

4 Fundamentos da Produção de Hidrocarbonetos

4.1. Introdução

Quando a pressão de um reservatório é suficientemente elevada para permitir que os fluidos nele contidos alcancem a superfície, sem o auxílio de nenhum método de elevação artificial, diz-se que a produção ocorre por elevação natural ou surgência.

Na prática, os métodos de elevação artificial são utilizados não somente quando a energia natural do reservatório não é suficiente para que o fluido produzido atinja a superfície, mas também como um meio de reduzir a pressão de fluxo no fundo do poço, com conseqüente aumento do diferencial de pressão sobre o reservatório, resultando em um aumento de vazão. A elevação artificial apresenta-se como importante alternativa para mitigar os problemas ocorridos com o declínio da pressão do reservatório, com o passar do tempo de produção.

Os métodos de elevação artificial mais comuns na indústria do petróleo são:

- Gas-lift Contínuo e Intermitente (GLC e CLI)
- Bombeio Centrífugo Submerso (BCS)
- Bombeio Mecânico com Haste (BM)
- Bombeio por Cavidade Progressiva (BCP)

Comparando-se com os poços que produzem por elevação artificial, os surgentes produzem com menores problemas operacionais devido à simplicidade dos equipamentos de superfície e subsuperfície.

4.2. Fluxo no Meio Poroso

Um dos principais indicadores da capacidade de produção de um poço é o chamado índice de produtividade (IP). Ele caracteriza a capacidade de fluxo do poço, sendo definido por:

$$IP = \frac{q}{P_e - P_w} \quad (8)$$

Onde:

q = Vazão

P_e = Pressão estática (ou média) do reservatório

P_w = Pressão de fluxo no fundo do poço

Devido à variação lenta da pressão do reservatório com o tempo, para um determinado período de tempo e para pressões dinâmicas no fundo do poço maiores do que a pressão de saturação, pode-se afirmar que o índice de produtividade permanece constante. Dessa forma, a relação entre a pressão de fluxo no fundo do poço e a vazão de líquido, denominada de Curva Disponível da Unidade Produtiva ou *Inflow Performance Relationship* (IPR), é expressa por uma linha reta.

O modelo linear para IPR não se aplica quando as pressões no meio poroso estão abaixo da pressão de saturação do óleo, uma vez que o gás sai da solução aumentando a saturação. O aumento da saturação do gás provoca um aumento em sua permeabilidade relativa, diminuindo em consequência a permeabilidade relativa ao óleo. Esta variação de permeabilidade relativa ao óleo com a pressão faz com que o índice de produtividade do poço também varie com a pressão, conforme mostrado na Figura 19.

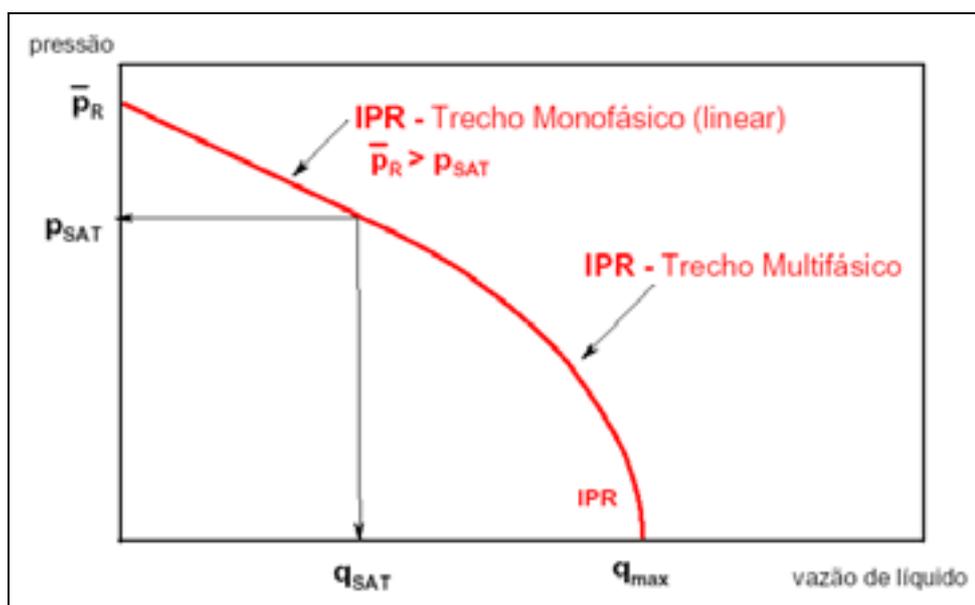


Figura 19- Curva IPR, fonte: [2]

A curva disponível da unidade produtiva é determinada a partir do cálculo de pressão disponível, no sentido do fluxo, em um ponto definido no sistema, para uma determinada vazão de líquido medido na superfície.

