



MÉTODO MODIFICADO DA FUNÇÃO DE GREEN LOCAL (MLGFM):
 UMA NOVA ALTERNATIVA PARA A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DA MECÂNICA
 PARTE I - DESCRIÇÃO DO MÉTODO.

BARCELLOS, C.S.^[1]; BARBIERI, R.^[2]; MACHADO, R.D.^[3]; FILIPPIN, C.G.^[1]

[1] UFSC - Dept^o. Engenharia Mecânica. - GRANTE

[2] FEJ - Faculdade de Engenharia de Joinville - SC

[3] UFPr - Setor de Tecnologia - CESEC

SUMÁRIO

O Método Modificado da Função de Green Local (MLGFM) é um novo método integral que vem sendo utilizado com sucesso em diversas áreas da Mecânica. Associando elementos finitos aos de contorno, o método demonstra grande precisão, mesmo com malhas grosseiras. Na primeira parte deste artigo, apresenta-se uma revisão do MLGFM. Na segunda, são mostradas diversas aplicações, e os resultados comparados com os obtidos por soluções analíticas, pelo FEM, ou pelo BEM.

SUMMARY

The Modified Local Green's Function Method is a new integral method which has been applied with success in many branches of Mechanics. Joining finite and boundary elements, the method shows high precision, even with coarse meshes. At the first part of this paper, a MLGFM's overview is presented. At the second, several applications are shown, and results are compared with analytical, FEM's or BEM's solutions.

1. Introdução

Hoje em dia, os problemas da engenharia e da física podem ser formulados matematicamente por sistemas de equações diferenciais ou integrais, aos quais são adicionadas condições de contorno. Duas técnicas numéricas são empregadas com frequência: no primeiro caso, o Método dos Elementos Finitos (FEM); no segundo, o Método dos Elementos de Contorno (BEM).

O FEM, idealizado na década de 50, é o mais difundido, amplamente utilizado e, atualmente, suas bases matemáticas são melhor conhecidas [1]. O BEM, por outro lado, desenvolveu-se apenas a partir da década de 70, na medida em que as técnicas de discretização empregadas no FEM foram sendo a ele incorporadas, embora os processos integrais fossem conhecidos desde o final do século passado.

Um dos grandes atrativos do BEM é a possibilidade de discretização apenas do contorno. Assim, o volume de dados é menor, trabalhando-se com uma dimensão a menos do problema. Porém, necessita do conhecimento explícito de uma solução fundamental, o que restringe seu uso apenas aos casos em que tal solução seja disponível. A existência de integrais com singularidade forte também implica em tratamentos numéricos especiais, nem sempre eficientes. Beskos [2] sugere, como futuros desenvolvimentos para o BEM, o cálculo numérico da solução fundamental e/ou da função de Green, com técnicas de resíduos ponderados.

O Método Modificado da Função de Green Local (MLGFM) atende exatamente a proposição de Beskos. Baseado no Método da Função de Green Local (LGFM) usado por Burns [3] e Horak [4], e idealizado no final da década de 80 por Barcellos e Silva [4], o MLGFM aproxima localmente a Função de Green e utiliza o Método dos Elementos Finitos como método residual para aproximação dessa função. Explorando as técnicas consagradas do FEM e do BEM, o Método Modificado da Função de Green Local utiliza elementos finitos para, na base dos espaços por eles gerados, obter valores nodais, no domínio e no contorno, das projeções da Função de Green, utilizando-as, a seguir, num sistema integral, resolvido pelo Galerkin-BEM.

Inúmeras são as tentativas de associação do FEM com o BEM. A empregada pelo MLGFM resulta num sistema onde todas as integrais decorrentes da discretização do domínio e do contorno são suficientemente regulares, o que permite a utilização de técnicas convencionais para as integrações numéricas.

Analogamente a um método híbrido de elementos finitos, as variáveis envolvidas no MLGFM são tanto as primárias, como deslocamentos ou temperaturas, quanto as duais, como tensões e fluxos. Os resultados obtidos pelo novo método são muito precisos para os dois grupos de variáveis, mesmo com malha pouco refinada. Por associar duas técnicas consagradas, sua discretização também é muito simples.

Até o presente, diversas aplicações têm confirmado estas propriedades. Silva [6]

estabeleceu o formalismo matemático do método e o experimentou em problemas simples de hastes, vigas e membranas elásticas. Barbieri e Barcellos [10] estudaram o problema de potencial [7], e para solução de placas homogêneas [8]. Problemas dinâmicos de determinação das frequências naturais de vibração foram tratados por Philippin et alii. [9].

