

UTILIZAÇÃO DE PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO EM ESTUDOS DE ANÁLISE DE RISCO DE CAMPOS DE PETÓLEO

RÔMULO NUNES¹; **THALITA LEAL²**; **FERNANDA V. A. RISSO²**; **VALMIR F. RISSO³**

¹Universidade Federal de Pelotas – eng.petro.nunes@outlook.com;

²Universidade Federal de Pelotas – thalitaeinstein-fisica@hotmail.com;

²Universidade Federal de Pelotas – fvarisso@gmail.com;

³Universidade Federal de Pelotas – vfrisso@gmail.com;

1. INTRODUÇÃO

O setor de Exploração e Produção da indústria de petróleo (E&P) é um dos mais importantes setores da cadeia produtiva, requer um estudo muito complexo e demorado, assim, sendo necessário um grande investimento para o seu desenvolvimento, podendo chegar à casa dos bilhões de dólares. O uso da simulação numérica é de extrema importância para prever o comportamento futuro dos reservatórios. Há uma série de incertezas nos dados do reservatório que implicam diretamente na modelagem e na confiabilidade dos resultados. Portanto, a importância de conhecer quais as variáveis incertas que apresentam os maiores impactos nas funções-objetivos é fundamental para diminuir o risco do projeto. A simulação de fluxo requer um número de simulação muito elevado, pois está diretamente relacionado ao número de atributos incertos e às suas discretizações, portanto, para tentar reduzir o tempo e o número de simulações será utilizada a técnica do planejamento estatístico, procurando assim a substituição de grande parte das simulações por uma superfície de resposta, diminuindo também o tempo do processo, porém, com o mesmo grau de confiabilidade.

2. METODOLOGIA

O reservatório utilizado do desenvolvimento do estudo é apresentado na Figura 1. Ele é composto de 10 blocos na direção 'x', 10 blocos na direção 'y' e 8 camadas. Cada bloco tem 500 metros. Foram utilizados 1 poço produtor e 2 poços injetores.

O estudo foi realizado em duas etapas: a primeira foi gerar as curvas de risco utilizando somente a simulação de fluxo e a segunda foi gerar as curvas de risco combinando a simulação numérica com o planejamento estatístico. A validação da metodologia foi através da comparação das duas etapas.

Na primeira etapa do estudo realizou-se a escolha dos atributos mais críticos através da análise de sensibilidade. Foram utilizados inicialmente 5 atributos incertos, Porosidade, Permeabilidade Horizontal, Permeabilidade Vertical, Densidade e Pressão. Os atributos foram discretizados em 3 níveis, pessimista, provável e otimista. Nesta etapa a análise de sensibilidade foi realizada através do planejamento Plackett-Burman, onde foram realizadas 12 simulações para obter efeitos de cada um dos atributos incertos. As funções-objetivo analisadas foram produção acumulada de óleo (Np) e produção acumulada de gás (Gp). Para o cálculo dos efeitos foi utilizado o software matemático MATLAB.

Depois dos cálculos dos efeitos dos 5 atributos incertos, foram selecionados os 3 atributos mais críticos e estes foram utilizados para gerar a curva de risco tanto por simulação quanto por simulação combinada com planejamento estatístico. Para a construção da curva de risco somente por simulação foram necessárias 27 simulações (3^3), já para a construção da curva de risco combinando simulação com a superfície de resposta gerada por planejamento, foram realizadas 13 simulações e os outros 14 valores das funções-objetivo N_p e G_p foram calculadas pela superfície de resposta. Para a construção da superfície de resposta foi utilizado o planejamento BOX-BEHNKEN, um exemplo de superfície de resposta para 3 atributos críticos é apresentado na Equação 1.

$$SR = Ti + (LKh * Kh) + (QKh * Kh^2) + (LKv * Kv) + (QKv * Kv^2) + (L\rho * \rho) + (Q\rho * \rho^2) + (LKhKv * KhKv) + (LKh\rho * Kh\rho) + (LKv\rho * Kv\rho) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Ti = termo independente

LKh = linear permeabilidade horizontal

QKh =quadrática permeabilidade horizontal

LKv = linear permeabilidade vertical

QKv = quadrática permeabilidade vertical

$L\rho$ = linear densidade

$Q\rho$ = quadrática densidade

$LKhKv = Kh * Kv$

$LKh\rho = Kh * \rho$

$LKv\rho = Kv * \rho$

Para a validação da técnica do planejamento estatístico, realizou-se o *Cross-Plot*, ou seja, gerou-se um gráfico de dispersão com os 13 valores simulados e os 13 preditos (Planejamento estatístico), através da função R^2 , verificou-se se a superfície de resposta é confiável para substituir o simulador de fluxo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de reservatório sintético pode ser visualizado na Figura 1.

