

# FORMULAÇÃO ANALÍTICA DO CÁLCULO ELASTOPLÁSTICO DE SECÇÕES TRANSVERSAIS EM FORMA DE LOSANGO



**António M. Baptista**  
Investigador Principal  
LNEC  
Lisboa

## SUMÁRIO

O presente trabalho propõe uma formulação analítica para o cálculo elastoplástico de secções transversais em forma de losango, em função das deformações globais da secção (deformação axial e curvatura). Com base nas expressões analíticas apresentadas é possível desenvolver o cálculo elastoplástico dos esforços e dos parâmetros da matriz de rigidez de secções rectangulares, cheias ou ocas, e de secções em **I**, submetidas a flexão desviada.

**Palavras-chave:** Cálculo elastoplástico, Estruturas metálicas, Secções em losango, Cálculo de deformações, Cálculo de esforços, Matriz de rigidez, Flexão composta desviada.

## 1. INTRODUÇÃO

A determinação dos esforços e das características de rigidez das secções transversais de elementos estruturais lineares em regime elastoplástico apresenta-se mais complexa que em regime elástico, uma vez que as relações entre esforços e deformações globais das secções depende da interacção entre estas grandezas e da geometria da própria secção. A elaboração de modelos analíticos de cálculo pode, por isso, apresentar dificuldades adicionais no caso de secções em **I**, ou até mesmo de secções rectangulares, quando sujeitas a flexão desviada.

O presente trabalho destina-se a apresentar uma formulação analítica do cálculo de secções transversais em forma de losango, em regime elastoplástico. A determinação dos esforços e dos parâmetros da matriz de rigidez é efectuada em função das deformações globais da secção, através de expressões matemáticas relativamente simples. Com base nestas expressões será possível construir os modelos analíticos de cálculo elastoplástico de secções rectangulares, cheias ou ocas, e de secções em **I**, submetidas a flexão desviada.

## 2. DESCRIÇÃO GERAL DO MODELO ANALÍTICO DE CÁLCULO ELASTOPLÁSTICO

O modelo analítico apresentado neste trabalho toma em consideração os efeitos da evolução progressiva da plasticidade e a influência do endurecimento do material em regime elastoplástico, e permite controlar os estados limites de deformação da secção, em função da capacidade de deformação do material.

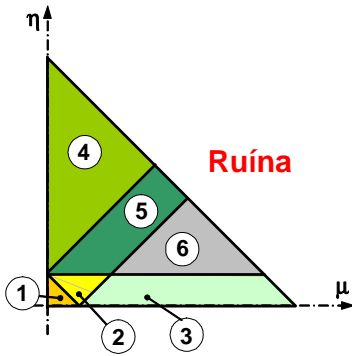


Figura 1: Domínios de evolução das deformações globais de uma secção em losango

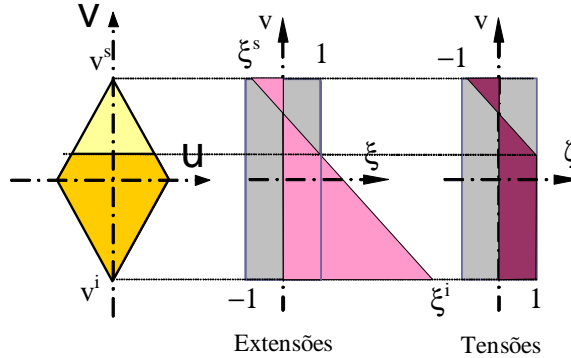


Figura 2: Exemplo de uma configuração deformada de uma secção em losango no domínio 5 do espaço das deformações globais positivas

As expressões analíticas que integram este modelo permitem cobrir todos os estados possíveis de deformação da secção em regime elastoplástico: plastificação parcial, em tracção ou compressão, numa ou nas duas extremidades mais deformadas da secção, ou plastificação total da secção. Na figura 1 é possível observar a localização dos seis domínios de evolução das deformações globais que correspondem a cada um dos tipos de configurações deformadas possíveis de uma secção transversal em losango. Na figura 2 apresenta-se um exemplo de uma destas configurações deformadas, correspondente ao domínio 5 indicado na figura 1. A título de exemplo, indicam-se a seguir as expressões analíticas que permitem o cálculo dos esforços e dos parâmetros da matriz de rigidez de uma secção em losango neste domínio 5.

$$\text{Domínio 5: } \xi^i > 1 ; \eta > 1 ; -1 \leq \xi^s \leq 1$$

$$n = \eta - \gamma(\eta - 1) + \frac{\gamma}{6\mu^2} (-\mu + \eta - 1)^3 ; \quad m = (1 - \gamma)\mu - \frac{\gamma}{2\mu^3} (-\mu + \eta - 1)^3 (\mu + \eta - 1)$$

$$h_{11} = 1 - \gamma + \frac{\gamma}{2\mu^2} (\mu - \eta + 1)^2 ; \quad h_{12} = \frac{\gamma}{6\mu^3} (\mu - \eta + 1)^2 (\mu + 2\eta - 2)$$

$$h_{21} = 6 h_{12} ; \quad h_{22} = 1 - \frac{\gamma}{2} \left( 1 + \frac{(4\mu - 3\eta + 3)(\eta - 1)^3}{\mu^4} \right)$$

Após a apresentação das características gerais deste modelo analítico, das suas hipóteses de base e das expressões analíticas que o constituem, apresentam-se alguns exemplos de aplicação simples, com o objectivo de familiarizar o leitor com a utilização destas equações e com algumas das suas potencialidades no cálculo elastoplástico deste tipo de secções.