

## **Resumo**

No presente trabalho desenvolve-se uma técnica de análise não linear, material e geométrica, aplicada a estruturas porticadas planas de betão armado.

O modelo baseia-se no Método dos Elementos Finitos, utilizando elementos de dois nós de formulação hermitiana e elementos de três nós de formulação lagrangeana; recorrendo a uma técnica incremental e iterativa, com solução das equações de equilíbrio e satisfação simultânea das condições de compatibilidade.

Na análise não linear material a relação incremental entre esforços instalados e deformações da secção (matriz de elasticidade), é avaliada directamente para qualquer combinação de momento flector e esforço axial.

Para o betão em compressão é considerada uma lei elasto-plástica, e em tracção após fendilhação, é considerado um diagrama de retenção das tensões de tracção. Para o aço é considerado um diagrama trilinear. Tanto para o aço como para o betão são simuladas as descargas e recargas, nas relações constitutivas.

Para a análise não linear geométrica é utilizada uma formulação lagrangeana total, podendo efectuar em cada incremento uma previsão da carga crítica da estrutura, através da resolução, por um método iterativo, de um problema de valores e vectores próprios.

E ainda prevista a análise da construção de uma estrutura por fases e a avaliação da influência da rigidez do solo de fundação.

Com estes procedimentos foi desenvolvido um programa de cálculo automático designado por FEMPOR, vocacionado para o dimensionamento e a verificação da segurança aos estados limites últimos de resistência (cuja ocorrência provocaria sérios prejuízos) e em relação aos estados limites de utilização (cuja ocorrência poderia comprometer a qualidade de funcionamento, durabilidade e aparência) de estruturas porticadas planas de betão e que será descrito neste trabalho.

São apresentados e analisados os resultados da aplicação desta técnica em várias etapas do seu desenvolvimento.

## **Abstract**

This work presents a finite element model for the materially and geometrically non-linear analysis of plane reinforced concrete frames.

Two-node Hermitian and three-node Lagrangian elements are used and a incremental-iterative technique is adopted (to satisfy equilibrium and compatibility).

Regarding material nonlinearity the incremental relation between stress resultants and strains is directly computed for any combination of bending moment and axial force values. An elastoplastic law is considered for concrete in compression; tension stiffening effects after tensile cracking are accounted for. A trilinear diagram is adopted for the steel. Unloading and reloading of both concrete and steel are simulated.

A total Lagrangian formulation is utilized for geometrical nonlinear modelling. The critical load may be calculated within each load increment by iterative eigenvalue analysis.

Additional capabilities are the modelling of the construction sequence and the influence of foundation deformability.

FEMPOR, a code incorporating all the above features, is described in detail, as well as the results obtained in a number of selected applications.