

DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS DE MULTIGRID E APLICAÇÕES A PROBLEMAS DA ENGENHARIA USANDO COMPUTADORES PARALELOS

Julio Cezar Soares Silva¹; Rogério Soares da Silva²

¹Estudante do Curso de Engenharia de Produção - CAA – UFPE ; E-mail: juliocezar.ufpe@gmail.com,

²Docente/pesquisador do Núcleo de Tecnologia – CAA – UFPE. E-mail: rogoares@padmec.com .

Sumário: Esse trabalho visa o estudo e análise da integração de métodos multigrid com um simulador de escoamento bifásico óleo-água em reservatórios de petróleo objetivando uma redução significativa no tempo de processamento. Na introdução são discutidos os conceitos básicos do multigrid, do simulador e da computação paralela. Nos materiais e métodos são descritos os algoritmos utilizados, que tiveram o suporte de bibliotecas e softwares que ajudaram no fornecimento de matrizes, métodos iterativos e malhas estruturadas e não estruturadas, além do gerenciamento de malhas. Os resultados resumem os testes de simulação, que diferencia os meios heterogêneos dos homogêneos, e o teste dos operadores do multigrid que trazem resultados distintos dependendo da combinação utilizada. A conclusão trata das características do multigrid estudadas até então e planos futuros.

Palavras-chave: escoamento multifásico multigrid; meios porosos; volumes finitos,

INTRODUÇÃO

Os sistemas de equações que surgem da aplicação de métodos numéricos (neste trabalho está sendo usado o método de volumes finitos) para resolver as equações que governam o escoamento multifásico em meios porosos são resolvidos através de métodos iterativos. Estes métodos iterativos chegam a uma solução aproximada quando uma tolerância é atingida. Até isso acontecer, vários passos (iterações) são necessários. O método multigrid pode reduzir esse efeito mantendo uma boa taxa de convergência até atingir a solução. Para que o algoritmo desse método consiga alcançar esse objetivo, será necessária a criação de uma rede de malhas (grids), que se comunicam pelos operadores de restrição e interpolação do multigrid, em que o problema é resolvido em cada submalha e interpolado de volta à malha original. Esse algoritmo por sua vez será desenvolvido com o apoio da biblioteca Hypre.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi dividido em três partes. Na primeira etapa, foi apresentado o simulador de reservatórios de petróleo e foram feitas simulações com malhas geradas pelo software GMSH. A segunda, com o propósito de se familiarizar com a técnica de multigrid, baseou-se em algoritmos para o entendimento da mecânica do método das diferenças finitas e estudo dos erros de aproximação seguindo o trabalho de Briggs (2000), interpolação e restrição do multigrid e a aplicação de métodos iterativos para resolução dos problemas com matrizes esparsas. Foi usada a biblioteca PETSc que fornece matrizes, vetores, métodos iterativos e pre-condicionadores. Na última parte iniciou-se o estudo das etapas de simulação, em especial do pré-processamento. O método de volumes finitos (MVF) empregado no simulador é baseado em aresta, ou seja, não faz distinção quanto a topologia do elemento de malha utilizada. Entretanto, é necessário que a fase de pré-processamento seja adaptada a cada tipo de elemento para que os coeficientes geométricos sejam

calculados corretamente. Neste trabalho, foi construído um novo pré-processador para tratar de malha de elementos quadrilaterais, além dos elementos triangulares e tetraédricos já existentes no simulador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos testes de simulação verificou-se que os meios heterogêneos merecem atenção especial, devido ao maior tempo de processamento, se considerarmos as mesmas condições iniciais do tipo Dirichlet e Neumann em pontos iguais, e também as complicações no que se refere à quantidade de domínios, pois, para discretizar corretamente e com precisão, será necessário um maior número de elementos em relação ao caso homogêneo.

CONCLUSÕES

- O mecanismo de restrição-interpolação deve ser revisado para analisar formas de redução de erros ao passar informações entre malhas.
- A biblioteca Hypr deve ser usada na construção do multigrid e também no simulador. Espera-se que ela reduza significativamente o tempo de processamento de uma simulação.
- O método multigrid pode ser mais proveitoso em problemas com um grande número de elementos (> 100.000).
- No futuro, quando for explorado o paralelismo na simulação, o CENAPAD-PE será utilizado.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Pró-reitoria para assuntos de Pesquisa e Pós-graduação (PROPESQ) e ao Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho de Pernambuco (CENAPAD-PE).

REFERÊNCIAS

- Briggs, W. L., Henson, V. E., McCormick S. F. 2000. *A Multigrid tutorial*. Editora Siam. University City Science Center, Philadelphia.
- CARVALHO, Darlan K. E. *Uma Formulação do Método dos Volumes Finitos com Estrutura de Dados por Aresta para a Simulação de Escoamentos em Meios Porosos*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005

- CORDAZZO, Jonas. *Simulação De Reservatórios de Petróleo utilizando método EbFVM e Multigrid Algébrico*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.
- ERTEKIN, Turgay; ABOU-KASSEM, Jamal H.; King, Gregory R. , *Basic Applied Reservoir Simulation*, SPE Textbook Series, Vol. 7, AIME, Richardson, Texas, 2001.
- FALGOUT, Rob et al. *Hypr User's Manual*. Disponível em : <https://computation.llnl.gov/project/linear_solvers/download/hypr2.10.0b_usr_manual.pdf>. Acesso em 15 jun. 2015.
- FOX, Robert W. et al. *Introdução à mecânica dos fluidos*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- GEUZAINÉ, Christophe. *GMSH Manual*. Disponível em : <<http://geuz.org/gmsh/doc/texinfo/gmsh.html>> . Acesso em : 21 jun. 2015.
- OLIVEIRA, Fabiane. *Efeito de Malhas anisotrópicas bidimensionais sobre o desempenho do método Multigrid Geométrico*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010
- SILVA, R. S. *Simulação de Escoamento Bifásico Óleo-Água em Reservatórios de Petróleo Usando Computadores Paralelos de Memória Distribuída*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2008.
- TOMOV, Stan. *Iterative methods in linear algebra*. Disponível em : <<http://web.eecs.utk.edu/~dongarra/WEB-PAGES/SPRING-2008/Lect14.pdf>> Acesso em : 12 dez 2014.
- ZIENKIEWICZ, O.C., TAYLOR R.L. *The Finite Element Method*. 5. ed. Oxford: Butterworth-Heine-Mann, 2000. vol 3.