

## Controle de Válvulas Utilizando Informações do Reservatório

[Carlos Eduardo Andrade Gomes Barreto](#)

**“O conhecimento da posição da frente de água é uma importante informação para uma operação proativa em campos com injeção de água.”**

### 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](#).**

### Introdução

A aplicação de válvulas de controle no interior de poços e a utilização de diferentes sensores de monitoramento do reservatório podem ampliar significativamente as alternativas para operação de campos de petróleo. Com isso, aumenta-se o fluxo de informação, a frequência de decisões e, conseqüentemente, a complexidade dos estudos de engenharia para determinar a melhor forma de operação. Portanto, é importante identificar quais informações são mais relevantes e como utilizá-las de maneira mais eficiente para melhorar o desempenho do empreendimento.

Em campos de petróleo onde a injeção de água é o principal método de recuperação e a produção de água é um importante fator de limitação econômica, o conhecimento sobre o fluxo de água no reservatório é o ponto chave para um bom controle. A quantificação da produção de água nos poços, os mapas de saturação obtidos por sísmica 4D e as informações dos simuladores de fluxo são algumas fontes de informação que podem auxiliar a tomada de decisão. Em geral, utilizam-se essas informações para tomar decisões e alterar a vazão de poços que produzem ou estão mais propensos à produção de água, podendo modificar todo o comportamento da produção do campo.

Entretanto, tomar a decisão de fechar uma válvula pode ser difícil devido a alguns fatores envolvidos. Um dos fatores é a possibilidade de o controle de válvulas reduzir a vazão de óleo no curto prazo e a incerteza sobre os benefícios no longo prazo. Outro fator crítico é o real conhecimento do reservatório, já que informações sobre o deslocamento da água no reservatório são incertas.

Novas tecnologias têm sido desenvolvidas para dar maior confiabilidade às decisões e aumentar o número de alternativas de controle. Algumas delas se referem ao melhor monitoramento do reservatório, como o desenvolvimento de aparelhos de medição da posição da frente de água e da saturação em torno dos poços. Outras estão relacionadas a novos projetos de válvulas que poderiam ser operadas automaticamente no tempo e em relação às alternativas de abertura do orifício de passagem. Todavia, a forma de operar as válvulas com essas novas tecnologias ainda não é completamente clara ou ainda necessita ser aprimorada.

Este artigo mostra uma parte do trabalho desenvolvido por Barreto *et al.* (2014), portanto, algumas informações sobre métodos e casos são mostradas de forma resumida. Para mais detalhes sobre os controles e a aplicação em outros casos, deve-se consultar o artigo completo.

### Objetivo

O objetivo deste texto é mostrar que por meio do uso de algumas ferramentas de monitoramento e operação e a definição de alguns objetivos básicos para controle de válvulas no curto prazo podem-se alcançar resultados econômicos significativos no longo prazo. As ferramentas avaliadas neste trabalho são capazes de monitorar a distância da frente de água para as válvulas, medir a saturação de água em torno do poço e possibilitar o fechamento da área de passagem de forma contínua.

### Diretrizes para o controle de válvulas

O controle das válvulas aplicado neste exemplo possui 3 diretrizes básicas:

- Manter ou aumentar a vazão de óleo no curto prazo;
- Restringir a vazão total em regiões do poço nas quais a frente de água esteja mais próxima;
- Restringir a vazão total em regiões do poço que

produzem com o corte de água mais elevado.

A primeira diretriz é aplicada para atingir os objetivos de curto prazo, com a maior produção de óleo. Esta diretriz é prioritária em relação às outras diretrizes, portanto, as outras só são aplicáveis caso não interfiram na diretriz prioritária. Sendo assim, as válvulas não são reguladas caso reduzam a produção de óleo. As outras duas diretrizes são aplicadas para reduzir e/ou retardar a produção de água, visando o melhor desempenho econômico no longo prazo.

### Controle de válvulas utilizando informação do reservatório

O controle das válvulas está representado na Figura 1.

