

5 Simulação e análise dos resultados

5.1 Simulação do Sistema de Produção por Surgência Natural

Neste cenário foram produzidas várias simulações com objetivo de se obter a produção mais eficaz para esse sistema em estudo – produção, fazendo uso de *manifold* e com os anteriormente referidos seis poços submarinos. Dentre elas, destacamos aquelas julgadas mais relevantes para as análises que faremos no presente estudo, quais sejam: (1) produção do sistema com todos os *chokes* abertos; e, (2) ajustagem do nível de estrangulamento dos *chokes* de forma a se obter a máxima vazão possível ainda nessa condição de produção por surgência natural (i.e., energia sendo apenas oriunda do próprio reservatório de petróleo). A seguir são detalhadas essas duas situações possíveis e típicas para o sistema de produção em estudo. Entretanto, registre-se, que em todas as simulações foram utilizados padrões nominais para o diâmetro de passagem dos *chokes*. Ainda que tal adoção seja diferente da usual, que utiliza frações de polegada (e.g., 1 diâmetro nominal com variação de 1/64 de polegada), a mesma visa facilitar o entendimento do presente estudo.

5.1.1 Surgência natural – *chokes* abertos

Nesse cenário os *chokes* dos seis poços foram mantidos totalmente abertos e cujas dimensões são apresentadas Tabela 5.10 (igualmente reproduzindo a forma de entrada de dados no simulador numérico-computacional em uso).

<i>Choke 1</i> (mm)	<i>Choke 2</i> (mm)	<i>Choke 3</i> (mm)	<i>Choke 4</i> (mm)	<i>Choke 5</i> (mm)	<i>Choke 6</i> (mm)
101,6	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6

Tabela 5.10 – Dados de Entrada *chokes* abertos

Nessa simulação da produção do sistema foi constatada a capacidade produtiva conjunta, por surgência natural, dos poços 1, 2, 3 e 4. Entretanto, foi igualmente constatado que os poços 5 e 6 não foram capazes de compartilhar de tal produção - tendo em vista serem seus respectivos níveis de energia inferiores ao requerido para tal condição de produção. Para se obter a produção dos poços 5 e 6, nessa condição de produção, seria necessário fazer a estimulação dos mesmos pela utilização de outros mecanismos de elevação artificial, tais como *gas lift* ou bombeamento centrífugo submerso (BCS). Entretanto, desde que o presente estudo tem por objetivo a análise da aplicação de um sistema de bombeamento multifásico a um sistema que esteja produzindo por surgência natural, tal análise da aplicação conjunta de diferentes mecanismos de elevação e produção não foi realizada – porém deve ser registrado não haver impedimento técnico para tal aplicação conjunta e a mesma igualmente apresentar potencial de ganhos.

A figura 5.11 apresenta os resultados obtidos na simulação do comportamento desse sistema de produção – apresenta o perfil de pressão ao longo dos poços e demais componentes. Interessante ainda observar que na Figura 5.11, que representa a variação de pressão ao longo do sistema, podem ser percebidas as principais seções componentes do mesmo, quais sejam: (1) canhoneados – perda de carga localizada; (2) poço – a existência de mais de uma bitola de coluna provoca diferentes inclinações no perfil nessa seção; (3) tramo de linha de produção da ANM até o *manifold*; (4) o próprio *manifold*; (5) a linha tronco que interliga o *manifold* à base do *riser*; e, (6) por fim o próprio *riser*. Pode ser ainda observado que cada uma dessas seções, função de suas características construtivas e das características do escoamento nela ocorrente, determina uma inclinação típica no perfil de pressão do sistema. Igualmente se observa que o poço W6, por exibir a maior distância ao separador da plataforma, acaba por definir o referencial de distância desse sistema de produção.

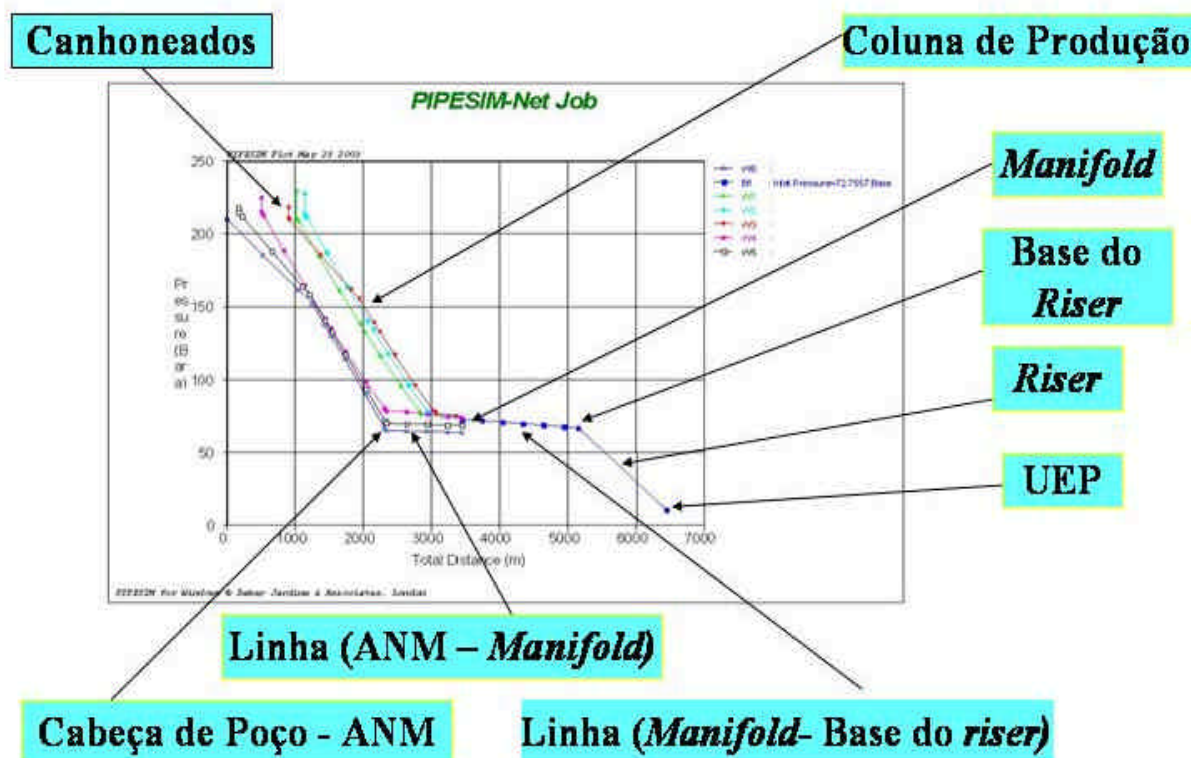


Figura 5.11 – Surgência Natural – *chokes* abertos (pressão versus distância)

5.1.2 Surgência natural - *chokes* estrangulados

A partir da simulação realizada no item 5.1.1, produção conjunta por surgência natural, se pode agora buscar um novo e mais alto patamar de produção conjunta desse sistema. Para se obter este novo balanço energético foi necessário o estrangulamento dos *chokes* dos poços de maior energia. Isto é, aqueles que têm o maior potencial de pressão de chegada no *manifold* e não necessariamente de vazão, uma vez que os poços exibem também diferentes valores de IP. Um outro aspecto simplificador em nossa análise é o fato de que a fração de água produzida é considerada nula em todos os poços. Na realidade da produção tal simplificação nem sempre se faz possível e assim acaba por tornar ainda mais complicado se buscar o ponto ótimo de produção de hidrocarbonetos num sistema de produção

equipado com *manifold*. A Tabela 5.11 apresenta a situação de abertura dos *chokes* para os dados de entrada nessa simulação.

