

7 Metodologia da Pesquisa

7.1. Descrição

Este trabalho objetiva comparar o desempenho hidráulico e termodinâmico de um sistema de produção com um poço de petróleo, aplicando o conceito de completação seca, com outro fazendo uso da completação submarina, escoando para uma UEP, sem a utilização de métodos de elevação artificial.

Para definição da geometria do poço de grande afastamento, foi adotado o limite técnico para o afastamento de poços direcionais, conforme apontado em estudos desenvolvidos por L. A. Rocha & R. Andrade [11], onde foram consideradas as condições litológicas normalmente encontradas na Bacia de Campos.

Para melhor refletir as condições de produção de petróleo em águas profundas no Brasil, decidiu-se adotar um conjunto de parâmetros que fosse representativo de um poço-tipo dos campos de Albacora e Marlim (Bacia de Campos, RJ).

Inicialmente buscou-se a identificação da configuração que apresentava o melhor compromisso entre vazão e temperatura do óleo na superfície, num sistema empregando poços de grande afastamento com completação seca. Em seguida, promoveu-se a comparação com um sistema com completação submarina, conservando-se a mesma distância horizontal entre a zona produtora e a UEP, empregando dutos com isolamento compatível com a necessidade da aplicação.

Numa segunda etapa foi avaliada, para a completação submarina, o aumento da distância horizontal entre a zona produtora e a UEP, ainda empregando dutos com isolamento, de forma que a temperatura de chegada do óleo na superfície ficasse acima da temperatura de ocorrência de cristalização da parafina.

Os passos descritos acima foram repetidos variando-se o volume de água produzido, de forma a melhor visualizar o comportamento dos dois sistemas (completação seca e submarina) ao longo da vida produtiva do reservatório.

As análises foram realizadas com o auxílio do simulador de fluxo multifásico MARLIM.

As etapas do processo de análise descritas acima, foram repetidas para as condições encontradas em lâminas de água de 850 m, 1550m e 2300 m. A seleção destas profundidades para elaboração dos cenários do presente estudo, deveu-se ao fato de terem sido utilizadas nos estudos desenvolvidos por L. A. Rocha & R. Andrade [11], que serviram como base para a definição da geometria dos poços de grande afastamento, usados como ponto de partida na estruturação dos sistemas de completação seca, avaliados.

Os resultados permitiram obter algumas conclusões relativas ao método mais adequado para o desenvolvimento de reservatórios localizados nas profundidades estudadas, nos três níveis de lâmina de água citados.

7.2. Cenário de Aplicação

O estudo foi conduzido tendo como base três cenários, sendo dois com um reservatório típico da Bacia de Campos, situado a 3000 m de profundidade, em lâminas de água de 850 m e 1550m, e óleo com densidade de 21,3 graus API.

Para o terceiro cenário, em lâmina de água de 2300 m, a profundidade do reservatório foi ligeiramente aumentada para 3200 m, de forma a permitir uma geometria viável, para um poço de grande afastamento nessa profundidade de água.

Nas premissas adotadas, não havia gás livre no reservatório, já que a pressão do mesmo foi mantida constante, cerca de 30 kgf/cm² acima da pressão de saturação do óleo, através da injeção de água no reservatório.

O perfil de temperatura usado nas simulações foi determinado adotando-se temperaturas médias de 86°C, 74°C e 65°C, para formações produtoras em regiões de profundidade de água de 850m, 1550m e 2300m, respectivamente, nas condições de reservatório mencionadas anteriormente.

Para perfil de temperatura da água do mar, foi considerado o gráfico da Figura 33, que é representativo das temperaturas médias encontradas na Bacia de Campos.

