

## Seleção de Estratégia de Exploração de Campos de Petróleo com Simulação; Alguns Conceitos

[Denis José Schiozer](#)

*"O entendimento do problema, aliado aos conceitos aqui introduzidos ... pode representar um importante passo para processos de seleção (de estratégia de exploração) mais eficientes."*

### 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 de Petróleo [cliquem aqui](#).

### 1. Introdução

Uma das principais tarefas dos engenheiros de reservatórios é tomar decisões de como um campo de petróleo deve ser produzido. Para isso, os simuladores numéricos de reservatórios são constantemente usados como ferramenta de previsão de produção e de teste de alternativas.

O processo pode ser bastante complexo, pois envolve muitas variáveis que devem ser otimizadas de forma combinada, implicitamente ou em etapas para atingir um objetivo. Além disso, o processo pode se tornar confuso pelo fato de que as variáveis têm características distintas e devem ser otimizadas de forma diferente para cada fase da vida de um campo de petróleo. Os objetivos também podem variar para cada fase e isso pode gerar alguma ineficiência no processo e nos métodos escolhidos.

Por este motivo, este texto tem como objetivo apresentar algumas definições que podem ser úteis para o entendimento do problema. O objetivo não é apresentar um texto completo, mas lançar algumas ideias, padrões e definições para futuras discussões sobre o assunto.

### 2. Conceitos Importantes

Neste item, estão descritas, de forma simples, algumas definições para iniciar a discussão. Publicações futuras poderão complementar este texto.

**2.1. Função-objetivo (FO):** deve expressar de forma quantitativa o objetivo do estudo, tornando o processo menos subjetivo. Em geral, o valor presente líquido (VPL) é o indicador mais adequado, pois contempla investimentos, custos e receitas, atualizados para o tempo de análise. Em casos com investimentos semelhantes, a produção acumulada (podendo ser atualizada no tempo) pode ser usada como indicador. Em casos com incertezas, o valor monetário esperado (VME) e uma medida de risco, compostos graficamente ou através de uma função utilidade, por exemplo, tem ótimo potencial de avaliar bem as alternativas. Uma consideração importante é que apenas o fluxo de caixa futuro deve ser usado para o cálculo do VPL ou VME; investimentos já realizados e itens de fluxo de caixa passados não devem ser considerados na avaliação do valor do projeto.

**2.2. Parâmetros de entrada:** são as variáveis de entrada que definem a estratégia de exploração. Podem ser divididos em 2 grupos: (1) parâmetros de projeto, que representam as escolhas de equipamentos e configurações para o desenvolvimento do campo (Grupo 1) e (2) de controle, que determinam a operação do campo (Grupo 2).

Pode-se ainda subdividir os grupos por grau de importância e dificuldade de otimização, para facilitar o processo de escolha assistido (Item 2.10), como:

#### • Parâmetros de projeto:

- Grupo 1A: com alto impacto na FO. Ex.: capacidades de plataforma, número de poços, posição de poços;
- Grupo 1B: com menor impacto na FO. Ex.: cronograma de entrada de poços;
- Grupo 1C: com menor impacto na FO. Ex.: posição de válvulas inteligentes.

#### • Parâmetros de controle (ou operação):

- Grupo 2A: com menor demanda de simulações e/ou maior impacto na função-objetivo. Ex.: condições de fechamento ou recompletação de poços (wcut limite, vazão limite ou GOR limite);
- Grupo 2B: com maior demanda de simulações e/ou menos impacto na FO. Ex.: operação de válvulas.

A divisão dos parâmetros por grupos facilita a priorização e grau de tratamento de cada variável em processos assistidos (Item 2.10).

**2.3. Restrições operacionais:** É importante observar a diferença entre (1) restrições operacionais, que são limites físicos resultantes do sistema de produção de um campo e (2) os parâmetros de controle. As restrições estabelecem o **espaço de busca** (limites máximos e mínimos para os parâmetros de entrada).

**2.4. Indicadores de desempenho:** embora os processos de seleção de estratégia tenham como objetivo obter a melhor combinação dos parâmetros para maximizar uma FO, é importante observar que os simuladores são ferramentas muito ricas em informações e podem fornecer indicadores importantes da qualidade da estratégia, além da FO principal. Alguns desses indicadores e que devem ser considerados na avaliação das alternativas são: índices de desempenho de poços produtores e injetores, mapa de qualidade que indique regiões com potencial de produção, mapas de pressão, relações entre produtores e injetores, cortes de água e razão gás-óleo, entre outras. Esses indicadores podem ser usados principalmente em processos assistidos (Item 2.10) para redução do espaço de busca dos problemas.

**2.5. Controle proativo:** tenta evitar ou minimizar algum evento indesejado com ações prévias. Exemplo: se o evento é a chegada de água, a ação pode ser o fechamento de um poço ou válvula para retardar a chegada de água. Efeitos colaterais como redução de produtividade ou movimentações da água para outras regiões podem ser captadas por simuladores em processos de longo prazo.

**2.6. Controle reativo:** ação após a ocorrência de um evento, com identificação de um indicador e um gatilho. Pode-se escolher um indicador para mostrar a necessidade de determinada ação e pode-se escolher ou otimizar um valor de gatilho para que a ação seja realizada. Por exemplo, se o indicador é o corte de água, pode-se escolher ou otimizar o valor do gatilho para se maximizar o VPL. O efeito é a diminuição local de produção de água e efeitos colaterais também podem ser estimados por simuladores.

**2.7. Método de otimização com controle proativo:** permite o fechamento em qualquer momento antes da ocorrência do evento indesejado; esse momento pode ser determinado por um algoritmo ou uma heurística. Como o espaço de busca pode ser bem grande para este tipo de problema, métodos que priorizam a diversificação de soluções, como o algoritmo genético, por exemplo, podem ser mais adequados para o problema.

