

# MODELAGEM DE MEIOS PARCIALMENTE FRÁGEIS HETEROGÊNEOS UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS GENERALIZADOS COM ESTRATÉGIA MULTIESCALA

## MODELING OF HETEROGENEOUS QUASI-BRITTLE MEDIA BY THE GENERALIZED FINITE ELEMENT METHOD WITH MULTISCALE STRATEGY

Humberto Alves da Silveira Monteiro<sup>1</sup>, Roque Luiz da Silva Pitangueira<sup>2</sup>

- <sup>1</sup>. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais; humbertomonteiro@gmail.com.
- <sup>2</sup>. Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais; roque@dees.ufmg.br.

**Resumo.** Em análise de estruturas é comum a adoção de modelos de escala única, representativa do nível macroscópico ou estrutural, na qual a resposta global do domínio estudado é costumeiramente desejada. Nesses modelos, o meio é considerado homogêneo e busca-se utilizar relações constitutivas fenomenológicas que reflitam devidamente o comportamento de escalas subjacentes. Contudo, a rigor, todo material é heterogêneo em alguma escala de comprimento suficientemente pequena e no caso de meios parcialmente frágeis, é exatamente a natureza não homogênea do contínuo que responde por muitos dos fenômenos captados em nível estrutural, sobretudo pelo proeminente comportamento mecânico não linear. Assim, a investigação do material em diferentes escalas de observação é fundamental para o modelamento adequado do meio. Nesse sentido, o presente trabalho propõe a adoção do Método dos Elementos Finitos Generalizados associado à metodologia Global-Local (MEFG-GL) para a modelagem de meios parcialmente frágeis em duas escalas. Através da solução de um problema de valor de contorno global (macroescala) inicial, produzem-se condições de contorno para domínios locais (meso/microescala), nos quais as não homogeneidades do material são introduzidas. A resolução dos problemas locais gera numericamente funções de enriquecimento para o domínio global que, finalmente, é novamente processado. Espera-se, com a aplicação do método proposto, capturar o comportamento da escala refinada, bem como seu efeito no problema global. O sistema INSANE (INteractive Structural ANalysis Environment), software livre desenvolvido no Departamento de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais, é utilizado na implementação.

**Palavras-chave:** Método dos Elementos Finitos Generalizados, Análise Multiescala, Heterogeneidade, Meios Parcialmente Frágeis, Análise Fisicamente Não Linear

**Abstract.** In structural analysis, it is common to adopt single-scale models, representing the structural or macroscopic level, in which the overall response of the studied domain is customarily desired. In these models, the material is considered homogeneous and the use of appropriate phenomenological constitutive relations to reflect the behavior of the underlying scales is necessary. However, strictly speaking, all the materials are heterogeneous in some sufficiently small length scale and in the case of quasi-brittle media, is exactly the inhomogeneous nature of the continuum that accounts for many of the phenomena captured in structural level, especially the prominent non-linear mechanical behavior. Thus, the investigation of the material in different length scales is critical to the proper modeling of the material. In this sense, this work proposes the adoption of the Generalized Finite Element Method associated with the Global-Local methodology (GFEM-GL) for modeling quasi-brittle media using two scales. By solving an initial global boundary value problem (macroscale), boundary conditions are generated for local domains (meso/microscale) in which the inhomogeneities of the material are introduced. The solution of local problems numerically generates enrichment functions for global domains, which are, lastly, processed again. It is expected, by the application of the proposed method, to capture the fine-scale behavior, as well as its effect on the overall problem. The INSANE system (INteractive Structural Analysis Environment), a free software developed at the Department of Structures of the Federal University of Minas Gerais is used in the implementation.

**Keywords:** Generalized Finite Element Method, Multiscale Analysis, Heterogeneity, Quasi-Brittle Media, Physically Non Linear Analysis