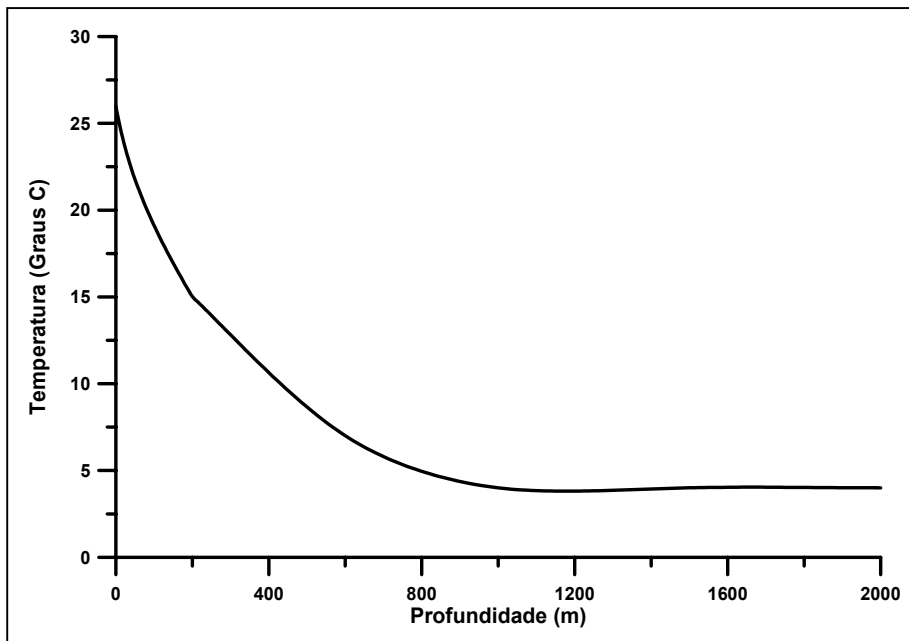


Figura 33- Perfil de temperatura da água do mar na Bacia de Campos

7.2.1. Características da Arquitetura do Sistema

Como a prática indica que não existe uma diferença expressiva entre os resultados provenientes de uma simulação onde a geometria do sistema é reproduzida fielmente e os resultados obtidos com uma geometria simplificada, optou-se por seguir as regras práticas no projeto das geometrias estudadas.

A Tabela 4 sintetiza as principais características dos poços de grande afastamento, modelados. Maiores detalhes do sistema estão descritos no capítulo 9, onde são discutidos as simulações e seus resultados.

Poço	LDA (m)	Seção	Ângulo c/ a Horiz. (graus)	Comprimento Total (m)		Afastamento (m)
				Medido	Vertical	
1.1	850	Riser	90	850	850	0
		Poço c/ Col.	90	1530	1530	0
		Poço c/ Col.	8,4	1530	3000	9960
		Poço c/ Col.	0	11940	3000	10300
1.2	1550	Riser	90	1550	1550	0
		Poço c/ Col.	90	2250	2250	0
		Poço c/ Col.	8,4	9203	3000	6912
		Poço c/ Col.	0	9591	3000	7300
1.3	2300	Riser	90	2300	2300	0
		Poço c/ Col.	90	2890	2890	0
		Poço c/ Col.	8,4	7840	3200	4940
		Poço c/ Col.	0	8200	3200	5300

Tabela 4- Geometria dos sistemas de produção com completção seca

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0221059/CA

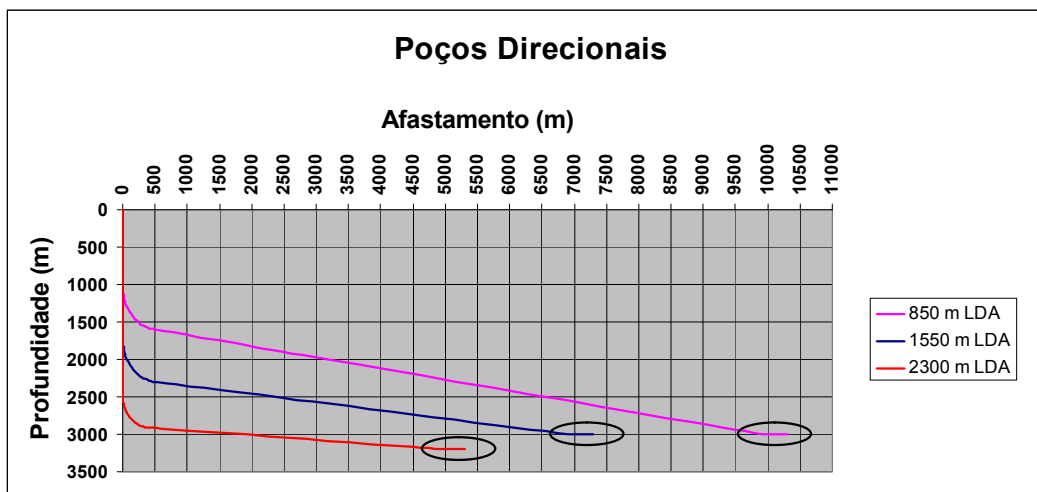


Figura 34- Perfil dos poços de grande afastamento (ERW)

Da mesma forma que no caso anterior, as principais características dos sistemas modelados usando completção submarina, foram reunidas na Tabela 5, ficando seus detalhes para serem discutidos no capítulo 9.