O cálculo da pressão disponível pode ser feito com a utilização de curvas de gradiente de pressão ou por intermédio de um simulador apropriado, a partir da pressão inicial de cálculo (PIC), a **montante** do sistema.

Quando o ponto a ser escolhido para cálculo se localizar na profundidade dos canhoneados a curva é a própria IPR (Figura 20).

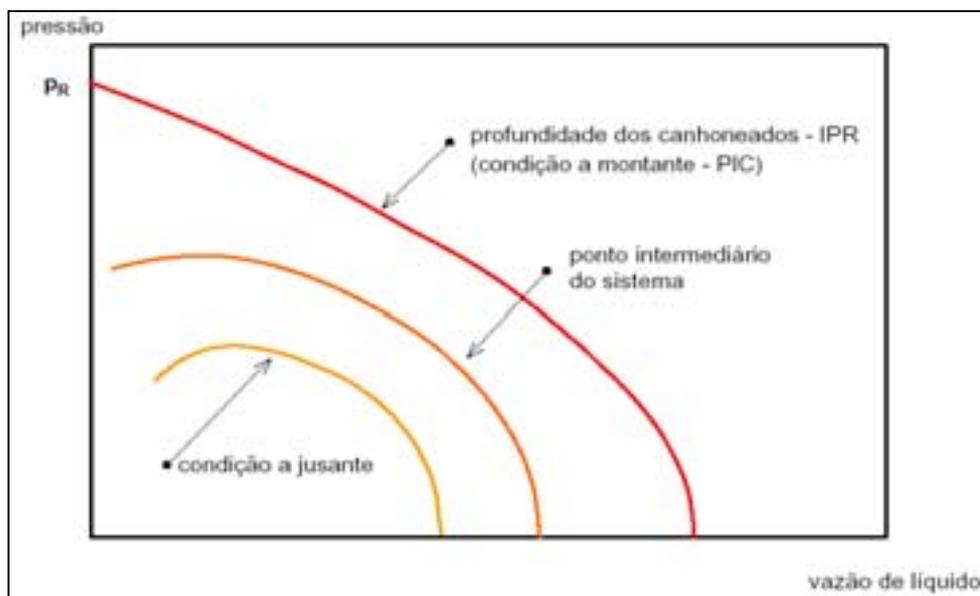


Figura 20- Curva disponível da unidade produtiva, fonte [2]

4.3. Fluxo na Coluna de Produção

Para que haja fluxo entre o reservatório e os separadores na superfície, é necessário que a pressão de fluxo no fundo do poço seja suficiente para vencer a coluna hidrostática do fluido na coluna de produção, as perdas por fricção, as perdas nas restrições (regulador de fluxo, válvulas, etc.), as perdas nos dutos de produção e a pressão nos equipamentos de separação.

O gradiente de pressão dentro da coluna de produção, quando em fluxo, é resultado da soma do gradiente devido a elevação, do gradiente devido à fricção e do gradiente devido a aceleração.

O gradiente devido à elevação corresponde ao gradiente hidrostático do fluido que está escoando e é função unicamente de sua densidade.

O gradiente devido à fricção existe sempre que houver movimentação de fluidos. Além das características dos fluidos, a perda por fricção é função do diâmetro e rugosidade da coluna de produção e da vazão. Assim, quanto maiores forem as vazões, maiores serão as perdas por fricção.

O gradiente devido à aceleração pode ser considerado nulo, uma vez que não haja variação de velocidade significativa no interior da tubulação (fluido incompressível). Poços que produzem com alto teor de água e baixa razão gás-líquido se comportam desta forma. Este tema é abordado com maior detalhamento no capítulo 6.

A curva que reúne pressão requerida num ponto definido no sistema versus a vazão de líquido na superfície, é denominada de Curva Requerida do Sistema ou *Tubing Performance Relationship* (TPR), conforme ilustrado na Figura 21.

A curva requerida do sistema é determinada a partir do cálculo de pressão requerida, no sentido contrário ao do fluxo, em um ponto definido no sistema, para uma determinada vazão de líquido, medida na superfície. Assim como na curva disponível do sistema, o cálculo da pressão requerida pode ser feito com a utilização de curvas de gradiente de pressão ou por intermédio de um simulador apropriado, a partir da pressão inicial de cálculo (PIC), a **jusante** do sistema.

Quando o ponto a ser escolhido para cálculo se localizar na profundidade dos canhoneados a curva pode ser chamada de TPR.

