

**“Há diversos benefícios em se utilizar ações proativas para controle e gerenciamento do reservatório, (...) podendo acarretar em um aumento do VPL do campo.”**

## 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](#).**

## Análise do Efeito do Fechamento de Válvulas no Desempenho do Campo [Vinícius Eduardo Botechia](#)

### Introdução

Um poço inteligente é equipado com diversos instrumentos, tais como sensores e válvulas (ICV - inflow control valves) com objetivo principal de prover flexibilidade às operações de produção de petróleo.

Há dois modos principais de operação de válvulas em poços inteligentes: proativo e reativo. O primeiro modo tenta impedir ou retardar a ocorrência de um evento indesejado previsto. O segundo modo significa reagir após a ocorrência de um evento indesejado.

Os efeitos de um controle proativo são difíceis de estimar porque podem ocorrer num tempo longo. Em geral, os efeitos no campo e nos poços quando uma válvula é fechada são incertos devido à complexidade do processo. Por exemplo, quando uma ICV é operada em algum poço, os poços adjacentes são afetados, alterando o comportamento do campo como um todo. Assim, a motivação deste trabalho é analisar alguns desses efeitos e a eficácia das ações proativas, considerando os benefícios de longo prazo. É possível analisar duas situações diferentes, como se segue:

**Situação 1:** no caso de um reservatório desconhecido com muitas incertezas, o controle proativo é questionável, uma vez que não há conhecimento suficiente para dar suporte à previsão. Por exemplo, não há conhecimento sobre a chegada de água, por isso é difícil agir antes de ocorrer este evento. Em casos como esse, é necessária uma avaliação de incertezas e um estudo probabilístico. Esse tipo de situação não é abordado neste trabalho.

**Situação 2:** quando o modelo do reservatório é suficientemente bem conhecido por ter boa confiabilidade ou quando há disponibilidade de ferramentas que possam prever alguns aspectos importantes, tais como informações sobre a frente de água. Algumas dessas ferramentas podem ser: sensores que marcam a distância que a água se encontra dos produtores, ou sísmica 4-D, que poderia fornecer algumas informações sobre o movimento da água.

Assim, este trabalho analisa a possibilidade e os benefícios de se agir de forma proativa ou reativa em relação ao avanço da água antes do fluxo de caixa do campo apresentar valores negativos, devido à elevada produção de água, como é exemplificado na Figura 1. Nesse exemplo, o ponto A representa a chegada da água em determinado poço e o ponto B representa o início de fluxo de caixa negativo, devido à alta produção de água.

Este trabalho aborda este tipo de situação, concentrando-se nas regiões antes do ponto B. Desta forma, a Situação 2 é subdividida neste trabalho da seguinte forma: **Situação 2-CW** (poços convencionais) e **Situação 2-IW** (poços inteligentes).

### Metodologia

A metodologia visa avaliar ações de fechamento de válvulas e identificar as que apresentam um impacto positivo no VPL. Esse processo representa um caso em que as regiões de monitoramento são fechadas numa sequência que começa com o fechamento da região que possui o maior potencial para ser fechada mais cedo. Segue-se, então, fechando as regiões de monitoramento dos poços, a partir de  $t=0$  até  $t=t_n$ .

Dessa forma, de acordo com procedimento proposto, cada região de monitoramento é fechada por

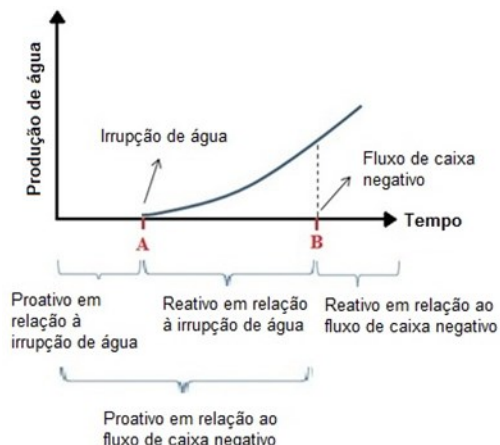


Figura 1: Exemplo de análise proativa e reativa em relação à chegada de água e ao fluxo de caixa.

vez para cada tempo de simulação. A região em que ocorre o maior aumento de VPL é mantida fechada, repetindo-se o processo até que não ocorra mais aumento no VPL. Os resultados desse processo ajudam a compreender o efeito do fechamento das válvulas.

No caso de resultar que alguma região seja fechada no início da simulação ( $t=0$ ) não se considera a instalação de uma válvula, mas sim que o poço não deve ser completado naquela região. Para todos os outros tempos de simulação, consideram-se custos para a instalação da válvula.

### Aplicação

Para se ter mais segurança nas soluções foi utilizado um processo exaustivo, testando todas as soluções possíveis ao invés de um método de otimização. O processo, por ser exaustivo, é aplicado a um modelo simples, com poucos poços, para verificação dos efeitos dos fechamentos das válvulas. Utilizou-se um modelo sintético com 16810 células ( $41 \times 41 \times 10$ ), sendo que cada bloco possui dimensões de  $20 \times 20 \text{m}$ . O modelo possui dez camadas e foram consideradas cinco regiões de monitoramento para cada poço, ou seja, cada região de monitoramento é constituída por duas camadas.

A estratégia de produção consiste de um esquema 5-spot invertido, com um injetor no centro e quatro produtores nos cantos do modelo representando uma área de um reservatório compreendida entre um injetor e produtores relacionados. O modelo possui um canal de alta permeabilidade nas cinco últimas camadas.

São apresentados os resultados da aplicação da metodologia em dois casos, sendo que o modelo geológico é o mesmo para ambos, a diferença está nas condições operacionais, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Restrições Operacionais.