Poço	LDA (m)	Seção	Ângulo c/ a Horiz. (graus)	Comprimento Total (m)		Afastamento (m)
				Medido	Vertical	
2.1	850	Riser	90	850	850	0
		Flowline	0	10012~17900	850	9162~17050
		Poço c/ Col.	90	11828~19716	2666	9162~17050
		Poço c/ Col.	45	12301~20189	3000	9496~17384
		Poço c/ Col.	0	13105~20993	3000	10300~18189
2.2	1550	Riser	90	1550	1550	0
		Flowline	0	7712~16600	1550	6162~15050
		Poço c/ Col.	90	8828~17716	2666	6162~15050
		Poço c/ Col.	45	9301~18189	3000	6496~15384
		Poço c/ Col.	0	10105~18993	3000	7300~16189
2.3	2300	Riser	90	2300	2300	0
		Flowline	0	6461~12870	2300	4161~10000
		Poço c/ Col.	90	7026~13435	2865	4161~10570
		Poço c/ Col.	45	7501~13910	3200	4496~10905
		Poço c/ Col.	0	8305~14714	3200	5300~11710

Tabela 5- Geometria dos sistemas de produção com completção submarina

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0221059/CA

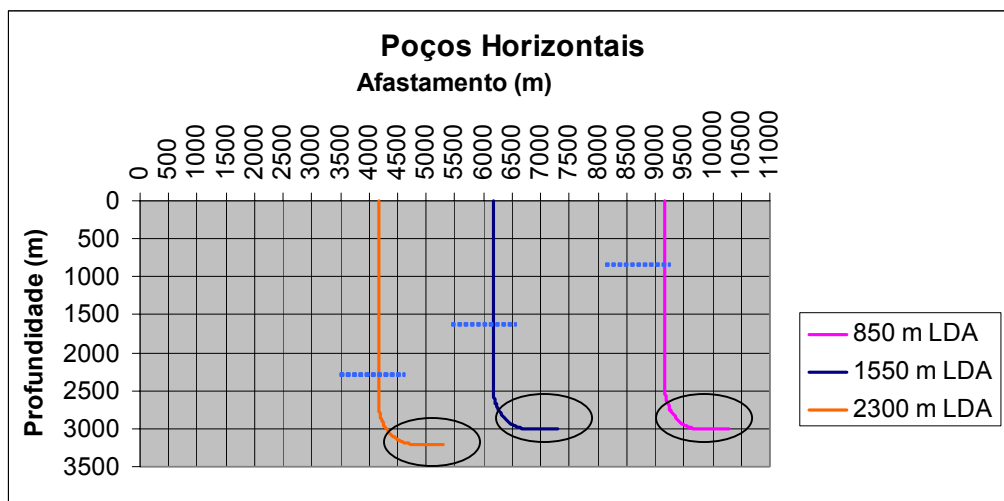


Figura 35- Perfil dos poços horizontais (completção submarina)

7.2.2. Características do Fluido Produzido

Objetivando a obtenção de resultados representativos das condições encontradas em campos localizados em águas profundas no Brasil, foram selecionados valores para os atributos que caracterizam o fluido produzido, correspondentes às condições médias encontradas na Bacia de Campos.

Alguns parâmetros foram submetidos a variações, tentando respeitar os limites inferiores e superiores normalmente encontrados, com a finalidade de avaliar o reflexo dos mesmos, no cálculo de vazão e temperatura dos fluidos produzidos.

Para a temperatura de início de aparecimento de cristais de parafina (TIAC), foi adotado o valor médio de 20 °C.

A Tabela 6 mostra as principais características dos atributos e suas respectivas variações.

Atributos	Valores Adotados
BSW	0 % (Início) e 90 % (Final)
RGO	100 m ³ /m ³ (constante)
Densidade da água	1,04
Densidade do gás	0,72
Densidade do óleo – API	21,3
TIAC (parafina)	20 °C

Tabela 6 - Características dos fluidos produzidos.

7.2.3. Características do Reservatório

Como no item anterior, alguns parâmetros do reservatório foram submetidos a variações, com a finalidade de avaliar o reflexo dos mesmos, no cálculo de vazão e temperatura dos fluidos produzidos.

A Tabela 7 mostra as principais características dos principais atributos do reservatório e suas respectivas variações. Convém observar que a temperatura do reservatório tende a ser mais baixa quanto maior for a lâmina de água.

