

APLICAÇÃO DA TEORIA CINÉTICA E HIDRODINÂMICA PARA SISTEMAS GRANULARES

Aluno: Welles A. M. Morgado
Orientador: Daiany Mandato Favarato

Introdução

A interação entre fluidos e grãos ainda não é totalmente entendida apesar de tão simples de descrever e de sua importância: comportamento de dunas; transporte de minérios por mineroduto; movimento de sedimentos e solos; etc.

Para entendermos melhor o comportamento destes sistemas podemos estudar modelos simplificados de interação entre grãos e modos hidrodinâmicos idealizados do sistema, tais como vórtices ou correntes constantes de fluidos. A teoria cinética é um passo fundamental na passagem da descrição “microscópica” desta interação e a modificação “macroscópica” que daí segue.

Objetivos

Para descrever o comportamento hidrodinâmico da mistura fluido-grão (FG) a aluna aplicará técnicas de teoria cinética no desenvolvimento de códigos numéricos para modelos simples de FG. Para isso deverá desenvolver códigos na linguagem C e rodar simulações para sistemas de muitos grãos.

Metodologia

Utilizando Teoria Cinética [1] dos gases podemos estudar a interação grão-vórtice para o caso interessante e pouco conhecido do regime de número de Reynolds elevado e turbulência plenamente desenvolvida. Para este regime, as aproximações apropriadas para o regime laminar falham e devemos desenvolver métodos próprios para tratar estes sistemas.

A metodologia proposta consta de duas partes. Primeiramente, desenvolver uma teoria efetiva de interação entre grãos e vórtices. Em segundo lugar, uma vez a forma da interação efetiva obtida, utilizar a mesma para desenvolver uma teoria cinética apropriada que descreva fisicamente a interação ente um sistema de grãos, no regime colisional de densidade de grãos por volume moderada, e um fluido turbulento.

O desenvolvimento de uma teoria efetiva passa pelo desenvolvimento gradual de códigos de simulação que nos permitam considerar de maneira numérica a interação de um vórtice em um fluido e um grão em movimento. Este desenvolvimento gradual passa por:

- desenvolver programa sem feed-back para os graus hidrodinâmicos da interação entre 1 grão (quase) pontual e um vórtice;
- desenvolver interação efetiva grão-vórtice;
- obter códigos para simular o movimento de um grão não pontual gerando uma perturbação sobre o campo de velocidades do vórtices;
- obter o código para a interação múltiplos grãos-vórtice;

Após coletar os dados correspondentes às interações descritas acima, a direção desta pesquisa toma o rumo do desenvolvimento de uma teoria cinética efetiva [1], cujas equações serão também resolvidas de modo numérico, que descreva o estado estacionário de um

sistema de grãos em um fluido em turbulência plenamente desenvolvida. A resolução das equações cinéticas efetivas será feita com métodos do tipo Direct Simulation Monte-Carlo [2].

Esperamos melhorar nosso entendimento, através deste método, sobre o comportamento de sistemas que vão de grãos arrancados de substratos, tais como leitos de areia ao logo da costa até grãos de minério de ferro transportados por minerodutos.

Conclusões

No momento, já realizamos estudos sobre Teoria Cinética pelo livro clássico de Chapman e Cowling, um tópico difícil e muito interessante (palavras da aluna).

A aluna tem demonstrado boa compreensão do material sob estudo: o nível da estudante requer cuidado com a velocidade do aprendizado. Estamos desenvolvendo a intuição física da estudante para que possa compreender a física do modelo. O desenvolvimento dela tem sido bastante satisfatório.

Neste momento está em curso o desenvolvimento de modelos de simulação de grãos com vórtices simples. Os resultados destas simulações serão utilizados em seu devido tempo para a calibração de uma teoria cinética apropriada para a interação de vórtices e grãos.

Referências

- 1 - *Mathematical Theory of Non-Uniform Gases*, por S. Chapman e T.G. Cowling (equação de Boltzmann)..
- 2 - W.A.M. Morgado and E.R. Mucciolo, *Physica A* **311**, 150 (2002).