



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG**  
**Coordenadoria Geral de Pesquisa – CGP**  
*Campus Universitário Ministro Petrônio Portela, Bloco 06 – Bairro Ininga*  
*Cep: 64049-550 – Teresina-PI – Brasil – Fone (86) 215-5564 – Fone/Fax (86) 215-5560*  
E-mail: pesquisa@ufpi.br; pesquisa@ufpi.edu.br

**ESTUDO NUMÉRICO DE SISTEMAS COMPLEXOS: MAGNETOS  
DESORDENADOS, DINÂMICA DE FLUIDOS E SISTEMAS BIOLÓGICOS**  
*Ana Luiza Mariano Torres Costa (bolsista do PIBIC), Francisco Ferreira Barbosa Filho  
(colaborador, UFPI), Paulo Henrique Ribeiro Barbosa (Orientador, Depto de Física – UFPI)*

#### Introdução

Um dos grandes desafios da Física é a descrição do escoamento de fluidos. Nas últimas décadas observou-se um interesse crescente por aplicações de técnicas de dinâmica de fluidos.

Como os fenômenos considerados na dinâmica dos fluidos são macroscópicos, um fluido é considerado como um *meio contínuo*. Fisicamente, isso significa que qualquer elemento infinitamente pequeno de volume é sempre, supostamente, tão grande que contenha um número muito grande de moléculas, de modo que é possível definir grandezas físicas, como, velocidade, densidade, etc. para cada elemento de volume através de operações de média sobre todos os átomos ou moléculas nele contidos.

Na dinâmica dos fluidos, a modelagem matemática é estabelecida através de equações de conservação do momento, da massa e da energia, que quando submetidos a condições de contorno e condições iniciais representam matematicamente um problema particular. Dentre os métodos atualmente utilizados para descrever a dinâmica dos fluidos temos os autômatos celulares ou modelos de Gás na Rede.

Uma das vantagens do Autômato Celular de Gás na Rede (ACGR) é a possibilidade e a grande facilidade da implementação do processamento paralelo. Outra vantagem é sua facilidade em lidar com geometrias complexas, tornando o modelo especialmente adequado para o escoamento em meios porosos.

#### Metodologia

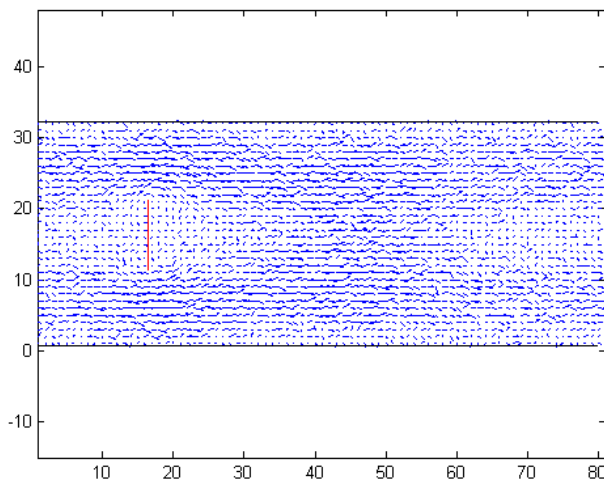
Para simularmos fluidos utilizamos autômatos celulares (A.Cs), pois esse modelo matemático é capaz de representar sistemas dinâmicos capturando uma rica variedade de comportamento. Esses autômatos celulares são sistemas dinâmicos discretos com capacidade de descrever sistemas dinâmicos contínuos. O significado do discreto é que as variáveis mudam seus estados em instantes de tempo discretos.

O AC é composto por um conjunto de células, com determinados valores que interagem entre si em função de uma coleção finita de condições pré-definidas. Os estados das células são alterados conforme um conjunto de regras de transição, que depende da vizinhança, ou seja, das células em torno da célula que será atualizada. Assim, o A.C composto de três partes: estrutura (“lattice”) que é o tipo da rede de contato, ou seja a geometria da célula, uma vizinhança e uma regra de transição local. Uma configuração inicial de autômato, aparentemente simples, pode produzir resultados em que a conjuntura da matemática dos estados apresentará um alto nível de complexidade.

