

**Título**.....Modelação numérica acoplada de escoamentos sólido-fluido .....

**Nome**.....Ricardo Jorge Fonseca Birjukovs Canelas.....

**Doutoramento em**.....Eng. Civil.....

**Orientador (es)**.....Rui Miguel Lage Ferreira.....

**Co-orientador (es)** (caso exista).....Ramón Gomez-Gesteira.....

## **Resumo**

O objectivo chave desta dissertação é a introdução de uma discretização sem malha unificada para sólidos rígidos e fluidos, permitindo a elaboração de simulações resolvidas de ambas as fases. A solução numérica, obtida por Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) e uma variante de Discrete Element Method (DEM), o Distributed Contact Discrete Element Method (DCDEM), é fruto da caracterização directa e local de contactos sólido-sólido e das interfaces sólido-fluido. A inovação do trabalho está centrada na generalização do acoplamento entre os métodos SPH e DEM para simulações resolvidas. Isto permite que teorias estado-da-arte para mecânica de contacto possam ser usadas em geometrias aleatórias, assim como o tratamento de transferências de quantidade de movimento entre as fases sólida e fluida. Os métodos são introduzidos e analisados em detalhe.

Uma série de campanhas experimentais foi desenhada de modo a fornecer pontos de validação para simulações de escoamentos complexos. Juntamente com soluções analíticas e outras soluções numéricas encontradas na literatura, procede-se à caracterização do modelo quanto à qualidade das suas soluções. Os resultados apontam para a precisão do modelo, assim como a capacidade de lidar com interações complexas, como o transporte de detritos ou quantificação de acções hidrodinâmicas não permanentes em estruturas.

**Palavras-chave:** Métodos sem malha, Smooth Particle Hydrodynamics, Discrete Element Method, Escoamento de detritos, Computação de alta performance

**Title**.....Numerical modeling of fully coupled solid-fluid flows.....

### **Abstract**

The key objective of this dissertation is to introduce a unified discretisation of rigid solids and fluids, allowing for resolved simulations of fluid-solid phases within a meshless framework. The numerical solution, attained by Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) and a variation of Discrete Element Method (DEM), the Distributed Contact Discrete Element Method (DCDEM) discretisations, is achieved by directly considering solid-solid and solid-fluid interactions. The novelty of the work is centered on the generalization of the coupling of the DEM and SPH methodologies for resolved simulations, allowing for state-of-the-art contact mechanics theories to be used in arbitrary geometries, while fluid to solid and vice versa momentum transfers are accurately described. The methods are introduced, analyzed and discussed.

A series of experimental campaigns are devised to serve as validation points for complex solid-fluid flows simulations and together with analytical and other benchmark numerical solutions, allow for a comprehensive characterization of the model. Unique experiments were performed, such as dam-break flow with movable objects and settling dynamics of macroscopic solid particles. The results show that the model is accurate and is capable of treating highly complex interactions, such as transport of debris or unsteady hydrodynamic actions on structures.

**Key-words:** Meshless methods, Smooth Particle Hydrodynamics, Discrete Element Method, Debris flows, High-performance computing