:

$$\mathbf{t} = \begin{Bmatrix} \mathbf{0} \\ C_e^{-1}\mathbf{c} \end{Bmatrix} .$$

Se for introduzida no sistema (43) uma solução aproximada $\tilde{\mathbf{x}}$, obtém-se o resíduo:

$$\mathbf{R} = M\tilde{\mathbf{x}} - \mathbf{m} . \quad (46)$$

A expressão (45) pode ser considerada uma solução aproximada, solução esta que leva em conta as restrições a serem impostas.

Sendo assim, o problema pode ser resolvido por meio do método dos resíduos ponderados. Há duas alternativas:

7.1 Galerkin

Aqui o resíduo deve ser ortogonalizado utilizando-se como fatores de ponderação os mesmos que aparecem na composição da solução aproximada, ou seja, deve-se ter:

$$T^*\mathbf{R} = \mathbf{0} . \quad (47)$$

Injetando-se a solução aproximada (45) na expressão (46), e o resultado desta operação na fórmula (47), obtém-se:

$$(T^*MT)x_r = T^*m - T^*Mt . \quad (48)$$

O sistema (48), uma vez resolvido, fornece x_r . Tendo x_r , recupera-se x_e por meio de (44). Note-se que a matriz dos coeficientes do sistema (48) é assimétrica.

7.2 Mínimos Quadrados

Trata-se agora de minimizar a soma dos quadrados dos resíduos:

$$S = R^*R . \quad (49)$$

A diferenciação da expressão acima produz:

$$dS = dR^*R + R^*dR = 2dR^*R . \quad (50)$$

Em virtude de (45) e (46) tem-se:

$$R = MTx_r + Mt - m . \quad (51)$$

Portanto:

$$R^* = x_r^*T^*M^* + t^*M^* - m^* .$$

Assim:

$$dR^* = dx_r^*T^*M^* . \quad (52)$$

Levando-se as expressões (51) e (52) em (50), vem:

$$dS = 2dx_r^*[(T^*M^*MT)x_r + T^*M^*Mt - T^*M^*m] \quad (53)$$

Para que se tenha $dS = 0$, quaisquer que sejam dx_r , é preciso que a expressão entre colchetes no lado direito de (53) se anule. Em outras palavras:

$$(T^*M^*MT)x_r = T^*M^*m - T^*M^*Mt . \quad (54)$$

Do sistema de equações (54) obtém-se x_r . Em seguida, com (44) recupera-se x_e . Note-se que agora a matriz dos coeficientes é simétrica.

Para encerrar este item, uma observação deve ser feita. Da comparação de (48) com (54), conclui-se que o método dos mínimos quadrados pode ser considerado como o método de Galerkin, usando-se como fatores de ponderação não a matriz T , mas sim a matriz dos coeficientes M aplicada a T , ou seja, MT em vez de T . Esse fato está em perfeita concordância com CRANDALL [1], páginas 231 e 232.

8 Exemplo de Aplicação

Seja uma placa com o formato de um triângulo equilátero de lado $l = \frac{2a}{\sqrt{3}}$, sendo $a = 120\text{cm}$ a altura do triângulo. A espessura da placa é $h = 2\text{cm}$, e o contorno é do tipo simplesmente apoiado. O carregamento consiste numa carga uniformemente distribuída de valor $p = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ tf/cm}^2$. Os parâmetros reológicos do material da estrutura são $E = 2100 \text{ tf/cm}^2$ e $\nu = 0,3$.

