



## RESUMO

Um dos principais problemas que o Método de Elementos de Contorno (MEC) apresenta encontra-se na avaliação de integrais singulares e quase-singulares que envolvem as soluções fundamentais de Kelvin em deslocamento e força. O processo de integração numérica em MEC tem sido o objetivo de inúmeras pesquisas, pois dele depende a qualidade das respostas quando se deseja obter uma excelente precisão numérica em uma análise. Este trabalho apresenta uma nova proposta de integração numérica para análise tridimensional com MEC. Esta técnica possui três características importantes. A primeira é a determinação da parcela efetiva de singularidade que ocorre na função raio, distância entre o ponto fonte e o elemento de contorno bidimensional. A correta obtenção desta parcela permite representar sem aproximações o comportamento da singularidade da função raio, que é a verdadeira fonte de singularidade e quase-singularidade nas soluções fundamentais. A segunda característica da técnica proposta é que ela baseia-se em um Método Semi-Analítico de avaliação de integrais, onde, para cada parcela efetiva de singularidade, utiliza-se uma quadratura numérica cujos pesos específicos são calculados analiticamente. A terceira característica da técnica proposta é apresentar um tratamento unificado para todos os tipos de integrais singulares, quase-singulares e regulares. Esta técnica foi implementada na plataforma computacional desenvolvida pelo grupo *GoBEM*, utilizando o conceito de Programação Orientada a Objetos através da Linguagem de programação Java. Com a implementação da nova técnica de integração na plataforma computacional torna-se possível realizar o desenvolvimento de vários tipos de pesquisa sobre análise tridimensional com o MEC como, por exemplo: visualização de isosuperfícies em análise tridimensional sem discretização do domínio, automatização do cálculo elasto-plástico, modelagem de problemas geotécnicos de forma precisa, etc. Para a validação da técnica proposta três procedimentos foram considerados: análise da eficiência da parcela efetiva de singularidade, testes de convergência da integração numérica específica e exemplos numéricos utilizando o MEC em problemas de engenharia.

Palavras-chave: Método de Elementos de Contorno. Análise tridimensional de tensões. Integração numérica.



## ABSTRACT

One of the main problems with the Boundary Elements Method (BEM) is the evaluation of singular and quasi-singular integrals due to the Kelvin's Fundamental Solutions in displacement and traction. Today there is an increasing body of research work that focuses on numerical evaluation of BEM integrals, for this is a crucial issue in order to achieve highly accurate results. This work presents an innovative numerical integration procedure for three-dimensional analysis with BEMs. The proposed technique encompasses three important features. First, it corresponds to an accurate representation of the effective term of singularity in the radius function, which measures the distance between the source point and a two-dimensional boundary element. The correct evaluation of this term leads without approximation to the actual singularity behavior of the radius function, which is the true source of singularity and quasi-singularity in the fundamental solutions. Second, the proposed technique is based on a semi-analytical procedure, i.e, for each singularity effective term it uses a quadrature scheme with specific weights analytically evaluated. Last, the proposed technique represents a unified procedure to singular, quasi-singular and regular integrals. This technique was implemented in the computational platform developed by the group GoBEM, using Object Oriented Programming and the Java programming language. The implementation of the proposed technique into this computational platform opens new possibilities for future researches on three-dimensional BEM, e.g.: visualization of isosurfaces in three-dimensional analysis without any domain discretization, automatic elasto-plastic analysis, accurate modeling of geomechanical problems, etc. Validation of the proposed technique was carried out using three procedures: efficiency analysis of the singularity effective term, convergence tests for the specific numerical integration and numerical examples using BEM in engineering problems.

Keywords: Boundary Elements Method. Three-dimensional Stress Analysis. Numerical Integration.