



INFLUÊNCIA DO MODELO REPRESENTATIVO NA SELEÇÃO DA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO

EDUARDO RAMIRES DOS SANTOS¹; FORLAN LA ROSA ALMEIDA²

¹Universidade Federal de Pelotas – santos.er@ufpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas- forlan.almeida@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Na engenharia de reservatórios, uma das tarefas mais custosas temporalmente e com impacto econômico direto no projeto é a seleção da estratégia exploração. Objetivando maximizar a recuperação de hidrocarbonetos, uma estratégia de exploração eficiente permite que a produção seja realizada de forma econômica e tecnicamente viável. Porém, a tarefa é complexa, pois envolve um conjunto de tomada de decisões através de incertezas e fatores econômicos.

A seleção da estratégia de exploração do campo ocorre na fase de desenvolvimento do campo, onde há maiores incertezas e consequentemente maiores riscos. Assim, uma maneira de reduzir o impacto das incertezas no desempenho do projeto é considerando-as no procedimento de seleção da estratégia de produção.

A seleção de uma estratégia de produção consiste no plano de recuperação do petróleo do reservatório, indicando as condições e as formas de exploração. Um importante fator para a seleção de uma estratégia robusta é que esta deve apresentar um desempenho satisfatório nos vários cenários analisados, considerando as mais diversas incertezas.

GASPAR *et al.* (2016) classificou as incertezas em três grupos principais: (1) variáveis de projeto (G1), relacionadas ao sistema produtivo que será implementado; variáveis de controle (G2); e variáveis de revitalização (G3). As variáveis G1 têm maior impacto no retorno financeiro e devem ser tratadas com prioridade no processo.

Uma das principais formas de avançar na análise de incertezas é a utilização de Modelos Representativos (MR). De acordo com MAJHOUR *et al.* (2019), os modelos representativos são um conjunto reduzido de cenários capazes de manter a representação das incertezas. A utilização de um MR tem como principal justificativa a redução do tempo empregado ao estudo com a consequente redução de simulações realizadas. A definição de um MR também visa simplificar a execução do processo de otimização. No lugar de otimizar a estratégia de exploração de todos os cenários individualmente, é definido um caso, capaz de representar as características do conjunto como um todo.

O objetivo deste trabalho é investigar a influência do MR na otimização de uma estratégia de produção. Através disso, é aplicado um processo de otimização definido por BOTTECHIA (2012) em dois MRs, selecionados por diferentes abordagens. Uma das abordagens é a desenvolvida por MAHJOUR *et al.* (2019) e será contrastada com uma forma de seleção introduzida em Dos Santos (2020).

2. METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta o fluxograma do estudo apresentado, sendo as principais etapas brevemente detalhadas neste trabalho. Maiores detalhes podem ser obtidos em Dos Santos (2020).

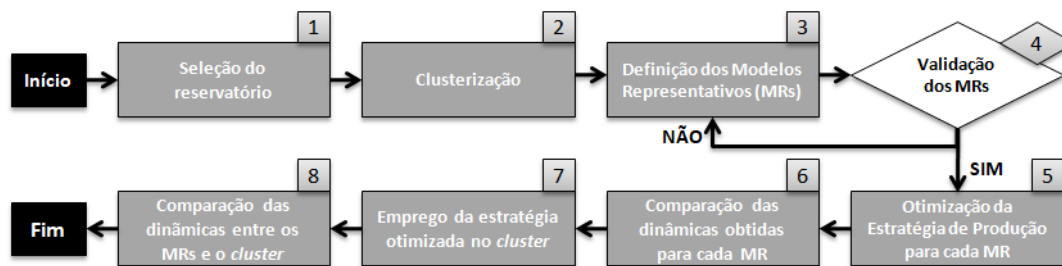


Figura 1 - Fluxograma do estudo.

Etapa 1: Esta etapa consiste na definição do caso a ser avaliado. O caso utilizado no presente trabalho é o benchmark UNISIM-II-D, desenvolvido pelo grupo de pesquisa UNISIM (CORREIA *et al.*, 2015).

