

“A S4D surge como uma alternativa para aprimorar o ajuste visto que complementa as informações esparsas de poços com informações de pressão e movimentação de fluidos em todo o reservatório numa determinada data, aumentando a qualidade do modelo.”

#### 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](#).

## Benefícios da Informação - Sísmica 4D

Carla Janaina Ferreira e Denis José Schiozer

### Introdução

A necessidade de informações para o processo de tomada de decisões no desenvolvimento de campos de petróleo é muito evidente e as empresas fazem grandes investimentos na aquisição de dados, principalmente na fase de avaliação dos reservatórios. Ao longo das fases de desenvolvimento um campo o valor das informações diminui.

Portanto, boas estimativas do valor da informação (VDI) são necessárias para sua aquisição. Entretanto o processo de estimativa é bastante complexo, pois envolve o cálculo estatístico dos benefícios que a informação pode trazer considerando as incertezas presentes no processo.

A sísmica 4D (S4D) é uma fonte de informações importante, pois auxilia no melhor entendimento do modelo geológico e do fluxo de fluidos. O valor da S4D deve ser obtido por meio de um cálculo estatístico que estima os benefícios que ela pode trazer aos possíveis cenários do caso em estudo. A estimativa desse valor pode ser um processo bem complexo e, por isso, este texto tem o objetivo mostrar o primeiro passo do processo que é dar um exemplo dos benefícios que a S4D pode trazer.

### Benefícios da Sísmica 4D

Na fase de gerenciamento de campos de petróleo, dados dinâmicos de poços são usados para calibrar os modelos, em um processo chamado de ajuste de histórico. A ideia básica é melhorar os modelos de simulação para ter previsões mais confiáveis e melhores decisões no futuro. Entretanto, na fase inicial, esses dados podem ser insuficientes para identificar todas as heterogeneidades do campo e, por isso, muitas incertezas podem ainda existir.

A S4D surge como uma ferramenta para aprimorar o ajuste visto que complementa as informações esparsas de poços com informações de pressão e movimentação de fluidos em todo o reservatório numa determinada data, aumentando a qualidade do modelo. Diversos artigos reportam o sucesso do uso da S4D ao aumentar a eficiência de produção.

Como a S4D envolve custo e pode não identificar a movimentação de fluidos nos primeiros e últimos anos de produção é necessário entender os benefícios do processo e determinar a melhor época para a aquisição de dados de S4D, o que é função de:

- Qualidade do modelo sem a S4D;
- Quanto o modelo usado para previsão melhora com a S4D;
- Qual a flexibilidade de mudança nas decisões futuras;
- O potencial de ganho futuro se a S4D for adquirida.

### Objetivo

Este trabalho tem como objetivo mostrar que o melhor período para a aquisição da S4D está relacionado com a qualidade do modelo sem a S4D e com o quanto se melhora o modelo com o uso da S4D, deixando para trabalhos futuros o cálculo do VDI considerando cenários incertos. A aplicação é realizada em um caso sintético simples que representa uma região de um reservatório entre um injetor e os produtores correspondentes.

### Aplicação

Três modelos de simulação foram utilizados, repre-

sentando uma região de fluxo entre um injetor e quatro produtores (modelo estudado por Machado, 2010):

- Modelo referência: considerado real, com um canal de alta permeabilidade e duas barreiras, também utilizado para gerar mapas de saturação que seria obtido pela S4D (caso ideal em que a S4D é capaz de obter tais informações);
- Modelo base: modelo inicial de simulação homogêneo, sem canal de alta permeabilidade e barreiras;
- Modelo ajustado: modelo base ajustado com dados de produção e S4D, com canal de alta permeabilidade e barreiras.

Para analisar o campo, o modelo foi dividido em quatro regiões, apresentado na Figura 1. As regiões representam as áreas de fluxo entre o injetor e cada produtor.