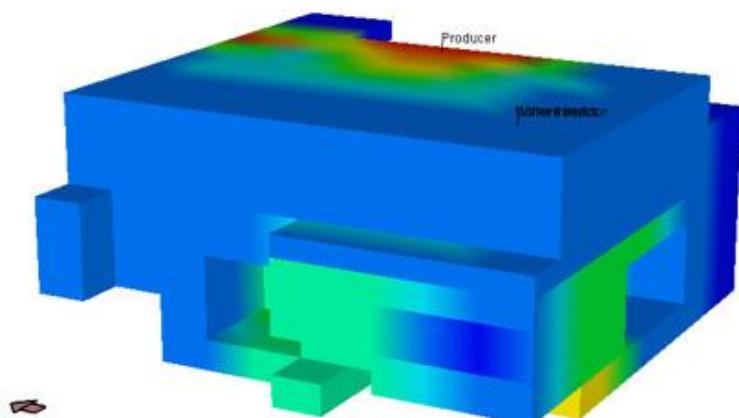


Figura 1: Modelo do Reservatório 3D.

Os resultados da análise de sensibilidade realizada com o auxílio da metodologia do planejamento estatístico, para as funções objetivo N_p e G_p é apresentada na Figura 2.

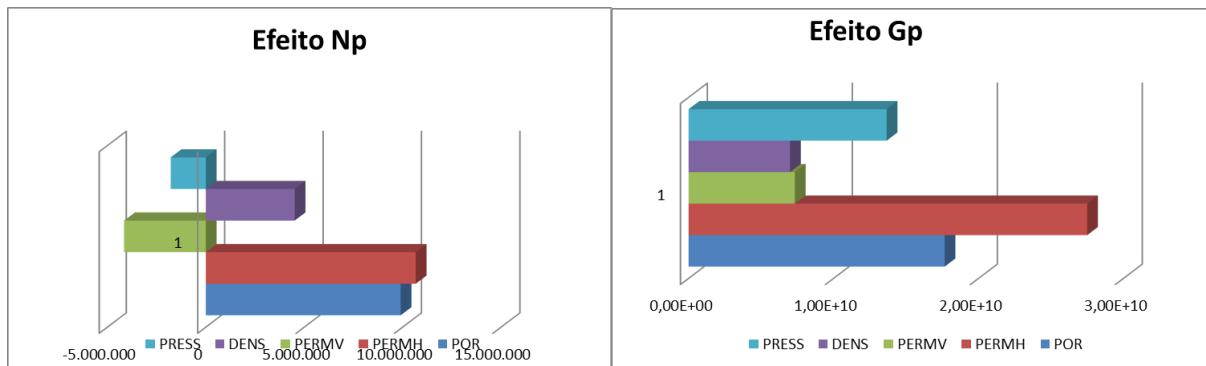


Figura 2: Análise de sensibilidade utilizando planejamento estatístico Plackett-Burman. Np (Esquerda) e Gp (Direita).

Observa-se na Figura 2 que os 3 atributos mais críticos para a produção acumulada de óleo (Np) foram a Porosidade, a Permeabilidade Horizontal e a Permeabilidade Vertical. Já para a produção acumulada de gás (Gp) foram a Porosidade, a Permeabilidade Horizontal e a Pressão.

Para a etapa da obtenção da superfície de resposta, foram utilizados os atributos críticos selecionados pela função objetivo Np (óleo), visto que é o óleo o responsável pela maior receita obtida em um campo de petróleo, mas em uma etapa futura do trabalho será incorporado o quarto atributo, ou seja, a pressão.

A validação da superfície de resposta foi realizada através da análise do coeficiente de regressão R^2 . A Figura 3 apresenta os valores preditos versus simulados e também o coeficiente de regressão.

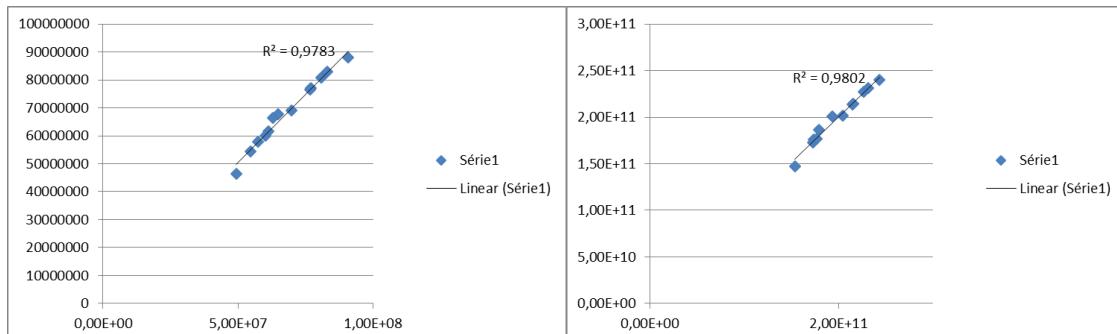


Figura 3: Valores simulados versus preditos (Planejamento) para Np (esquerda) e Gp (direita).

