

UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA A ANÁLISE DE REATIVAÇÃO DE FALHAS GEOLÓGICAS

Aluno: Pedro Kjellerup Nacht
Orientadora: Deane Mesquita Roehl

Introdução

Falhas geológicas são descontinuidades na crosta terrestre. Atividades antropogênicas como a mineração e a extração de fluidos podem alterar o estado de tensões próximo às falhas geológicas. Se essas perturbações forem suficientemente elevadas no plano da falha, podem provocar seu deslocamento relativo e reativação.

A reativação de falhas é um aspecto limitante das pressões de injeção que podem ser aplicadas à reservatórios de hidrocarbonetos. Devido ao aumento da permeabilidade, uma falha reativada tem seu selo vertical rompido e pode transmitir fluidos para outras camadas porosas ou mesmo para a superfície. Além de perda de reservas e exsudação de hidrocarboneto, esse fenômeno pode causar grave subsidência à formação geológica e colapso de poços.

Sibson [1] demonstrou que a reativação de falhas geológicas é fundamentalmente regida pelo critério de Mohr-Coulomb. Esse fenômeno tem sido extensivamente estudado na literatura, utilizando tanto abordagens analíticas e semi-analíticas como numéricas.

Os métodos analíticos, em particular, são bastante utilizados para uma estimativa inicial das falhas mais suscetíveis à reativação num campo de extração. Essa categoria de métodos adota hipóteses simplificadoras de forma a permitir o uso de soluções fechadas.

Este trabalho apresenta uma ferramenta computacional para o estudo da tendência de reativação de falhas em regime normal através de um método analítico simplificado. Nesta etapa inicial do trabalho, foi desenvolvido um programa para análise de topologias 2D utilizando a linguagem C++ [2] com orientação de objetos e as bibliotecas Qt® [3] e Simple and Fast Multimedia Library® (SMFL) [4] para a interface gráfica do usuário e como pacote gráfico, respectivamente.

Através deste programa, foi realizado um estudo paramétrico, analisando diversas modelos 2D para diferentes configurações de falha e camadas geológicas. Os valores obtidos da máxima pressão de injeção admissível no reservatório foram então comparados com os resultados de análises via método dos elementos finitos.

Objetivos

Desenvolver um programa computacional para analisar a tendência de reativação de falhas geológicas através de um método analítico simplificado.

Metodologia

Neste projeto, utilizou-se um método analítico simplificado para estimar a máxima poropressão de injeção a que um reservatório pode ser submetido sem causar a reativação de falhas.

Nesse método, a tensão cisalhante atuante no plano da falha, obtida a partir do estado inicial de tensões da formação, é confrontada com a tensão cisalhante resistente, obtida pelo critério de Mohr-Coulomb. A razão (tensão atuante)/(tensão resistente) fornece um coeficiente que pode ser usado para avaliar a tendência da reativação de falhas.

A partir desse critério, considerando que a poropressão de injeção reduz a tensão efetiva normal ao plano da falha e adotando a hipótese de que as variações nas tensões horizontal e vertical do reservatório podem ser desprezadas, é possível determinar de forma aproximada o valor de poropressão que induz a reativação.

Um programa computacional, denominado “Fault Line”, foi desenvolvido na linguagem C++ [2] com orientação de objetos. Para a interface gráfica do usuário, foi utilizada a biblioteca Qt[®] [3] desenvolvida pela Nokia com licença LGPL 2.1. Como pacote gráfico para representação do modelo, foi utilizada a biblioteca Simple and Fast Multimedia Library (SFML) [4].

O programa é de fácil utilização. A geometria 2D da falha pode ser importada a partir de um arquivo .pl do programa GOCAD[®] da Paradigm. O usuário deve fornecer as propriedades das falhas e de todas as camadas de solo relevantes, estas consideradas horizontais. A partir destes dados, o programa pode então determinar a tendência de reativação ao longo das falhas e a poropressão necessária para reativar os trechos mais críticos.

A fim de verificar a validade do método analítico simplificado, foram gerados diversos modelos 2D com uma falha e três camadas, variando a inclinação da falha, a profundidade e a espessura do reservatório. Os resultados obtidos pelo Fault Line foram comparados aos obtidos com um programa que utiliza o método dos elementos finitos [5].

Conclusões

Este projeto apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que utiliza um método analítico simplificado para estimar a máxima poropressão de injeção num reservatório sem causar a reativação de falhas.

Os resultados encontrados com esta ferramenta foram comparados aos resultados obtidos a partir de análises por elementos finitos. As diferenças entre os resultados demonstram que deformações causadas pelo aumento da poropressão podem ser substanciais em algumas situações e seus efeitos não podem ser sempre ignorados.

O programa é de fácil utilização e, logo, pode servir para determinar uma primeira estimativa da pressão de injeção crítica do reservatório. Porém, se a pressão do projeto inicial for próxima a estes valores, é necessário fazer uma análise que considere a deformabilidade da rocha, por exemplo através do método dos elementos finitos.

Referências

- [1] SIBSON, R.H., Faulting and fluid flow. In: **Short Course on Fluids in Tectonically Active Regions of the Continental Crust**, (Ed. Nerbitt, B.E.), v.18, p. 93–132, Mineralogical Association of Canada Handbook, 1990.
- [2] STROUSTRUP, B. **Programming: Principles and Practice Using C++**. 1. ed. Boston, EUA: Addison-Wesley Professional, 2008. 1272 p.
- [3] BLANCHETTE, J.; SUMMERFIELD, M (2006). **C++ GUI Programming with Qt 4**. 2. ed. New Jersey, EUA: Prentice Hall, 2008. 752 p.
- [4] GOMILA, L. **Simple and Fast Multimedia Library**. Disponível em: <<http://www.sfml-dev.org>>. Acesso em: 30 Junho 2010.
- [5] COSTA, A.M., An application of computational methods and principles of rock mechanics in the design and analysis of underground excavations for the underground mining. **Tese de Doutorado**, Graduate School of Engineering (COPPE), Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), 1984.