Choke 1 (mm)	Choke 2 (mm)	Choke 3 (mm)	Choke 4 (mm)	Choke 5 (mm)	Choke 6 (mm)
63,5	63,5	63,5	63,5	101,6	101,6

Tabela 5.11 – Dados de Entrada - *chokes* diferentemente estrangulados

Assim, através de várias simulações e de forma progressiva se aplicou tais e iguais estrangulamentos nos *chokes* dos poços 1, 2, 3 e 4, até ser obtida a produção do poço 5. Ainda assim, a diferença em capacidade de produção desses poços e o poço 6, não permitiu que esse último entrasse em produção e portanto, permanecendo sem produzir por surgência natural.

Tal conjunto de definições propiciou um estado de balanço que resultou na maior produção do líquido do sistema, conforme pode ser constado nos resultados. Similarmente, pode ser constatado na Figura 5.12 que o nível de pressão na saída do *manifold* (B1) está maior do que no caso anterior (*chokes* abertos), indicando assim o atingir de um patamar de produção acima daquele anteriormente atingido no sistema e descrito na seção 5.1.1.

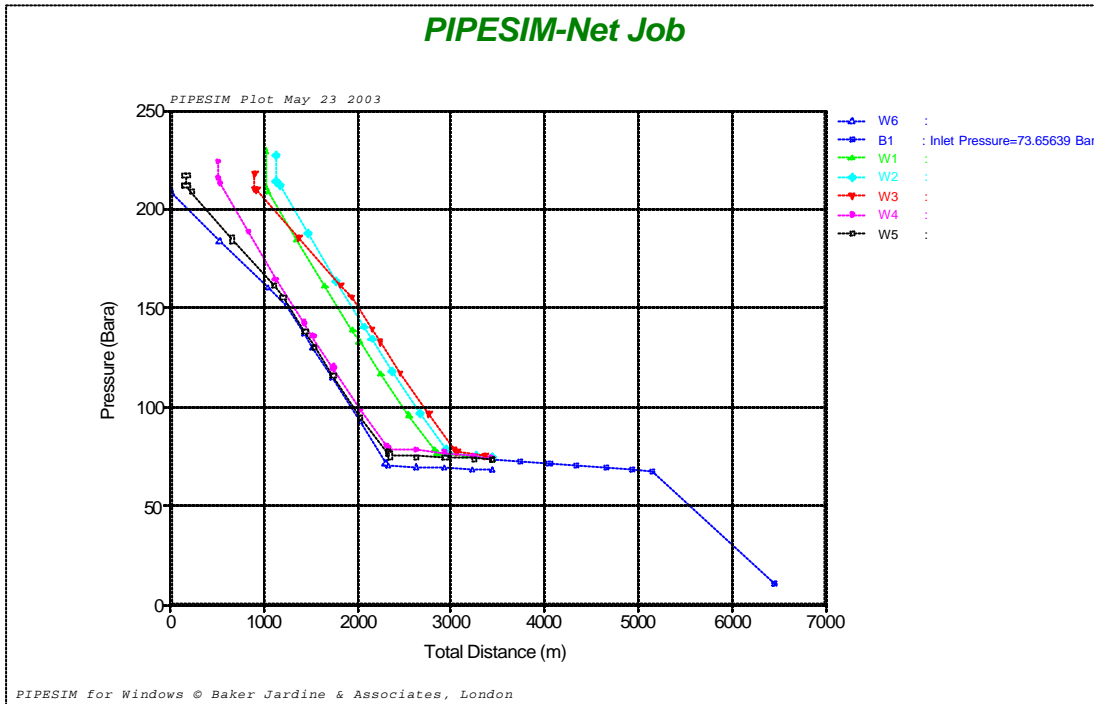


Figura 5.12 – Surgência Natural - *chokes* diferentemente estrangulados (pressão versus distância)

A Tabela 5.12 apresenta a comparação entre as simulações realizadas nos itens 5.1.1 e 5.1.2, onde se pode observa o aumento da produção de líquido quando atingimos no sistema um novo patamar de equilíbrio.

Produção de Líquido do Sistema de Produção (m³/d @ Std)	
Surgência Natural c/ Chokes Abertos	Surgência Natural c/ Chokes Diferentemente Estrangulados
2221	2318

Tabela 5.12 – Dados Comparativos da Produção por Surgência Natural – *chokes* abertos e diferentemente estrangulados

5.2. Simulação do Sistema de Produção com Bombeamento Multifásico Submarino (BMS) – arquitetura da instalação

5.2.1 BMS – Instalação nas linhas ramais dos poços 5 e 6

5.2.1.1 BMS nas linhas ramais dos poços 5 e 6 – nas ANM's

A partir do cenário adotado na simulação do item 5.1.1, ou seja, uso de *chokes* abertos, foram instaladas duas bombas nas cabeças (ANM's) dos poços 5 e 6 - ver dados de entrada na Tabela 5.10. Da simulação dessa configuração foi obtida a produção dos poços 1,2,4,5 e 6, entretanto, com perda da produção do poço 3. Tal configuração propiciou ainda uma produção de líquido maior quando comparada com a configuração simulada no cenário do item 5.1.2, ou seja, produção por surgência natural com *chokes* diferentemente estrangulados. A Figura 5.13 apresenta os resultados obtidos na simulação desse cenário de sistemas de bombeamento multifásico submarino (BMS) instalados nas ANM's de dois poços constituintes do sistema de produção em estudo.