**2.8. Método de otimização com controle reativo:** permite a otimização do valor do gatilho usando o indicador escolhido. Em geral, pode-se usar um método de otimização mais simples, pois o número de variáveis tende a ser menor e a função-objetivo mais suave.

*"O processo (seleção de estratégia de exploração) pode ser bastante complexo, pois envolve muitas variáveis que devem ser otimizadas de forma combinada, implicitamente ou em etapas para atingir um objetivo."*

## 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](mailto:unisim@dep.fem.unicamp.br)

**2.9. Método de otimização combinado:** permite ações reativas e proativas em qualquer momento antes ou depois de eventos e indicadores. O número de parâmetros pode crescer bastante nesse caso; por isso, recomenda-se métodos mais sofisticados ou processos assistidos.

**2.10. Método assistido:** como o número de parâmetros aumenta muito, a ideia é usar as características físicas do problema para fazer análises prévias e através de **indicadores** e conhecimento, reduzir o espaço de busca e dividir o problema em etapas, determinando os parâmetros que serão otimizadas em cada etapa nas quais os parâmetros são tratadas de forma implícita (parâmetros de entrada variáveis) ou explícita (parâmetros de entrada prefixados durante a etapa).

**2.11. Otimização de curto prazo:** leva em conta efeitos de curto prazo como vazão de produção e receita. Em geral, é aplicada por profissionais interessados no gerenciamento de campos com objetivos imediatos e pode ser feita com a própria produção do campo. Simuladores podem ser usados em casos específicos para estudar e entender efeitos, mas podem não ser a ferramenta mais adequada para a otimização de vazões (dependendo do grau de confiabilidade do simulador para reproduzir resultados de curto prazo).

**2.12. Otimização de longo prazo:** leva em conta efeitos de longo prazo, em geral, toda a vida produtiva do campo. Simuladores são usados como ferramenta de avaliação de longo prazo. Em geral, deve-se considerar incertezas e riscos envolvidos. Pode ser aplicada: (1) na fase de gerenciamento de campos (nesse caso são otimizadas parâmetros de controle - Grupo 2 do Item 2.2) ou (2) na fase de desenvolvimento do campo (nesse caso são otimizadas parâmetros de projeto - Grupo 1 do Item 2.2). Para a fase de desenvolvimento, os parâmetros de controle também devem ser estimados, pois podem afetar a escolha dos parâmetros de projeto; portanto, entram no processo de otimização, mas podem ter uma necessidade de precisão menor devido às incertezas do processo.

**2.13. Otimização sob incertezas:** uma das características do problema tratada neste texto é o alto grau de incertezas (geológicas, de fluidos, do modelo, econômicas, operacionais etc.). Nesses casos, é preciso cuidado ao se otimizar o problema de forma determinística pois o grau de precisão desejado pode demandar muito esforço computacional para resolver um problema numa situação com baixa probabilidade de ocorrência. Há várias formas de solução do problema considerando incertezas. A mais simples é a otimização para casos próximos a P50 (que representa que há 50% de probabilidade de haver modelos mais otimistas ou pessimistas que o escolhido) e uma análise de sensibilidade ou teste de robustez para outras situações possíveis. Uma forma mais completa pode ser a escolha de alguns poucos modelos representativos, seguida de uma otimização para cada representativo e a escolha da estratégia com a melhor função utilidade ou razão entre retorno e risco. Formas mais

completas para considerar incertezas podem ser aplicadas, mas com demanda computacional crescente.

**2.14. Flexibilidade:** um assunto importante e pouco estudado para problemas com as características de grandes projetos com altos investimentos e alto grau de risco é a possibilidade de adicionar flexibilidade aos parâmetros de entrada. Esta flexibilidade possibilita operação futura de acordo com o comportamento de incertezas e o grau de conhecimento dos campos. Exemplos de tipos de flexibilidade são: desenvolvimento de campos por módulos, capacidade de expansão de produção, poços inteligentes, entre outros. Alguns parâmetros de controle já têm tratamento em simuladores através de variáveis de monitoramento e gatilhos. Ações podem ser desencadeadas pelos simuladores para mudar a operação do campo (exemplo, fechamento de poços ou válvulas de acordo com corte de água). Outros parâmetros ainda não têm tratamento específico e requerem procedimentos mais complexos de avaliação (como possibilidade de expansão com inclusão de investimentos adicionais). A não consideração de flexibilidades pode subestimar o valor e a previsão de produção de campos.

## 3. Considerações Finais

Este texto teve como objetivo apresentar conceitos importantes para o processo de seleção de estratégia de exploração de campos de petróleo. O entendimento do problema, aliado aos conceitos aqui introduzidos e que podem ser aprofundados em artigos e teses, pode representar um importante passo para processos de seleção mais eficientes, com impacto na qualidade das soluções encontradas e, portanto, na produção e lucro de campos de petróleo.

Temas como tratamento de incertezas, quantificação de riscos, valor de flexibilização, métodos de otimização adequados para cada etapa e integração com sistemas de produção podem também ter impacto na solução deste problema e podem demandar textos semelhantes no futuro para que uma discussão mais aprofundada sobre cada um deles seja feita.

## 4. Referências

Muitas referências sobre o tema podem ser encontradas na página de publicações do UNISIM (e em citações dessas próprias publicações).

<http://www.unisim.cepetro.unicamp.br>

## Informações sobre o autor:

Denis José Schiozer é professor titular do Departamento de Engenharia de Petróleo da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp; engenheiro aeronáutico com mestrado e doutorado em engenharia de petróleo pela Unicamp e Stanford e especialização em administração de empresas pela FGV.

*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.