Etapa 2: Propõe-se a utilização das técnicas de clusterização, as quais se apresentam eficientes para a redução dos cenários analisados, buscando criar grupos (*cluster*) menores que apresentam características similares. Neste trabalho, utiliza-se 16 cenários selecionados pelo processo de clusterização abordado por MAHJOUR *et al.* (2019).

Etapa 3: A partir do cluster é proposto o emprego de duas formas para seleção dos MRs. O primeiro modelo representativo é o mesmo empregado em MAHJOUR *et al.* (2019) ao fim do processo de clusterização apresentado pelo autor. Por sua vez, o outro é uma das contribuições apresentadas neste trabalho, sendo um processo de construção de um novo cenário (MR Dos Santos), o qual é construído baseado nas propriedades médias dos cenários que compõem o cluster (Figura 2).

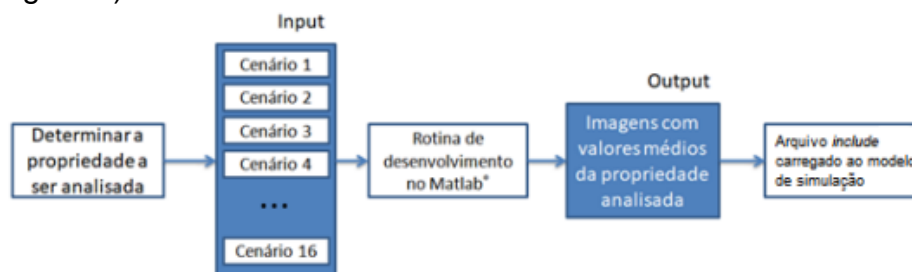


Figura 2 - Fluxograma do processo de criação do MR Dos Santos.

Etapa 4: Os MRs definidos devem ter uma representação similar com os cenários que compõem o *cluster*. Assim, as dinâmicas dos modelos representativos devem apresentar um comportamento compatíveis com o *cluster*.

Etapa 5: Emprega-se o processo introduzido por Botechia (2012) para a otimização, ao qual, somente as variáveis G1 são analisadas. A Função objetiva definida para ser otimizada é a produção acumulada de óleo (Np).

Etapa 6: Depois de concluída as etapas de otimização, as otimizações são validadas.

Etapa 7: Para avaliar o impacto das estratégias obtidas, as mesmas são aplicadas em todos os cenários do *cluster*.

Etapa 8 : São analisados o comportamento do reservatório estimados através da simulação dos cenários do *cluster* e dos MRs. Através da comparação dos

resultados é possível definir qual dos MRs apresenta um comportamento similar com o conjunto analisado e identificar o impacto do Modelo Representativo na seleção da estratégia de exploração.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, com a seleção dos MRs, realizou-se a validação dos mesmos. O MR SMK é selecionado dentre um dos cenários já contidos no *cluster* e esse processo é discretizado por MAHJOUR *et al.* (2019). Por sua vez, para o MR Dos Santos o processo ocorreu através de rotinas desenvolvidas no Matlab®, no qual pela média simples foram geradas novas realizações petrofísicas, como a de porosidade apresentada na Figura 3.

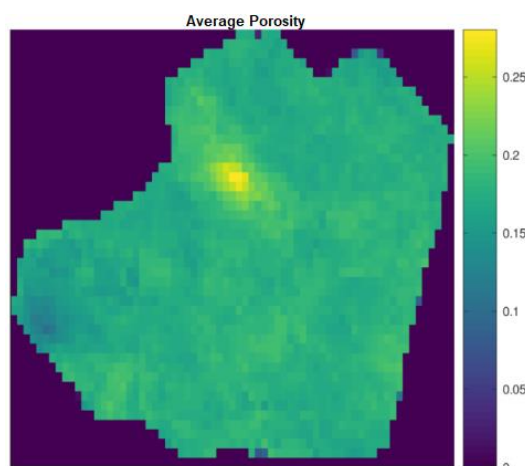


Figura 3 - Exemplo do resultado da rotina empregada para criação do MR Dos Santos – Mapa de porosidade para a camada 15

Para validar os MRs, simulou-se os cenários e obteve-se as curvas de produção diária e acumulada de óleo, de água e de gás sob a mesma estratégia de produção Five-Spot empregada em MAHJOUR *et al.* (2019). Com as curvas geradas, realizou-se uma avaliação qualitativa confrontando o comportamento dinâmico dos 16 cenários do *cluster*. Essa análise demonstrou que os MRs se encontram dentro da amplitude de produção dos cenários.

