

1 INTRODUÇÃO

Desde os anos 1940, provavelmente mais de um milhão de fraturamentos hidráulicos foram executados apenas nos Estados Unidos como técnica de tratamento de poços de petróleo (Figura. 1.1). Grande parte destas operações é conduzida logo após a perfuração do poço e, conseqüentemente, a relevância do fenômeno de refluxo do material de sustentação da fratura ou propante (Figuras. 1.2) é bastante alta, em termos econômicos e operacionais, para as companhias de petróleo que exploram novos campos ou tem como objetivo aumentar a produção de poços existentes.

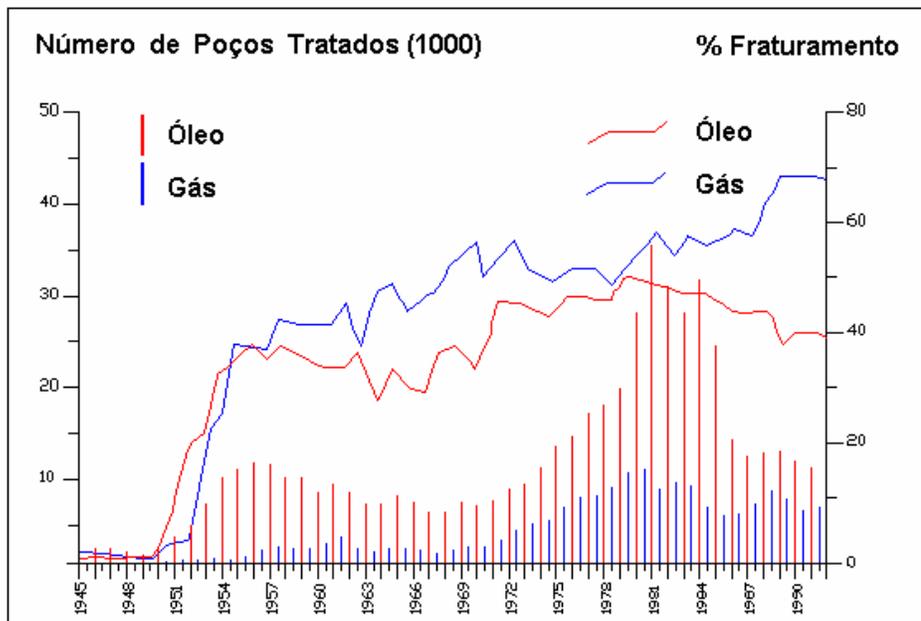


Figura 1.1 – Estatísticas do fraturamento de poços nos Estados Unidos (1945 – 1993) – S. Haidar (2003).

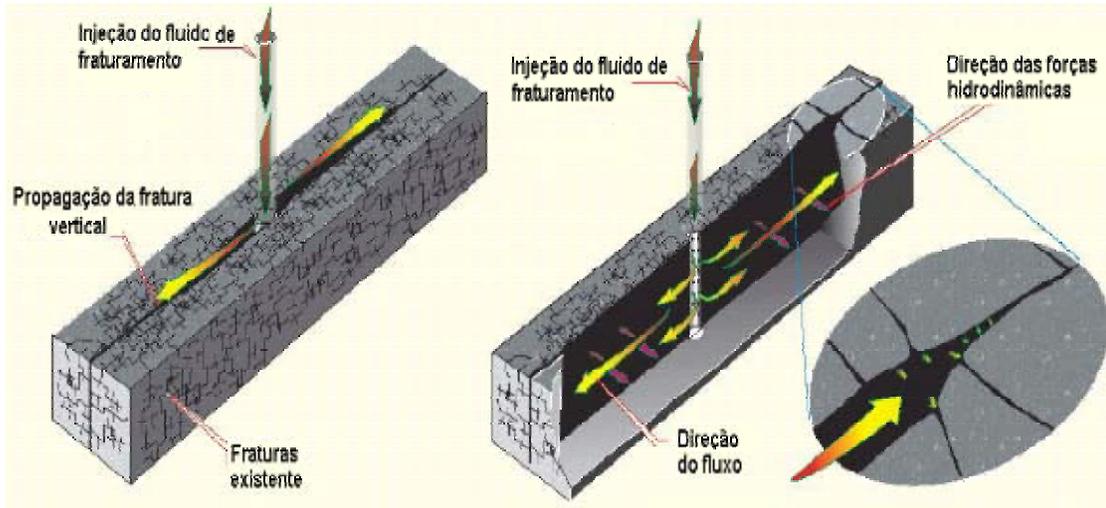


Figura 1.2a – Representação do processo de fraturamento hidráulico (EPA, 2004).