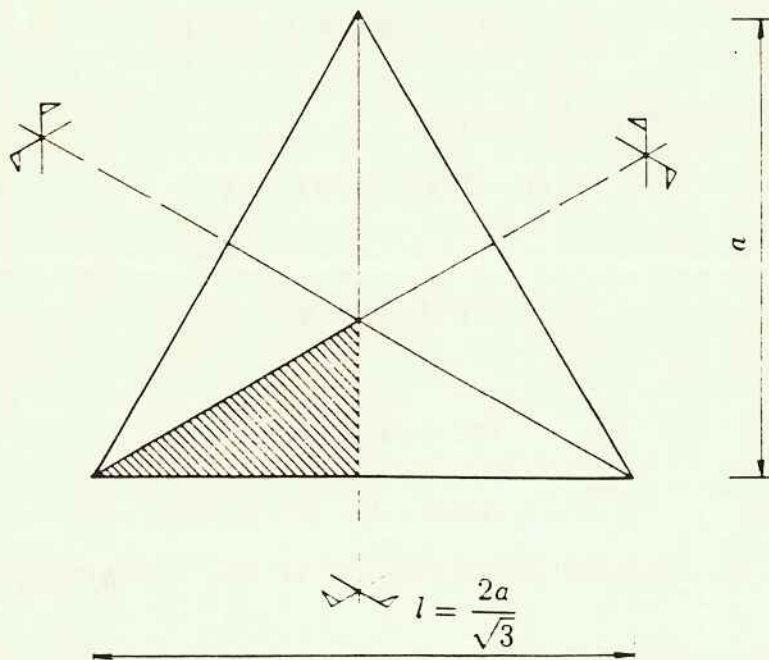


Figura 1: Placa triangular simplesmente apoiada com carregamento transversal distribuído.

Como há três eixos de simetria, considerar-se-á apenas uma parte da placa,

mostrada em hachurado na figura 1. A discretização será feita com quatro elementos finitos, conforme a figura 2.

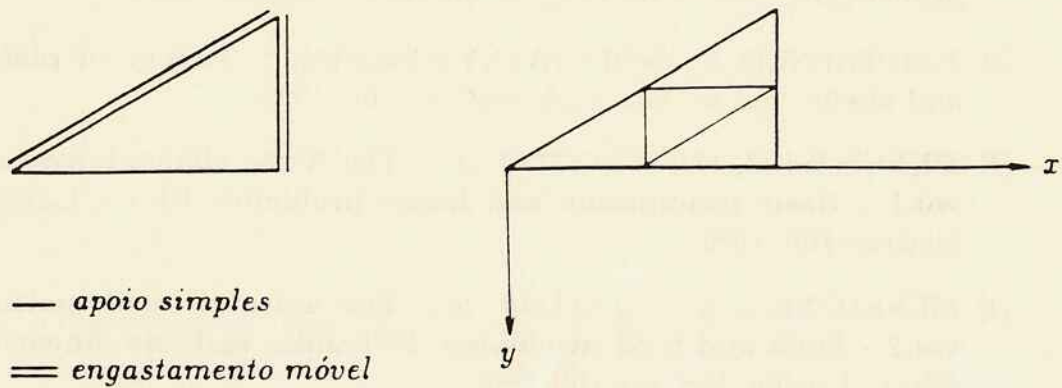


Figura 2: (a) Um sexto da placa. (b) Malha de elementos finitos triangulares.

Comparam-se os resultados encontrados com a solução analítica de TIMOSHENKO [2].

Obteve-se, com a formulação mista, o deslocamento no centro da placa de valor $w = 0,391 \text{ cm}$, enquanto que a solução analítica prevê um deslocamento $w = 0,347 \text{ cm}$. O erro é, portanto, de:

$$\text{erro} = \frac{0,391 - 0,347}{0,347} \cdot 100 = 12,68 \%$$

Quanto aos momentos, com a formulação mista aqui desenvolvida, chegou-se, no centro da placa, aos valores $M_x = M_y = 0,748 \text{ tf.cm}$, enquanto que, pela solução analítica, os valores corretos são dados por $M_x = M_y = 0,867 \text{ tf.cm}$. Assim, o erro cometido foi de:

$$\text{erro} = \frac{0,748 - 0,867}{0,867} \cdot 100 = -13,72 \%$$

Como se pode ver, os erros não são grandes, tendo em vista que a malha adotada é relativamente grosseira. É de se esperar que os resultados melhorem substancialmente com o uso de um número maior de elementos finitos.

Referências

- [1] CRANDALL, S.H. **Engineering analysis. A survey of numerical procedures.** New York, McGraw-Hill Book Company, 1956.
- [2] TIMOSHENKO, S.; WOINOWSKY-KRIEGER, S. **Theory of plates and shells.** 2nd ed. New York, McGraw-Hill, 1959.
- [3] ZIENKIEWICZ, O.C.; TAYLOR, R.L. **The finite element method vol.1 - Basic formulation and linear problems.** 4th ed. London, McGraw Hill, 1989.
- [4] ZIENKIEWICZ, O.C.; TAYLOR, R.L. **The finite element method vol.2 - Solid and fluid mechanics. Dynamics and non-linearity.** 4th ed. London, McGraw Hill, 1991.