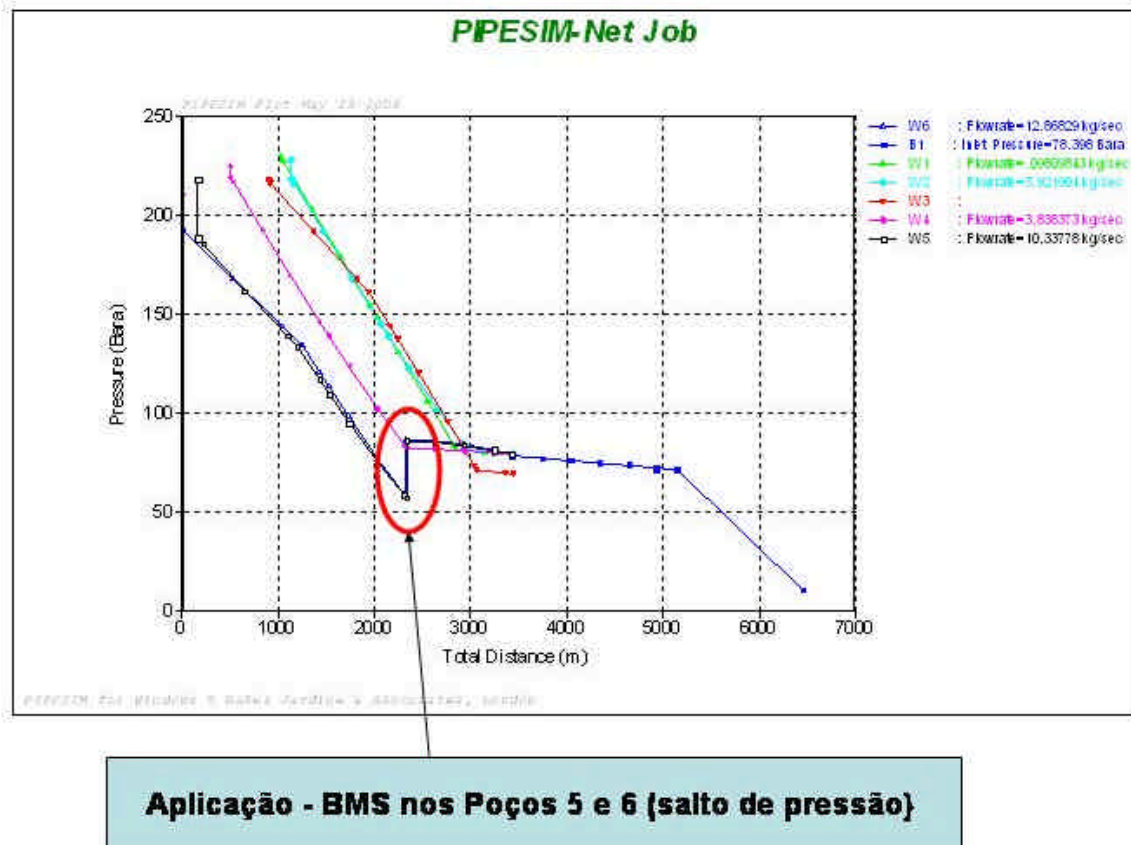


Figura 5.13 – BMS nos Poços 5 e 6 - na saída das ANM's

5.2.1.2

BMS nas linhas ramais dos poços 5 e 6 - na chegada ao *manifold*

Novamente a partir do cenário adotado na simulação do item 5.1.1, ou seja, uso de *chokes* abertos, foram agora instaladas duas bombas nas linhas ramais dos poços 5 e 6 quando essas chegam ao *manifold* – ver dados de entrada na Tabela 5.10. Da simulação dessa configuração foi obtida a produção dos poços 1,2,4,5 e 6; entretanto, ainda sem conseguir que o poço 3 participasse da produção. Outra constatação foi a diminuição em 3 % da produção de líquido – condição *Std* – quando comparada com a produção resultante do cenário descrito no item 5.2.1.1 (i.e., bombas na ANM).

Neste caso podemos constatar que, quanto mais próximo da cabeça de poço pudermos ceder energia, maior será a eficiência dessa cessão de energia. Isso decorre do fato que, quanto maiores forem as pressões reinantes na sucção da

bomba, menores serão as frações de gás e por conseqüência menores os níveis incorridos de irreversibilidade nessa conversão de energia. Considerando a tipicidade do sistema em questão, esta pequena diferença de produção pode ser justificada quando verificamos que os segmentos das linhas entre as cabeças dos poços e o *manifold* não são demasiadamente longos e além de apenas levemente inclinados. Considerando-se que na prática é necessário uma distância mínima igual a profundidade local para permitir a interligação das linhas de produção, esta diferença irá ser ainda mais reduzida. A Figura 5.14 apresenta os resultados obtidos nesta simulação.

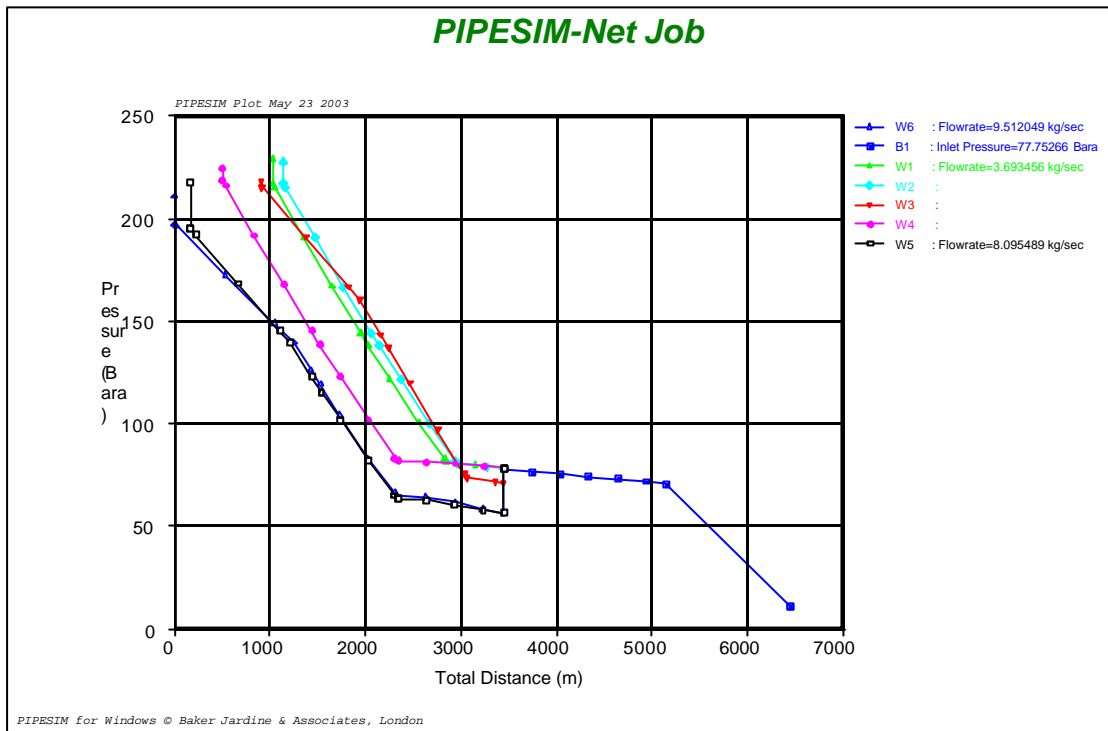


Figura 5.14 - BMS nos Poços 5 e 6 - na chegada ao *manifold*

A Tabela 5.13 apresenta a comparação entre as simulações realizadas nos itens 5.2.1.1 e 5.2.1.2. Observa-se, em ambos os casos, o aumento da produção de líquido quando da comparação com o cenário adotado no item 5.1.2, ou seja, simulação por surgência natural – *chokes* diferentemente estrangulados, que dentre as simulações por surgência natural apresentou a maior produção de líquido.

