

## **6**

### **Conclusões e sugestões**

#### **6.1 Conclusões**

Neste trabalho, o escoamento de emulsões óleo-água por de um meio poroso foi estudado através de experimentos e simulações numéricas. A análise experimental consistiu na medição da queda de pressão em função da vazão imposta através de uma amostra de arenito para diferentes emulsões. Para o estudo do efeito de tamanho de gota, injetou-se a mesma emulsão em amostras de rochas consideradas de alta e baixa permeabilidade, e para o estudo da influência do número de capilaridade a emulsão foi injetada a diferentes vazões.

A formulação e preparação da emulsão estudada foi feita de forma a obter o tamanho das gotas desejado em relação à distribuição do tamanho dos corpos de poros das amostras utilizadas. A emulsão estudada, quando injetada na mesma vazão nas duas amostras, produz uma queda de pressão maior na amostra de menor permeabilidade. Estes dados experimentais são analisados mediante a variação da permeabilidade da amostra a qual é representado por um fator de redução como uma função da vazão de injeção. Para ambos experimentos, este fator de redução é bem menor para baixos números de capilaridade e este fator de redução cresce conforme aumenta o número de capilaridade, apresentando um comportamento constante para elevados números de capilaridade.

A simulação numérica englobou a modelagem monofásica em regime permanente do escoamento de emulsões monodispersas óleo-em-água através de um modelo de rede de capilares. A rede de capilares foi gerada a partir da informação obtida experimentalmente por outros pesquisadores (Bakke e Oren [34, 39], Oren *et al.* [33]) sobre a estrutura porosa de um arenito Berea.

Para o escoamento da emulsão óleo-em-água através de um capilar foi formulada uma expressão similar à equação de Poiseuille com base em dados experimentais obtidos por Cobos [35], Cobos *et al.* [3] e Montalvo [11] quando uma emulsão escoa por um capilar com constrição. Esta expressão considera um fator de bloqueio que depende da relação tamanho de gota e tamanho do poro, e da vazão de injeção.

As comparações das simulações com os dados experimentais obtidos para o escoamento monofásico das emulsões através de um meio poroso apresentam uma boa concordância qualitativa. Uma boa concordância quantitativa foi

obtida entre os resultados da simulação e os dados experimentais obtidos por Oak [58] para o escoamento monofásico de um fluido não-Newtoniano através de um arenito Berea.

A modelagem bifásica em regime quase-estático do escoamento de fluidos Newtonianos através do modelo de rede de capilares, descrito anteriormente, apresenta uma boa concordância quando comparado com dados experimentais obtidos por Oak [58] para os processos de drenagem e de embebição.

A modelagem dinâmica em regime transiente para o escoamento de emulsões monodispersas óleo-em-água através da rede de capilares que inicialmente encontrou-se saturada com óleo (processo de embebição) é desenvolvida neste trabalho. A formulação matemática proposta para o escoamento de emulsões através de capilares é usada. Uma análise da influência no incremento do tamanho de gota da emulsão indica um aumento no fator de recuperação de óleo de até 21 %, aumento atingido quando se incrementou o tamanho das gotas da emulsão de  $r_e=2 \mu\text{m}$  para  $r_e=10 \mu\text{m}$ . Pode-se observar uma frente de deslocamento mais uniforme no caso de injeção de emulsões com gotas grandes. Uma análise da influência do incremento da vazão de injeção de emulsão indica um mínimo (imperceptível para gotas de tamanhos maiores) incremento no fator de recuperação de óleo e um significativo aumento na pressão de injeção.

Os resultados mostram que os modelos de escoamento de emulsões em meios porosos devem considerar a razão entre o raio das gotas da emulsão e o raio dos corpos de poro, e sua vazão de injeção.

Neste trabalho, o fator de bloqueio proposto é função da razão do raio da gota e o raio do capilar  $r_e/r_c$ , e do número de capilaridade  $N_{Ca}$ . A influência de estes parâmetros dependem de um número crítico, sendo de 0,85 e de 0,008 para  $r_e/r_c$  e  $N_{Ca}$ , respectivamente. Estes valores foram considerados tomando como base resultados experimentais disponíveis na literatura (Cobos *et al.* [3]).

Os resultados apresentados neste trabalho podem ser usados no projeto de emulsões apropriadas para controle de mobilidade em operações de EOR através de injeção de emulsões.

## 6.2 Sugestões

Para a continuação dos estudos de escoamento de emulsões através de meios porosos sugere-se os seguintes temas:

1. Estudar o escoamento de emulsões monodispersas através de capilares com constrição para uma taxa ampla de razão de viscosidade, razão do diâmetro de gota sobre o diâmetro do capilar, tensão interfacial e número

de capilaridade. estes dados seriam utilizados para uma descrição mais detalhada do escoamento em cada elemento da rede.

2. Visualização do deslocamento de óleo por injeção de emulsão em um meio poroso transparente ou em uma rede bi-dimensional de micro canais.
3. Desenvolvimento de uma rede de capilares com injeção alternada de água e emulsões.
4. Experimentos de deslocamento de óleo por injeção de emulsão em um meio poroso plano, i. e. escoamento radial.