BOLETINS PUBLICADOS

- 8501 - "Métodos Variacionais Aplicados à Estabilidade dos Taludes e Fundações" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8502 - "O Processo de Cross Derivado do Método dos Deslocamentos" - JOÃO CYRO ANDRÉ
- 8503 - "Fundações por Bloco" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8504 - "Investigação Experimental sobre o Valor Limite W_u das Tensões de Cisalhamento no Concreto Estrutural" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 8505 - "Investigação Experimental sobre o Cisalhamento em Lajes de Concreto Armado" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 8506 - "Cálculo das Alterações de Tensão, ao Longo do Tempo, nas Peças de Concreto Protendido: Procedimentos Diretos, Simples, Alternativos ao do CIB" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8507 - "Elementos de Cálculo Variacional e suas Aplicações nas Estruturas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8508 - "Spline Cúbico e suas Aplicações" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8509 - "Correlação Paramétrica Deformatória Flexão Composta, Concreto Armado" - PIETRO CANDREVA
- 8510 - "Lugares Geométricos Notáveis na Flexão Composta - Concreto Armado - PIETRO CANDREVA
- 8511 - "Regiões Deformatórias Notáveis Flexão Composta - Concreto Armado" - PIETRO CANDREVA
- 8512 - "Diagramas Momentos-Curvaturas Flexão Composta Normal - Seções Retangulares Armadura Qualquer nas Barras" - PIETRO CANDREVA
- 8601 - "Alterações, ao Longo do Tempo, dos Estados de Tensão nas Seções de Concreto, Armadas para Diferentes Etapas de Carregamento" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8602 - "Peças de Concreto Armadas com Barras Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8603 - "A Relaxação do Concreto e a Redistribuição das Tensões nas Peças Armadas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8604 - "Análise Não Linear de Treliças Especiais" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8605 - "Variação, no Tempo, do Estado de Tensão nas Seções de Concreto Armado" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8606 - "Evolução ao Longo do Tempo, das Tensões de Cisalhamento nas Vigas de Concreto Protendido" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO
- 8607 - "Cômputo de Fluência por Problemas de Estabilidade" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8608 - "Erros Usuais Cometidos nas Determinações das Tensões de Cisalhamento nas Peças de Altura Variável" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8609 - "Contribuição da Fluência do Aço, da Fluência e Retração do Concreto nos Deslocamentos Devidos à Flexão, nas Peças de Concreto Protendido" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8610 - "Sistema VX-IQB para Processamento de Textos Científicos" - IVAN DE QUEIROZ BARROS
- 8611 - "Análise Não Linear de Pórticos Planos" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8612 - "Erros a Serem Evitados no Cálculo de Pórticos, em Particular no dos Edifícios" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8613 - "Minima Correctio Methodi Inveniendi Lineas Curvas Elasticii" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8614 - "Nova Técnica para Codificações de Procedimentos Envolvendo Matrizes - Avaliação de Desempenho" - IVAN DE QUEIROZ BARROS
- 8615 - "Casos Especiais de Flambagem de Pórticos de Edifícios Altos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ

