

## 6

### Conclusões e sugestões para futuras pesquisas

#### 6.1. Conclusões da simulação numérica de perfuração e cimentação em poços de sal

Neste trabalho foi estabelecido um procedimento para análise do processo de perfuração e cimentação de poços de petróleo em zonas de sal, que engloba tanto o processo de endurecimento do cimento quanto a resposta de fluência da camada de sal.

Foram desenvolvidas análises numéricas no programa ABAQUS, basicamente tentando uma simulação real do estado de tensões in-situ antes da perfuração do poço de petróleo. A seguir foi realizada a simulação da perfuração com análise das tensões induzidas e, finalmente, o estudo da fluência no sal e o comportamento do cimento e da formação circundante ao poço nos processos de endurecimento do cimento.

O procedimento passo a passo na simulação numérica permitiu que o estado do modelo: tensões e deslocamentos se atualizem ao longo do histórico de carregamento. Sem omitir nenhum passo importante do processo de cimentação do poço.

A deformação por fluência do sal teve um papel importante na deformação do poço e no estudo das tensões nas fronteiras dos materiais. Primeiro pela deformação da malha do poço na perfuração e depois pelas tensões atuantes ao longo do processo de fluência do sal e endurecimento do cimento.

As tensões tangenciais e radiais mudaram significativamente ao longo da simulação especialmente quando foi atingido o último valor do módulo de Young para o endurecimento do cimento. Isto também foi evidente no último passo (passo-28) quando o cimento atingiu sua rigidez final.

O cimento é materializado como malha de elementos finitos a partir do passo-8 dando assim continuidade ao comportamento do sal-cimento-revestimento. A resposta elástica e de fluência do sal interatuam com estes materiais, mas principalmente com o cimento.

As tensões radiais e tangencias no sal, bem distantes do centro poço, convergem em suas magnitudes, em todos os passos (a partir do passo-8). É dizer que as tensões radiais e tangencias convergiram para os valores das tensões no meio contínuo, numa distância de 6 vezes o raio do poço. No entanto perto da fronteira do sal e cimento estes tem valores de magnitudes desiguais, isto devido ao endurecimento do cimento.

Na análise de fluência do sal, tanto a tensão equivalente de Tresca quanto a de von Mises são adotadas pelos pesquisadores. Neste estudo, a equação constitutiva faz referência à tensão equivalente de Tresca.

A tensão equivalente de von Mises surge do estudo de um critério de escoamento para metais. As principais características dos metais é que são densos, dúcteis e isotrópicos. O critério de escoamento de von Mises é independente da pressão hidrostática.

O revestimento não chegou a ter um comportamento plástico devido a que as tensões atuantes não geraram uma tensão equivalente de von Mises superior a tensão de escoamento.

A deformação por fluência de um poço de petróleo de sal depende principalmente das espessuras da camada de sal e das camadas subjacentes do sal, da temperatura na profundidade de estudo, da composição mineralógica ou tipo de sal, conteúdo de humidade, da presença de impurezas, da tensão diferencial e do tempo.

Com o exercício de ganho de rigidez no cimento considerando todos os materiais como elástico foi visto que no revestimento, do Passo-8 até o Passo-16 há um ganho da tensão tangencial e radial. Continuando a análise no revestimento, a partir do Passo-18 até o Passo-28, produto do ganho de rigidez no cimento, se tem uma diminuição notável na tensão tangencial em quanto que a tensão radial se mantém quase constante. Com isto pode-se se explicar no

caso de estudo porque o revestimento diminui a tensão tangencial que inicialmente se encontra num estado de compressão chega a um estado de tração no final da simulação.

## **6.2. Sugestões de futuras pesquisas**

A simulação da perfuração e endurecimento do cimento foi realizada considerando um caso sintético ou ideal onde não existem limitações de qualidade do dado. Uma sugestão seria fazer um estudo com aplicações a um caso real e a um modelo induzido no laboratório.

Um estudo que seria muito interessante seria o de o contato dos diferentes materiais que compõem o sistema.

Por último, deve-se continuar a análise do cimento para um poço mudando a inclinação, a variação da temperatura na falha do cimento, as mudanças do coeficiente de empuxo das tensões horizontais, e da excentricidade do poço. Assim também o estudo de falha do cimento por cisalhamento e tração.