

“O uso de superfícies de resposta, geradas a partir da técnica de planejamento estatístico, é viável no processo de integração do ajuste de histórico com a análise de incertezas.”



## Integração de Análise de Incertezas com Ajuste de Histórico Usando Planejamento Estatístico

[Célio Maschio](#)

### Introdução

O processo de ajuste de histórico de produção consiste na calibração de um modelo de simulação através de alterações nos atributos incertos do reservatório com o objetivo de aperfeiçoar a caracterização e gerar modelos mais confiáveis para a previsão de produção. O objetivo da integração dos dois processos é ir reduzindo gradativamente as incertezas dos atributos com base nos dados observados, de forma a reduzir as incertezas na previsão de produção.

Moura Filho (2005) iniciou o estudo para essa integração, através de um caso simples, com o objetivo de validar a metodologia proposta. Becerra (2007) aperfeiçoou a metodologia proposta por Moura Filho, aplicando-a para casos mais complexos.

Dando continuidade ao aperfeiçoamento da metodologia, este trabalho tem como objetivo a aplicação do planejamento estatístico para a geração de meta-modelos usados no processo de integração proposto inicialmente, visando reduzir o número de simulações e tornar viável a análise de casos com grande número de atributos.

### Metodologia

A proposta deste trabalho, sobre o qual mais detalhes podem ser vistos em Maschio et al. (2008), é a apresentação de uma metodologia para análise e redução de incertezas através dos dados observados durante a produção do campo. Dado um conjunto de atributos incertos e uma distribuição inicial de probabilidades associada a cada atributo, que pode ser discretizada em níveis de incerteza, a metodologia consiste em redistribuir as probabilidades dos níveis de incerteza de cada atributo com base na comparação com os dados observados. O método consiste em quantificar o impacto das incertezas e em seguida aplicar um critério de redução de incertezas através da redistribuição das probabilidades de ocorrência dos níveis dos atributos.

Este método está baseado na maior ou menor proximidade com o histórico de produção. Modelos mais próximos têm sua probabilidade aumentada e modelos mais distantes têm as probabilidades diminuídas. Para levar em conta a dispersão das curvas simuladas em relação ao histórico, é dado um peso a cada nível de incerteza. Os níveis de incerteza para os quais as curvas estão mais bem distribuídas em relação ao histórico recebem maior peso na redistribuição de probabilidades.

Uma etapa da metodologia proposta envolve a quantificação do impacto de incertezas, realizada através da técnica da árvore de derivação, que consiste na combinação dos níveis de incerteza dos atributos. O processo de quantificação de incertezas através desta técnica usando simulação numérica pode ser inviável para casos com grande número de atributos incertos. Nesse contexto, propõe-se o uso de meta-modelos gerados a partir do planejamento estatístico para a quantificação de incertezas, com o objeti-

vo de reduzir o número de simulações. O objetivo do trabalho é gerar e comparar as curvas de incerteza, que medem a qualidade do ajuste, usando o simulador e o meta-modelo. Adicionalmente, é realizada a otimização dos pesos (considerados na redistribuição de probabilidades) atribuídos a cada nível de incerteza dos atributos.

### Aplicação

A metodologia foi aplicada a dois casos. O primeiro, usado para efeitos de validação, tem 8 atributos incertos com 3 níveis cada, sendo que a drenagem do reservatório é feita através de 6 poços produtores e 2 injetores. O segundo é um modelo com características reais com 6 atributos incertos e 3 níveis cada, com 6 poços produtores e 6 injetores.

### Resultados e discussões

Na Figura 1, observa-se a correlação cruzada entre o erro obtido com o meta-modelo e com o simulador, para um dos poços do Caso 1. É possível notar uma boa correlação, mostrando que o meta-modelo está consistente. Nesse gráfico, foram comparados os 136 pontos utilizados na matriz do planejamento usado no estudo (Box Behnken). A mesma comparação foi feita para todas as 6561 combinações, resultando também em um alto coeficiente de correlação (0,975). Na Figura 2, está comparação entre as curvas de incerteza obtidas com o simulador (“Sim. Inicial”) e com o meta-modelo (“SR Inicial”). Essas curvas são compostas por 6561 pontos, sendo que a curva obtida com o simulador demandou 6561 simulações, enquanto que a curva obtida com o metamodelo demandou apenas 136 simulações. Na Figura 2, é possível observar também as duas curvas obtidas após o processo de redução de incertezas, sendo uma usando o simulador e a outra usando o meta-modelo. Pode-se notar que elas são bastante semelhantes.

Os valores representados no eixo das abscissas indicam o erro médio dos 6 poços, sendo que o erro é o afastamento das curvas simuladas em relação aos dados observados. Nos dois casos, a função objetivo estudada foi a vazão de água.