Para confirmar que o MLGFM pode ser empregado mesmo nos casos onde não se conhece uma solução fundamental apropriada, Barbieri e Barcellos [10] estudaram o problema de potenciais em campos não homogêneos. Problemas de potenciais singulares foram tratados em [11]. Machado e Barcellos [12] aplicaram o MLGFM ao caso de placas ortotrópicas laminadas. Barbieri et alii. [13] mostraram que, mesmo no caso de cascas, o novo processo pode ser empregado. Um estudo da convergência do método foi também realizado em [14,15], mostrando que o MLGFM apresenta características de superconvergência nodal.

O objetivo do presente trabalho é, na PARTE I, mostrar os aspectos formais e numéricos do Método Modificado da Função de Green Local. Na PARTE II, algumas aplicações são apresentadas, comparando os resultados do MLGFM com algumas soluções analíticas, com o Método dos Elementos Finitos, ou com o Método dos Elementos de Contorno, nos casos onde exista resposta deste.

2. Aspectos Formais do MLGFM

As etapas que serão a seguir apresentadas são gerais, e válidas para qualquer tipo de problema que possa ser expresso por um sistema de equações diferenciais e suas respectivas condições de contorno, como:

$$A u = b \quad \text{em } \Omega \quad (1)$$

e

$$N u = \eta \quad \text{em } \partial\Omega_n$$

$$D u = \gamma \quad \text{em } \partial\Omega_g \quad (2)$$

onde A , N e D são os operadores diferenciais do problema, de Neumann e de Dirichlet, respectivamente; Ω é um domínio aberto e limitado, possuindo um contorno $\partial\Omega = \partial\Omega_n \cup \partial\Omega_g$ suficientemente regular; $\partial\Omega_n$ e $\partial\Omega_g$ são as porções do contorno associadas a N e D , respectivamente; u é o vetor das incógnitas; e , b é o vetor dos termos conhecidos. Admite-se que o problema (1-2) seja "bem posto" [1], isto é, que as condições de contorno sejam prescritas adequadamente e que o vetor de excitação, b , seja suficientemente "bem comportado".

Considera-se, a seguir, o problema adjunto de (1), correspondente a uma excitação do tipo "função" Delta de Dirac, $\delta(P,Q)$, expresso por:

$$A^* G(P,Q) = \delta(P,Q) I \quad P, Q \in \Omega \quad (3)$$

onde A^* é o operador adjunto formal de A , I é o tensor identidade, e $G(P,Q)$ é o tensor solução fundamental, isto é, G_{ij} representa o "deslocamento generalizado" na direção i em um ponto $P \in \Omega$, devido a uma "força generalizada" unitária aplicada no ponto $Q \in \Omega$ atuando na direção j . O conhecimento explícito de $G(P,Q)$ muitas vezes é dificultado pela complexidade do operador A^* , pelas variações de propriedades do meio físico, e pelas relações constitutivas do material empregado.

Pré-multiplicando a equação (3) por $u^t(P)$ e a equação (1) por $G(P,Q)^t$, obtém-se, respectivamente,

$$u^t(P) A^* G(P,Q) = \delta(P,Q) u^t(P) I = \delta(P,Q) u^t(P) \quad (4)$$

$$G(P,Q)^t A u(P) = G(P,Q)^t b(P) \quad (5)$$

Subtraindo (5) do transposto de (4) e integrando no domínio Ω_p , isto é, fixando-se o sistema de coordenadas no ponto $P \in \Omega$, chega-se a:

$$u(Q) = \int_{\Omega} G(P,Q)^t b(P) d\Omega_p + \int_{\Omega} [A^* G(P,Q)]^t u(P) d\Omega_p - \int_{\Omega} G(P,Q)^t [A u(P)] d\Omega_p \quad (6)$$

Integrando-se por partes as duas últimas parcelas de (6) e observando-se que as integrais de domínio resultantes desta operação são automaticamente canceladas, obtém-se:

$$u(Q) = \int_{\Omega} G(P,Q)^t b(P) d\Omega_p + \int_{\partial\Omega} [N^* G(P,Q)]^t u(p) d\partial\Omega_p - \int_{\partial\Omega} G(P,Q)^t [N u(p)] d\partial\Omega_p \quad (7)$$

onde $d\partial\Omega_p$ representa um elemento infinitesimal de contorno $\partial\Omega$ com ponto $p \in \partial\Omega$ fixo, e N^* é o operador de Neumann associado a A^* .

