

Metodologia para Redução de Incertezas Usando Dados Observados e Inferência Estatística Célio Maschio

"A metodologia proposta permite estabelecer um compromisso entre a qualidade dos resultados e o número de simulações."

INTERESSES ESPECIAIS:

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

LINKS:

- [Unicamp](#)
- [Cepetro](#)
- [Dep. Eng. Petróleo](#)
- [Fac. Eng. Mecânica](#)
- [Ciências e Eng. de Petróleo](#)

PÓS-GRADUAÇÃO:

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

1. Introdução

A avaliação das incertezas no período de previsão de forma integrada com o período de histórico vem se tornando um procedimento cada vez mais frequente (e necessário) na indústria do petróleo. Esse procedimento envolve, de uma forma geral, o uso de dados dinâmicos na mitigação de incertezas das propriedades que caracterizam o reservatório. Um dos objetivos principais dessa integração é a redução de incertezas na previsão de produção.

Não há uma forma única para resolver o problema. Possíveis abordagens são: (1) o uso de algoritmos de otimização estocásticos para encontrar combinações dos atributos que resultem em modelos com ajustes aceitáveis, e (2) a combinação das incertezas e a aplicação de um filtro para descartar modelos muito desajustados. As combinações restantes podem ser utilizadas para obter uma nova distribuição. As metodologias que empregam essa abordagem podem utilizar metamodelos (gerados por planejamento estatístico, por exemplo) para avaliar a função objetivo, que representa a diferença entre os dados simulados e observados.

O uso de metamodelos apresenta como grande vantagem a rapidez na avaliação da função objetivo, o que permite a avaliação de um grande número de combinações. As principais desvantagens são o esforço adicional necessário para gerar e validar o metamodelo de forma confiável e as limitações inerentes ao fato de ser um modelo aproximado.

A terceira abordagem, na qual se insere a metodologia que vem sendo desenvolvida no UNISIM, usa as combinações para redefinir a distribuição de probabilidades dos atributos. Nessa abordagem, a função objetivo é calculada diretamente com os dados do simulador e os modelos mais desajustados entram com um peso menor na redistribuição de probabilidades (ao invés de ser descartado, como é feito na abordagem 2). Isso pode minimizar a ocorrência de distribuições descontínuas.

No primeiro estágio de desenvolvimento da metodologia no UNISIM, foram estudados casos com até 5 atributos críticos, combinados pela técnica da árvore de derivação. No segundo estágio, o emprego de técnicas de amostragem permitiu o estudo de casos com maior número de atributos (até 16 atributos críticos) por meio de um processo iterativo para redução gradual de incerteza.

O objetivo é mostrar novos avanços, envolvendo (1) o uso de inferência estatística para redução de incertezas, (2) estudo de atributos contínuos e (3) estabelecimento de um critério para filtrar as componentes mais importantes da função objetivo.

2. Metodologia

O fluxograma geral da metodologia é apresentado na Figura 1. O primeiro passo consiste na caracterização dos atributos incertos, que envolve a definição da faixa de variação e distribuição *a priori*.

Os passos subsequentes consistem do processo iterativo de redução de incertezas. A curva em vermelho na Figura 2 representa o ajuste polinomial dos valores de afastamento normalizados (pontos amarelos). A curva azul refere-se à função de verossimilhança (*Likelihood* - principal conceito envolvido na inferência estatística) calculada por uma função exponencial, normalmente usada na literatura, cuja entrada são os valores correspondentes à curva

vermelha. A função de verossimilhança é usada para condicionar o ajuste da densidade de probabilidade *a posteriori*.

Se não houver nenhuma tendência dos dados (pontos amarelos), que é medida pelo coeficiente de correlação, significa que o atributo não exerce influência na função objetivo e a distribuição inicial (*a priori*) não é alterada. O coeficiente de correlação é utilizado também como parâmetro para filtrar as componentes da função objetivo que são mais influenciadas pelos atributos. Deve-se ressaltar que cada ponto amarelo da Figura 2 representa um modelo obtido pela combinação de todos os atributos. Após atingir o critério de parada, que pode ser, por exemplo, o número máximo de simulações, a redução de incerteza é avaliada pela amostragem das distribuições de probabilidades finais.

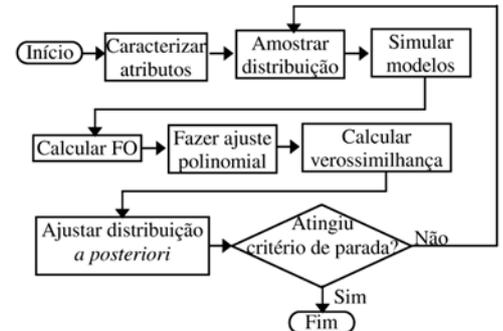


Fig. 1: Fluxograma geral da metodologia

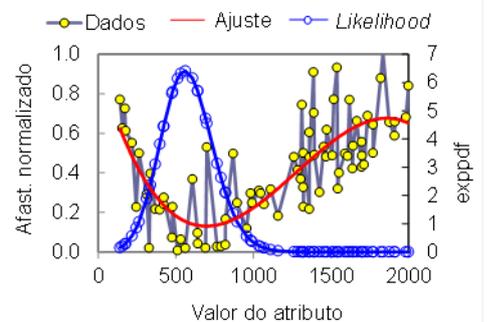


Fig. 2: Representação gráfica da obtenção da função de verossimilhança

A metodologia foi aplicada a dois casos, sendo o primeiro deles um modelo mais simples com 8 regiões de permeabilidades diferentes, sendo cada uma delas um atributo incerto. O segundo é um caso mais complexo com 16 atributos (Figura 3). Todos os atributos considerados são contínuos, o que significa que pode ser sorteado qualquer valor dentro da faixa considerada.