Após, iniciou-se o processo de otimização em esquema de produção do tipo Five-Spot com um número inicial de poços de 10 produtores e 6 injetores. Ao final do passos proposto por BOTECHIA (2012) alcançou-se um ganho de 16,7% e 17% de produção acumulada de óleo (Np) para os MR SMK e MR Dos Santos, respectivamente. Ao fim da otimização, ambas estratégias referentes a cada MR foram aplicadas ao *cluster* e analisada as médias de produção acumulada.

Como observado pelos valores de produção na Tabela 2, percebe-se que o MR SMK apresentou valores de produção mais próximos em relação à média do *cluster* do que o MR Dos Santos.

Tabela 1 - Valores de produção para as duas estratégias otimizadas

| | SMK | | Dos Santos | |
|-------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| | Np (MMm³) | Wp (MMm³) | Np (MMm³) | Wp (MMm³) |
| MR SMK | 86,19 | 131,00 | - | - |
| MR Dos Santos | - | - | 91,09 | 126,62 |
| Média do <i>cluster</i> | 87,56 | 129,07 | 87,14 | 122,13 |



4. CONCLUSÕES

O presente trabalho investigou a influência do modelo representativo no processo de otimização da estratégia de exploração. Através de um *cluster* do benchmark UNISIM-II-D, foram selecionados dois MR, definidos através de diferentes abordagens, para emprego de uma metodologia de otimização de seleção de estratégia de produção.

O emprego de duas abordagens distintas para selecionar o MR permitiu avaliar o impacto desta definição nos resultados de otimização. Identificou-se ao longo do processo, uma evolução contínua com o avanço do emprego da metodologia de otimização da estratégia. Esta evolução é identificada pelo aumento da função-objetivo adotada desde o primeiro até o último passo da metodologia, representando um ganho de 17% para o MR Dos Santos e de 16,7% para o MR SMK. Dessa forma, mesmo com os diferentes resultados encontrados, ambos os MRs apresentaram estratégias de exploração otimizadas.

O MR SMK apresentou uma maior condição de representatividade, alcançando valores similares aos obtidos quando simulados os demais cenários do *cluster*. Já o MR Dos Santos possibilitou um maior aprofundamento na otimização da seleção da estratégia de produção obtendo resultados superiores de produções acumuladas de óleo e menores taxas de produção de água.

Por fim, com o objetivo de avaliar o impacto do modelo representativo ao aplicar a seleção de uma estratégia de produção, percebe-se a influência que diferentes cenários causam nesse processo. Primeiramente, por cada cenário possuir particularidades próprias quanto às heterogeneidades contidas e aos diferentes volumes de fluido, o que afetou diretamente na definição do posicionamento dos poços durante a otimização da estratégia e nos valores de produção obtidos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTECHIA, V. **Análise de Desempenho de Poços na Seleção da Estratégia de Produção de Petróleo sob Incerteza**. 2012. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

DOS SANTOS, E. **Influência do modelo representativo na seleção da estratégia de produção**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Petróleo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

GASPAR, A.T.F.S.; BARRETO, C.E.A.G.; SCHIOZER, D.J. Assisted Process for Design Optimization of Oil Exploitation Strategy. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 146, pp. 473-488, 2016.

MAHJOUR, S. K.; CORREIA, M. G.; SANTOS, A. A. S.; SCHIOZER, D. J. Developing a Workflow to Represent Fractured Carbonate Reservoirs for Simulation Models Under Uncertainties Based on Flow Unit Concept. **Oil & Gas Science and Technology**, v. 74, nº 1-16, Fevereiro, 2019.

SCHIOZER, D. J.; SANTOS, A. A. S.; SANTOS, S. M. G.; HOHENDORFF FILHO, J. C. V. Model-Based Decision Analysis Applied to Petroleum Field Development and Management. **Oil & Gas Science and Technology**, v. 74, pp. 1-20, Maio, 2019.