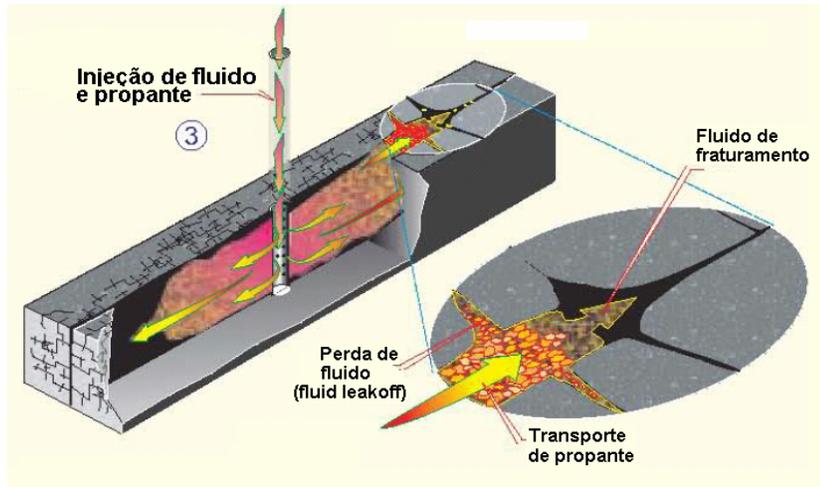


Figura 1.2b – Representação de injeção de fluido contendo propante (EPA, 2004).

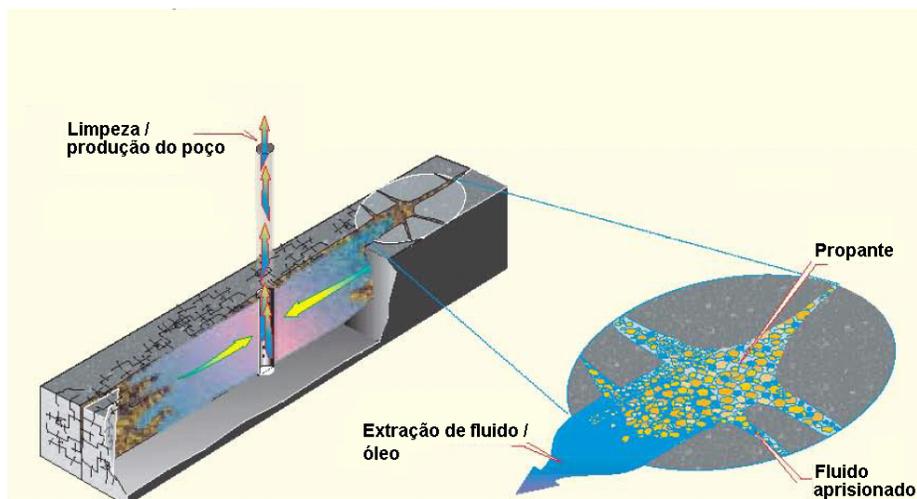


Figura 1.2c – Representação o processo de limpeza e produção do poço. (EPA, 2004)

Os problemas associados com o refluxo do material de sustentação são principalmente os seguintes:

- a) perda da condutividade da fratura, o que reduz os benefícios do tratamento almejado pelo fraturamento hidráulico;
- b) danos aos equipamentos, consistindo na abrasão de válvulas, tubulações e superfícies de dutos;
- c) atrasos e despesas necessárias para a limpeza do poço e disposição do propante, a não ser em casos em que o poço seja abandonado se os custos para retorno de sua produção sejam considerados excessivos.

