

## MAPA DE QUALIDADE ANALÍTICO E MAPA DE QUALIDADE POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA

**MASSIÈRE, Francisco<sup>1</sup>; DEUS, Laylana<sup>2</sup>; RISSO, Valmir<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – francisco\_alm@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas - laylanalcd@hotmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas - vfrisso@gmail.com

### INTRODUÇÃO

Para a construção dos mapas de qualidades foram necessários os valores de espessura, permeabilidade, porosidade e saturação, gerados por krigagem com os dados de perfilagem de poço. Foram construídos três mapas de qualidade, um mapa de qualidade analítico e dois por simulação numérica. O mapa de qualidade analítico é uma imagem que considera as características (espessura, porosidade, permeabilidade e saturação,) estáticas do reservatório, neste método não são locados poços, somente as imagens das propriedades físicas são utilizadas. Já o mapa de qualidade por simulação numérica é um método que considera as características dinâmicas que são alteradas com a produção de óleo, água e gás do reservatório. O método por varredura é composto por um único poço produtor que percorre toda a área do reservatório sendo utilizado um poço por simulação, já o outro método é caracterizado pela abertura de todos os poços produtores simultaneamente.

Para construir os mapas foram necessários dados de poço que foram utilizados pela krigagem para gerar as imagens das propriedades. Essas imagens foram utilizadas para o cálculo do mapa de qualidade (MQ) através da equação:  $MQ = ESPESSURA * PERMABILIDADE * POROSIDADE * SATURAÇÃO$ .

Com a construção dos mapas de qualidade foi possível definir a melhor localização de poços.

### METODOLOGIA

Na obtenção do mapa de qualidade analítico foi necessário definir a malha da modelagem do reservatório e para isso foram necessárias as coordenadas mínimas e máximas do campo. Já para a krigagem foi necessário definir o raio máximo que os pontos amostrados iriam influenciar na obtenção dos novos valores e também se as propriedades possuíam anisotropia ou não.

Na obtenção do mapa de qualidade por simulação o reservatório foi discretizado em 48 blocos na direção x e 32 blocos na direção y, cada bloco com 500 metros em cada direção. O campo possui 24000 metros na direção x e 16000 metros na direção y.

A simulação foi realizada a partir do bloco 2 2 1 e terminou no bloco 46 30 1. Os poços foram locados distando quatro blocos (2.000 m) um do outro. Foram realizadas 96 simulações (12 referente à direção i e 8 referente à direção j).

Para construir o mapa de qualidade referente à abertura simultânea de todos os poços (blocos ativos): utilizou-se somente os resultados das simulações cujos valores foram diferentes de zero.

## RESULTADOS E DISCURSÃO

Para gerar os mapas de qualidade foi necessário antes gerar os mapas de espessura (diferença entre topo e base), permeabilidade, porosidade e saturação de óleo. O mapa de qualidade analítico apresentado na Figura 1 demonstra uma área vermelha na parte oeste e leste. Estes locais possuem as melhores qualidades quando combinamos a espessura, permeabilidade, porosidade e saturação. Logo, são os melhores lugares para a locação dos poços.

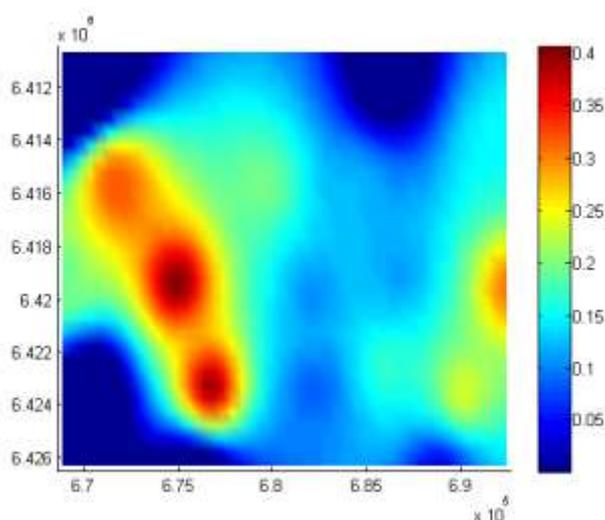


Figura 1 – Mapa de qualidade analítico

As áreas azuis claras são os blocos onde as propriedades possuem valores menores. Por meio dessa interpretação pode-se deduzir que são áreas piores para a locação de poços.