Vale mencionar que a expressão (7) é inteiramente análoga à formulação direta do Método dos Elementos de Contorno (DBEM), onde a solução fundamental exigida e correspondente a (3), é aqui representada por $G(P,Q)$. Mesmo que fosse conhecida explicitamente uma solução fundamental para o problema, haveria ainda a dificuldade de solução numérica das integrais de contorno existentes em (7), que são muito singulares na presença dos operadores N e N^* , e necessitam de processos de solução dispendiosos.

O problema pode ser resolvido somando e subtraindo a seguinte quantidade na expressão (7)

$$G(p,Q)^t [N^* u(p)] \equiv [N^* G(p,Q)]^t u(p) \quad (8)$$

o que resulta na expressão básica do MLGFM que vale:

$$u(Q) = \int_{\Omega} G(P,Q)^t b(P) d\Omega_p - \int_{\partial\Omega} [(N^* + N^*) G(p,Q)]^t u(p) d\partial\Omega_p + \int_{\partial\Omega} G(p,Q)^t [(N + N^*) u(p)] d\partial\Omega_p \quad (9)$$

O operador N^* é arbitrário, e deve ser aplicado nas parcelas de contorno onde existam condições do tipo de Dirichlet homogêneas. Uma proposta simples e eficiente consiste na consideração de N^* na forma:

$$N^* = k_0 \delta_{ij} \quad (10)$$

sendo δ_{ij} o delta de Kronecker, e k_0 uma constante real não nula, que pode assumir qualquer valor, desde que não prejudique o condicionamento final do sistema de equações.

Impondo-se em (9) a condição

$$(N^* + N^*) G(p,Q) = 0 \quad (11)$$

a solução fundamental $G(P,Q)$ torna-se uma Função de Green, e a expressão básica do MLGFM resulta em:

$$u(Q) = \int_{\Omega} G(P,Q)^t b(P) d\Omega_p + \int_{\partial\Omega} G(p,Q)^t [(N + N^*) u(p)] d\partial\Omega_p \quad (12)$$

Na integral de contorno de (12) ainda persiste a parcela $(N^* + N^*) u(p)$ que envolve derivadas de $u(p)$ no sentido do traço, muito impróprias para a análise numérica. Mas, definindo-se

$$f(p) = (N + N^*) u(p) \quad (13)$$

este inconveniente fica resolvido, e $u(Q)$ passa a ser determinado por sua expressão final como

$$u(Q) = \int_{\Omega} G(P,Q)^t b(P) d\Omega_p + \int_{\partial\Omega} G(p,Q)^t f(p) d\partial\Omega_p \quad (14)$$

que é muito mais eficiente e confortável, em termos numéricos, por não envolver derivadas de qualquer espécie, o que elimina ou reduz as singularidades das integrais existentes em (14).

A solução de u determinada em (14) é válida para os pontos de domínio, $Q \in \Omega$. No contorno, para $q \in \partial\Omega$, usa-se a propriedade do traço [1], isto é,

$$u(q) = \lim_{Q \rightarrow q} u(Q) \quad q \in \partial\Omega, Q \in \Omega \quad (15)$$

resultando na seguinte expressão de contorno que, juntamente com (14), define completamente o problema:

$$u(q) = \int_{\Omega} G(P, q)^t b(P) d\Omega_p + \int_{\partial\Omega} G(p, q)^t f(p) d\Omega_p \quad (16)$$

3. Implementação Numérica do MLGFM.

As variáveis envolvidas nas expressões (14) e (16), por serem todas "suaves", podem ser expandidas em termos de funções de interpolação de domínio, $[\psi]$, ou de contorno, $[\phi]$, e de seus valores nodais fornecidos por elementos finitos ou de contorno, respectivamente. Assim, as variáveis $u(Q)$, $u(q)$, $b(P)$ e $f(p)$ podem ser aproximadas por:

$$u(Q) = [\psi](u)^D; \quad u(q) = [\psi](u)^C; \quad b(P) = [\psi](b); \quad f(p) = [\phi](f) \quad (17)$$

onde $\{u\}^D$ e $\{u\}^C$ são os valores nodais do vetor u no domínio e no contorno; e $\{b\}$ e $\{f\}$ são os valores nodais de b e f , respectivamente.

