

“Geralmente, o ajuste de histórico necessita de grande esforço computacional.”



Ajuste de Histórico Utilizando Meta-Modelos Gerados por Planejamento Estatístico

Fernanda Vaz Alves Rizzo e Alexandre Lima

Introdução

A necessidade em reduzir custos para viabilizar a exploração do petróleo em águas profundas e obter respostas cada vez mais rápidas nos processos de análise de decisão são preocupações constantes da indústria do petróleo. Assim, torna-se necessário utilizar ferramentas alternativas para substituir ou melhorar os métodos tradicionais, que muitas vezes demandam muitos recursos, como é o caso de estudos de reservatórios através de simuladores numéricos de campos de petróleo. Este trabalho tem foco na linha de pesquisa de ajuste de histórico de produção, que tem como objetivo calibrar modelos numéricos de campos de petróleo, para que os resultados obtidos sejam coerentes com o histórico de produção existente e que estes modelos sejam confiáveis para prever a produção.

Geralmente, para realizar o ajuste de histórico é necessário grande esforço computacional, pois é um processo complexo e trabalhoso. Visando reduzir o tempo de simulação e o esforço computacional foram utilizados meta-modelos gerados por planejamento estatístico que depois foram combinados com um método de otimização de busca direta (MDT) na tentativa de aumentar a eficiência do processo de ajuste.

Metodologia

Foram utilizados meta-modelos gerados através da técnica do planejamento estatístico com o intuito de obter um eficaz ajuste de histórico, além de demonstrar que a metodologia de ajuste pode ser utilizada em conjunto com uma metodologia tradicional, no caso o MDT [Módulo de Otimização – método de otimização de busca direta]. O objetivo principal da metodologia é definir um método que encontre, para um dado conjunto finito de propriedades de um reservatório e seu respectivo intervalo de variação, certa combinação de valores que possibilitem a realização de um melhor ajuste de histórico de produção.

As principais etapas definidas foram: (1) caracterizar o reservatório e os atributos incertos; (2) definir a faixa de variação de cada atributo; (3) definir se o processo utilizará somente simulação, somente meta-modelos ou simulação e meta-modelos; (4) simular os modelos; (5) calcular a função-objetivo; (6) otimizar para encontrar as melhores soluções aceitáveis; (7) verificar a qualidade do ajuste de histórico. Os passos podem ser repetidos para diferentes funções-objetivo ou se a solução não é aceitável conforme a qualidade desejada para o ajuste.

Foram estudados 3 procedimentos:

- Procedimento 1: Utilizando somente meta-modelos - Foi gerado inicialmente um meta-modelo para a região macro, região que abrange os limites mínimos e máximos de cada atributo, como mostra a Figura 1. Após esta primeira etapa foi gerado um segundo meta-modelo para a região micro, ou seja, região próxima aos mínimos, como mostra também a Figura 1.
- Procedimento 2: Utilizando tanto meta-modelo quanto simulação - Consiste em utilizar parte da metodologia de ajuste desenvolvida (Procedimento 1) até encontrar o primeiro mínimo obtido através da minimização do meta-modelo (polinômio) através do MATLAB, e introduzir esse valor como entrada para o Módulo de Otimização (MDT), de forma a configurar um método híbrido.
- Procedimento 3: Utilizando somente simulação - Consiste em utilizar somente o MDT para realizar o ajuste de histórico, de forma a configurar um método tradicional de ajuste.

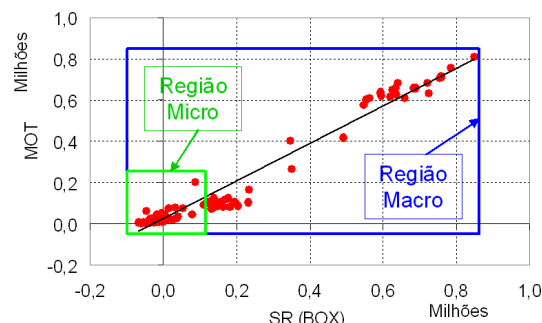


Figura 1: Região Macro e Região Micro—Procedimento 1. (SR—Superfície de resposta—meta-modelo)

Aplicação

A metodologia foi aplicada a um reservatório de hidrocarbonetos dividido em oito regiões de fluxo entre produtores e injetores. Os atributos foram definidos como sendo as permeabilidades efetivas na direção horizontal para as oito regiões como: Kx1, Kx2, Kx3, Kx4, Kx5, Kx6, Kx7 e Kx8. O reservatório possui oito poços, sendo seis poços produtores e dois poços injetores.