Foram gerados dois mapas de qualidade por Simulação. O primeiro foi gerado por varredura, onde foram necessárias 96 simulações com a locação de um mesmo poço em diferentes blocos; o segundo foi gerado somente com os blocos ativos, aquele que possuem produção acumulada diferente de zero, foi necessário 1 simulação com 86 poços abertos ao mesmo tempo.

A função objetivo analisada foi a produção acumulada de óleo ( $N_p$ ). Na maioria dos poços os valores de  $N_p$  foram diferentes de zero e em alguns poços o  $N_p$  foi igual a zero, ou seja, não houve produção.

Após a locação de cada poço foi gerado um gráfico com o valor do  $N_p$ . As maiorias dos poços apresentaram uma produção semelhante, como mostra a Figura 2a. De acordo com estes dados é possível concluir que os poços ainda estão em fase de produção, mesmo após 10 anos, o que demonstra que o tempo de simulação poderia ser aumentado.

O mapa de qualidade das 96 simulações Figura 2b demonstra que há áreas onde a produção acumulada ( $N_p$ ) é maior (áreas vermelhas), já as áreas azuis são áreas não reservatório, ou seja, blocos nulos. De acordo com esse mapa a melhor área para a locação de poços é a área vermelha.

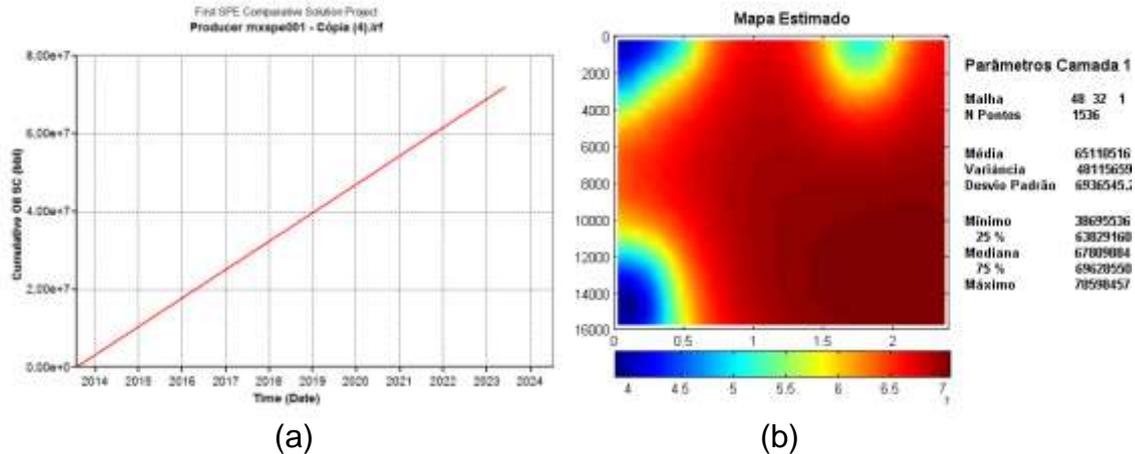


Figura 2 - (a) Produção acumulada; (b) Mapa de Qualidade por varredura com 96 simulações.

Após a locação de todos os poços ao mesmo tempo foi gerado um gráfico com o valor do  $N_p$ . O valor da produção acumulada da maioria dos poços também foi semelhante como no caso anterior, como mostra a Figura 3a. De acordo com este gráfico é possível concluir que o campo produziu, de forma crescente por algum tempo, mas a queda de pressão forçou a simulação a parar aproximadamente 2 meses depois do início. O mapa de qualidade da simulação com 86 poços, somente os blocos ativos, Figura 3b, demonstra a área onde há produção acumulada (áreas vermelhas). A área azul novamente seria uma zona não reservatório. De acordo com esse mapa a melhor área para a locação de poços é a área vermelha.