Substituindo (17) em (14), pré-multiplicando por $[\psi]^t$, e integrando ao longo do domínio, resulta no sistema:

$$A \{u\}^D = B \{f\} + C \{b\} \quad (18)$$

$$A = \int_{\Omega} [\psi(Q)]^t [\psi(Q)] d\Omega_Q; \quad B = \int_{\partial\Omega} G_d(P)^t [\phi(P)] d\Omega_p; \quad C = \int_{\partial\Omega} G_d(P)^t [\psi(P)] d\Omega_p \quad (19a)$$

$$G_d(P)^t = \int_{\Omega} [\psi(Q)]^t G(p, Q)^t d\Omega_Q; \quad G_d(P)^t = \int_{\Omega} [\psi(Q)]^t G(P, Q)^t d\Omega_Q \quad (19b)$$

Analogamente, substituindo (17) em (16), pré-multiplicando por $[\phi]^t$ e integrando ao longo do contorno, obtém-se:

$$D \{u\}^C = E \{f\} + F \{b\} \quad (20)$$

onde

$$D = \int_{\partial\Omega} [\phi(q)]^t [\phi(q)] d\Omega_q; \quad E = \int_{\partial\Omega} G_c(P)^t [\phi(P)] d\Omega_p; \quad F = \int_{\partial\Omega} G_c(P)^t [\psi(P)] d\Omega_p \quad (21a)$$

$$G_c(P)^t = \int_{\partial\Omega} [\phi(q)]^t G(p, q)^t d\Omega_q; \quad G_c(P)^t = \int_{\partial\Omega} [\phi(q)]^t G(P, q)^t d\Omega_q \quad (21b)$$

As variáveis $G_d(P)$ e $G_c(P)$ existentes em (19) correspondem às projeções da Função de Green no espaço gerado pelos elementos finitos. Analogamente, $G_c(P)$ e $G_c(p)$ em (21) representam as projeções da Função de Green, na base do espaço gerado pelos elementos de contorno, que são o traço da base do espaço dos elementos finitos.

Os valores prescritos ou desconhecidos das variáveis $\{u\}^C$ ou $\{f\}$ no contorno, identificados a seguir pelos índices p ou d , respectivamente, podem ser agrupados de tal forma a permitir que o sistema (20) seja re-escrito como:

$$\begin{bmatrix} D_p & D_d \\ \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_p \\ u_d \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} E_d & E_p \\ \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} f_d \\ f_p \end{Bmatrix} + F \{b\} \quad (22)$$

Da expressão anterior, os termos desconhecidos no contorno, de modo idêntico ao DBEM, ficam determinados por:

$$\begin{bmatrix} -E_d & D_d \\ \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} f_d \\ u_d \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -D_p & E_p \\ \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_p \\ f_p \end{Bmatrix} + F \{b\} \quad (23)$$

Uma vez determinados os termos desconhecidos no contorno através de (23), a resposta no domínio pode ser obtida diretamente por (18), levando-se à esta expressão, os valores de f_d determinados em (23).

4. Determinação das Projeções da Função de Green

Esta é uma das etapas mais importantes do MLGFM, pois das projeções da Função de Green, $G_d(P)$, $G_d(p)$, $G_c(P)$ e $G_c(p)$, dependem as matrizes B , C , E e F , nos sistemas (18) e (20). O processo aqui utilizado foi proposto por Barcellos e Silva [3] e consiste na solução de dois problemas associados, através do Método dos Elementos Finitos:

Problema 1: Excitação δ -Dirac no domínio.

$$A^* G(P, Q) = \delta(P, Q) I \quad V P, Q \in \Omega; \quad p \in \partial\Omega \quad (24)$$

dos custos computacionais pode ser obtida. De imediato, conclui-se que a matriz C é simétrica e que $B = F^t$. As matrizes A e D são análogas à matriz de massa e, envolvendo apenas operações com funções de interpolação, são facilmente determinadas. De (19) e de (21) conclui-se ainda que

$$B = F^t = A G_{CP} \quad ; \quad C = C^t = A G_{DP} \quad ; \quad E = [G_{CP}]^t D \quad (29)$$