Produção de Líquido do Sistema de Produção (m³/d @ Std)	
BMS na saída da ANM - <i>chokes</i> abertos	BMS na chegada no <i>Manifold</i> - <i>chokes</i> abertos
2860	2780

Tabela 5.13 – Dados Comparativos da Produção com BMS – na saída das ANM's e na chegada ao *manifold* - *chokes* abertos

5.2.2

Simulação do Sistema de Produção Bombeamento Multifásico Submarino (BMS) - na linha tronco do *manifold*

5.2.2.1

BMS na linha tronco – na saída do *manifold*

A partir das simulações realizadas nos itens 5.1.1 e 5.1.2, produção por surgência natural, respectivamente com *chokes* abertos e com *chokes* diferentemente estrangulados, foram realizadas quatro simulações com instalação de uma bomba na linha tronco – na posição imediatamente após tal *manifold*. Iniciaremos tais simulações pelos *chokes* igualmente estrangulados (i.e., *chokes* de mesmo diâmetro nominal e sob o mesmo nível de fechamento de sua área de passagem) seguindo pela simulação com os *chokes* abertos, objetivando permitir uma melhor compreensão do processo de ganho de produção quando da instalação de um sistema de bombeamento multifásico submarino.

Chokes Igualmente Estrangulados

Nessa simulação foi obtida a produção de todos os poços do sistema. A instalação da bomba, na referida posição a jusante do *manifold*, determinou um patamar de energia mais baixo para sucção da bomba e conseqüente aumento de produção do conjunto. Ver dados de entrada na Tabela 5.14.

<i>Choke 1</i> (mm)	<i>Choke 2</i> (mm)	<i>Choke 3</i> (mm)	<i>Choke 4</i> (mm)	<i>Choke 5</i> (mm)	<i>Choke 6</i> (mm)
63,5	63,5	63,5	63,5	63,5	63,5

Tabela 5.14 – Dados de Entrada – *chokes* igualmente estrangulados

Chokes Diferentemente Estrangulados

Para se determinar um novo patamar de produção a partir da energia disponível no poço 5, seu *choke* foi sendo estrangulado até ser possível obter um novo e mais elevado nível de produção no conjunto, ver dados de entrada na

Tabela 5.15. Observe que para os demais poços foi mantido o mesmo nível de estrangulamento anterior.

<i>Choke 1</i> (mm)	<i>Choke 2</i> (mm)	<i>Choke 3</i> (mm)	<i>Choke 4</i> (mm)	<i>Choke 5</i> (mm)	<i>Choke 6</i> (mm)
63,5	63,5	63,5	63,5	38,1	63,5

Tabela 5.15 – Dados de Entrada – *chokes* diferentemente estrangulados

Chokes Abertos (choking positivo)

Com o restabelecimento da abertura dos *chokes*, a partir da simulação realizada em 5.1.2, foi possível obter um novo patamar de produção. Com a instalação da bomba foi possível níveis mais baixos de energia, aumentando dessa forma a produção de líquido. A Tabela 5.10 apresenta os dados de entrada utilizados nessa configuração e Figura 5.15 o resultado dessa simulação.

<i>Choke 1</i> (mm)	<i>Choke 2</i> (mm)	<i>Choke 3</i> (mm)	<i>Choke 4</i> (mm)	<i>Choke 5</i> (mm)	<i>Choke 6</i> (mm)
101,6	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6

Tabela 5.10 – Dados de Entrada - *chokes* abertos

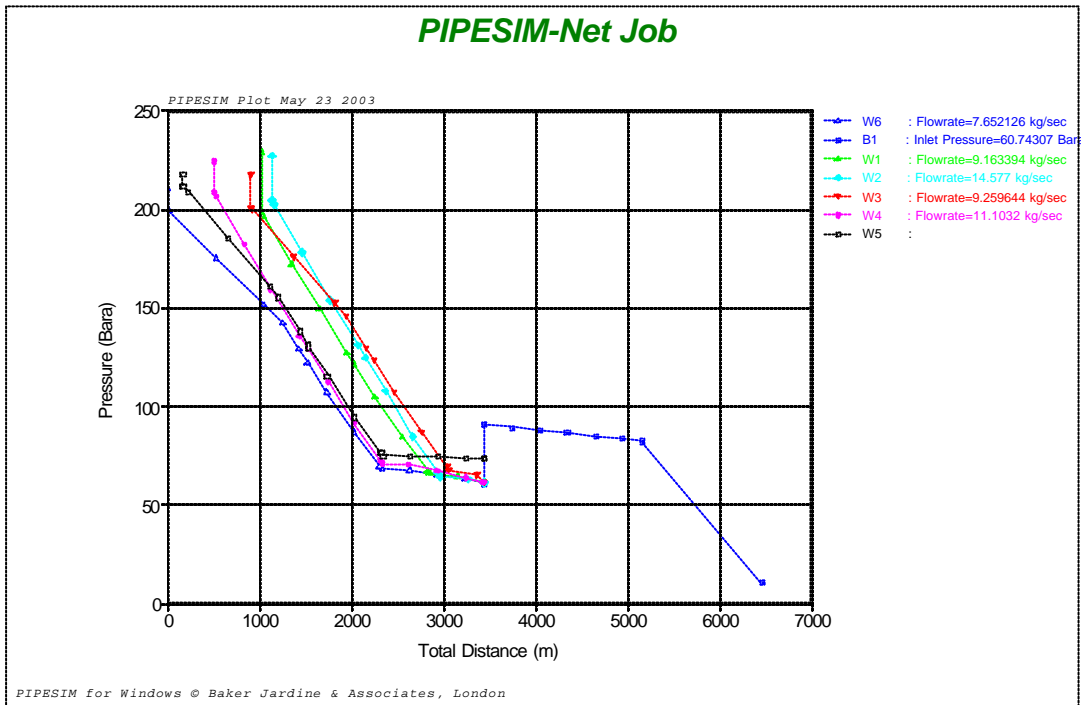


Figura 5.15 – BMS na Saída do *Manifold* – *chokes* abertos

Chokes abertos e apenas um estrangulado

Com o ajuste da abertura do *choke* do poço 5, mantendo se as premissas básicas encontramos uma condição de equilíbrio onde foi possível ser obtida a produção máxima. Os dados de entrada são apresentados na Tabela 5.16.

