



Reservatórios de Óleo e Gás

Prof.: João Felipe Mitre

2022

Questão 1

Um certo reservatório de gás seco composto possui uma temperatura de 90°C.

Sabendo que são válidas as informações: Saturação inicial de água de 14%, compressibilidade da formação de $10 \times 10^{-6} \text{ (kgf/cm}^2\text{)}^{-1}$, compressibilidade da água de $3 \times 10^{-6} \text{ (psia)}^{-1}$

O histórico de produção do reservatório é dado pela Tabela 1

Tabela 1 – Histórico de produção

G_p ($10^6 \text{ m}^3 \text{ std}$)	P (kgf/cm ²)	G_p ($10^6 \text{ m}^3 \text{ std}$)	P (kgf/cm ²)
0	-		
246	1085	984	902
369	1053	1107	882
492	1011	1230	864
615	977	1353	848
738	949	1476	832
861	924	1599	818

Considere, também, que seja válido o modelo:

$$Z = 0,0000003 P^2 + 0,0007 P + 0,7581 \quad (1)$$

O valor da compressibilidade da formação deixou a equipe em dúvida se o reservatório é consolidado ou não.

Determine qual a estimativa de reservas, pressão inicial e o fator de compressibilidade do gás real nas condições iniciais do reservatório considerando que o mesmo opera em regime de expansão volumétrica e que (i) o reservatório é consolidado, (ii) o reservatório não é consolidado. Com base nos resultados obtidos explique e justifique se o reservatório está consolidado ou não está consolidado

Verifique, agora considerando apenas o tipo de reservatório previamente selecionado no item (iii), se (iv) o reservatório está operando em regime volumétrico? Justifique sua resposta.

Questão 2

Seja o reservatório de gás com um histórico de produção enunciado na Tabela 2. Considerando que esse reservatório de gás está envolto na natureza por um aquífero desconhecido, determine, considerando os dados do histórico disponível:

- Qual o comportamento e a influência do aquífero.
- A pressão inicial do sistema.
- A estimativa de reserva inicial.

Tabela 2 – Histórico de produção do reservatório de gás da Questão 2

Pressão psia	Z	G_p 10^6 scf
–	0,85	0
3450	0,83	47,8
3300	0,82	126,5
3150	0,81	204,8
2850	0,79	382,5
2685	0,77	440,0

Questão 3

Considerando as propriedades do aquífero e do reservatório de gás dadas a seguir:

- Pressão inicial, 3655 psia
- Porosidade, 0,205
- Permeabilidade, 509 md
- Espessura da formação, 48 ft
- Viscosidade da água, 0,78 cp
- Compressibilidade total da formação, $6 \times 10^{-6} \text{psia}^{-1}$
- Ângulo de invasão de aquífero, 360°
- Raio do reservatório, 8210 ft
- Raio do aquífero, 132105 ft
- Saturação de água conata, 0,2
- Volume inicial de Gás, $2,2 \times 10^{10} \text{ m}^3 \text{ std.}$
- Temperatura 80°C
- Assuma que o gás seja metano puro

Deseja-se estudar o comportamento do reservatório pelos primeiros 6 anos, considerando apenas intervalos de 1 ano.

Considerando a pressão inicial utilize os modelos de Fetkovich e van Everdingen e Hurst admitindo aquífero selado.

Considere que o reservatório possui um declínio harmônico de produção, com uma taxa de declínio de $0,0536 \text{ ano}^{-1}$. Considere que a vazão inicial seja de $1,2 \times 10^6 \text{ m}^3/d$

Determine a pressão no contato, a pressão no aquífero e o influxo de água do sistema. Se necessário, admita que erro inferior a 3% é satisfatório.

Avalie também se os resultados obtidos estão consistentes com o tipo de modelo selecionado para o aquífero.

Questão 4

Considerando as propriedades do aquífero e do reservatório de óleo dadas a seguir:

- Pressão inicial, 10535 psia
- Temperatura, 210°F
- Porosidade, 0,375
- Permeabilidade, 86,5 md
- Espessura da formação, 12,5 m
- Compressibilidade da água, $2 \times 10^{-6} \text{ psia}^{-1}$
- Viscosidade da água, 0,7 cp
- Fator volume formação da água, 1,02 *bbl/bblstd*
- Compressibilidade total da formação, $20 \times 10^{-6} \text{ psia}^{-1}$
- Ângulo de invasão de aquífero, 360°
- Reservatório circular
- Raio do reservatório, 3764,39 ft
- Saturação inicial de água, 0,20
- Pressão de bolha do óleo, 8104 psia.
- Razão de solubilidade no ponto de bolha, 1417 SCF/STB

O fator volume formação duas fases do óleo entre a pressão de 8104 psia e 10535 psia é dado, com 99% de confiança por:

$$B_t = 7 \times 10^{-10} p^2 - 3 \times 10^{-5} p + 1,7829 \quad (2)$$

O histórico de pressão no reservatório de óleo e de produção acumulativa de óleo e água, bem como a razão de produção gás-óleo são dados pela Tabela 4. Essas são informações obtidas no campo de exploração.

