

“Pela abordagem proposta, a otimização é feita diretamente na superfície de resposta do problema em questão, VME, garantindo melhores resultados.”

## Nova Abordagem para Otimização Probabilística de Estratégias de Produção

[Pedro de Brito Noqueira](#)

### Introdução

Os altos níveis de incerteza e risco associados a determinados projetos de exploração de campos de petróleo sugerem a utilização de estratégias de produção otimizadas probabilisticamente. Isto permite traçar uma estratégia mais capacitada a absorver os impactos causados pelas incertezas.

Processos de otimização probabilísticos tradicionais, geralmente, dão maior ênfase às incertezas geológicas que às econômicas. Muitas vezes, adota-se um único cenário econômico pessimista, que por um lado confere maior robustez ao projeto, mas por outro pode fazer com que não se desenvolva todo o potencial de desempenho do campo, caso o pessimismo não se confirme. Portanto, incorporar as incertezas econômicas no processo de otimização, considerando realizações pessimistas, intermediárias e otimistas, pode dar maior adaptabilidade à estratégia de produção garantindo um bom desempenho sob qualquer contexto econômico.

Em uma abordagem convencional, a otimização da estratégia de produção sob incertezas é feita pela composição dos modelos geológicos representativos (MGR) com as realizações para os cenários econômicos formando uma árvore de decisão. Cada ramo desta árvore tem uma estratégia de produção otimizada independentemente, conforme mostra a Figura 1. Ao final do processo de otimização dos ramos, cada estratégia otimizada desta forma é avaliada em todos os outros contextos possíveis para possibilitar o cálculo do seu valor monetário esperado (VME). A estratégia que apresenta o maior VME é considerada otimizada probabilisticamente. Como pode ser observado, neste caso, a consideração das incertezas ocorre depois que os ramos da árvore de decisão foram otimizados.

A metodologia apresentada neste texto propõe uma

Em síntese, a otimização pela abordagem convencional é realizada de forma independente para o valor presente líquido (VLP) dos ramos da árvore de decisão, e ao final do processo evidenciam-se apenas poucos pontos da superfície de resposta real do problema probabilístico (VME). Pela abordagem proposta a otimização é feita diretamente na superfície de resposta do problema em questão, (VME), garantido melhores resultados.

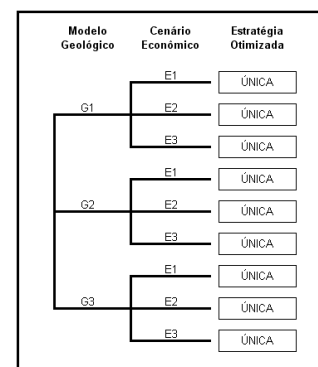


Figura 2: Árvore de decisão para otimização de estratégias sob incertezas utilizando a metodologia proposta.

### Metodologia

Para a abordagem proposta, é necessário desenvolver uma técnica que possibilite o cálculo do VME a cada passo do processo de otimização. Esta técnica deve permitir que uma única estratégia seja otimizada simultaneamente em todos os modelos geológicos representativos (MGR) e sob todos os cenários econômicos considerados.

O primeiro passo para o desenvolvimento desta técnica é construir os modelos de fluxo relativos aos MGR em malhas de iguais dimensões. Deve-se ainda, forçar que estas malhas representem uma mesma região geográfica, permitindo que haja uma perfeita superposição entre elas conforme demonstra a Figura 3.

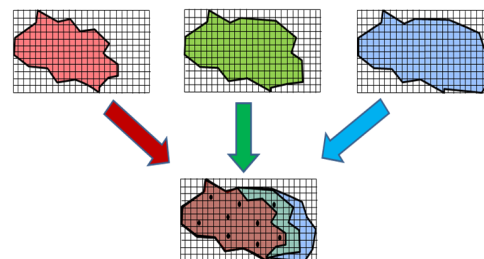


Figura 3: Superposição dos modelos de fluxo.

Figura 1: Árvore de decisão para otimização de estratégias sob incertezas. abordagem mais rigorosa para a otimização dos ramos desta árvore de decisão. Para isto, foi desenvolvida uma técnica de simulação associada à análise econômica que permite otimizar uma única estratégia para todos os ramos da árvore de decisão conforme mostra a Figura 2. Neste caso, cada passo do processo de otimização é dado após a estratégia ser testada em todos os modelos geológicos e cenários econômicos representativos. Isto significa dizer que o processo de otimização é guiado desde o início, e por completo, pelo VME, ou seja, o processo é guiado continuamente por uma abordagem probabilística conduzindo à melhores resultados.

O segundo passo é estruturar os arquivos dos modelos de fluxo dos MGR de forma que seja possível realizar o compartilhamento de um único arquivo de poços como esquematiza a Figura 4. Neste trabalho, o arquivo de poços é quem define uma estratégia de produção, estabelecendo as quantidades e os posicionamentos dos poços. Ao compartilhar o arquivo de poços, qualquer alteração neste, impacta automaticamente em todos os modelos de fluxo considerados.