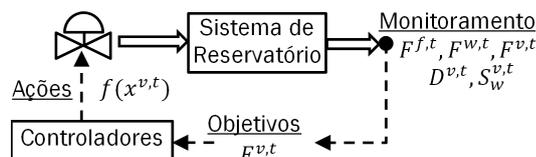


Figura 1: Esquema de controle de válvulas no campo utilizando dados de reservatório.

O controle é realizado por meio do monitoramento ao longo do tempo da vazão do campo ( $F^{f,t}$ ), do poço ( $F^{w,t}$ ) e das válvulas ( $F^{v,t}$ ), da distância linear de cada válvula para a frente de água ( $D^{v,t}$ ) e da saturação no entorno do poço na região de cada válvula ( $S_w^{v,t}$ ). Para cada tempo, determina-se uma vazão-objetivo para cada válvula com base nas variáveis monitoradas e em regras de operação. A abertura de cada válvula ( $f(x^{v,t})$ ) é ajustada para atingir a vazão-objetivo no tempo. Considera-se que as válvulas possibilitam a sua reabertura.

### Regras de operação sugeridas

De forma geral, com base nas diretrizes expostas, as regras para controle de água seguem a seguinte ordem:

- 1) Antes de a água chegar a uma válvula, o fechamento da válvula é feito por meio da distância da frente de água, sendo que quanto mais próxima à água de uma válvula, mais sua área de passagem é restringida;
- 2) Quando a água alcança uma válvula, observando um nível de tolerância, a válvula é completamente fechada;
- 3) Após a chegada de água em todas as regiões do poço, as válvulas são operadas por meio do valor da saturação de água do entorno, sendo que quanto maior a saturação de água, mais a vazão da válvula é reduzida;
- 4) Ao atingir o limite econômico de produção, a válvula é fechada completamente e de forma permanente.

Entretanto, as regras 1 a 3 são aplicadas somente se o fechamento de uma válvula não causar a redução instantânea da vazão de óleo do campo. Em casos de uma ação de fechamento de válvula reduzir a vazão de óleo, o fechamento da válvula é realizado de forma menos restritiva ou não é mais aplicada.

### Exemplo

Para estudar a eficiência da aplicação das diretrizes de operação, foi criado um exemplo representando uma região entre 1 poço produtor horizontal e dois injetores horizontais nos cantos. O exemplo consiste de uma região de alta permeabilidade cruzando todo o reservatório, com o objetivo de gerar um desequilíbrio na frente de água (Figura 2).

O poço produtor está completado com 8 válvulas de controle, distribuídas uniformemente ao longo de

**“Equipamentos que melhoram o conhecimento e o controle do reservatório podem ser um ponto-chave na operação.”**

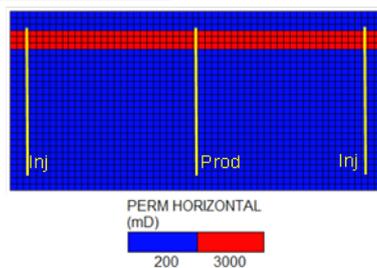


Figura 2: Modelo de reservatório utilizado para exemplificar o estudo.

todo o poço. A sua vazão de líquidos é limitada em 2000 m<sup>3</sup>/dia e a vazão de cada injetor é limitada em 1000 m<sup>3</sup>/dia. Considera-se que é possível detectar a frente de água a uma distância máxima de 200 m da válvula. O fluxo de caixa é calculado com base em um modelo simplificado do sistema fiscal de concessão, aplicado no Brasil.

O controle das válvulas proposto (I2) é comparado com dois tipos de controles mais simples (C1 e I1). Os controles são restritos a decisões semestrais, sendo possível somente modificar uma regulagem de válvula a cada 6 meses.

(C1) Fechamento do poço produtor quando o limite econômico do poço é atingido. Representa um poço convencional com uma única operação durante sua vida útil. Não são considerados os investimentos em válvulas, pois se considera que não são aplicadas;

(I1) Fechamento de válvulas quando o seu limite econômico é atingido. Este controle representa uma operação mais simples de poços inteligentes;

(I2) Fechamento das válvulas pelo controle proposto neste estudo.

