

ESTUDO DO EMPILHAMENTO DE MATERIAIS ANISOTRÓPICOS NO CAMPO GRAVITACIONAL, NA PRESENÇA OU NÃO DE OBSTÁCULOS

Antonio Jorge Fontenele Neto (bolsista do PIBIC/UFPI), Marcelo Andrade de Filgueiras Gomes (colaborador Depto. de Física-UFPE) Valdemiro da Paz Brito (Orientador Depto. de Física-UFPI)

Introdução

O comportamento não-linear de certas propriedades dos sistemas granulares faz com que estes se constituam um estado intermediário da matéria entre fluidos e sólidos. Até o momento não existe uma teoria bem definida para explicar os sistemas granulares, tornando o campo um atrativo para a comunidade científica. Recentemente tem-se desenvolvido diversos trabalhos computacionais e experimentais a fim de tentar compreender melhor essa exótica fase da matéria. Experimentalmente, podemos estudar um desses processos constantemente presente na natureza, “o empilhamento”. No que diz respeito ao empilhamento de materiais isotrópicos podemos destacar alguns trabalhos já realizados [1]. Neste trabalho apresentamos alguns resultados para empilhamentos de materiais anisotrópicos realizados em células de “Hele Shaw” normal e modificada, sendo cada uma utilizada de acordo com a correlação buscada.

O presente estudo objetivou estabelecer as seguintes correlações: o comportamento do ângulo de repouso da pilha; à medida que se inseria obstáculos (estacas) na célula; o ângulo de repouso como função da taxa de ocupação dos materiais empilhados.

Procedimento Experimental

O estudo até aqui realizado foi de caráter experimental, mas contou com alguns recursos computacionais para a análise de imagens, procedimento essencial em nosso contexto.

Todos os materiais empilhados foram despejados de uma altura fixa de modo suave e cadenciado.

Uma de nossas preocupações foi ter controle da altura máxima que a pilha deveria atingir, isto independente da massa necessária para se chegar a essa altura determinada. Para esse controle colocamos em uma das bordas das células uma escala vertical.

Todas as pilhas foram fotografadas, usando uma câmera digital *SONY 7.2* megapixels montada sobre um tripé e colocada à uma distância de 50 cm da célula. Para a determinação do ângulo de repouso fizemos uso de uma das ferramentas do programa *GIMP (GNU Image Manipulation Program)*.

O procedimento para obtenção da taxa de ocupação correspondente a cada material foi realizado de forma bem simples, fazendo-se uso apenas de água, seringa com agulha e um vasilhame cilíndrico. Depositou-se o material no vasilhame até a saturação da capacidade, retirou-se o excesso e em seguida adicionou-se água para preencher os espaços vazios restantes no vasilhame. Estimando-se através da seringa a quantidade de água que entra no sistema, usando uma seringa e conhecendo-se a capacidade do vasilhame pudemos estimar a taxa de ocupação do material.

Resultados e Discussões

Com base nos dados coletados e após a análise de imagens, obtivemos o comportamento do ângulo de repouso (θ_r) com a variação da densidade de obstáculos na célula de “Hele Shaw” modificada para diversos materiais tais como: arroz, feijão, milho comum e milho de pipoca. Adiante apresentamos alguns padrões de empilhamento para o arroz (Figura 1) e em seguida apresentamos o gráfico gerado a partir dos dados correlacionados para todos os materiais estudados (Figura 2)

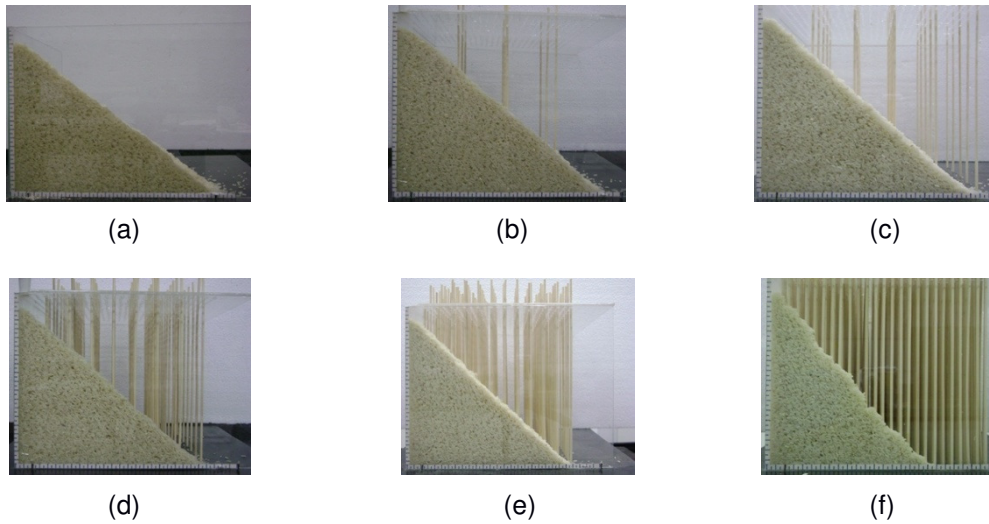


Figura 1: Empilhamentos característicos para arroz em diferentes densidades, (a) $\eta = 0$ (b) $\eta = 0.014$ (c) $\eta = 0.040$ (d) $\eta = 0.102$ (e) $\eta = 0.230$ (f) $\eta = 1.000$.