Na Figura 3, estão as curvas de incerteza para o Caso 2. Observa-se inicialmente que, também para este caso, a curva inicial obtida com o meta-modelo está bastante próxima da curva obtida com o simulador. Podem ser observadas também as curvas obtidas com o meta-modelo após a redução de incertezas, onde se pode notar que a otimização dos pesos permitiu uma maior redução de incertezas. Na Figura 4, está a comparação da previsão de produção de água de um dos poços do Caso 2 para os modelos P10 e P90 antes e após a redução de incertezas, sendo que P10 e P90 antes correspondem à curva “SR Inicial” e P10 e P90 depois correspondem à curva “SR Otim. Peso 1 a 5”, ou seja, as curvas de incerteza obtidas com o meta-modelo antes e após a redução de incerteza.

### 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](#)

“A metodologia apresentada permite a análise de casos com grande número de variáveis.”

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

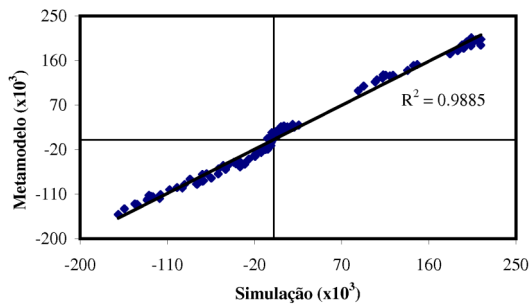


Figura 1: Correlação cruzada do erro da vazão de água obtido com a simulação e com a meta-modelo para um dos poços do Caso 1.

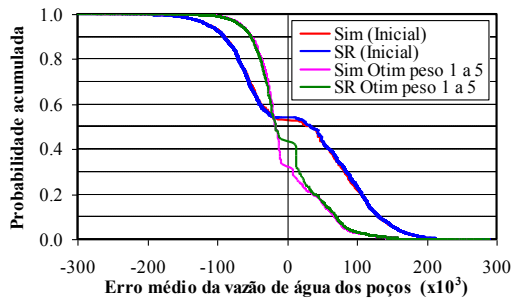


Figura 2: Curvas de incerteza para o Caso 1.

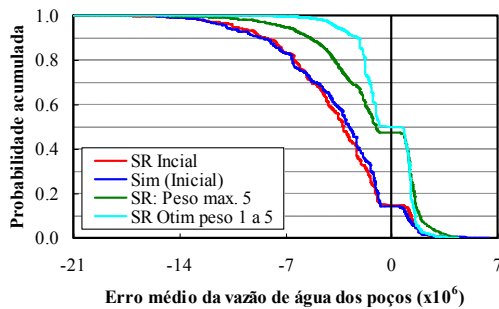


Figura 3: Curvas de incerteza para o Caso 2.

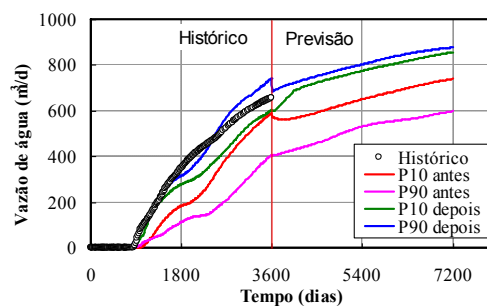


Figura 4: Previsão de produção de água de um dos poços do Caso 2.

### Considerações finais

Os resultados apresentados neste trabalho permitem concluir que o uso de superfícies de resposta, geradas a partir da técnica de planejamento estatístico, é viável no processo de integração do ajuste de histórico com a análise de incertezas. Foi mostrado que é possível reduzir significativamente o número de simulações, sem perda da qualidade dos resultados. A metodologia apresentada permite a análise de casos com grande número de variáveis, para os quais, o uso de técnicas de quantificação de incertezas como a árvore de derivação torna o processo proibitivo pelo elevando número de simulações. A otimização dos pesos atribuídos a cada nível de incerteza dos atributos permitiu a obtenção de curvas de incerteza mais centradas em relação ao histórico e permitiu eliminar o efeito indesejável de aumento de incerteza em determinadas partes da curva. Com isso, é possível selecionar os modelos representativos (por exemplo, P10 e P90) para estudar o comportamento futuro do reservatório dentro de uma faixa de incerteza reduzida.

### Referências

Moura Filho, M. A. B. "Integração de Análise de Incertezas e Ajuste de Histórico de Produção". Campinas, 2005, 150 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo) – Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Becerra, G. G. "Mitigação de Incertezas através da Integração com Ajuste de Histórico de Produção". Campinas, 2007, 192 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo) – Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Maschio, C.; Risso, F. V. A. e Schiozer, D. J.: "Aplicação de Planejamento Estatístico no Processo de Integração de Análise de Incertezas com Ajuste de Histórico", Rio Oil and Gas, Rio de Janeiro, Brasil, 15-18, setembro, 2008.

### Informações sobre o autor:

Célio Maschio é mestre e doutor em Engenharia Mecânica pela UNICAMP e é pesquisador do UNISIM desde outubro de 2001.

**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.