#### Resultados

A Tabela 1 apresenta os resultados finais para a produção acumulada de óleo ( $N_p$ ), produção acumulada de água ( $W_p$ ) e VPL obtidos por cada tipo de controle. Considera-se que o controle C1 é o controle base para as comparações feitas a seguir. Os resultados mostram que o uso de um controle mais sofisticado aumentou o VPL e reduziu significativamente a produção de água. Entretanto, os controles mais sofisticados não foram capazes de aumentar, de forma relevante, a produção de óleo.

Tabela 1: Indicadores econômicos ao final do tempo de produção.

Controle	$N_p$ 10 <sup>6</sup> stdm <sup>3</sup>	$W_p$ 10 <sup>6</sup> stdm <sup>3</sup>	VPL 10 <sup>6</sup> USD
C1	6.09	17.53	355
I1	6.21	5.61	377
I2	6.14	4.54	412

Observa-se que o incremento no VPL foi de 22 milhões, ~6% do controle C1 para o controle I1, e de 37 milhões, ~9% do controle I1 para o I2. Isso indica que a forma de controlar um poço inteligente é tão importante quanto a inclusão das válvulas. Observa-se também que o impacto na produção de água foi de ~75%, o que mostra a capacidade de mudança na produção de um poço. Os resultados mostram ainda que a produção acumulada de óleo variou em menos de 1% em relação ao controle C1.

A Figura 3 mostra a diferença em termos anuais para o fluxo de caixa e as produções diárias entre os controles I1 e I2.

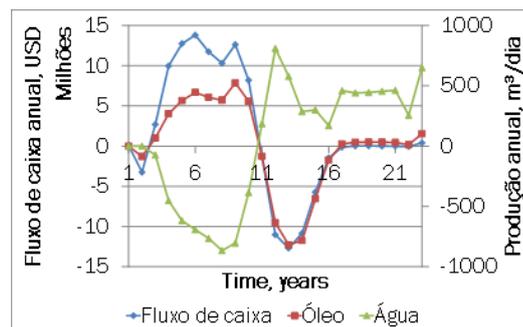


Figura 3: Diferenças nos indicadores econômicos anuais entre os controles I1 e I2.

Comparando os primeiros 10 anos com os últimos 10 anos de produção, percebe-se que houve uma inversão no comportamento da produção. O controle I2 obteve melhores resultados nos primeiros 10 anos e o controle I1 na parte final. Isso explica o fato de os indicadores finais de produção não apresentarem grandes diferenças.

A atitude de antecipar a receita com a produção de óleo e retardar os custos com a produção de água geram um impacto significativo no VPL. Portanto, mesmo que não seja possível aumentar a produção de óleo final, um controle proativo à frente de água auxilia na lucratividade do empreendimento, reduzindo o tempo de retorno de um projeto e aumentando o seu valor final. Outros controles poderiam ser testados com diferentes objetivos.

#### Conclusões

A estratégia de retardar a produção de água desde que não interfira significativamente na produção instantânea de óleo, se mostrou eficaz para aumentar o retorno financeiro do campo apresentado pelo exemplo. O uso de informação do reservatório para controlar válvulas instaladas em poços tem potencial para melhorar as condições econômicas do campo. A antecipação de receita e a redução total da produção de água foram os fatores mais importantes apontados neste estudo. Portanto, o uso de equipamentos que melhorem o conhecimento e o controle do reservatório aliados a boas práticas na operação podem ser um ponto chave para a obtenção de melhores resultados.

#### Referências

Barreto, C. E. A. G.; Botechia, V. E.; Schiozer, D. J.; Evaluation of Different Types of Operation for Inflow-Control-Valves based on Production and Reservoir Data. Anais do SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, Maracaibo, Venezuela, Maio, 2014. SPE 169393.

#### Informações sobre o autor:

Carlos Eduardo Andrade Gomes Barreto é doutor em Ciências e Engenharia de Petróleo. Atualmente é sócio e responsável técnico da empresa InReservoir Solutions.

## 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)

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.