

“Em geral, pouca atenção é dada aos pesos atribuídos às funções-objetivo parciais e ao tipo de formulação para a construção da função-objetivo global.”

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](#)

Pós-Graduação:

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

Seleção de Função Objetivo para Ajuste de Histórico de Produção

[André Carlos Bertolini](#)

Introdução

O ajuste de histórico de produção tem como objetivo calibrar modelos numéricos de campos de petróleo, com o intuito de que os resultados obtidos pelo simulador sejam coerentes com o histórico de produção existente e que os modelos sejam confiáveis para prever a produção futura.

Geralmente, o ajuste de histórico necessita de grande esforço computacional, pois é um processo complicado e trabalhoso, devido a inúmeras incertezas presentes na caracterização do reservatório. O esforço computacional está ligado à eficiência do processo de otimização utilizado para otimizar uma função objetivo que representa matematicamente a qualidade do ajuste.

Esta função é, em geral, uma combinação ponderada de todas as funções parciais que se deseja minimizar e que representam o histórico de produção e pressão do campo. Estas funções parciais podem ser constituídas de funções muito diferentes, com unidades distintas, pois são compostas de vazões e pressões e diversas ordens de grandeza devido às vazões dos poços e a diferentes qualidades de ajuste inicial entre as curvas observadas e simuladas. Em geral, pouca atenção é dada aos pesos atribuídos às funções-objetivo parciais (FOP) e ao tipo de formulação para a construção da função objetivo global (FOG).

Metodologia

O processo de otimização utilizado neste estudo usa FOG diferentes conforme Tabela 1. Em um processo de otimização, uma função-objetivo é usada com o intuito de encontrar uma melhor resposta para o problema. A metodologia proposta usa funções-objetivo globais diferentes para testar o desempenho do processo de ajuste.

Aos indicadores ponderados são dados pesos que são maiores para as funções mais desajustadas. A ponderação dinâmica permite que os pesos mudem ao longo do processo. Os índices de afastamento são normalizados com relação ao modelo base.

Após do processo de otimização a função de comparação representa o resultado de interesse da aplicação. As saídas da etapa de otimização são os modelos otimizados de cada FOG, representado pelos valores dos atributos incertos, e a função-objetivo global de melhor desempenho no reservatório em estudo para uma determinada função de comparação.

Aplicação

O reservatório utilizado na aplicação é sintético, com resposta conhecida para validação da metodologia. Sendo dividido em cinco regiões de formas, áreas e volumes diferentes, com propriedades geológicas diferentes entre si. O reservatório contém cinco poços produtores e cinco poços injetores, cada par produtor/injetor em cada região. O modelo apresenta quatro atributos incertos por região. Os atributos são permeabilidade efetiva na direção x (K_x), permeabilidade efetiva vertical na direção z (K_z), coeficiente da equação de Corey para permeabilidade relativa da água (E_{xw}) e o valor máximo da permeabilidade relativa da água na equação de Corey (K_{rw0}).

As funções-objetivo parciais (FOP) consideradas na aplicação foram produção de óleo (m^3/dia), produção de água (m^3/dia) e pressão do fundo do poço (KPa).

Com o objetivo de criar um indicador de qualidade de ajuste global (Ψ), a divisão entre as Normas Euclidianas do modelo de simulação e do modelo base foi utilizada.

FOG	Descrição	Fórmula
AS	Afastamento simples	$AS = \sum_{i=1}^n (s_i - h_i)$
IAS	Índice de afastamento simples	$IAS = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - h_i)}{\left \sum_{i=1}^n (b_i - h_i) \right }$
IASP	Índice de afastamento simples ponderado	$IASP = ps \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - h_i)}{\left \sum_{i=1}^n (b_i - h_i) \right }$
IASPD	Índice de afastamento simples ponderado dinâmico	$IASPD = ps_D \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - h_i)}{\left \sum_{i=1}^n (b_i - h_i) \right }$
AQ	Afastamento quadrático	$AQ = \sum_{i=1}^n (s_i - h_i)^2$
IAQ	Índice de afastamento quadrático	$IAQ = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - h_i)^2}{\left \sum_{i=1}^n (b_i - h_i)^2 \right }$
IAQP	Índice de afastamento quadrático ponderado	$IAQP = pq \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - h_i)^2}{\left \sum_{i=1}^n (b_i - h_i)^2 \right }$
IAQPD	Índice de afastamento quadrático ponderado dinâmico	$IAQPD = pq_D \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - h_i)^2}{\left \sum_{i=1}^n (b_i - h_i)^2 \right }$

Tabela 1: Funções objetivo globais (FOG)

do. O vetor da Norma representa a função de comparação de interesse. O Afastamento Simples (AS) foi escolhido como função de comparação para esta aplicação, o vetor contém 15 campos, definidos por 5 poços produtores e 3 FOP. A interpretação de Ψ é simples e direta. Valores maiores do que 1 representam uma piora no ajuste, igual a 1, o modelo obteve o mesmo desempenho do modelo base e valores menores do que 1 indicam que o modelo apresenta melhorias no ajuste de histórico.

A programação quadrática sequencial (SQP, ou Sequencial Quadratic Programming) foi o processo de otimização escolhido. O SQP é um método resultante da aplicação do método de Newton à minimização da função Lagrangiana do problema e é um dos métodos mais empregados em problemas de otimização não linear.