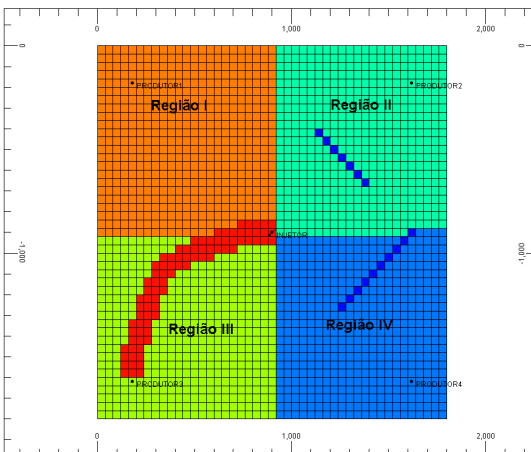


Fig. 1: Modelo utilizado com representação das quatro regiões de fluxo, canal de alta permeabilidade (em vermelho) e barreiras (em azul)..

### Resultados

Para avaliar o quanto os modelos de simulação estão próximos ao real (modelo de referência), foram calculadas as diferenças dos dados de produção (vazão de óleo e água) nos poços e as diferenças entre os mapas de saturação de água para todo o campo (global) e para as quatro regiões. A análise foi dividida em dois casos:

- Caso 1: comparação entre o modelo de referência e o modelo base (Figuras 2 a 4);
- Caso 2: comparação entre o modelo de referência e o modelo ajustado (Figura 6).

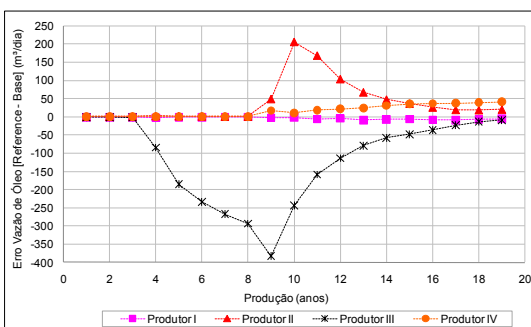


Fig. 2: Caso 1: diferenças na vazão de óleo.

Observa-se que apenas com dados de produção (Figuras 2 e 3) pode-se identificar que o modelo de simulação está inconsistente com 3 anos de produção, entre-



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: 55-19-3521-1184  
Fax: 55-19-3289-4999  
[unisim@dep.fem.unicamp.br](mailto:unisim@dep.fem.unicamp.br)

“Mostra-se de fundamental importância identificar o melhor momento para se adquirir dados de S4D, aumentando assim os benefícios da sua aquisição.”

**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](#).

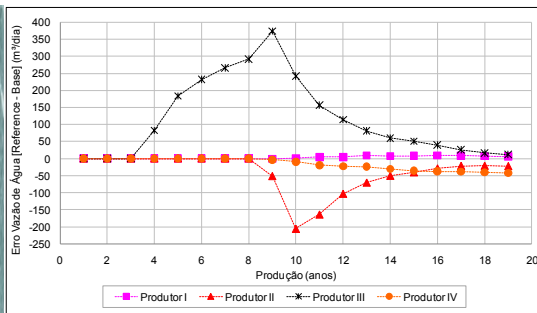


Fig. 3: Caso 1: diferenças na vazão de água.

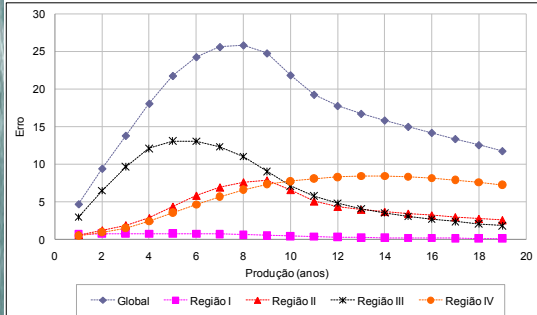


Fig. 4: Caso 1: diferenças dos mapas de saturação de água.

tanto não é possível identificar a origem da água.

Nota-se também que há um período ideal para a S4D, visto que os erros dos mapas (Figura 4) apresentam valores máximos e decrescem com o tempo. Quanto maiores as diferenças, mais fácil será detectar a inconsistência do modelo de simulação através dos mapas de saturação e pressão provenientes da S4D.

Ao identificar a faixa de tempo que apresenta diferenças no mapa de saturação, deve-se analisar a quantidade de óleo *in situ* e o potencial de ganho futuro por meio de alterações na estratégia de produção do campo, pois ambos reduzem ao longo dos anos. Apenas para efeito didático, foi calculada a receita atualizada proveniente da venda do óleo do reservatório em questão resultando na curva de receita a ser adquirida em percentagem ao longo do tempo de produção, apresentada na Figura 5. Nota-se, por exemplo, que se a S4D for adquirida no Ano 4, ainda há 50% do total de receitas do campo a ser adquirida; assim melhorar o modelo nesse momento implica numa possibilidade de ganho maior do que no Ano 8 quando quase 80% da receita já foi obtida.