Finalmente, deve-se ressaltar que, ao contrário do BEM, não há necessidade de integrações adicionais por parte do MLGFM para determinação da solução no domínio pois, substituindo-se (29) em (18), resulta:

$$\{u\}^D = G_{CP} \{f\} + G_{DP} \{b\} \quad (30)$$

6. Conclusões.

A formulação do MLGFM aqui apresentada, revela que o método é consistente e que, por envolver variáveis de comportamento "suave", não necessita de esquemas especiais de solução numérica. Seus resultados são, por esse motivo, muito precisos. O método determina tanto as variáveis primais quanto as duais com igual precisão. Os resultados no domínio não necessitam de integrações adicionais, como no caso do BEM. A determinação automática da solução fundamental do problema garante sua aplicação nos casos onde o Método dos Elementos de Contorno ainda não foi desenvolvido. Na PARTE II deste artigo, resultados numéricos são apresentados para validar estes comentários.

REFERÊNCIAS

- [1] ODEN, J.T.; REDDY, J.N. - "An Introduction To The Mathematical Theory Of Finite Elements". John Wiley & Sons, USA, 1976.
- [2] BESKOS, D.E. - "Boundary Element Methods in Mechanics". Vol.3 in Computational Methods in Mechanics (Ed. Beskos, D.E.), North-Holland, 1987.
- [3] BURNS, T.J. - "The Partial Current Balance Method: A Local Green's Function Technique for the Numerical Solution of Multidimensional Neutron Diffusion Problems". Urbana, University of Illinois (PhD. Thesis), 1975.
- [4] HORAK, W.C. - "Local Green's Function Techniques for the Solution of Heat Conduction and Incompressible Fluid Flow Problems". Urbana, University of Illinois (PhD. Thesis), 1980.
- [5] BARCELLOS, C.S.; SILVA, L.H.M. - "Elastic Membrane Solution by a Modified Local

Problema 2: Excitação δ -Dirac no contorno.

$$A^* G(P,q) = 0 \quad (25)$$

$$(N^* + N') G(p,q) = \delta(p,q) \quad I \quad \forall P \in \Omega; p,q \in \partial\Omega$$

Pós-multiplicando (24) por $\{\psi(Q)\}$ e integrando no domínio, resultam as variáveis $G_d(P)$ e $G_c(P)$. Analogamente, pós-multiplicando (25) por $\{\phi(q)\}$ e integrando no contorno, são obtidos $G_c(P)$ e $G_d(P)$. Assim procedendo, evita-se o cálculo de soluções singulares dos problemas 1 e 2, uma vez que as funções de interpolação de elementos finitos tem continuidade, no mínimo, C^0 , sendo, portanto, muito mais "suaves" do que a excitação δ -Dirac em (24)-(25).

Uma vez mais, serão empregadas funções de interpolação $\{\psi\}$ e $\{\phi\}$ para expandir as projeções das Funções de Green, $G_d(\cdot)$ e $G_c(\cdot)$, que são contínuas, no domínio e no contorno, respectivamente, como:

$$G_d(P) = \{\psi(P)\} G_{DP} \quad ; \quad G_c(P) = \{\psi(P)\} G_{CP} \quad ;$$

$$G_d(p) = \{\phi(p)\} G_{DP} \quad ; \quad G_c(p) = \{\phi(p)\} G_{CP} \quad (26)$$

onde G_{DP} , G_{CP} e G_{CP} são tensores obtidos com os valores nodais de $G_d(P)$, $G_d(p)$, $G_c(P)$ e $G_c(p)$, respectivamente. Tais tensores são determinados através da minimização do seguinte funcional:

$$J(G) = B(u,u) - 0.5 \int_{\Omega} \alpha G^t \{\psi(P)\} d\Omega + \int_{\partial\Omega} \left\{ [N'(G)]^t G + \beta G^t [\phi(p)] \right\} d\partial\Omega \quad (27)$$

onde G representa $G_d(\cdot)$ ou $G_c(\cdot)$, conforme os valores das constantes α e β ; para a determinação de $G_d(P)$ e $G_d(p)$, faz-se $\alpha = 1$ e $\beta = 0$, enquanto que, para $G_c(P)$ e $G_c(p)$, considera-se $\alpha = 0$ e $\beta = 1$; $B(u,u)$ representa a forma bi-linear do problema em estudo.

A resultante da minimização do funcional (26) equivale ao seguinte sistema de equações lineares:

$$\begin{bmatrix} K + K_0 \\ G_{DP} \quad ; \quad G_{CP} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \quad ; \quad D \end{bmatrix} \quad (28)$$

onde K é a matriz de rigidez convencional de elementos finitos, A e D são as matrizes indicadas em (19) e (21), e K_0 é uma matriz diagonal específica do MLGFM, decorrente da presença do operador N' no contorno.