Resultados

O Ψ_{AS} de cada função-objetivo global é mostrada na Figura 1. Mesmo observando que todas FOG obtiveram melhorias no ajuste de histórico, através dos valores menores que 1 (modelo base), pode-se notar diferentes comportamentos ao longo do ciclo de otimização. Em resumo, observa-se que:

- As FOG dinamicamente ponderadas, IASPD e



Grupo de Pesquisa em Simulação e Gerenciamento de Reservatórios

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

Tel: 55-19-3521-3359
Fax: 55-19-3289-4999

unisim@dep.fem.unicamp.br

"Diferentes comportamentos de desempenho foram encontrados, ficando clara a necessidade de estudar a função-objetivo global previamente antes de sua aplicação."

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](#).

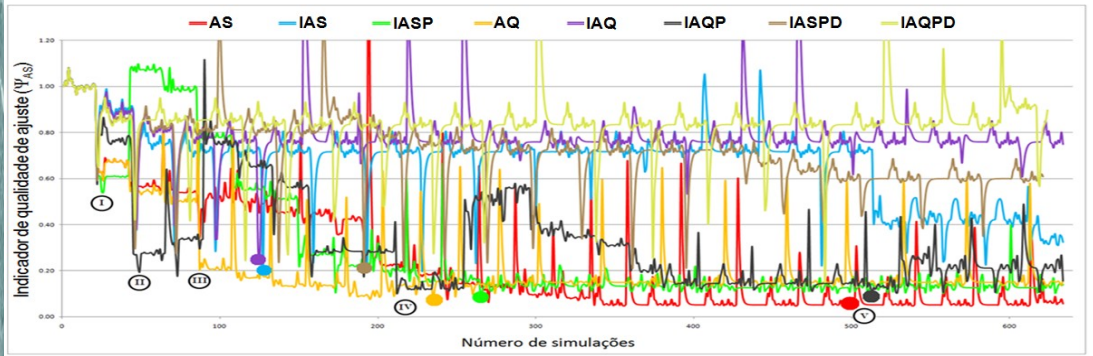


Figura 1: Comportamento das funções-objetivo globais (Ψ_{AS}).

IAQPD, obtiveram valores reduzidos do Ψ_{AS} , porém, tiveram um resultado limitado ao longo das simulações, principalmente a FOG IAQPD, que alcançou o valor mínimo da norma somente após 483 simulações.

- Ponto I e II: queda expressiva do Ψ_{AS} do IASP e IAQP. Efeito criado com os pesos iniciais das funções, priorizando as FOP e poços com piores ajustes.
- Ponto III: FOG AQ com o indicador Ψ_{AS} próximo de 0.2 e apenas 100 simulações.
- Ponto IV: FOG AS precisou de 216 simulações para atingir um valor de 0.2 de Ψ_{AS} .
- Ponto V: Para esta aplicação, a FOG AS obteve o melhor desempenho no processo de ajuste de histórico.

A Figura 2 mostra o resultado do ajuste de histórico das FOG listadas na Tabela 1. O poço é o Prod3 para a FOP produção de água. A Tabela II faz um resumo dos valores encontrados pelas FOG com a função de comparação AS.

Conclusões

- A metodologia mostrou a influência da FOG no processo do ajuste de histórico assistido.
- Diferentes comportamentos de desempenho foram encontrados, ficando clara a necessidade de estudar a FOG previamente antes de sua aplicação.
- De forma geral, as funções quadráticas apresentaram uma redução mais acentuada no início do processo de otimização. Ao contrário, as funções simples obtiveram uma redução maior do indicador final, porém, com um maior número de simulações. Ao longo de um processo de otimização com várias etapas, as funções quadráticas são mais eficientes.
- As ponderações estáticas ou dinâmicas devem ser utilizadas com cuidado, pois nem sempre melhoram o desempenho do processo; isso vai ser investigado novamente em passos futuros.

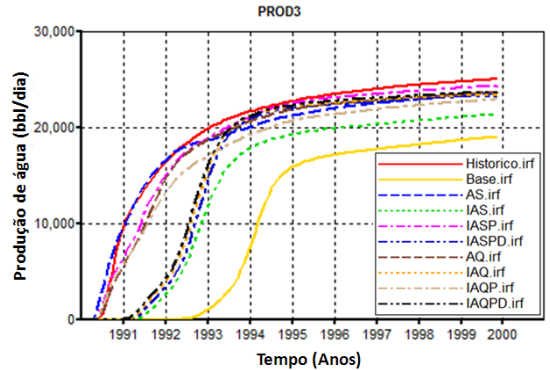


Figura 2: Produção de água para as FOG.

	Função-objetivo global							
	AS	IAS	IASP	IASPD	AQ	IAQ	IAQP	IAQPD
Ψ_{AS}	0.046	0.197	0.087	0.207	0.070	0.244	0.100	0.152
Número de simulações para atingir o mínimo	501	626	523	497	221	111	536	629
Número de simulações para atingir o menor AS	501	127	265	191	235	125	513	483
Número total de simulações	638	634	637	621	640	640	636	641

Tabela I1: Valores mínimos de Ψ_{AS} vs. número de simulações.

Informações sobre o autor:

André Carlos Bertolini é aluno de mestrado do Programa de Ciências e Engenharia de Petróleo da UNICAMP e atualmente trabalha na Schlumberger.



Que o Natal seja mais um momento em que as pessoas acreditem que vale a pena viver um Ano Novo. Feliz Natal e um 2010 repleto de realizações e bênçãos. É o nosso desejo a todos.

Grupo UNISIM

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.