Resultados e Discussões

A qualidade do ajuste de histórico está relacionada através de um coeficiente de qualidade (C_{quali}), que quando próximo do coeficiente ideal ($C_{quali}=0$) sugere que o dado simulado está próximo do histórico, o que configura um ajuste satisfatório. Enquanto que quando esse valor é elevado, verifica-se que o valor do dado simulado está muito distante do histórico, o que demonstra um ajuste insatisfatório.

Procedimento 1

Para o procedimento 1 foram realizados dois planejamentos, primeiramente para a região macro e em uma segunda etapa para a região micro. Nesta segunda etapa foram definidos novos níveis para uma nova região definindo assim um novo planejamento visando refinar o processo e obter uma melhor confiabilidade do ajuste de histórico. Esse processo é realizado pois o meta-modelo não se comporta de maneira precisa na região do mínimo encontrado, sendo necessário definir uma nova região de estudo (região micro) para se obter uma resposta mais precisa. O ajuste do procedimento 1 pode ser observado na Figura 2.

Procedimento 2

O procedimento 2 foi realizado com base no mínimo encontrado pela metodologia desenvolvida para região macro, sendo assim possível a definição dos limites superiores e inferiores referentes ao intervalo em que o MDT busca o mínimo, como mostra a Tabela 1. Esse intervalo foi discretizado em 5 partes.

O MDT realizou 79 simulações para o procedimento 2, saindo de um ponto de partida (ponto de mínimo referente à região Macro), e chegando ao ponto de mínimo do procedimento 2 (ponto de chegada). Os coeficientes de qualidade mostram que o dado simulado e o histórico real estão próximos, como mostra a Figura 2.

Procedimento 3

O procedimento 3 tem como objetivo apenas o uso do MDT. Para realizar o ajuste foram utilizadas 3 discretizações. A faixa de variação dos atributos foi reduzida com base no ponto de chegada da discretização anterior. A discretização 1 foi construída com

Pós-Graduação:

Ciências e Engenharia de Petróleo: interessados em Mestrado e Doutorado na área de Simulação e Gerenciamento de Reservatórios de Petróleo [cliquem aqui](#).

Interesses Especiais:

[UNISIM](#)

[Publicações UNISIM](#)

[Portal de Simulação e Gerenciamento de Reservatórios](#)

[UNIPAR](#)

[STEP](#)

[Edições Anteriores](#)

Links:

[Unicamp](#)

[Cepetro](#)

[Dep. Eng. Petróleo](#)

[Fac. Eng. Mecânica](#)

[Ciências e Eng. de Petróleo](#)

“Com o objetivo de reduzir o tempo de simulação e o esforço computacional foram utilizados meta-modelos gerados por planejamento estatístico.”

Oportunidades no UNISIM:

Se você tem interesse em trabalhar ou desenvolver pesquisas no UNISIM, entre em contato conosco:

Interesse imediato em:

- > Pesquisador na área de simulação, gerenciamento de caracterização de reservatórios;
- > Pesquisador na área de redes neurais e inteligência artificial.

Para mais detalhes, [clique aqui](#).



Grupo de Pesquisa em Simulação e Gerenciamento de Reservatórios

UNISIM

Depto. Eng. Petróleo
 Fac. Eng. Mecânica
 Univ. Estadual de Campinas
 Campinas-SP

Tel: 55-19-3521-3359
 Fax: 55-19-3289-4999
 Email: unisim@dep.fem.unicamp.br

Tabela 1: Valores para o coeficiente de qualidade (C_{quali}) referentes a cada um dos poços estudados.

