

6. Conclusões e Oportunidades de Estudos Futuros

O presente trabalho buscou avaliar as tensões atuantes no sistema de contenção de sólidos (*gravel packing*) e *stand alone* instalados em uma formação com potencial de produção de sólidos. Para isso, foram utilizados o modelo elastoplástico 2D e o critério de ruptura de Mohr Coulomb.

Inicialmente, foi realizada uma análise elástica, somente com a formação, que apresentou resultados satisfatórios em comparação com a solução analítica de Kirsch, ratificando os resultados apresentados pelo programa Abaqus. Nestes resultados, pode-se observar que as tensões tangenciais e radiais tendem a um valor próximo ao carregamento aplicado após 4 a 5 vezes o comprimento do raio do poço, como analisado anteriormente pela solução analítica. Da mesma forma, observa-se o efeito de concentrações de tensões próximas à parede do poço.

Após isso, foram realizados 3 tipos de simulação em analogia aos ensaios de Chavez (2011) nas condições de: tela centralizada, tela encostada e *stand alone*. Nos experimentos realizados por Chavez (2011) não foram analisados valores de deformabilidade e resistência (modelos constitutivos) para o *gravel* e valores de pós-pico para o arenito sintético (formação). Logo, foi preciso estimar esses dados que não foram encontrados na literatura. Esta estimativa foi embasada nos resultados alcançados nos ensaios experimentais.

A resistência ao colapso da tela foi analisada considerando apenas o tubo base (latão/tela) como o responsável pela rigidez do conjunto telado. Para os ensaios nas condições de tela centralizada e encostada foi utilizado o *gravel packing* no espaço anular entre o latão/tela e a formação.

Para o caso da tela centralizada, os resultados obtidos numericamente foram comparados com os resultados de Chavez (2011). Observou-se que, durante o confinamento, o *gravel* não transmite as tensões oriundas da formação no latão. Assim, o *gravel*, nessa primeira etapa, tende a se deformar mais e a suportar as tensões hidrostáticas aplicadas e na etapa de acréscimo de tensão vertical, a compactação do *gravel* acaba repassando as tensões na parede da tela.

Com relação à tela encostada, o mesmo comportamento é notado. Todavia, a geometria do modelo permite que haja contato entre a tela e a formação no bordo inferior da mesma, permitindo os pequenos deslocamentos observados.

Os resultados referentes à deformação tangencial da tela nos pontos estudados mostraram que para o ensaio da tela centralizada, o latão sofre compressão devido ao “enrijecimento” do *gravel*. Já no ensaio da tela encostada, devido à sua geometria, no bordo superior do latão, observa-se que este ponto sofre inicialmente extensão e, em um determinado estado de tensões, sofre contração. Nos dois ensaios, foi percebida uma pequena plastificação da formação.

A tela encostada apresentou maiores valores de deslocamento radial no ponto 01 e deformações tangenciais no ponto 02 quando comparada com os resultados da tela centralizada. Da mesma forma, observa-se que a plastificação sofrida pela formação ocorre antes no modelo da tela centralizada. No entanto, observou-se que apesar da tela centralizada e da tela encostada apresentarem deformações e deslocamentos próximos, as tensões sofridas pelo latão foram bastante diferentes para cada ensaio.

O algoritmo do tipo explícito é utilizado para o modelo *stand alone* devido à alta não linearidade e às grandes deformações sofridas na simulação. Os resultados obtidos para o modelo *stand alone* apresentaram o mesmo comportamento apresentados por Chavez (2011). Entretanto, os valores medidos em cada análise (numérico e experimental) podem ser validados até um determinado estado de tensões. Isso acontece por causa da plastificação e consequente produção de sólidos que ocorre no modelo experimental. Tal fenômeno não pode ser fielmente representado pelo modelo constitutivo utilizado, visto que foi utilizado um programa de elementos finitos que não representa fielmente o processo de ruptura.

Por fim, a modelagem tela/*gravel*/formação com o comportamento elastoplástico leva a bons resultados quando comparados aos ensaios, apesar de não representar o comportamento de materiais granulares como discreto, e das limitações do critério de ruptura utilizado.

Conclui-se que a utilização do sistema de contenção utilizando *gravel packing* pode trazer maior estabilidade ao poço, dado que as tensões hidrostáticas eram suportadas pelo *gravel* que se deformava e não as repassava para a tela.

Com este estudo foi possível avaliar o comportamento do *gravel* bem como o comportamento pós-pico da formação e com isso pode-se observar os esforços relacionados às propriedades geomecânicas da formação, possibilitando, assim, o dimensionamento do tubo de acordo com as suas condições de operação.

Para trabalhos futuros, é sugerido o uso de outro modelo constitutivo que não seja Mohr Coulomb. A maior desvantagem do modelo de Mohr-Coulomb é a existência dos vértices (pontos de inflexão), o que requer tratamentos numéricos especiais. Sob um ponto de vista computacional, seria vantajoso suavizar estas regiões.

Seria também interessante implementar um comportamento não linear para a parcela elástica da formação.

Outro fator limitante do modelo numérico foi a dificuldade de obter os parâmetros do *gravel*. Sugere-se a realização de ensaios para obtenção de parâmetros da deformabilidade do *gravele* de valores do comportamento pós-pico da rocha para comparação com os valores utilizados no modelo (*stand alone*).

A utilização de elementos finitos pode não representar de forma adequada o comportamento de materiais granulares. Então, é indicada a utilização de uma análise FEM-DEM que simule o comportamento granular do *gravel* e da plastificação da formação observada no modelo *stand alone*.

Além disso, sugere-se o desenvolvimento de um modelo que considere atrito nas regiões de contato formação-gravel e formação-tela. Em sequência, a utilização de um modelo 3D com diferentes tipos de telas, como a tela *premium*, e um modelo experimental com essas telas para comparação dos resultados.