Atributos	Valores Adotados
Índice de produtividade (IP)	70 (m ³ /d)/(kgf/cm ²)
Pressão de saturação	300 kgf/cm ² (man.)
Pressão estática	330 kgf/cm ² (man.)
Densidade do gás	0,72
Densidade do óleo – API	21,3
Temperatura (zona prod.)	86°C (850m) / 74°C (1550m) / 65°C (2300m)

Tabela 7 - Características do reservatório

Cabe lembrar que o índice de produtividade (IP) caracteriza a capacidade de produção do poço. Devido à variação lenta da pressão do reservatório com o tempo, em virtude da injeção de água no reservatório, pode-se dizer que, para um determinado período de tempo e para pressões dinâmicas no fundo do poço maiores do que a pressão de saturação, o índice de produtividade é constante.

7.3. Desenvolvimento das Simulações

As simulações foram baseadas em um sistema com surgência natural, onde basicamente três configurações são analisadas, nas profundidades de água de 850 m, 1550 m e 2300 m.

A Figura 36 ilustra a seqüência das simulações realizadas para a profundidade de 850 m, de forma semelhante foi aplicada nos dois outros cenários (1550 m e 2300 m).

Partindo-se de um arranjo empregando completação seca, utilizando um poço com o máximo afastamento operacionalmente viável, foi avaliada a vazão e a temperatura de chegada do óleo na plataforma. Para este mesmo afastamento foram verificados os mesmos parâmetros, com a utilização de completação molhada (“ANM (1)”).

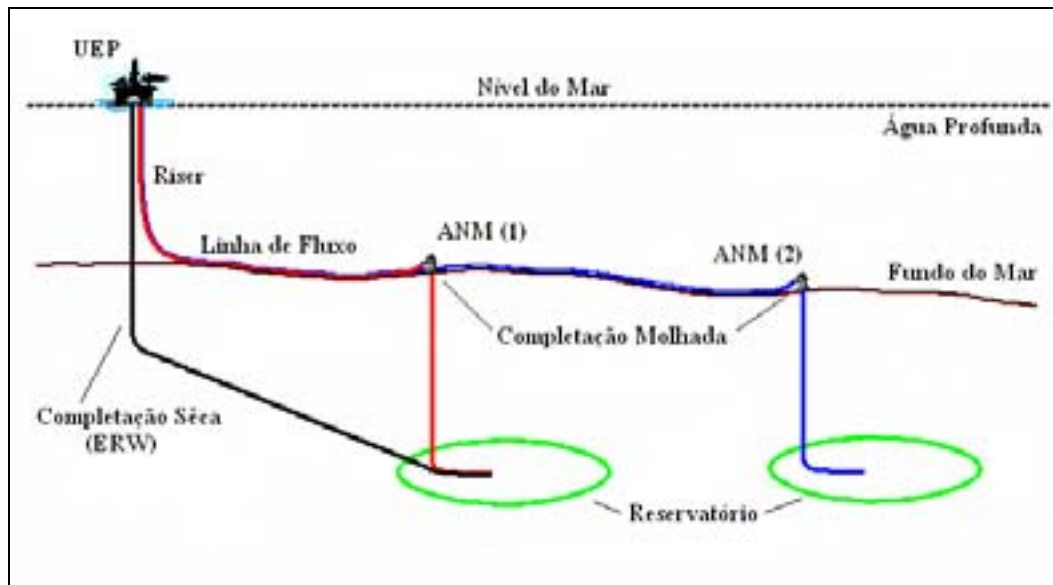


Figura 36- Arranjo esquemático do sistema de produção utilizado nas simulações

Objetivando a determinação da maior distância praticável, sem que ocorresse a formação de cristais de parafina, o poço produtor com árvore-de-natal molhada foi deslocado (“ANM (2)”), aumentando-se a distância entre o mesmo e a plataforma, até que o fluido produzido atingisse a temperatura limite de 20°C, ao longo do perfil de produção. Nestas condições, foi verificada a vazão obtida. Nos casos estudados, a temperatura limite dava-se ao nível da plataforma de produção.

Algumas variações de diâmetro foram aplicadas na coluna de produção dos poços, bem como nos dutos, a fim de identificar a configuração que oferecia o melhor comportamento, ou seja, menor perda de carga e menor perda de temperatura do fluido produzido.

Para a configuração com completação seca em lâmina de água de 850 m, foram realizadas simulações visando à identificação das contribuições geradas na variação de temperatura do fluido, pela troca de calor com o meio ambiente, atrito na tubulação e expansão do gás dissolvido (efeito Joule-Thomson).