Caso 2	Limite Inferior	Limite Superior	Ponto Partida	Ponto Chegada	Caso 2 (Mínimo encontrado)	C_{quali}
Kx1	2566	7500	6416,7	6677,7	Poço 1	0,35
Kx2	2162	7500	5405,6	5720,7	Poço 2	1,37
Kx3	1873	6800	4683,3	3748,7	Poço 3	0,68
Kx4	1000	1600	1000	1300,0	Poço 4	0,33
Kx5	2162	7500	5405,6	4831,0	Poço 5	0,38
Kx6	1295	5182	3238,9	3886,3	Poço 6	1,12
Kx7	1122	4488	2805,6	3937,0	Média	0,70
Kx8	2801	7500	7002,5	7500,0		

base no problema padrão, com os limites superiores (7500) e inferiores (1000) definidos para cada um dos 8 atributos. Esse intervalo foi dividido em 5 partes. Na discretização 1, o MOT realizou 111 simulações. A discretização 2 (mais refinada) foi construída com base na discretização 1, sendo que nessa etapa foram realizadas 64 simulações. Enquanto que na discretização 3, foram realizadas 79 simulações, e assim pode-se chegar a um ponto de mínimo julgado como satisfatório. O ajuste do procedimento 3 pode ser observado na Figura 2.

Comparativo dos 3 procedimentos

Ao comparar os 3 procedimentos, observa-se que o melhor desempenho foi obtido através do procedimento 2 (Metodologia desenvolvida + MOT), pois apresentou o menor coeficiente de qualidade médio ($C_{quali_médio} = 0,7$) e utilizou um menor número de simulações em relação aos outros métodos (Tabela 2). Uma desvantagem do procedimento 1 é de não se ter certeza se o meta-modelo representa realmente o simulador, por isso é importante que após a realização do processo seja realizada a simulação para fazer essa verificação. O procedimento 3 apresenta a desvantagem de não ser possível precisar quantas simulações serão necessárias para encontrar o mínimo, portanto pode tanto obter um bom ajuste com poucas simulações ou com muitas simulações.

Tabela 2: Comparativo através do coeficiente de qualidade (C_{quali}) para todos os poços produtores.

Procedimento	Número de Simulações	$C_{quali_médio}$
1	272	1,59
2	215	0,70
3	254	1,16

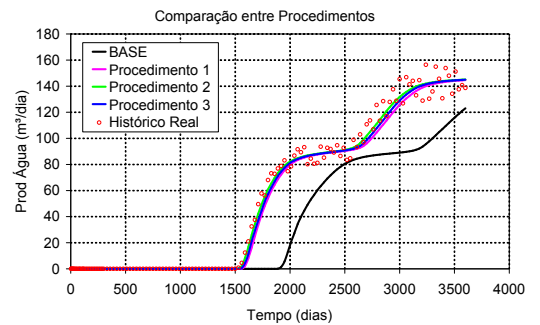


Figura 2: Gráfico comparativo entre o base, histórico e os 3 procedimentos para o poço G.

Considerações Finais

Após o uso de meta-modelos, obtidos através do planejamento estatístico, com a finalidade de reduzir o tempo computacional e validar a metodologia apresentada, verificou-se que o método se mostrou eficaz para a realização do ajuste de histórico.

Neste projeto, foram comparadas três maneiras para realizar um ajuste de histórico. Pode-se concluir que o procedimento 2, para um reservatório de 8 atributos, foi a melhor opção, pois foi o que mostrou a melhor relação entre número de simulações e precisão.

Acredita-se que exista um ganho com a ampliação da complexidade do problema (aumento do número de atributos e do tempo de simulação) onde a solução através dos meta-modelos pode ser usada como ponto de partida para as simulações. A metodologia proposta se mostrou viável e tem potencial para aplicação em outros casos.

Referências

Lima, A.; Rizzo, F. V. A.; Schiozer, D. J. "Uso de Meta-Modelos gerados por Planejamento Estatístico no Ajuste de Histórico de Produção de Campos de Petróleo e Gás- 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 5º PDPETRO, a ser realizado no período de 18 a 22 de outubro de 2009, Fortaleza-CE.

Informações sobre os autores:

Fernanda Vaz Alves Rizzo é doutora em Engenharia de Alimentos pela UNICAMP e é pesquisadora do UNISIM desde dezembro de 2004.

Alexandre Lima é aluno de graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica e de iniciação científica do UNISIM desde 2006.

Para mais informações, visite

<http://www.dep.fem.unicamp.br/unisim>

O UNISIM é um grupo de pesquisa do Departamento de Engenharia de Petróleo da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, com apoio do Centro de Estudos de Petróleo (CEPETRO) que tem como objetivo desenvolver trabalhos e projetos na área de simulação e gerenciamento de reservatórios.