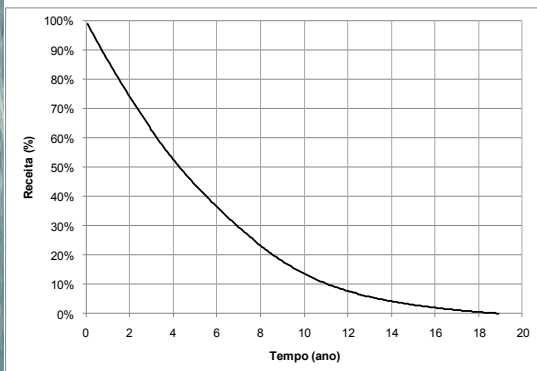


Fig. 5: Percentual de receita atualizada futura (a ser adquirida) ao longo da vida produtiva.

Para o Caso 2 (Figura 6), pode-se observar que houve uma grande redução nos erros ao realizar o ajuste com os dados S4D indicando uma melhora significativa do modelo. Ferreira et al. (2011) mostram que os erros observados para o modelo ajustado apenas com dados de produção são bem maiores e podem não permitir um melhor entendimento da movimentação de fluidos.

Verifica-se que a aquisição da S4D com quatro anos de produção, para o reservatório estudado, apresenta grande vantagem econômica. Neste momento ainda há 50% de receita a ser adquirida e considerando que a estratégia de produção seja flexível, pode-se alterá-la para aumentar a eficiência da produção.

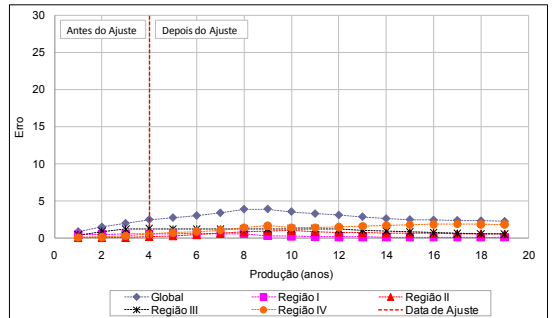


Fig. 6: Caso 2: diferenças dos mapas de saturação de água.

**Observações Finais**

Quatro são os fatores que influenciam na determinação do valor da S4D. Para um exemplo sintético simples foram mostrados os dois primeiros fatores ao identificar a qualidade do modelo sem a S4D e quanto este modelo pôde ser melhorado com a aquisição dos dados de S4D.

Também se verificou que, as diferenças dos mapas de saturação obtidas com a S4D variam ao longo do tempo. Assim, se a S4D for obtida muito cedo ou no final da vida do campo, pode-se não captar diferenças significativas para melhorar o modelo. Além de, se for adquirida muito tarde pode não ser mais possível alterar a estratégia de produção. Desta forma, mostra-se de fundamental importância identificar o melhor momento para se adquirir dados de S4D, aumentando assim os benefícios da sua aquisição.

A estimativa do valor da S4D envolve ainda a parte de análise de incerteza e de estudos econômicos para identificar a melhoria que a aquisição de dados de sísmica 4D proporciona (o que será mostrado em trabalhos futuros).

**Referências Bibliográficas**

FERREIRA, Carla J.; DAVOLIO, Alessandra; MACHIO, Célio; SCHIOZER, Denis J.: *Evaluation of the Seismic Time-Lapse Acquisition Period in Reservoir Monitoring*. Offshore Technology Conference, OTC-22740, 2011.

MACHADO, André Francisco: *Análise Quantitativa de Mapas de Pressão e Saturação no Processo de Ajuste de Histórico*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2010. 149p.

**Informações sobre os autores:**

Carla Janaína Ferreira é aluna de doutorado do curso de Ciências e Engenharia de Petróleo da Unicamp.

Denis José Schiozer é professor titular do Departamento de Engenharia Petróleo da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp.

Para mais informações, visite

<http://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.