- 8616 - "Vigas Protendidas: Alterações das Tensões, das Deformações e dos Deslocamentos ao Longo do Tempo" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8701 - "Consideração sobre Não-Linearidade Geométrica em Estruturas Reticuladas Planas" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8702 - "Consideração da Não-Linearidade Geométrica em Estruturas Laminares Planas" - Parte I - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8703 - "Consideração da Não-Linearidade Geométrica em Estruturas Laminares Planas" - Parte II - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8704 - "Estado Plano de Tensão (Método dos Resíduos Ponderados e Método dos Elementos Finitos)" - VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 8705 - "Aplicação das Equações de Diferenças a um Caso Particular de Estrutura" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8706 - "Verificação da Estabilidade dos Pilares de Pontes" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8707 - "Aplicação do Método Variacional ao Cálculo do Empuxo sobre as Paredes de Arrimo" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8708 - "Análise das Chapas em Regime Elasto-Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8709 - "Análise das Placas em Regime Elasto-Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8710 - "A Flambagem de Euler e a "Elástica" Revisitadas: Uma Formulação Unificada para os Cinco Casos Clássicos" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8711 - "Laje Protendida e Perdas de Protensão Resultantes da Retração, Fluência do Concreto e do Aço" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8712 - "O Método dos Elementos Finitos na Solução de Placa, Solicitadas no seu Plano ou Fletidas. Vinculação com o Método de Ritz" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8713 - "Sobre o Conceito de Corpo Material Linearmente Elástico" - PAULO BOULOS
- 8714 - "Rotações Finitas" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8715 - "Efeitos Estruturais de Segunda Ordem nas Treliças" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, YZUMI TAGUTI
- 8716 - "Estudo das Placas: Resíduos Ponderados e Elementos Finitos" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 8717 - "Estacas com Diversos Vínculos de Extremidades Modelo de Winkler. Coeficiente de Reação Lateral do Solo com Distribuição Uniforme" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8718 - "Estacas com Diversos Vínculos de Extremidades - Modelo de Winkler. Coeficiente de Reação Lateral do Solo com Distribuição Triangular" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8719 - "Estacas com Diversos Vínculos de Extremidades - Modelo de Winkler. Coeficiente de Reação Lateral do Solo com Distribuição Trapezoidal" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8720 - "Sobre a Matriz de Rigidez Tangente das Barras de Treliças Planas Sujeitas a Rotações Grandes" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8721 - "Um Método Geral para a Redução da Matriz de Rigidez Tangente de Elementos Finitos" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8722 - "A Matriz de Rigidez Tangente do Elemento de Pórtico Plano - Teoria de Timoshenko" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8801 - "Distribuição Transversal de Carga nas Pontes de Vigas Justapostas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8802 - "O Método de Galerkin no Problema das Placas Fletidas - Teoria de Reissner" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA
- 8803 - "Um Algoritmo para o Cálculo do Tensor Rotação e do Tensor das Deformações Logarítmicas em Problemas Incrementais" - PAULO DE MATTOS PIMENTA

- 8804 - "Um Algoritmo para a Integração das Tensões na Plasticidade Perfeita" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8805 - "Análise das Cascas Cilíndricas em Regime Elasto Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8806 - "Consideração do Efeito de Membrana nas Placas pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8807 - "Alteração do Estado de Tensão nas Estruturas Hiperestáticas Devida à Fluência do Aço, do Concreto e Retração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8808 - "O Método dos Mínimos Quadrados no Exame de alguns Casos de Instabilidade, Computada à Fluência do Material" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8809 - "A Matriz de Rigidez Tangente do Elemento de Pórtico Espacial" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8810 - "Consideração da Fluência do Material da Determinação da Carga Crítica das Barras Mergulhadas em Meio Elástico" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8811 - "Um Programa para Solução do Problema Generalizado de Autovalores e Autovetores para Matrizes Reais Densas" - PRISCILA GOLDENBERG, REYOLANDO M.L.R.F. BRASIL, MÁRCIA CIMERMANN
- 8812 - "Pilar de Pontes: Riscos dos Cálculos Correntes" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8813 - "Sugestões à Norma, em Discussão, sobre "Projeto de Estrutura de Concreto Protendido" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8814 - "Esforços Resistentes do Concreto" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8815 - "Tabelas Momento-Curvatura" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8816 - "Análise Não-Linear de Arcos" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8817 - "Estados Limites das Uniões Pregadas de Madeira" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO, PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 8818 - "O Emprego da Técnica de Aceleração da Convergência para a Resolução de Problemas Estruturais Através do Método dos Elementos Finitos por Algoritmo do Tipo Resíduo das Tensões" - FRANCISCO BRASILIENSE FUSCO JR., RUBENS AKEL
- 8819 - "Um Critério para o Estabelecimento dos Estimadores de Erro para os Elementos Finitos Adaptativos na Modalidade P" - FRANCISCO BRASILIENSE FUSCO JR., JARBAS a. GUEDES
- 8820 - "Non-Linear Finite-Element Formulation in Dynamic" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8821 - "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" de Newton: 300 Anos - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8822 - "A Estabilidade das Fundações Arenosas Estratificadas, Segundo V. V. Sokolovisky" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8823 - "Flambagem de Estacas Totalmente Enterradas. Solo com Coeficiente de Reação Variável" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8824 - "As Equações de Vlasov e a Estabilidade Espacial das Barras de Seção Delgada" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8825 - "Um Programa para Solução de Sistemas Lineares de Grande Porte - Aplicação à Engenharia de Estruturas" - PRISCILA GOLDENBERG, REYOLANDO M.L.R.F. BRASIL
- 8826 - "Sobre a Aceleração do Centro Instantâneo de Rotação" - NELSON ACHCAR, PAULO BOULOS
- 8827 - "Esforços Resistentes do Concreto" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8828 - "Tabelas Momento-Curvatura" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8901 - "A Estimativa da Coesão para o Cálculo da Estabilidade de Aterros e Fundações sobre Argilas Moles" - CARLOS DE SOUSA PINTO
- 8902 - "Treliças Espaciais de Madeira em Regime Viscoelástico sob Não-Linearidade Geométrica" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, TAKASHI YOJO

