



# UNISIM ON-LINE



UNICAMP

## Aplicação do Planejamento Estatístico no Ajuste de Histórico de Produção

[Fernanda Vaz Alves Rizzo](#)

A simulação numérica permite prever o desempenho de um reservatório ao longo do tempo. Comparando-se os resultados da simulação com o histórico de desempenho de um campo real, é possível verificar a precisão dos resultados fornecidos pela simulação numérica, permitindo o ajuste do modelo fornecido ao simulador, processo que se chama ajuste de histórico.

O principal objetivo do ajuste de histórico é calibrar modelos numéricos de campos de petróleo para que os resultados obtidos sejam coerentes com o histórico de produção existente e que estes modelos de caracterização e de escoamento possam ser usados na previsão de produção com a confiabilidade desejada. Todavia, o ajuste de histórico, em geral, demanda alto esforço computacional e elevado tempo de simulação.

O processo manual de ajuste de histórico é bastante demorado, principalmente em casos complexos. Conseqüentemente, a automatização parcial do processo (ajuste assistido), apesar das dificuldades, tende a ser uma opção atraente diante do progresso contínuo observado na área de informática. Alguns trabalhos importantes tem sido desenvolvidos no grupo UNISIM implementando a metodologia de ajuste de histórico assistido. A computação distribuída também pode ser aplicada com o objetivo de acelerar o processo. Dentre estas técnicas destacam-se também o uso de meta-modelos (modelos rápidos que substituem o simulador, também chamados de *proxy models*).

Existem diversas formas de obtenção de meta-modelos. Neste trabalho, os mesmos são criados a partir da técnica de planejamento estatístico que permite o ajuste dos modelos de reservatório a superfícies de resposta obtidas a partir de uma fração do total de modelos.

O planejamento estatístico é tradicionalmente aplicado no estudo da análise de risco, porém em estudos de ajuste de histórico a sua aplicação ainda é quase inexistente. Nessa linha de pesquisa, pretende-se mostrar que o planejamento estatístico também pode ser aplicado em processos de ajuste de

histórico com eficácia. Com isso, o principal objetivo deste trabalho foi aplicar o planejamento estatístico para a obtenção da superfície de resposta, usada como meta-modelo no processo de ajuste de histórico com o objetivo de reduzir o número de simulações diminuindo o esforço computacional.

### Metodologia

A metodologia consiste em: (1) definir o modelo físico do reservatório e quais atributos serão considerados como variáveis na obtenção das superfícies de resposta; (2) definir a faixa de variação dos atributos; (3) montar a matriz de planejamento, onde cada linha da matriz de planejamento representa um modelo de reservatório; (4) executar as simulações e calcular as diferenças entre o histórico e a simulação através da equação:

$$E = \sum (x_{sim} - x_{his})^2$$

; (5) obter e validar a superfície de resposta; (6) calcular os erros através da superfície; (7) estimar os modelos mais representativos e validar o procedimento.

### Aplicação

A metodologia proposta está sendo validada em um modelo simples "five-spot", dividido em 4 regiões, representando uma região de ajuste em um reservatório. As regiões têm propriedades geológicas semelhantes entre si, exceto a permeabilidade absoluta que foi definida como atributo crítico em cada região e foi discretizada em 5 níveis.

O planejamento utilizado para a obtenção da superfície de resposta foi fatorial completo ( $2^4 + 2 \times 4 + 1$ ) totalizando 25 modelos de simulação.

### Resultados e Discussões

Na Figura 1, é possível observar a correlação entre o erro (diferença entre histórico e simulado) obtido com o simulador e com a superfície de resposta, demonstrando que a superfície de resposta é estatisticamente válida para prever o erro da simulação.

“O planejamento estatístico e a superfície de resposta podem ser uma ferramenta eficaz no processo de calibração de modelos numéricos.”

#### Interesses especiais:

- [Publicações UNISIM](#)
- [Portal de Simulação de Gerenciamento de Reservatórios](#)
- [UNIPAR](#)
- [STEP](#)
- [Edições anteriores](#)

#### Outros links:

- [Unicamp](#)
- [Cepetro](#)
- [DEP](#)
- [FEM](#)

“O planejamento estatístico pode reduzir significativamente o número de simulações e o esforço computacional no processo de ajuste de histórico.”

### Oportunidade:

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

Interesse imediato em:

- Pesquisador na área de simulação, gerenciamento e caracterização de reservatórios
- Gerente Executivo para Rede Temática de Pesquisa em Simulação e Gerenciamento de Reservatórios
- Estagiário de Informática

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



Grupo de Simulação de Fluxo em Meios Porosos

### 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](mailto:unisim@dep.fem.unicamp.br)

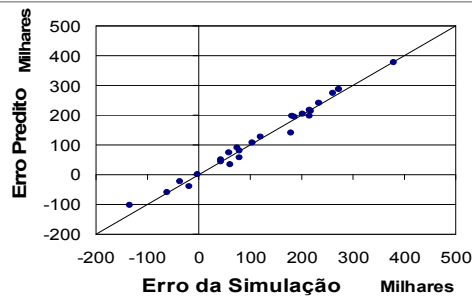


Figura 1: Dispersão dos pontos do erro da simulação x pontos do erro predito para função objetivo Produção de Água do Campo.

Para determinar os modelos que mais ajustavam o histórico, foi utilizada uma rotina iterativa de busca de raízes. Desta forma, foi possível selecionar 20 meta-modelos que foram convertidos de volta a modelos de simulação para testes.

Na Figura 2 pode ser observado um exemplo do comportamento das curvas real (histórico) e simulada onde se mostra que a metodologia conseguiu aproximar as curvas de produção do histórico e dos modelos simulados, melhorando o ajuste.

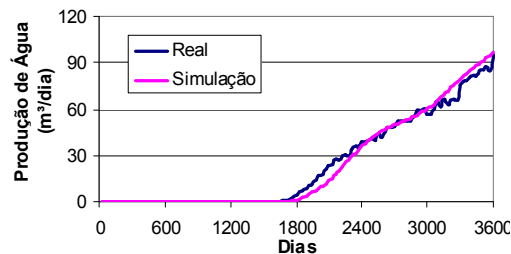


Figura 2: Curvas de histórico real e simulado dos poços (média)

### Comentários Finais

Os resultados obtidos permitem concluir que o uso do planejamento estatístico e da superfície de resposta pode ser viável e tem grande potencial como ferramenta para que o processo de ajuste de histórico seja mais rápido e demande menor esforço computacional.

A partir da simulação de 25 modelos da matriz de planejamento, e mais 20 modelos obtidos pelas iterações, obteve-se um modelo cujo erro é bastante pequeno em relação aos modelos simulados inicialmente.

Embora a metodologia tenha sido usada com sucesso, verificou-se que os meta-modelos gerados tem um nível de precisão proporcional ao intervalo de variação dos parâmetros, por isso, quando o objetivo é conseguir um ajuste mais refinado, é necessário refazer o planejamento em determinadas situações. Este tipo de estudo está sendo realizado assim como a aplicação em outros casos.

### Referências

Formaggio, G. F., Schiozer, D.J.: “Uso do Planejamento Experimental no Processo de Ajuste de Histórico de Produção de Campos de Petróleo”. Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia de Petróleo, Unicamp, 2005. Projeto de Graduação.

URL de download dos papers:

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

### Informações sobre a autora:

Dra. Fernanda Vaz Alves Risso é pesquisadora do Grupo UNISIM desde dezembro de 2004.

Para maiores 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. Para maiores informações, visite: <http://www.dep.fem.unicamp.br/unisim>.