Há uma série de soluções operacionais que podem ser consideradas para evitar ou minorar as conseqüências deste problema. A primeira e a mais óbvia delas é manter a vazão de produção do fluido abaixo de um valor crítico no qual se estima que a produção do material de sustentação inicia. Uma outra consiste em fechar a fratura rapidamente de modo a capturar os grãos de propante em uma distribuição uniforme, gerando um pacote granular estável. No entanto, a literatura reporta (Daneshy, 1989) que estas técnicas nem sempre funcionam porque ignoram os mecanismos que contribuem para criar a instabilidade do propante ou não os compreende e quantifica racionalmente.

O entendimento dos fatores que causam o refluxo do propante é essencial para a prevenção do fenômeno e, desde os estudos experimentais de Milton-Taylor et al. (1992), considerados uma das mais importantes contribuições para a descrição dos fatores que contribuem para a produção do material de sustentação, vários outros autores, nos últimos anos, vêm ativamente investigando este problema, ainda que discrepâncias nos resultados publicados na literatura possam ser encontrados, o que, de certa forma, é natural tendo em vista que apenas recentemente esta área atraiu o interesse da maioria destes pesquisadores.

Outro aspecto importante a ser considerado se refere às características do propante já que atualmente numerosos aditivos para controle do refluxo do material de sustentação têm sido oferecidos por vários fabricantes, tendo sido registradas melhorias na estabilidade do pacote granular com a adição de produtos como resinas, fibras, termoplásticos, etc. Infelizmente, ainda não há evidências concretas de que os aditivos funcionem bem sob condições de altas tensões de fechamento da fratura, principalmente

no caso de propantes revestidos com resina (RCP) que, além das limitações devido ao alto custo, necessitam de condições específicas de temperatura para atingirem as propriedades desejadas (cura).

Vários estudos experimentais, principalmente aqueles conduzidos pelo consórcio Stimlab¹, têm auxiliado bastante na compreensão dos mecanismos que governam o refluxo de propantes. Em decorrência, a maioria dos modelos de previsão disponíveis é baseada em correlações empíricas que tendem a ser menos confiáveis à medida que as condições da aplicação do modelo se afastam das condições existentes nos correspondentes ensaios de laboratório que tornaram possível a elaboração das correlações.

Os objetivos desta dissertação de mestrado se relaciona com os aspectos acima descritos, isto é, procurou-se neste trabalho apresentar e descrever os vários tipos de propantes usados na indústria de petróleo, os critérios adotados para a sua seleção e as técnicas de tratamento empregadas; adicionalmente, discutir os fatores que governam o refluxo do material de sustentação em fraturas hidráulicas e descrever os principais modelos para previsão da produção de propantes existentes na literatura. Uma análise crítico-comparativa dos modelos selecionados é feita através de sua aplicação para previsão do refluxo do material de sustentação em vários poços de petróleo situados na região Nordeste do país.

A estrutura do trabalho está dividida em seis capítulos e um apêndice:

O capítulo 2 descreve os principais tipos de propantes, suas propriedades (resistência ao esmagamento, tamanho e distribuição granulométrica, arredondamento e esfericidade, densidade), apresenta os principais critérios para seleção de propantes bem como os vários tipos de tratamento para os materiais de sustentação.

O capítulo 3 é dedicado à discussão dos mecanismos que governam a produção do material de sustentação, tais como largura da fratura, tensão de fechamento, forças de arraste incluindo efeitos de fluxo não Darciniano e fluxo multifásico, fechamento forçado, influência da depleção do reservatório, etc.

No capítulo 4 são apresentados os principais modelos para previsão da produção de material de sustentação em fraturas hidráulicas (modelo Stimlab, modelo da cunha livre, modelo da correlação de bi-potência, modelo de potência, modelo da velocidade mínima de fluidificação, modelo semi-mecânico).

¹ Consórcio fundado por empresas de petróleo.

No capítulo 5 faz-se a previsão, com a ajuda dos modelos anteriormente discutidos, da produção do material de sustentação em poços de petróleo da Petrobrás localizados no Nordeste do Brasil.

Conclusões sobre a dissertação, bem como sugestões para pesquisas futuras, são feitas no capítulo 6.