Choke 1	Choke 2	Choke 3	Choke 4	Choke 5	Choke 6
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
101,6	101,6	101,6	101,6	50,8	101,6

Tabela 5.16 – Dados de Entrada - *chokes* abertos e apenas um estrangulado

Comparando as quatro simulações realizadas, constatamos que aplicação de um sistema de bombeamento multifásico, além de conferir um nível maior de energia ao sistema, foi também capaz de estimular a produção dos poços de menor capacidade de produção.

A Tabela 5.17 apresenta os resultados obtidos, particularmente em termos de produção de líquido (condição *Std*), nessa condição. Vale ressaltar que

aplicação de uma bomba neste cenário é, em princípio, economicamente atraente pelo uso de apenas um sistema e pela proximidade da UEP, o que permite obter reduções de investimentos com as linhas de controle e suprimento de energia ao sistema¹.

Produção de Líquido do Sistema de Produção (m³/d @ Std)			
<i>Chokes</i> Abertos	<i>Chokes</i> Abertos e apenas um Estrangulado	<i>Chokes</i> Igualmente Estrangulados	<i>Chokes</i> Diferentemente Estrangulados
4769	4870	4600	4770

Tabela 5.17 – Dados Comparativos da Produção com BMS – na saída do *manifold*

5.2.2.2

BMS na linha tronco - na base do *riser*

A partir da simulação realizada no item 5.1.1, foi instalada uma bomba na linha tronco, mais precisamente na base do *riser* – a Tabela 5.10 apresenta os dados de entrada desse sistema. O resultado apresentado na Figura 5.16 comprova que este cenário, mantido todas as demais premissas básicas, em comparação com o cenário do item 5.2.1.1, ou seja, com a bomba na saída do *manifold*, não obteve a mesma produção de líquido, pelos mesmos argumentos citados nos comentários do item 5.2.1.2. Sendo que, neste caso a produção de líquido na condição de *Std* foi menor 18%, quando também comparado com a bomba sendo instalada imediatamente na saída do *manifold*. Vale notar que o comprimento de linha entre o *manifold* e o *riser* passa a ser significativa com reflexo direto no consumo de energia – compare as inclinações dos perfis correspondentes de pressão para tal trecho nas duas situações - e conseqüentemente menor produção.

¹ Importante ressaltar que não investigamos a comparação desses resultados que seriam possíveis com outros métodos de produção (e.g., *gas lift*) e nem sequer buscamos a otimização deste sistema em análise em termos de suas características construtivas (e.g., bitola de tubulações).

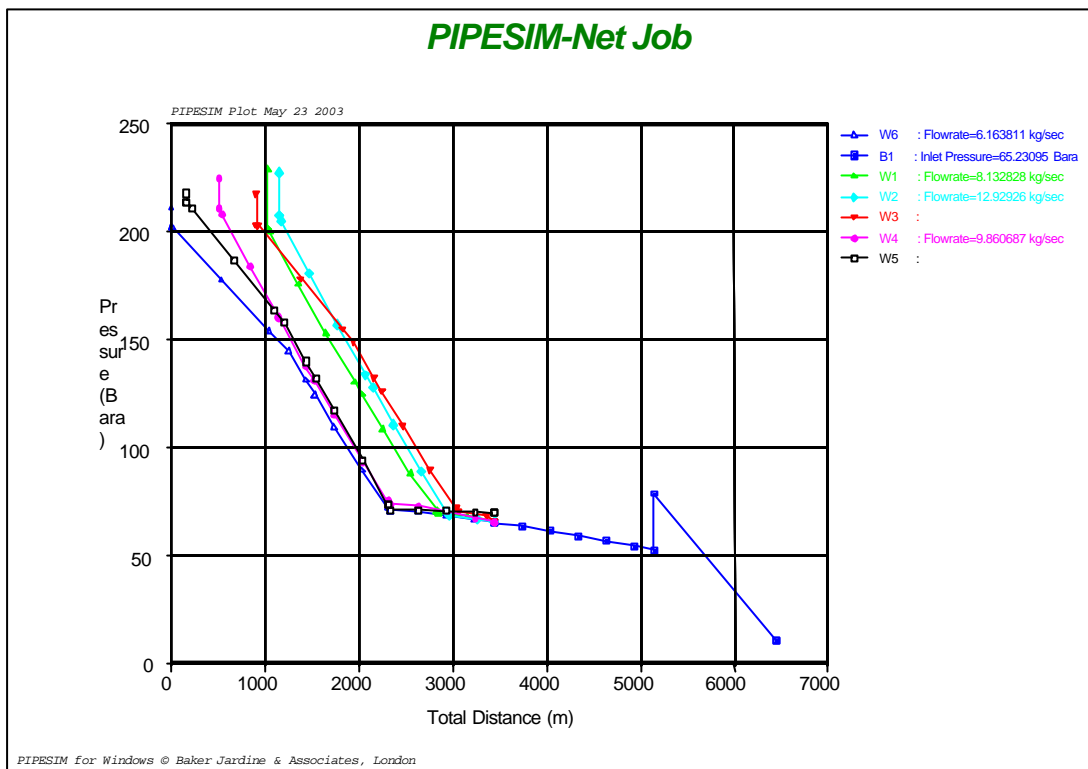


Figura 5.16 – BMS na Linha Tronco - na base do riser

Na comparação das simulações entre a locação do sistema de bombeamento na saída do *manifold* e na base do *riser*, conforme itens 5.2.2.1 e 5.2.2.2 respectivamente - *chokes* abertos, em função do ΔP de 40 bar estipulado para a bomba, observe que: (1) o maior valor de vazão de líquido ocorreu para a bomba instalada no *manifold*; (2) observe que deve existir um valor de vazão de líquido (no caso entre 3900 e 4769 m³/d) onde o ΔP requerido será o mesmo e independente do BMS estar instalado no *manifold* ou na base do *riser*. Logicamente as vazões volumétricas totais e por consequência o porte requerido da bomba e sua potência instalada serão diferentes. Isto posto, o que estamos observando é o resultado das variações ocorridas no escoamento em função de tal locação do sistema para um mesmo valor de ΔP . Ou seja, quando instalamos tal sistema o mais a montante – que sem dúvida será o mais eficiente, mas não necessariamente mais eficaz – teremos fluidos mais densos (devido as maiores pressões – atreladas a descarga da bomba multifásica - a serem estabelecidas nesse segmento) e, portanto maiores consumos elevacionais a depender dos graus

de inclinação nessa linha; e, para a mesma vazão mássica, menores velocidades, o que resultará em menores consumos por fricção e aceleração. De outra feita, quando instalamos tal sistema a jusante, teremos justamente o contrário (uma vez que o segmento de linha estará agora sob as condições de pressão de sucção da bomba multifásica) e assim maiores consumos de energia por atrito e aceleração. Observamos assim que o resultado será definido caso-a-caso e dependerá do comportamento de todas essas variáveis intervenientes no cômputo dessas formas de consumo de energia – ver Tabela 5.18.