Materiais empilhados

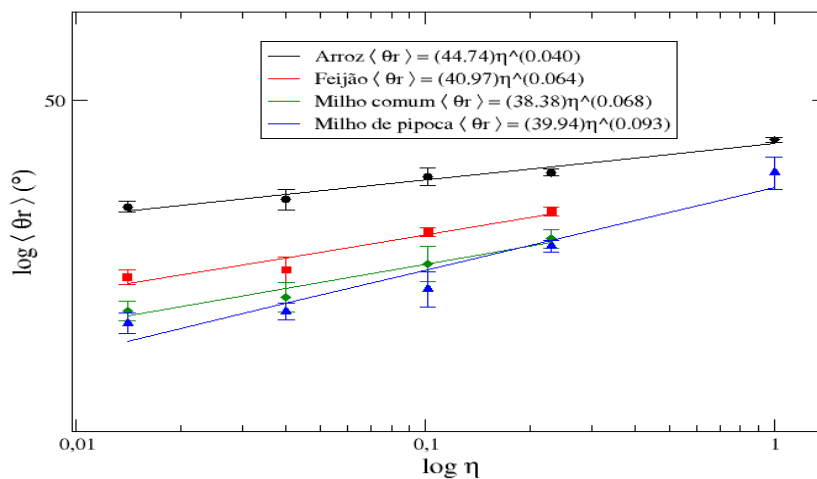


Figura 2: Conjunto de gráficos reunidos para diferentes materiais.

Os resultados até aqui mostrados correspondem ao empilhamento realizado em célula de “Hele Shaw” modificada. Como podemos acompanhar no gráfico, temos uma acentuada influência dos obstáculos no processo de formação das pilhas, estes atuam competindo com os grãos, e como consequência dessa competição tem-se a elevação do ângulo de repouso. À medida que a densidade de obstáculos aumenta, cresce o ângulo de repouso. E para materiais como feijão e o milho comum em alta densidade, a competição “grão-obstáculo” é tão grande que não se chega a formar pilhas, somente uma coluna, no canto da célula. Outra correlação possível que buscamos nesse trabalho foi a relação entre o ângulo de repouso e a taxa de ocupação do material (Figura 3).

Ângulo de repouso x Taxa de ocupação

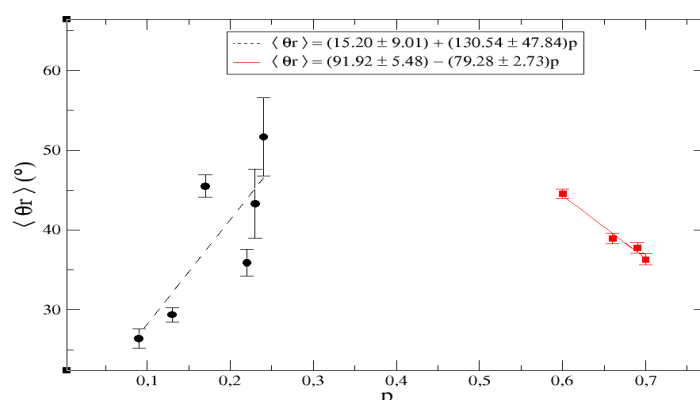


Figura 3: Ângulo de repouso versus taxa de ocupação para materiais (---- artificiais; — naturais).

Conclusões

De acordo com nossos procedimentos experimentais e análise estatística dos dados coletados chegamos às seguintes conclusões:

A presença de obstáculos na célula de “Hele Shaw” modificada eleva o ângulo de repouso, isto ficou nítido à medida que se aumentava a densidade de obstáculos na célula.

Na célula de “Hele Shaw” normal realizamos um estudo que nos mostrou como se comporta o ângulo de repouso em função da taxa de ocupação, tanto para materiais ditos “artificiais” como “naturais” ambos anisotrópicos, deste estudo observamos um comportamento oposto, para os dois tipos de materiais estudados “naturais e artificiais”, mas ainda não temos argumentos concretos para explicar este estranho comportamento do gráfico, acreditando-se estar relacionada à convexidade dos elementos empilhados.

Referências Bibliográficas

[1] Y. Grasselli and H. Herrmann. Eur. Phys. J. B 10, 673-679 (1999) e todos os artigos indicados nesta referência.

Apoio

Agradecemos à UFPI pelo apoio logístico e de infra estrutura à realização da pesquisa.

Agradecemos também à CAPES, (Projeto PROCAD/2007) pelo apoio financeiro dispensado ao programa.

Palavras-chave: Empilhamento; “Hele Shaw”; Ângulo de repouso.