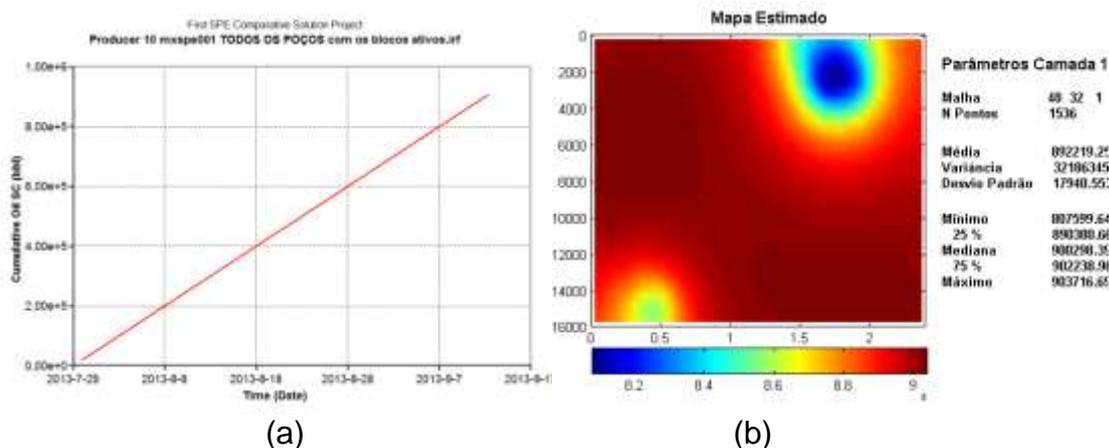


Figura 3 – (a) Produção acumulada; (b) Mapa de Qualidade por simulação com abertura simultânea de todos os poços.

Analisando os gráficos de produção acumulada ( $N_p$ ) Figura 2a e Figura 3a é possível inferir que os poços quando simulados um de cada vez no reservatório produzem durante 10 anos, enquanto que quando os poços são abertos simultaneamente produzem por aproximadamente dois meses. Pode-se inferir que essa diferença de  $N_p$  ocorre devido à queda brusca de pressão no reservatório. No momento que se coloca todos os poços para operar simultaneamente a pressão do reservatório cai rapidamente, atingi-se a pressão de bolha e os poços param de produzir.

## CONCLUSÕES

Analisando os mapas de qualidade é possível observar que a extensão da melhor região para a locação dos poços (área vermelha) varia entre os mapas de qualidade (MQ). No mapa de qualidade analítico a área vermelha restringiu-se a uma parte oeste e uma pequena parte no leste; no mapa de qualidade por varredura com 96 simulações a área vermelha preenche quase todo o mapa; já no mapa de qualidade com todos os poços abertos simultaneamente a área vermelha preenche uma extensão maior do mapa, quando comparado aos mapas de qualidade anteriores.

Dessa maneira, os mapas de qualidade por Simulação apresentam uma melhor aproximação do melhor local para a locação dos poços, pois levam em consideração não só os dados estáticos, mas também a variação da produção ao longo do tempo, porém este mapa depende de dados e informações suficientes para a construção do modelo numérico do campo, enquanto que o mapa analítico apresenta um resultado de menor confiabilidade, mas é muito mais rápido e fácil de ser elaborado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ROSA, A. J., CARVALHO, R. R., J. A. A. **Engenharia de Reservatórios de Petróleo**. Rio de Janeiro, editora Interciência, 2006.

THOMAS, J. E. (org.) **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004.

NAKAJIMA, L., MEZZOMO, C. C., SCHIOZER, D. J. e GUILHERME, I. R.: **Determinação de Mapa de Qualidade de um Reservatório Utilizando Sistema Fuzzy**, 2o Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Rio de Janeiro, 15 a 18 de junho de 2003a.

CRUZ, P. S., HORNE, R. N., DEUTSCH, C. V. **The Quality Map: A Tool for Reservoir Uncertainty Quantification and Decision Making**, SPE 56578, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, TX, U.S.A., Oct. 3-6, 1999.