Tabela 3 – Histórico de produção.

Tempo dia	Pressão psia	N_p STB	W_p STB	R_p SCF/STB
0	10535	0	0	0
61	10519	151993	1913	814
122	10293	363314	1927	992
183	9806	719095	1956	1116
245	9637	1084186	2078	1191
305	9356	1453826	2137	1240
366	9079	1803146	2195	1305
427	9003	2097122	2228	1346
488	9023	2306688	2241	1367
549	8800	2611623	2248	1394

Considere que a pressão adimensional no aquífero se comporte pelo modelo:

$$p_D = \frac{370,529\sqrt{t_D} + 137,582t_D + 5,69549t_D\sqrt{t_D}}{328,834 + 265,488\sqrt{t_D} + 45,2157t_D + t_D\sqrt{t_D}} \quad (3)$$

sabendo que derivada da pressão adimensional no aquífero é, conseqüentemente, dada por:

$$p'_D = \frac{716,441 + 46,7984\sqrt{t_D} + 270,038t_D + 71,0098t_D\sqrt{t_D}}{1269,86\sqrt{t_D} + 1204,73t_D + 618,618t_D\sqrt{t_D} + 538,072t_D^2 + 142,410t_D^2\sqrt{t_D}} \quad (4)$$

Propõem-se avaliar o comportamento do reservatório. Para isso, admitiu-se etapas.

Na primeira etapa, ignore os dados de pressão fornecidos na Tabela 4. Estime a reserva de óleo inicial com base exclusivamente em dados geológicos. Determine a queda de pressão e a pressão no contato aquífero-reservatório e qual o influxo acumulado de água para cada um dos dias considerados.

Na segunda etapa considere os dados de pressão fornecidos pela Tabela 4. Com base nesses dados, determine qual o influxo acumulado de água para cada um dos dias considerados. Após, use esses dados, ou seja, o resultado baseado nos dados do histórico de produção para estimar a reserva original de óleo.

Questão 5

Um reservatório volumétrico de óleo apresenta as seguintes características

- Volume original de óleo, $81,858 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ std}$
- Pressão original, $120,3 \text{ kgf/cm}^2$
- Pressão de bolha, $120,3 \text{ kgf/cm}^2$
- Saturação de água conata irreduzível, 20%

- Temperatura 88°C
- Admita que as propriedades do gás produzido são idênticas as do metano puro.

Considerando as informações da Tabela 4

Tabela 4

Tempo dia	Pressão kgf/cm ²	B_o m^3/m^3_{std}	R_s m^3_{std}/m^3_{std}	μ_o/μ_g –
0	120,3	1,265	95,2	59,5
182,5	104,9	1,241	88,3	61,0
365,0	90,9	1,214	77,4	62,5
547,5	75,8	1,191	69,5	65,0
730,0	61,9	1,161	58,5	67,5
912,5	51,2	1,144	49,5	75,0

Considere também que é válido o modelo:

$$\log(k_g/k_o) = -6,1686S_L + 3,5071 \quad (5)$$

Determine para todos os pontos acima quais a produção acumulada de óleo e a produção acumulada de gás.

É possível inferir qual o tipo de declínio de produção possui o reservatório? Se sim, indique como resolver esse problema.

Se necessário assuma que o critério de convergência é de erro relativo de 1%.

Questão 6

Um reservatório com mecanismo de gás em solução produz óleo a uma vazão constante de 40×10^3 m³/d. A temperatura do reservatório é de 90°C. O °API do óleo no tanque é 41 a densidade do gás associado é 0,9. Sabe-se que a pressão do ponto de bolha é de 132 kgf/cm². A saturação inicial de água é de 21%.

Tabela 5 – Decaimento da pressão média do reservatório com o tempo

Tempo (d)	P (kgf/cm ²)
0	245,1
100	235,1
300	201,2
500	174,3
700	143,3

Considerando o histórico disponível. Determine o volume original de óleo nas condições padrões e quanto ainda restará no reservatório quando esse estiver na pressão de bolha.

Admita, caso seja necessário, que a compressibilidade da formação é de $4 \times 10^{-6} \text{ psi}^{-1}$.