

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Reologia $\mu(I)$ com simetria radial em escoamentos granulares

Letícia Oliveira Silva¹

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, CEFET-MG, Belo Horizonte, MG

Allbens Atman P. Faria²

Departamento de Física, CEFET-MG, Belo Horizonte, MG e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Sistemas Complexos, INCT-SC

A reologia $\mu(I)$ é um tema que tem atraído bastante atenção da literatura nos últimos anos por ser um problema de extrema importância, tanto a academia quanto para a indústria. Neste trabalho, iremos explorar uma geometria inovadora para o estudo do problema de cisalhamento conhecido como reologia $\mu(I)$.

Nosso sistema consiste em um conjunto de grãos dispostos em simetria radial, no qual o cisalhamento é realizado retirando-se grãos do centro da amostra e depositando na parte externa do padrão formado.

O estado de cisalhamento é determinado pelo número inercial (I) (Equação 1), que descreve a proporção de massa (m) para as forças de inércia e pressão.

$$I = \dot{\gamma} \sqrt{\frac{m}{P}} \quad (1)$$

Um dos principais objetivos do estudo da reologia $\mu(I)$ é determinar as leis reológicas, baseada nos grãos e em suas interações. Assim, o coeficiente de atrito efetivo μ^* (Equação 2), a pressão P e a tensão de cisalhamento S , interferem efetivamente na função da taxa de cisalhamento $\dot{\gamma}$.

$$\mu^* = \frac{S}{P} \quad (2)$$

O estudo da reologia $\mu(I)$ se baseia na quantidade adimensional que é conhecido como número de inércia [2]. Seu valor está ligado diretamente às características do regime, logo para um regime *quasi-estático* ($I \leq 10^{-2}$) e para um regime colisional ($I \geq 0, 2$).

Realizamos simulações utilizando o método de Dinâmica Molecular e o algoritmo *Predictor-Corrector Velocity Verlet* [1]. Os experimentos numéricos são realizados em sistemas granulares bidimensionais formados de grãos (discos) e sujeitos a uma pressão de confinamento. O código foi implementado em linguagem Fortran utilizando os parâmetros descritos na Tabela 1.

¹eng.leticia@live.com

²atman@cefetmg.br

Tabela 1: Parâmetros do sistema.

Número de grãos	Raio (mín/máx)	Coefficiente de amortecimento	Raio central	Pressão de confinamento	Constante de mola normal e tangencial	Coefficiente de atrito efetivo
6400	0.3 e 0.5	50	10	2000*	1000 e 750	0.5

*as unidades dos parâmetros estão normalizados segundo descrito por [2].

A interação entre os grãos é modelada utilizando modelo reológico de Cundall e Strack, que consiste em considerar uma “mola” na direção tangencial e outra na direção normal para simular o contato mecânico entre dois grãos [3]. A dinâmica do cisalhamento é implementada retirando-se grãos do centro da amostra e depositando na parte externa do padrão formado com uma determinada frequência. Conforme ilustrado na Figura 1.

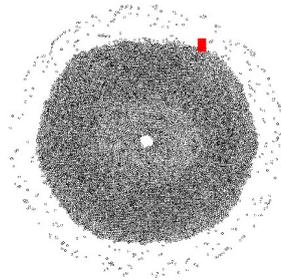


Figura 1: Padrão formado pelos grãos.

Neste trabalho apresentaremos resultados preliminares para o coeficiente de atrito efetivo macroscópico no caso do cisalhamento radial e a dependência temporal da distribuição de tensões em função da distância até o centro. Acreditamos que é o primeiro relato da reologia $\mu(I)$ em uma geometria radial.

Referências

- [1] M. P. Allen, and D. J. Tildesley. *Computer Simulation of Liquids*. New York: Oxford University Press, 1987.
- [2] A. P. F. Atman, P. Brunet, J. Geng, G. Rey-dellet, G. Combe, P. Claudin, R. P. Behringer, E. Clement, Sensitivity of the stress response function to packing preparation, *J. Phys.*, 2005. DOI: 10.1088/0953-8984/17/24/002.
- [3] F. da Cruz, S. Emam, M. Prochnow, J. N. Roux and F. Chevoir, Rheophysics of dense granular materials: discrete simulation of plane shear flows, *Physical Review E*, 2005. DOI: 10.1103/PhysRevE.72.021309.