APLICAÇÃO DE UM DIFERENCIAL DE PRESSÃO DE 40 bar			
Local de Instalação do SBMS	Pressão na Sucção (bar)	Vazão de Líquido (m³/d) @ Std	Vazão de Gás Stock Tank (MMsm³/d)
Bombeamento - Saída do <i>Manifold</i>	62	4769	0,37
Bombeamento - Base do <i>Riser</i>	52	3900	0,30

Tabela 5.18 – Comparação entre BMS na saída do *manifold* e na base do *riser* – *chokes* abertos

5.3

Simulação do Sistema de Produção Bombeamento Multifásico Submarino (BMS) – influência do índice de produtividade da formação (IP)

A partir da simulação realizada no item 5.2.2.1, BMS na linha tronco e a jusante do *manifold*, e inicialmente adotando *chokes* abertos, foram realizadas quatro simulações variando o índice de produtividade dos reservatórios dos poços conforme proposto na Tabela 4.31.

Desde que essa variável está diretamente influenciada pela energia disponível nos reservatório, sua variação para mais ou para menos interfere na produção total de líquido e na disponibilidade de energia para o sistema. A Figura 5.17 mostra o comportamento da produção de líquido com a variação do IP.

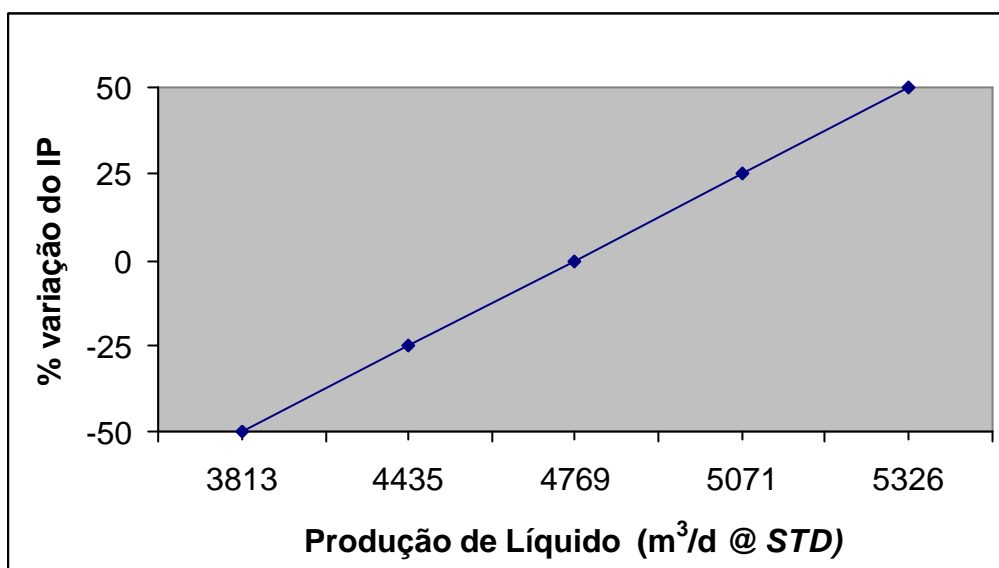


Figura 5.17 – Variação do Índice de Produtividade da Formação (IP) *versus* Produção de Líquido

Entretanto mais interessante se torna compararmos as simulações para o mesmo cenário, variando o IP em 50% para mais, e considerando a existência ou não da aplicação do bombeamento multifásico. Dessa análise, constatamos que sem o bombeamento multifásico a jusante do *manifold*, todos os poços ficariam sem produzir devido a incompatibilidade do nível de energia disponível com a energia requerida pela geometria do sistema. Com aplicação da bomba a jusante do *manifold* esse nível de pressão seria reduzido e assim viabilizando esse sistema de produção.

5.4 Simulação do Sistema de Produção Bombeamento Multifásico Submarino (BMS) – influência de características de produção

5.4.1 Produção com BMS – influência da razão gás – óleo (RGO)

A partir da simulação realizada no item 5.2.2.1, BMS na linha tronco e a jusante do *manifold*, e inicialmente adotando *chokes* abertos, foram realizados seis simulações variando a razão gás-óleo do fluido produzido conforme proposto na Tabela 4.32.

Desde que essa variável influencia diretamente a perda de carga do sistema, isto é, com o aumento da razão gás-óleo, no escoamento vertical, é reduzido o consumo de energia gravitacional devido a diminuição do peso da coluna (i.e., redução do peso específico da mistura de fluidos sendo produzida). Por consequência, maior será a disponibilidade de energia para o sistema, ou seja diminuindo-se o gradiente de pressão, diminui-se a pressão necessária no fundo do poço para produzir determinada vazão. Por outro lado no escoamento horizontal aumentaria o consumo de energia de fricção, mas neste estudo, sendo os segmentos horizontais e não demasiadamente longos, este efeito não é fortemente pronunciado. Nas Figuras 5.18 e 5.19, pressão *versus* distância, podemos verificar que a disponibilidade de energia na sucção da bomba aumenta progressivamente com o aumento da razão gás-óleo.