- 8903 - "O Método dos Prismas Equivalentes Aplicado ao Cálculo das Variações de Tensão, ao Longo do Tempo, nas Seções de Concreto" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8904 - "Efeitos de Laje Concretada Posteriormente sobre Viga Protendida" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ, JOSÉ LOURENÇO BRAGA DE ALMEIDA CASTANHO
- 8905 - "O Cálculo das Grelhas de Pontes pelo Método de Courbon: Uma Hipótese por Demonstrar" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8906 - "Erosão - Erosão em Área Urbana - Erosão Associada à Construção de Estradas Vicinais" - VERA MARY NINETA COZZOLINO
- 8907 - "Solos Tropicais - Proposta de Classificação Baseada nas Características de Compactação" - VERA MARY NINETA COZZOLINO
- 8908 - "Método Variacional de Cálculo de Construções Estaiadas sob Cargas Dinâmicas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8909 - "Métodos Aproximados de Determinação de Frequência de Vibração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8910 - "Non-Linear Analysis of Plane Framer I. Quasi-Static Analysis of Plane Framer with Initially Curved Members" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8911 - "Non-Linear Analysis of Plane Framer II. Dynamic Analysis of Plane Framer with Initially Curved Members" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8912 - "Derivation of Tangent Stiffness Matrices of Simple Finite Elements I. Straight Bar Elements" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8913 - "A Stress Integration Algorithm for the Analysis of Elastic-Plastic Solids by the Finite Element Method I. Small Deformation Analysis" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8914 - "A Stress Integration Algorithm For the Analysis of Elastic-Plastic Solids by the Finite Elements Method II. Large Deformation Analysis" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8915 - "Flambagem de Estacas Parcialmente Enterradas Solo com Coeficiente de Recalque Constante" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8916 - "Caracterização da Deformabilidade na Elasticidade Linear" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 8917 - "Um Pacote de Subrotinas Matemáticas para o LMC" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 8918 - "Relatório de Subrotinas Matemáticas (I)" - PRISCILA GOLDENBERG, PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8919 - "Relatório de Subrotinas Matemáticas (II)" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 8920 - "Viga Contínua Mista Aço-Concreto, Conectada Elasticamente, sob a Ação da Fluência e Retração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8921 - "Relatórios de Subrotinas Matemáticas (III)" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 8922 - "O Problema da Flexão Plana na Teoria da Elasticidade dos Corpos Não Homogêneos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8923 - "Alterações das Tensões de Cisalhamento nas Peças de Concreto Protendido, devidas à Fluência e Retração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9001 - "Os Deslocamentos Devidos à Flexão das Vigas Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9002 - "Dinâmica das Estruturas Aporticadas Planas e Comportamento Geometricamente Não Linear" - REYOLANDO M.L.R.F. BRASIL, CARLOS e.N. MAZZILLI
- 9003 - "Teoria de Segunda Ordem das Placas - Estudo da Rigidez Secante" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9004 - "Influência das Tensões de Cisalhamento na Deformação da Viga sob o Regime Elasto-Plástico" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9005 - "Ainda a Estabilidade dos Sistemas Elásticos. Aceno Histórico. o Erro de Euler" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ

- 9006 - "A Origem das Funções de Bessel com algumas Aplicações em Problemas Estruturais" - AUGUSTO CARLOS DE VASCONCELOS
- 9007 - "Considerações sobre o Emprego do Teorema dos Trabalhos Virtuais na Resolução de Estruturas Hiperestáticas" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9008 - "Non-linear Finite-element Formulation in Dynamics II" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 9009 - "Fatores de Forma e Fatores de Carga Generalizados" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9010 - "Corpos Hiperelásticos Homogêneos Transversalmente Isotrópicos Não Ortotrópicos" - NELSON ACHCAR
- 9011 - "Análise das Cascas de Revolução em Regime Elasto Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - JOSÉ MARQUES FILHO, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9012 - "O Algoritmo de Mínimo Grau para Reordenação e Solução de Sistemas Lineares Esparsos" - PRISCILA GOLDENBERG, REYOLANDO M.L.R.F. BRASIL, SÉRGIO PINHEIRO
- 9101 - "Consideração da Não-Linearidade Física e da Não-Linearidade Geométrica na Análise das Placas pelo Método dos Elementos Finitos - Parte I" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9102 - "Introdução ao Estudo dos Pórticos Esbeltos - Matriz de Rigidez Secante" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, ALFONSO PAPPALARDO JR.
- 9103 - "Cálculo de Estruturas Sujeitas a Terremotos" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, SELMA H. SHIMURA
- 9104 - "Análise Não-Linear de Pórticos Espaciais - Parte I: Teoria e Método dos Elementos Finitos" - PAULO M. PIMENTA, TAKASHI YOJO
- 9105 - "Flambagem de Edifícios Altos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9106 - "Programas de Microcomputador para Análise Dinâmica de Estruturas nos Domínios do Tempo e da Frequência" - REYOLANDO M.L.R. DA F. BRASIL
- 9107 - "Variação nas Peças Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9108 - "Análise das Placas Sujeitas a Grandes Rotações Mediante o Uso do Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9109 - "Consideração Tópica sobre o Código Modelo 1990 do CEB-FIP" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9110 - "Materiais Compatíveis com as Barras Cujas Secções Normais Permanecem Planas" - NELSON ACHCAR
- 9111 - "Dinâmica das Placas: Elementos Finitos via Resíduos Ponderados" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, FLÁVIO JOSÉ GARZERI, REYOLANDO M.L.R. FONSECA BRASIL
- 9112 - "Estabilidade do Equilíbrio dos Sistemas no Campo Conservativo de Forças" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9113 - "Sobre a Estabilidade Elástica de Arcos Abatidos" - REYOLANDO M.L.R. FONSECA BRASIL, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9114 - "Considerações Teóricas sobre o Adensamento Secundário" - HELOÍSA HELENA SILVA GONÇALVES
- 9115 - "Teoria de Vlasov sobre Barras, Placas e Cascas, de Parede Fina, Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9201 - "Consideração da Não-Linearidade Física e da Não-Linearidade Geométrica na Análise das Placas pelo Método dos Elementos Finitos - Parte II" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9202 - "Sobre a Interpretação de Provas de Carga em Estacas Considerando as Cargas Residuais de Ponta e a Reversão do Atrito Lateral" - FAÍÇAL MASSAD
- 9203 - "Um Programa para Análise Limite de Pórticos Planos em Regime Elasto-Plástico" - REYOLANDO M.L.R. DA FONSECA BRASIL
- 9204 - "Equação Constitutiva das Barras Hiperelásticas Transversalmente Isotrópicas" - NELSON ACHCAR
- 9205 - "Análise Não-Linear de Pórticos Espaciais de Madeira" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, TAKASHI YOJO
- 9206 - "Perda de Estabilidade à Tração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ

- 9207 - "Teoria de Segunda Ordem das Placas - Estudo da Rigidez Tangente" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9208 - "Vibrações Não-Lineares de Placas" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, REYOLANDO M.L.R. DA FONSECA BRASIL, PAULO SHIGUEME IDE
- 9209 - "Variedades Vinculadas Reduzidas" - PAULO BOULOS, NELSON ACHCAR
- 9210 - "Estudo da Perda de Estabilidade. Segundo Critérios Dinâmicos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9211 - "Programas de Microcomputador para Análise Dinâmica de Estruturas - Parte II - Vários Graus de Liberdade" - REYOLANDO M.L.R. DA FONSECA BRASIL
- 9212 - "Otimização da Deposição de Rejeitos" - LUIZ GUILHERME F.S. DE MELLO
- 9213 - "Andros - a Finite Element Program From Nonlinear Dynamics" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI, REYOLANDO M.L.R. DA FONSECA BRASIL
- 9214 - "Considerações sobre o Cálculo Dinâmico de Estruturas Usando Transformadas de Fourier" - ALFREDO PINTO DA CONCEIÇÃO NETO, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9215 - "Placas Delgadas" - ALFONSO PAPPALARDO JUNIOR, HENRIQUE DE BRITTO COSTA
- 9216 - "Excitação Paramétrica em Sistemas com um Grau de Liberdade" - MÁRIO EDUARDO SENATORE SOARES, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 9301 - "PEFMAT - Relatórios de Subrotinas Matemáticas - Parte IV" - PRISCILA GOLDENBERG, PAULO DE MATTOS PIMENTA, MARCIA CIMERMAN
- 9302 - "Vibrações de Pórticos com Vigas de Rigidez Infinita" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9303 - "Direct Along-Wind Dynamic Analysis of Tall Structures" - MARIO FRANCO
- 9304 - Comportamento Pós-Crítico de Barra Delgada Protendida - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9305 - Os Polinômios Trigonômétricos na Solução de Problemas de Vibração Mecânica - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9306 - Linhas de Influência Dinâmicas para Deslocamentos, Momentos Fletores e Forças Cortantes nas Vigas Simples - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9307 - O Modelo Clam-Clay Revisto - JOSÉ JORGE NADER
- 9308 - Patologia da Concepção Estrutural: Danos por Efeitos de Segunda Ordem em Edifícios Altos, um Exemplo - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9309 - Vibração de Sistemas Não Lineares: Método de Aproximações Sucessivas - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9310 - Normalização dos Símbolos Gráficos para Projetos de Estruturas de Madeira - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9311 - Ensaio de Adensamento - HELOISA HELENA SILVA GONÇALVES
- 9312 - Comentários sobre a Normalização das Ações e Segurança nas Estruturas - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9313 - Introdução à Análise Dinâmica de Estruturas por Meio de Elementos Finitos - Parte I - Galerkin e Elementos Finitos - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, SELMA HISSAE SHIMURA
- 9314 - Vibrações Aleatórias na Dinâmica de Estruturas - REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL
- 9315 - Determinação da Equação para Cálculo do Momento Crítico à Flambagem Lateral - VALDIR PIGNATTA E SILVA, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9316 - Efeito dos Sismos nas Estruturas Apertadas - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9317 - As Estruturas Apertadas com Vigas de Rigidez Infinita, Submetidas ao Sismo - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9318 - Uma Proposta de Normalização das Resistências da Madeira Estrutural - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9319 - Resistência dos Materiais Anisotrópicos - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO

- 9401 - Soluções Analíticas para a Deformação do Material Elasto-Plástico Cam-Clay úteis na Interpretação de Ensaios Triaxiais com Diferentes Trajetórias de Tensão - JOSÉ JORGE NADER
- 9402 - Introdução à Fotoelasticidade por Reflexão - PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA, FRANCISCO ROURE FERNANDEZ, FREDERIC MARINON CARVAJAL
- 9403 - Numerical Conditioning in Structural Solutions: a Proposal for a new Condition Number - HENRIQUE LINDENBERG NETO
- 9404 - A Esbeltez Estrutural e sua Influência nas Frequências de Vibrações - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9405 - Determinação do Momento Crítico à Flambagem Lateral de Vigas de Aço - VALDIR PIGNATTA E SILVA, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9406 - Uma Análise dos Parâmetros de Ensaios Utilizados para Cálculo de Recalques por Adensamento - HELOISA HELENA SILVA GONÇALVES
- 9407 - Programação Matemática Aplicada à Análise Limite de Estruturas I - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG, ERNESTO COUTINHO COLLA
- 9408 - Programação Matemática Aplicada à Análise Limite de Estruturas II - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG, ERNESTO COUTINHO COLLA
- 9409 - Formulação de um Elemento Finito de Cabo Incorporando o Efeito do Atrito - RUY M. PAULETTI, PAULO M. PIMENTA
- 9410 - A Descrição do Domínio para o Projeto por Elementos Finitos - JOSÉ ANTONIO LEROSA SIQUEIRA, JOÃO CYRO ANDRÉ