### 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](#)

“Mesmo sendo uma abordagem mais rigorosa e com melhores resultados que a metodologia convencional, houve uma diminuição do número de simulações necessárias para otimizar a Estratégia de Produção.”

### 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)

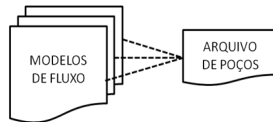


Figura 4: Compartilhamento de um único arquivo de poços.

Finalmente, o desempenho da estratégia é avaliado em todos os modelos geológicos e cenários econômicos. Desta forma, torna-se possível o cálculo da função-objetivo (VME), necessário para definição do próximo passo da otimização.

### Implementação

Neste sentido, foi implementada a rotina AURUM que realiza o cálculo do VME de uma estratégia de produção em todos os passos do processo de otimização. Esta rotina é responsável por submeter os modelos à simulação de fluxo, e em seguida, chamar a rotina TITANIUM para realizar a análise econômica em todos os cenários considerados. A Figura 5 mostra o fluxograma da rotina AURUM.

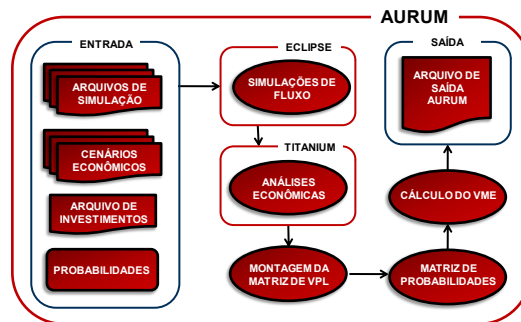


Figura 5: Fluxograma—rotina AURUM.

### Aplicação e Resultados

Um caso envolvendo incertezas geológicas e econômicas foi estudado onde foram considerados três MGR e três cenários econômicos distintos. Seguindo o esquema da Figura 1, foram otimizadas nove estratégias de produção, uma para cada ramo da árvore, escolhendo ao final a que possuía o maior VME. O mesmo problema foi abordado pela metodologia proposta (Figura 2) para possibilitar a comparação dos desempenhos das metodologias. As otimizações foram realizadas por um otimizador de estratégias de produção baseado em algoritmo genético<sup>1,2</sup>.

A estratégia otimizada seguindo a abordagem convencional gerou um VME de US\$ 764,00 milhões após 12.981 simulações de fluxo, enquanto a estratégia otimizada pela metodologia proposta gerou um VME de US\$ 850,00 milhões após 4.074 simulações. A grande diferença no número de simulações (três vezes menor) é decorrente do fato que na abordagem proposta não são necessárias otimizações independentes para os três cenários econômicos. Na Figura 6, são mostradas as curvas de risco das duas estratégias otimizadas. Nela, pode-se observar que a estratégia otimizada pela metodologia proposta tende a

ser mais adaptável às variações possíveis para o contexto geológico-econômico, já que a curva relativa a abordagem proposta encontra-se sempre à direita da curva da abordagem convencional.

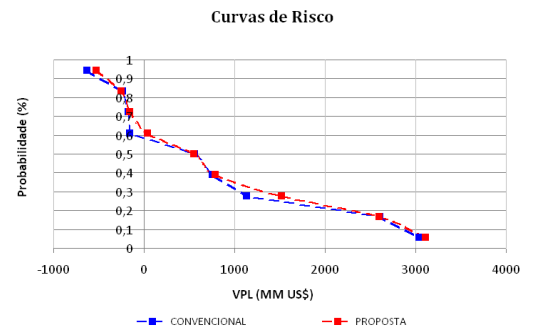


Figura 6: Curvas de risco para as estratégias otimizadas pelas metodologias proposta e convencional.

### Comentários Finais

A metodologia proposta se mostrou uma alternativa viável para a consideração de incertezas em um processo de otimização de estratégias de produção. Mesmo sendo uma abordagem mais rigorosa e com melhores resultados que a metodologia convencional (Figura 1) houve uma diminuição do número de simulações necessárias para se otimizar a estratégia de produção.

A estratégia otimizada pela metodologia proposta mostrou-se mais adaptável às variações possíveis tanto para a geologia do reservatório quanto para o cenário econômico futuro.

### Referências

- [1] Nogueira, Pedro – *Metodologia de Otimização Probabilística de Estratégias de Produção Baseada em Algoritmos Genéticos*. Dissertação de Mestrado – UNICAMP 2008.
- [2] Nogueira e Schiozer – “An Efficient Methodology of Production Strategy Optimization Based on Genetic Algorithms” SPE 122031 LACPEC-2009

### Agradecimentos

O autor agradece à Petrobras e à UNICAMP a oportunidade da realização deste trabalho.

### Informações sobre o autor:

Pedro de Brito Nogueira é engenheiro civil, mestre em Ciências e Engenharia de Petróleo pela Unicamp e trabalha na Petrobras (UN-RIO) desde setembro de 2002.

**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.