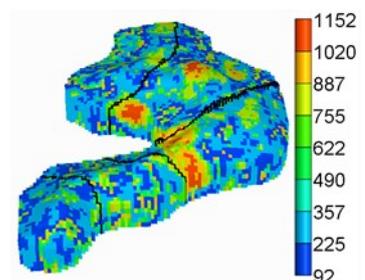


Fig. 3: Permeabilidade horizontal (md) - Caso 2

"A abordagem apresentada permite avaliar a incerteza no período de previsão integrada com o período de histórico."

3. Resultados

Na Figura 4 está um exemplo de distribuição *a posteriori* obtida com o processo iterativo, no qual se observa um aumento da densidade de probabilidade em torno do valor de referência (470 md). Na Figura 5 estão as curvas de produção de água dos modelos gerados a partir de valores amostrados a partir da distribuição inicial - *a priori* (curvas azuis), e dos modelos gerados a partir das distribuições *a posteriori* (curvas verdes). Pode-se notar a redução gradual da dispersão das curvas ao longo das iterações.

Um exemplo de redução de incertezas na previsão de produção pode ser visto na Figura 6 (poço referente ao Caso 2). As curvas em azul representam os modelos amostrados a partir da distribuição inicial e as curvas verdes representam os modelos amostrados a partir da distribuição final. Em casos reais obviamente não existe dado observado no período de previsão. Nesse caso trata-se de um histórico sintético usado para validar a metodologia.

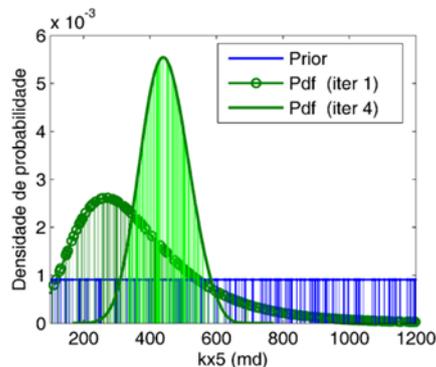


Fig. 4: Distribuições de probabilidade ao longo das iterações

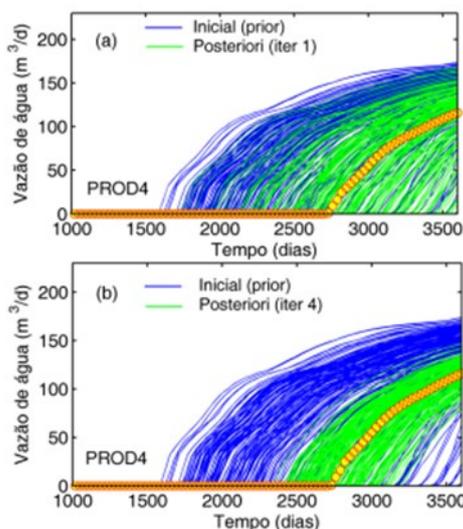


Fig. 5: Redução da dispersão das curvas de vazão de água ao longo das iterações

Para o Caso 1 foram executadas 200 simulações e para o Caso 2, com 16 atributos, foram executadas 700 simulações (7 iterações com 100 simulações por iteração).

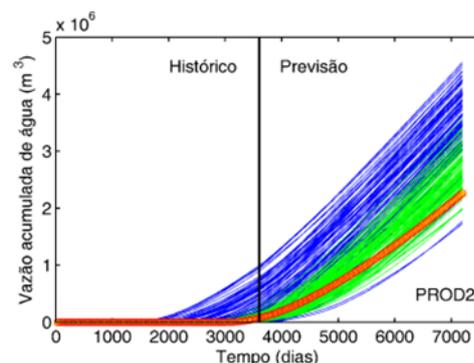


Fig. 6: Redução de incertezas no período de histórico e previsão (produção acumulada de água)

4. Considerações Finais

Foi proposto um método baseado em inferência estatística que permite reduzir as incertezas dos atributos pela obtenção de distribuições consistentes. A metodologia permite estabelecer um compromisso entre a qualidade dos resultados e o número de simulações, ou seja, pode-se estabelecer um custo-benefício por meio do processo iterativo. A abordagem apresentada permite avaliar a incerteza no período de previsão integrada com o período de histórico.

As pesquisas que vêm sendo desenvolvidas no UNISIM indicam que o uso de técnicas de amostragem eficientes (Hiper-cubo Latino, por exemplo) permite gerar resultados confiáveis com um número de simulações viável. Para problemas com 10 a 20 atributos, testes iniciais mostram que 50 a 300 simulações por iteração com 2 a 6 iterações geram bons resultados.

Apesar dos avanços obtidos, ainda há vários desafios. Testes adicionais estão sendo feitos em casos mais complexos. Outros aspectos importantes, tais como a influência dos atributos no período de histórico e previsão e a interdependência entre os atributos, estão sendo estudados. Também estão em andamento estudos para avaliação e comparação com outras metodologias para propor melhorias e gerar um procedimento robusto para redução de incertezas.

Mais detalhes sobre a metodologia e outros resultados podem ser obtidos na página do UNISIM ou solicitados ao autor.

Informações sobre o autor:

Célio Maschio é engenheiro mecânico pela Unesp, mestre e doutor em Engenharia Mecânica pela Unicamp e pesquisador do UNISIM.

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 e caracterização de reservatórios.

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



Grupo de Pesquisa em Simulação e Gerenciamento de Reservatórios

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

Tel: 55-19-3521-1220

Fax: 55-19-3289-4916

unisim@dep.fem.unicamp.br

Para maiores informações, visite
<https://www.unisim.cepetro.unicamp.br>

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