5. Cálculo das Matrizes dos Sistemas (18) e (20).

Observando as matrizes em (18)-(21), uma simplificação do processo com redução



Green's Function Method". Proc. Int. Conf. Boundary Element Technology, (Ed. Brebbia, C.A. e Venturini, W.S.), Comp. Mech. Publ., Southampton.

- [6] SILVA, L.H.M. - "Novas Formulações Integrais para Problemas da Mecânica". Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, (PhD Thesis), 1988.
- [7] BARBIERI, R.; BARCELLOS, C.S. - "Solução do Problema Potencial pelo Método da Função de Green Local Modificado (MLGFM)". Proc. XI COBEM - Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, São Paulo, 1991.
- [8] BARBIERI, R.; BARCELLOS, C.S. - "A Modified Local Green's Function Technique for the Mindlin's Plate Problem". Proc. 13th. Int. Conf. Boundary Element Technology, Ed. C.A. Brebbia e G. Gipson.
- [9] FILIPPIN, C.G.; BARBIERI, R.; MACHADO, R.D.; BARCELLOS, C.S. - "O Método da Função de Green Local Modificado Como Ferramenta Computacional na Solução do Problema de Vibração Livre". Revista da Sociedade Brasileira de Acústica - SOBRAC - Acústica e Vibrações. Ed Dr. Samir. Vol II, 1992.
- [10] BARBIERI, R.; BARCELLOS, C.S. - "Non-Homogeneous Potential Field Solution by the Modified Local Green's Function Method (MLGFM)", Eng. Analysis With Boundary Elements (to appear)
- [11] BARCELLOS, C.S.; BARBIERI, R. - "Solution of Singular Potential Problem by the Modified Local Green's Function Method (MLGFM)". Proc. 13th. Int. Conf. Boundary Element Technology, Ed. C.A. Brebbia e G. Gipson, 1991.
- [12] MACHADO, R.D.; BARCELLOS, C.S. - "A First Modified Local Green's Function Method Approach To Orthotropic Laminated Plates". Proc. CADCOMP92. Computer Aided Design in Composite Material Technology. Ed. C.A. Brebbia e W.R.Blain. Delaware, USA, 1992.
- [13] BARBIERI, R.; BARCELLOS, C.S.; NOEL, A.T. - "A First Modified Local Green's Function Method Approach to Shell Analysis" (to appear), 1992.
- [14] FILIPPIN, C.G.; BARBIERI, R.; BARCELLOS, C.S. - "Numerical Results for H- and P-Convergences for the Modified Local Green's Function Method". Proc. 14th. Int. Conf. Boundary Element Technology, USA, 1992.
- [15] BARBIERI, R. - "Desenvolvimento e Aplicação do Método da Função de Green Local Modificado (MLGFM) Para Problemas do Meio Contínuo". Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, (PhD. Thesis), 1992.

MÉTODO MODIFICADO DA FUNÇÃO DE GREEN LOCAL (MLGFM):
UMA NOVA ALTERNATIVA PARA A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DA MECÂNICA
PARTE II - APLICAÇÕES.

BARCELLOS, C.S.^[1]; BARBIERI, R.^[2]; MACHADO, R.D.^[3]; FILIPPIN, C.G.^[3]

[1] UFSC - Dept^o. Engenharia Mecânica. - GRANTE

[2] FEJ - Faculdade de Engenharia de Joinville - SC

[3] UFPr - Setor de Tecnologia - CESE

SUMÁRIO

Na primeira parte deste artigo [1], mostrou-se um novo método integral denominado "Método Modificado da Função de Green Local (MLGFM)", que associa as técnicas de elementos finitos e de contorno, para resolver problemas na Mecânica do Contínuo. O seu desempenho numérico é demonstrado ao longo deste artigo, com aplicações em problemas de potencial, de elastostática, de placas laminadas e, finalmente, de determinação das frequências naturais vibração em membranas elásticas e cavidades acústicas.

SUMMARY

In the first part of this paper [1], a new integral method, named "Modified Local Green's Function Method (MLGFM)", which joins finite and boundary elements techniques to solve problems in Continuum Mechanics, was presented. Its numerical performance is shown in the present work by some examples in potential, elastostatics, laminated plates and determination of natural frequencies of elastic membranes and acoustic cavities free vibration problems.