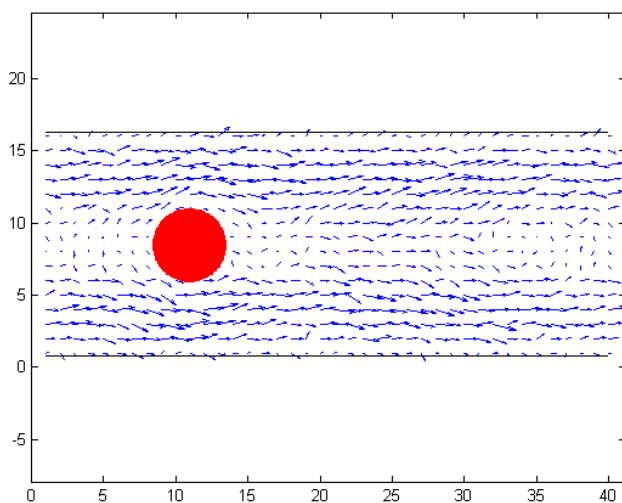
A idéia básica do Autômato Celular não é tentar descrever um sistema complexo através de equações difíceis, mas simular sistemas por meio de interações entre as células regidas por regras simples. Em outras palavras, o objetivo não é descrever um sistema complexo com equações complexas, mas deixar a complexidade emergir pela interação de indivíduos simples seguindo regras simples.

#### Resultados e discussões:

Reproduzimos simulação apresentada no artigo The FHP Lattice Gas Cellular Automaton for Simulating Fluid Flows [8]. Usamos o ACGR FHP, para simular o fluxo de um fluido passando por dois obstáculos diferentes, a saber: uma placa plana e um cilindro circular. As simulações que envolvem esse modelo consistem em três etapas: Em primeiro lugar, a simulação deve ser iniciada definindo os parâmetros, tais como: tamanho e forma do domínio, colocação inicial, velocidade das partículas. Nessa simulação, usamos uma forma de domínio retangular, com paredes nas bordas superiores e inferiores para simular o fluxo em um canal, colocamos uma partícula em cada nó do domínio que se move na direção para a direita.



**Figura 2.** Fluido passando por uma placa plana. O tamanho do subdomínio é de 8 nós por 8 nós



**Figura 3.** Fluido passando por um cilindro circular. O tamanho do subdomínio é de 16 nós por 16 nós.

#### Conclusão:

Embora os métodos de gás de rede serem muito eficientes para simular fluidos, há um problema quanto a precisão do campo de fluxo e os detalhes do modelo, para um tamanho de domínio fixo. É possível obter resultados melhores, mais precisos e detalhados, porém isso significa um consumo maior de recursos computacionais, necessitando de uma grande capacidade de memória e um enorme tempo de execução.

Porém, nesse trabalho, conseguimos reproduzir com sucesso a simulação do escoamento de um fluido e obter seus campos de fluxo ao passar por dois obstáculos diferentes (uma placa plana e um cilindro circular).

#### Referências Bibliográficas:

- [1] J. Bear, *Dynamics of fluids in porous media*, **American Elsevier** (1972)
- [2] M.Sahimi, **Rev.Mod.Phys.** 65, 1393 (1993)
- [3] Rafael Moura Azevedo, *Dissertação de mestrado em Física “Simulação de Fluidos em meio Poroso Através de Autômatos Celulares de Gás na Rede”* – **UFPE** -2007
- [4] Giovani L. Vasconcelos, *Introdução à Dinâmica de Fluidos* – **UFPE** – 2009
- [5] L. D. Landau and E. M. Lifshitz, *Fluid Mechanics*, second edition, **Institute of Physical Problems**, U.S.S.R