

1

Histórico e Motivação

1.1

Introdução

Um trabalho de pesquisa deve ter relevo no aprimoramento da sociedade que o está financiando e, sempre que possível, gerar recursos que proporcionem este crescimento. O Brasil é um país considerado em desenvolvimento, para não usarmos a expressão subdesenvolvido, o que aumenta ainda mais a responsabilidade de seus pesquisadores para que os recursos sejam bem aplicados e produzam riquezas.

O estudo do escoamento de fluidos tem grande importância para a análise de problemas práticos ligados à engenharia, como na aerodinâmica de automóveis e aviões, na previsão de dispersão de poluentes na água, solo e ar e na simulação de escoamentos bifásicos e trifásicos, como os encontrados nos reservatórios de petróleo.

Sabemos que o Estado do Rio de Janeiro possui 88% das reservas de petróleo do Brasil (ver [16]) e sua economia depende em boa parte da produção da Bacia de Campos; assim, ao desenvolvermos um bom simulador nesta área contribuímos diretamente para aumentar a eficácia do planejamento da extração do petróleo melhorando o desenvolvimento do Brasil e em particular do Rio de Janeiro.

O trabalho está assim dividido:

Capítulo 1:

Neste capítulo são apresentados e relacionados entre si os aspectos físicos - extração de petróleo -, os computacionais - modelagem -, e os matemáticos - equações para os escoamentos porosos.

Capítulo 2:

Aqui é mostrado o modelo matemático que resolve o problema físico e o algoritmo geral que o resolve. É descrito em detalhes o método numérico usado para resolver o sistema de equações diferenciais oriundo do modelo matemático e o domínio numérico em que o problema será resolvido.

Capítulo 3:

Agora, visando melhor compreensão da solução numérica, são descritos em detalhes a forma das matrizes resultantes da discretização do sistema, bem como suas características principais.

Capítulo 4:

O problema então recai simplesmente em resolver um sistema linear de forma eficiente. Mostramos nesta etapa o método que melhor se aplica ao formato das matrizes, e também todos os aceleradores deste método, responsáveis pela sua rapidez.

Capítulo 5:

Assim, para que tudo descrito acima funcione precisamos neste passo implementar o algoritmo, preocupando-nos com a forma como cada variável será representada, construída, estruturada e guardada, o que é feito neste capítulo.

Capítulo 6:

Um dos aceleradores usados foi a implementação em paralelo do algoritmo. Aqui explicamos alguns tópicos relacionados com a paralelização.

Capítulo 7:

Aqui estão os resultados alcançados, mostrados em gráficos que ajudam a analisar a validade, utilidade e vantagens do método.

Capítulo 8:

Aqui é feita a conclusão.

1.2

Extração de Petróleo

São considerados meios porosos sólidos com vazios comunicantes, como por exemplo: pedra-pomes, areia e argila. Eles se formam na natureza através de sedimentos que vão se acumulando no fundo do mar através do tempo. Em um meio poroso que contenha petróleo também encontraremos água salgada e gás natural. Para recuperar o petróleo são perfurados poços que chegam até onde se possa iniciar a extração do fluido. Simular as equações hiperbólicas/parabólicas do escoamento bifásico em meios porosos nos computadores permite otimizar a recuperação do petróleo.

1.3 Modelagem

Devido ao tamanho de suas aproximações discretas, muitos dos problemas que simulam fenômenos físicos em computadores necessitam de grande quantidade de processamento, bem como de memória. Construir procedimentos numéricos rápidos, precisos e que gastem pouca memória tem um impacto direto na qualidade da análise das simulações computacionais. Devido ao crescimento da computação paralela, cada vez mais torna-se possível a construção de métodos rápidos, através de uma coordenada divisão de tarefas pelos processadores.

Neste trabalho desenvolvemos e construímos (implementamos) um método que resolve a parte mais custosa de um procedimento para simular o escoamento de água e óleo em meios porosos, ou seja, a equação da pressão. Isto é feito em duas versões, uma serial e outra paralela, buscando nesta última alcançar escalabilidade.

Estiveram presentes no problema ao mesmo tempo aspectos físicos (escoamento de fluidos), matemáticos (resolução das equações diferenciais que governam o modelo) e computacionais (programa numérico em paralelo que modela as equações usando elementos finitos) seguindo assim a tendência atual de multidisciplinaridade nos projetos onde trabalham juntos pesquisadores de várias áreas diferentes.

1.4 Equações Hiperbólicas/Parabólicas para Escoamentos Bifásicos em Meios Porosos

A lei fundamental para o escoamento de fluidos em meios porosos é a lei de Darcy-global, que foi estabelecida há mais de um século para escoamentos monofásicos. Ela postula que o escoamento do fluido é proporcional ao gradiente de pressão. O coeficiente de proporcionalidade é o produto de dois fatores. Um é o inverso da viscosidade do fluido. O outro, chamado de permeabilidade absoluta, representa a habilidade da rocha porosa em permitir que o fluido passe através dela. Para gradientes de pressão pequenos ou moderados, esta lei é muito precisa.

Em reservatórios de petróleo, fluidos em fases diferentes escoam separadamente nos poros, pelo menos nos regimes de escoamento lentos de interesse. Assim, nos anos 30 deste século, Muskat generalizou a lei de D'Arcy para escoamentos bifásicos, introduzindo o conceito de

permeabilidade relativa, que é uma grandeza adimensional variando entre 0 e 1 e que multiplica a permeabilidade absoluta. A permeabilidade absoluta depende principalmente (ou, em situações ideais, unicamente) da saturação do fluido. Em geral, é uma função não-linear da saturação, pois cada fluido dificulta o movimento do outro.