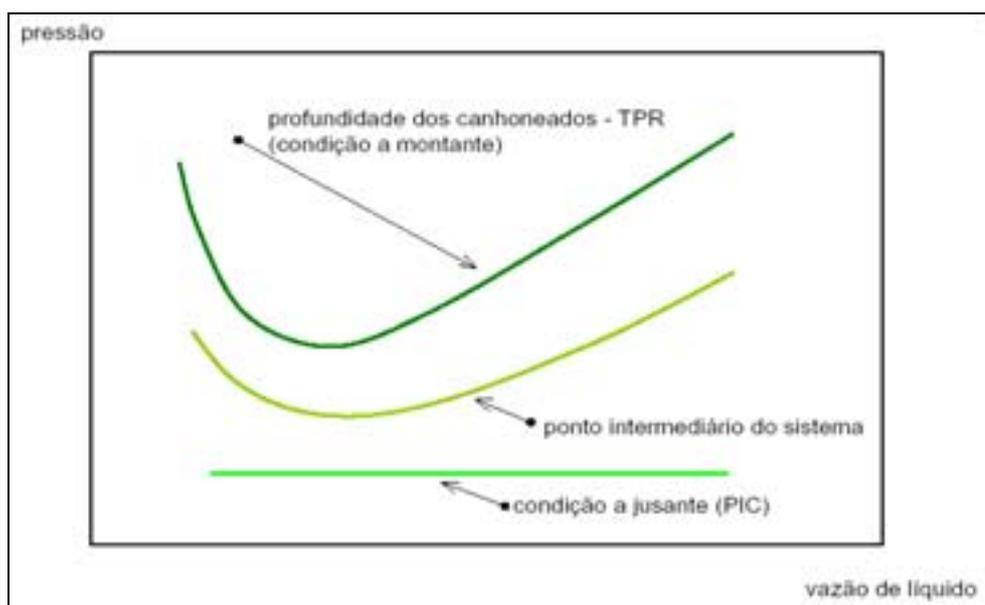


Figura 21- Curva requerida do sistema, fonte: [2]

Ao ser combinado o fluxo no meio poroso e na coluna de produção verifica-se a existência de uma oposição de solicitações no fundo do poço. Considerando apenas o fluxo no reservatório, quanto maior a vazão desejada, menor deve ser a pressão fluxo no fundo. Considerando apenas o fluxo através da coluna de produção, quanto maior a vazão desejada, maior deve ser esta pressão.

A Figura 22 mostra a representação gráfica desta oposição de solicitações, com um único ponto satisfazendo as duas etapas de fluxo. Este ponto representa a vazão e a pressão de fluxo no fundo, caso o poço seja colocado em produção nas condições para as quais a coluna de produção foi projetada.

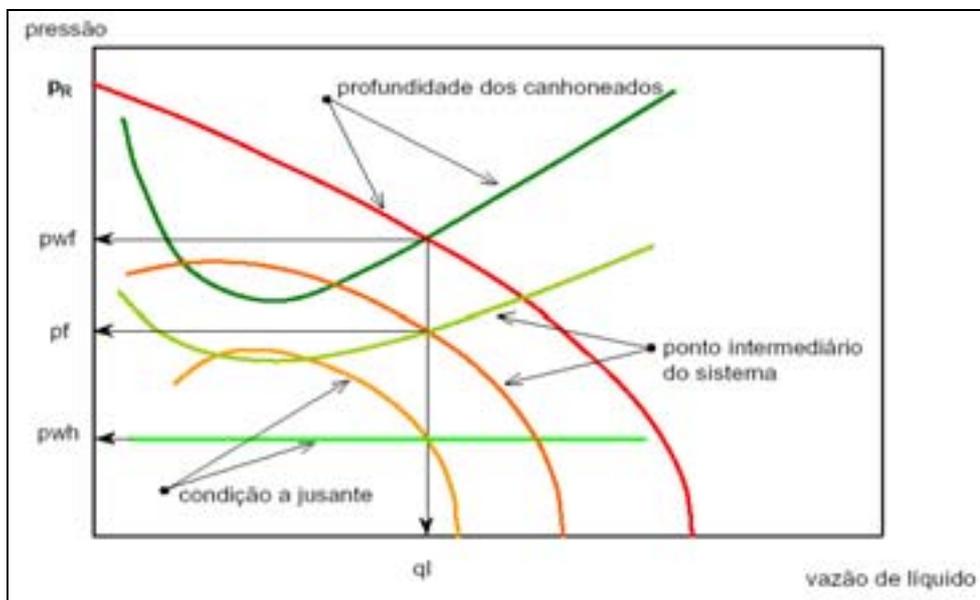


Figura 22- Condições de equilíbrio, fonte: [2]