

ANEXO I

1. ÁREA DE PESQUISA A SER APOIADA PELO PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO INSTITUCIONAL – PCI DO IMPA

Área de atuação 1 - Dinâmica dos Fluidos: Algoritmos de recuperação de petróleo com aplicações em escoamento trifásico, injeção de vapor, pré-sal e turbulência.

Tema 1.1: *Leis de Conservação: Teoria e Aplicação em Reservatórios Petrolíferos*

Sistemas de leis de conservação são de grande interesse na modelagem de fenômenos físicos, dentre os quais podemos destacar o escoamento de uma mistura de petróleo, água e gás em um reservatório petrolífero. Modelos para tais escoamentos são obtidos levando-se em conta a chamada lei de Darcy [1]. Estes modelos consideram interpolações entre situações provenientes de escoamento de fluidos bifásicos e dão origem a certas regiões elíticas, mais precisamente, a modelos que apresentam comportamento misto elítico-hiperbólico.

Um problema de grande interesse prático e teórico para sistemas de leis de conservação, conhecido como problema de Riemann, é um problema de Cauchy com dados iniciais descontínuos. As soluções dos problemas de Riemann (soluções de Riemann) são obtidas combinando soluções fracas (ondas de choques) e soluções clássicas (ondas de rarefações). Choques dão origem a multiplicidade de soluções. Para detectar as que são fisicamente relevantes, são utilizadas condições adicionais, conhecidas como condições de entropia. Lax introduziu um desses critérios que originou aos chamados choques de Lax.

É interessante examinar com cuidado os chamados "Métodos Avançados de Recuperação de Petróleo". A intenção é usá-los para "Recuperação Terciária" nos campos maduros, com produção em declínio, como os campos offshore dos Estados do Rio e Espírito Santo.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

[1] David L Parkhurst and CAJ Appelo. *Description of input and examples for phreeqc version 3a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. 2013.*

Código da bolsa: 1.1**Titulo do Projeto:** *Teoria de escoamento trifásico em Reservatórios Petrolíferos.***Perfil do Bolsista:** Pesquisador em plena atividade e com comprovada experiência em Matemática e Métodos Numéricos em Meios Porosos, com duas dezenas de trabalhos publicados em revistas de matemática e/ou engenharia de circulação internacional de alto nível.**Tema 1.2:** *Análise Matemática da Geoquímica de Recuperação de Petróleo do Pré-Sal*

A recuperação eficiente e segura a longo prazo é um desafio na recuperação do petróleo leve de alta qualidade armazenado na rocha calcária, que existem sob o sal debaixo do fundo do oceano nas costas do sudeste brasileiro. Algumas das razões das dificuldades na segurança são o fato de que o sal é um bom selante, mas é um material viscoelástico em vez de um sólido, e o calcário é muito poroso, contendo, portanto bastante petróleo, mas é muito heterogêneo e friável. Outra questão é que o petróleo existente contém uma quantidade razoável de dióxido de carbono, que interage de forma deletéria com o calcário, e que idealmente não deveria ser produzido, para mitigar possíveis mudanças globais de clima.

O calcário, e o dióxido de carbono tornam necessário entender o que acontece por escalas de tempo muito grandes, quando a geoquímica no reservatório passa a ser o efeito dominante, por governar o destino destas substancias. Sob o efeito do movimento dos fluidos e gases, a interação entre substâncias químicas na água e no calcário poroso formam frentes onde a composição varia abruptamente, através de efeitos cromatográficos. As escalas destas frentes são muito pequenas, poucos centímetros.

Fenômenos mais clássicos de escoamento de água e petróleo em grandes escalas continuam a ser importantes, e a maioria deles ocorre em escalas espaciais de quilômetros.

A única técnica capaz de resolver problemas com escalas tão distintas baseia-se no uso de teoria matemática de sistemas não lineares de leis de conservação, para o cálculo de soluções auto similares de problemas de injeção em meios porosos. Dada a complexidade da modelagem, com certeza será necessário aprofundar esta teoria matemática.

Julgamos que, além do progresso matemático, a formulação de modelos de escoamento multifásicos, levando em conta efeitos térmicos, e principalmente a geoquímica do reservatório, através judiciosas simplificações, representa um avanço do conhecimento da físico-química em ciência de petróleo.

O resultado prático no curto prazo será uma metodologia para fazer avaliações a baixo custo de métodos propostos como candidatos para a exploração do pré-sal. Observamos que simuladores de reservatórios convencionais incluindo

geoquímica não são capazes de fazer tal avaliação por períodos longos por causa do efeito da difusão numérica sobre as frentes composicionais na água.

Pretendemos dar um salto importante em área bastante nova, a saber, a teoria de soluções exatas de problemas de escoamento em reservatórios petrolíferos. Este salto será ocasionado pela inclusão de processos geoquímicos na água e entre a água e a rocha calcária do reservatório, e pelo avanço em teoria matemática de leis não lineares de conservação.

Código da bolsa: 1.2

Título do projeto: *Injeção de espuma para recuperação de petróleo no pré-sal*

Perfil do bolsista: pesquisador com experiência em matemática e modelagem em escoamento em meios porosos, evidenciada por ao menos 5 (cinco) publicações em revistas de matemática e/ou engenharia de circulação internacional de alto nível.

2. QUADRO DE BOLSAS

Área de atuação	Tema	Qtd. Bolsas	Nível Bolsa	Código Bolsa
1 - Dinâmica dos Fluidos: Algoritmos de recuperação de petróleo com aplicações em escoamento trifásico, injeção de vapor, pré-sal e turbulência.	Leis de Conservação: Teoria e Aplicação em Reservatórios Petrolíferos	1	E1	1.1
	Análise Matemática da Geoquímica de Recuperação de Petróleo do Pré-Sal	1	E1	1.2