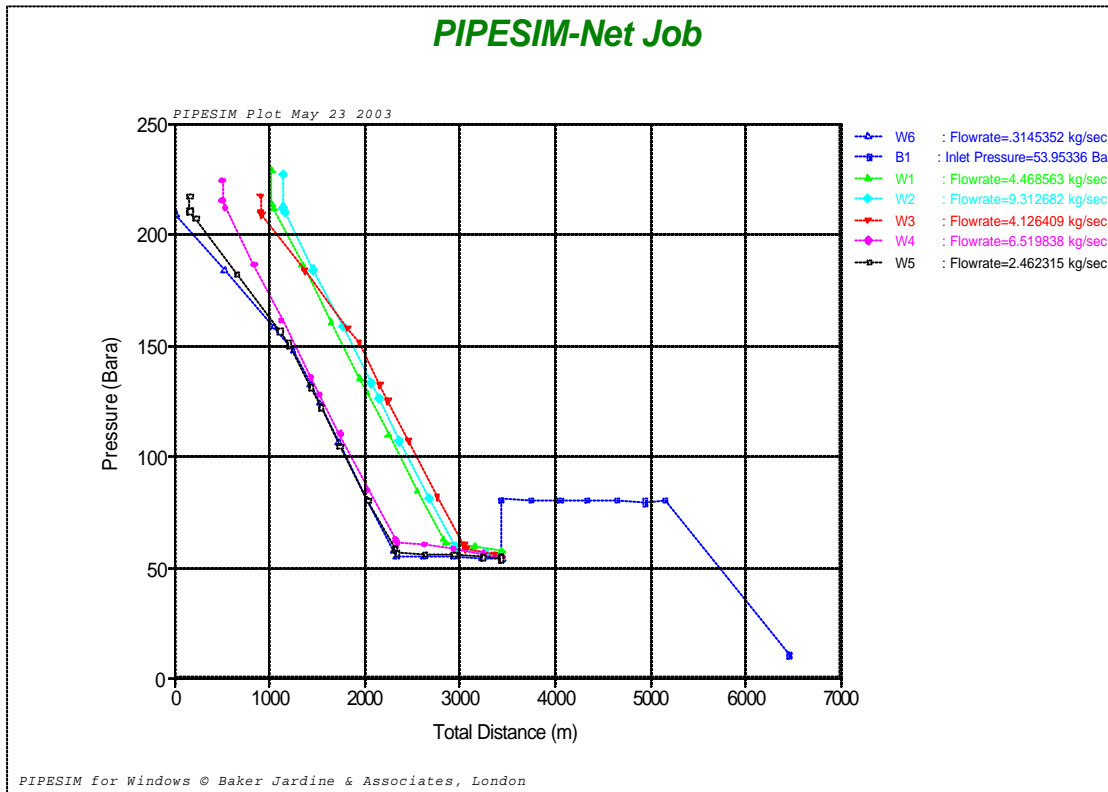


Figura 5.18 – BMS na saída do manifold – influência da RGO (menor 50%)

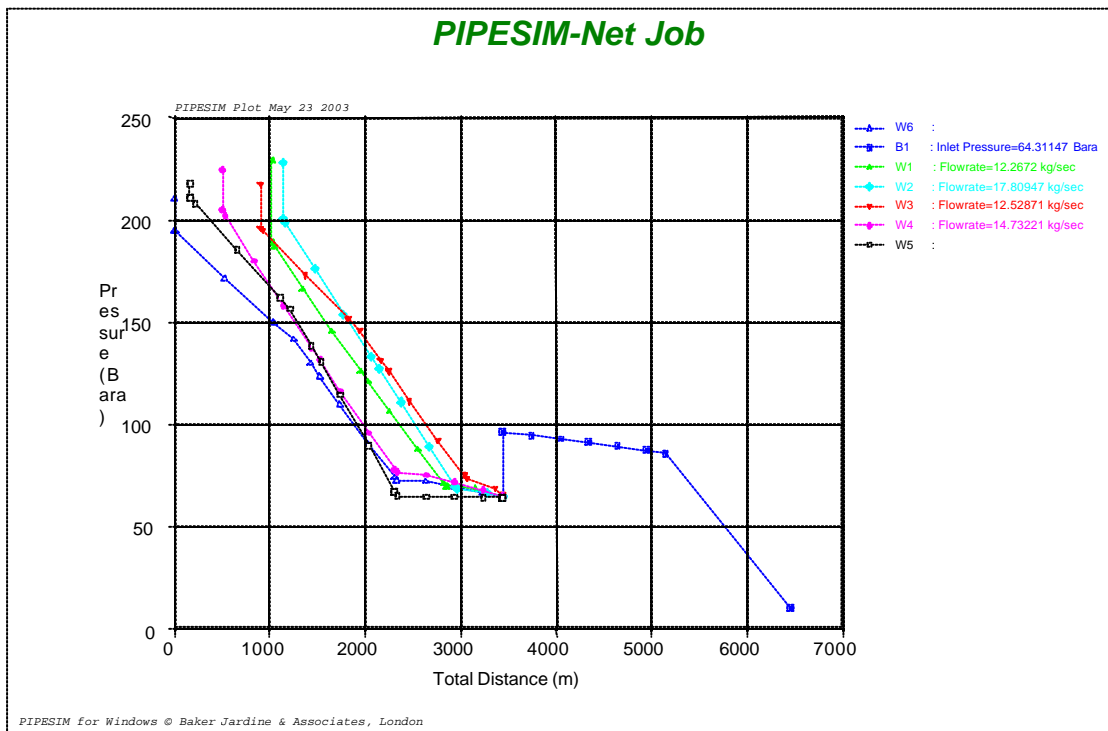


Figura 5.19 – BMS na saída do manifold – influência da RGO (maior 50%)

Desta forma a variação da razão gás-óleo para mais ou para menos interferirá na produção total de líquido e de gás na condição de *stock tank*, ver Figuras 5.20 e 5.21.

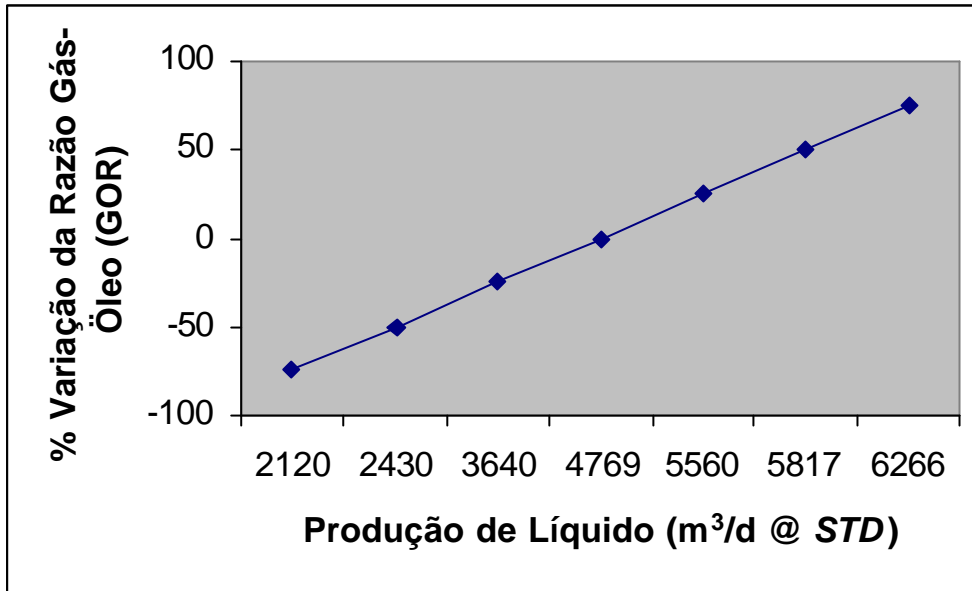


Figura 5.20 – BMS na saída do *manifold* – razão gás-óleo (RGO) versus produção de líquido