Caso	Prod. de Líq. - Campo ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	Prod. de Líq. - Poços ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	Vazão de Injeção ( $\text{m}^3/\text{d}$ )
Caso 1	3000	1500	1000
Caso 2	1500	1500	5000

### Resultados

As Tabelas 2 e 3 mostram, para os Casos 1 e 2,

**“Poços inteligentes podem ser rentáveis, mesmo em casos em que há um bom gerenciamento dos poços convencionais.”**

## 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

Dep. 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)

respectivamente, alguns resultados em que o fechamento de determinadas regiões de monitoramento foram benéficas para o campo, após a aplicação do procedimento descrito anteriormente. O caso base significa que todas as regiões estão abertas. A variação de VPL neste caso, é em relação à ação benéfica que já havia sido tomada.

Tabela 2: Impacto dos fechamentos que resultaram em aumento de VPL (Caso 1)

Poço	Região Fechada	Ano	$\Delta$ VPL (MM US\$)	Np (MM m <sup>3</sup> )	Wp (MM m <sup>3</sup> )
C. Base	-	-	-	3,630	4,040
P-02	5	Início	4,16	3,658	4,011
P-02	4	Início	2,20	3,675	3,994
P-02	3	Início	1,92	3,692	3,978
P-03	5	Início	0,90	3,704	3,966
P-02	2	Início	0,54	3,709	3,961
P-04	5	Início	0,56	3,717	3,952
P-01	5	Início	0,21	3,721	3,948
P-03	4	Início	0,14	3,724	3,936

Tabela 3: Impacto dos fechamentos que resultaram em aumento de VPL (Caso 2)

Poço	Região Fechada	Ano	$\Delta$ VPL (MM US\$)	Np (MM m <sup>3</sup> )	Wp (MM m <sup>3</sup> )
C. Base	-	-	-	3,630	4,040
P-02	5	Início	4,16	3,658	4,011
P-02	4	Início	2,20	3,675	3,994
P-02	3	Início	1,92	3,692	3,978
P-03	5	Início	0,90	3,704	3,966
P-02	2	Início	0,54	3,709	3,961
P-04	5	Início	0,56	3,717	3,952
P-01	5	Início	0,21	3,721	3,948
P-03	4	Início	0,14	3,724	3,936
P-01	4	8	0,03	3,729	3,931
P-03	3	9	0,20	3,733	3,928
P-01	2	10	0,25	3,734	3,926
P-01	3	11	0,03	3,736	3,925

Pelas tabelas acima verifica-se que, para o Caso 1, houve uma melhora no comportamento do campo apenas com um bom gerenciamento dos poços convencionais, não sendo lucrativa a instalação de válvulas. Já para o Caso 2 houve ações benéficas tanto com poços convencionais quanto com inteligentes, já que a implementação de algumas válvulas mostrou-se vantajosa. As ações proativas em relação à chegada da água provaram ser benéficas, uma vez que houve um grande aumento no VPL por não completar poços em algumas regiões. Todas essas ações causaram um aumento na produção de óleo e uma diminuição na produção de água.

A Figura 2 mostra a variação do VPL (já considerando o custo das ICV) do campo em relação ao caso base de acordo com as regiões fechadas que tiveram efeito benéfico.

Considerando a instalação de válvulas como um

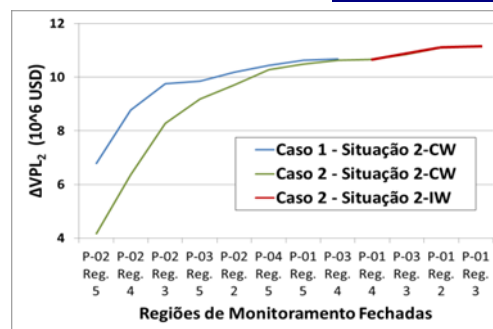


Figura 2: Variação do VPL em relação ao caso base de acordo com as regiões fechadas

investimento adicional, como mostrado na Tabela 4, houve um retorno de cerca de 50% no investimento.

Tabela 4: Investimento em válvulas e o retorno do investimento

Investimento em ICVs (US\$)	Lucro com ICV (US\$)	Retorno do Investimento
650.000	330.000	50,7%

## Considerações Finais

A análise dos resultados mostra que as ações proativas podem, em alguns casos, resultar em benefícios significativos para os indicadores econômicos, aumentando o VPL do campo, produzindo mais petróleo e produzindo menos água. Demonstrou-se que o fechamento de algumas regiões antes da chegada da água pode causar um impacto positivo sobre o VPL, sendo útil em casos de modelos com boa confiabilidade. Além disso, o uso de equipamentos que fornecem informações sobre a chegada de água (sensores, sísmica etc) pode servir de subsídio para agir de forma proativa.

O estudo também mostra que os poços inteligentes podem ser rentáveis, mesmo em casos em que há um bom gerenciamento dos poços convencionais. Nessa situação, pode haver uma melhora no desempenho econômico do campo, mesmo com os investimentos que devem ser feitos na instalação das válvulas.

## Referência

BOTECHIA, V. E.; BARRETO, C. E. A. G.; SCHIÖZ, D. J. *Analysis of Inflow-Control-Valves Shutdown Effects in Well Production and Economics*. SPE 169368. In: SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, Maracaibo, Venezuela, 2014.

## Informações sobre o autor:

Vinícius Eduardo Botechia é engenheiro eletricitista pela UNESP e mestre em Ciências e Engenharia de Petróleo pela UNICAMP. Trabalha como pesquisador do UNISIM desde março/2012 nas áreas de estratégia de produção, análise de risco, poços inteligentes e injeção de polímeros. Atualmente também é aluno de doutorado em Ciências e Engenharia de Petróleo pela UNICAMP.

Para mais 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.