Pode-se observar que o R^2 das duas superfícies de respostas (Np e Gp) apresentaram excelentes coeficientes de regressão. O Np apresentou um $R^2 = 0,9783$ e o Gp apresentou um $R^2 = 0,9802$.

Após a escolha dos atributos críticos e da construção e validação das duas superfícies de respostas, realizou-se a construção da curva de risco para a Produção acumulada de óleo (Np) e Produção acumulada de gás (Gp). A Figura 4 apresenta as curvas de risco utilizando somente a Simulação de Fluxo (azul) e a simulação combinada com o Planejamento Estatístico (marrom).

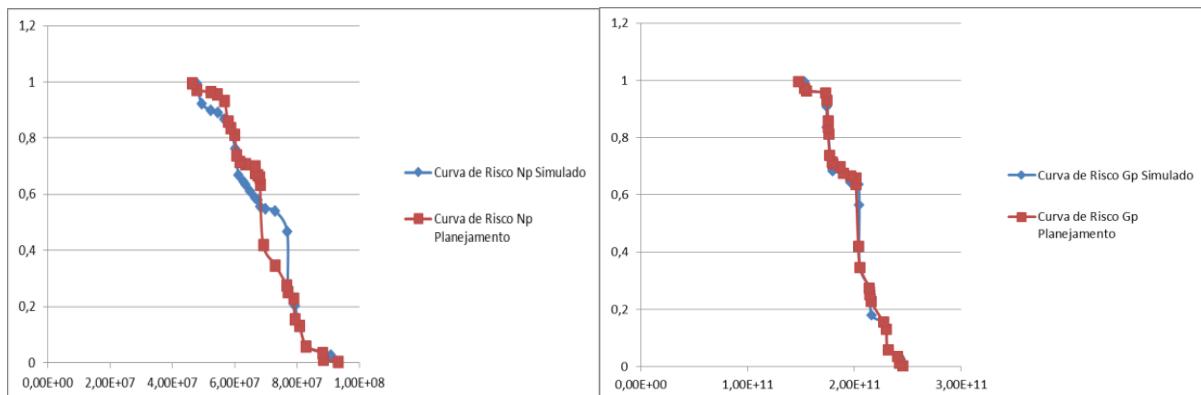


Figura 4: Curvas de risco utilizando simulação (azul) e planejamento (marrom) para Np (Esquerda) e Gp (Direita).

Pode-se observar que tanto no gráfico para Np (Esquerda) quanto para Gp (Direita) a duas técnicas apresentaram resultados muito próximos, comprovando assim que o planejamento pode substituir o simulador de fluxo em estudos de análise de risco de campos de petróleo.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir com este estudo que, o planejamento estatístico pode ser utilizado assim como o simulador de fluxo em estudos de análise de risco. Mostrando que se trata de uma técnica confiável, diminuindo o número de simulações em mais de 50%. Considerando que as simulações podem chegar a alguns dias ou até a semanas e que o número de atributos geralmente é muito maior, podendo chegar a milhares de simulação, fica ainda mais evidente a grande vantagem da utilização da técnica do Planejamento Estatístico associado à simulação numérica de fluxo para facilitar o gerenciamento e cálculo do risco de projetos de campos de petróleo. Portanto, foi comprovado que o planejamento estatístico pode substituir o simulador, além de ser economicamente mais vantajoso, confirmado o objetivo principal deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, A.P.A., SCHIOZER, D. J. *Escolha de atributos na análise de risco em campos de petróleo na fase de desenvolvimento*. ENCIT, Caxambu/MG, 15 a 18 de outubro, 2002
- COSTA, A.P.A., SCHIOZER, D. J.). *Tratamento de atributos na análise de risco em campos de petróleo na fase de desenvolvimento*. 2o Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Rio de Janeiro, 15 a 18 de junho, 2003.
- NETTO, S.L.A. *Redução de incerteza na previsão de comportamento de reservatórios utilizando histórico de produção e simulação numérica*. Apoio PETROBRAS, 2001-2003.
- RISSO, F.V.A, RISSO V.F E SCHIOZER, D.J. *A influência do tipo de distribuição dos atributos críticos na obtenção da curva de risco utilizando planejamento estatístico*. XXVIII CILAMCE, Porto, Portugal, 13-15, Junho , 2007.
- RISSO, F.V.A, RISSO *Aplicação de planejamento estatístico e Meta-modelos na análise de risco de campos de petróleo*. Rio Oil and Gas, Rio de Janeiro, Brasil, 11-14, Setembro, 2006.