

Título: UM MODELO MATEMÁTICO PARA RECUPERAÇÃO DE PETRÓLEO POR INJEÇÃO DE AR

Autores: J. C. da Mota (jesus@mat.ufg.br)¹, A. J. de Souza (cido@dme.ufpb.br)², D. Marchesin (marchesi@impa.br)³, P. W. Teixeira (pwt@cenpes.petrobras.com.br)⁴

Instituições .: ¹ Instituto de Matemática e Estatística – UFG
² Departamento de Matemática e Estatística – UFPB
³ Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada
⁴ CENPES/PETROBRAS

Uma das técnicas de recuperação avançada de petróleo consiste em injetar ar num poço injetor com o intuito de manter a pressão no reservatório e recuperar óleo nos poços produtores. Durante este processo usualmente ocorre a oxidação do óleo a baixas temperaturas. O objetivo do método é o de aumentar a produção de óleo com a garantia de que todo o oxigênio será consumido antes de atingir os poços produtores, por questões de segurança. Neste modelo simplificado estamos considerando um fluxo bifásico consistindo de óleo e gás movendo-se linearmente num meio poroso. Assumimos a princípio que o gás injetado consiste de oxigênio puro e que este reage com a fase óleo, numa reação química exotérmica, formando CO₂ o qual é instantaneamente e completamente dissolvido na fase óleo. A taxa de reação para oxidação, tipo Arrhenius, é considerada proporcional à quantidade total de oxigênio e óleo disponíveis e à um fator dependente da temperatura. Por questão de simplicidade, vamos considerar neste trabalho que a densidade do óleo independe da concentração de CO₂ dissolvido. Também omitimos efeitos de compressibilidade efeitos de perdas laterais de calor para a formação rochosa e efeitos de gravidade. Efeitos de pressão capilar entre as fases são incluídos. Consideramos que a viscosidade da fase óleo é função da temperatura. Como os efeitos de perdas laterais são omitidos a oxidação deve provocar uma frente de temperatura relativamente estreita se propagando no reservatório. Assumimos que anteriormente à passagem da frente de oxidação existe uma mistura de óleo e gás num regime bifásico. Após a passagem desta frente deve permanecer apenas uma fase consistindo de óleo e CO₂ dissolvido. No caso da injeção de ar devemos considerar uma variável e uma equação adicionais ao sistema afim de poder quantificar a fração de gás que tenha oxidado. Sob as hipóteses simplificadoras acima, desenvolvemos um modelo matemático para oxidação baseado nos balanços de massa das fases, no balanço de energia e também na lei força de Darcy aplicada a cada uma das fases. O modelo obtido permite fazer alguma análise matemática e também fazer simulações numéricas fornecendo previsões de saturações e temperatura dependentes da posição e do tempo. Na região não oxidada analisamos dois casos. Num deles consideramos a temperatura constante em toda a região e abaixo da temperatura inicial de oxidação. Neste caso o sistema é reduzido à equação de Buckley-Leverett. Num segundo caso na região não oxidada, consideramos um salto na temperatura. Neste caso uma onda de temperatura do tipo descontinuidade de contato deverá ser adicionada à solução do sistema. Na região oxidada, como estamos considerando que todo o oxigênio é consumido na reação e que todo o CO₂ é dissolvido na fase óleo, o sistema é reduzido a uma equação linear de advecção-difusão para a temperatura. As frentes de oxidação são analisadas matematicamente como ondas do tipo viajante.