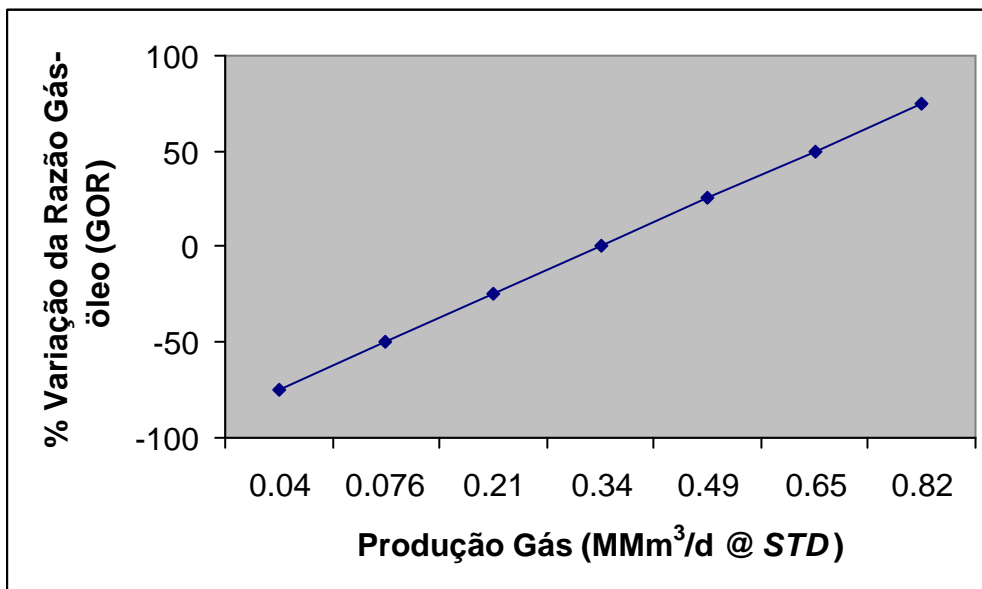


Figura 5.21 – BMS na saída do *manifold* – razão gás-óleo (RGO) versus produção de gás

É claro que aumentado a vazão total na bomba, a pressão na sucção será reduzida e aumentará ainda mais a fração volumétrica de gás na sucção da mesma. Isso, provoca um aumento no custo da energia por unidade de volume a ser bombeado (devido ao aumento da irreversibilidade da cessão de energia, função da presença de gás livre na sucção da bomba). Desta forma, quanto maior a razão gás-óleo, maior a quantidade de gás presente na sucção da bomba e por conseqüência menor eficiência energética nesse bombeamento dos fluidos. Em resumo, altos RGO significam maiores quantidades de gás presentes, maiores vazões e, conseqüentemente maiores irreversibilidades. Para aplicação de um sistema de bombeamento multifásico é fundamental se determinar o regime de escoamento que se estabelece. A quantidade gás pode vir a superar os níveis admissíveis de fração volumétrica de gás (FVG) na bomba, ou no mínimo, colocá-la num nível de operação reconhecidamente distante de seu ponto de eficiência energética máxima. Registre-se assim, afora se respeitar as condições admissíveis de operação de um BMS, existirem diversas condições possíveis de operação desse conjunto e tais condições ficarão sob definição do projeto do sistema de produção. Dentre tais condições, podem ser antevistas condições de operação que sejam, por exemplo, (1) a mais eficiente do ponto de vista energético, ou (2) aquela que propicie a maior vazão de líquido ou, por fim (3) aquela que propicie a vazão total mais econômica, quando considerando os custos dos insumos utilizados na produção e os valores dos fluidos produzidos. Registre-se ainda que acaso haja escoamento em golfadas, recomenda-se um estudo da periodicidade dessas golfadas, afim de que seja garantida a existência de frações líquidas – em conformidade com os requisitos do BMS em utilização (usualmente 5% da vazão total do sistema) – de forma a garantir a continuidade operacional do sistema de BMS.

5.4.2

Produção com BMS – influência da viscosidade do óleo morto

A partir da simulação realizada no item 5.2.2.1, BMS na linha tronco e a jusante do *manifold*, e inicialmente adotando *chokes* abertos, foram realizadas seis simulações variando-se a viscosidade do óleo morto conforme proposto na Tabela 4.33. A viscosidade do óleo, bem como as demais propriedades analisadas, tem influência fundamental no comportamento do sistema por afetar diretamente o gradiente de pressão do sistema. Assim, quanto mais viscoso for o fluido, maior será a resistência à produção oferecida pelo sistema. Conforme representado na Figura 5.22 verificamos que a redução da viscosidade do óleo morto propicia um aumento significativo na produção do sistema.

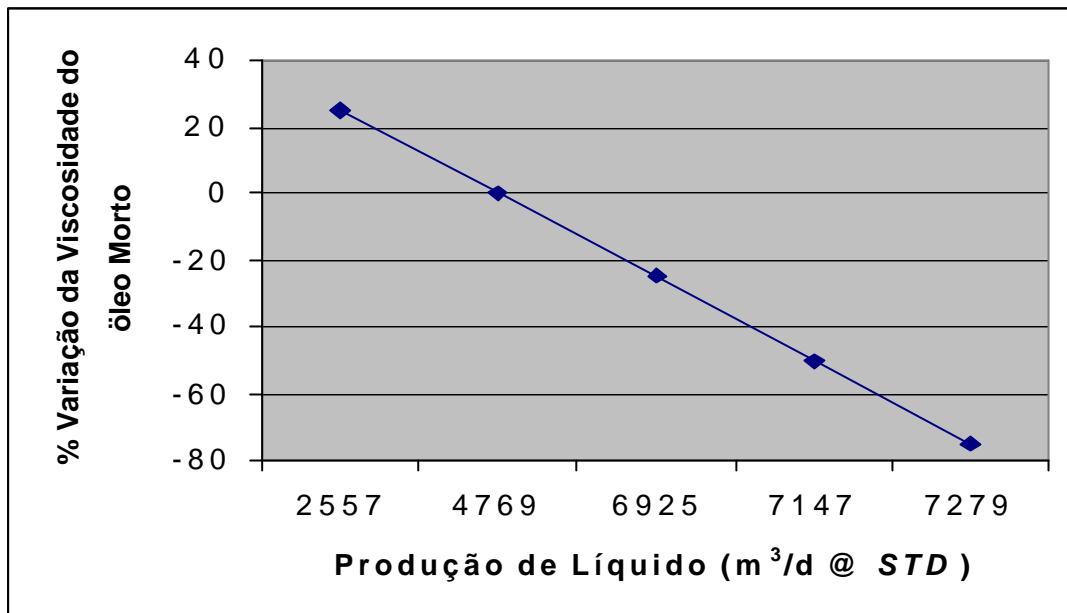


Figura 5.22 – Variação da Viscosidade do Óleo Morto *versus* Produção de Líquido

Para analisarmos o comportamento de um sistema de bombeamento multifásico diante da variação de viscosidade do fluido, compararemos duas simulações distintas e faremos uso do cenário de surgência natural com chokes abertos. Assim, quando a viscosidade do óleo morto é reduzida em 25%, constatamos que devido a redução das forças viscosas ocorre uma disponibilidade maior de energia na entrada do *manifold*. Então, a partir de uma intervenção na geometria do sistema (e.g. alteração do diâmetro de passagem de alguns dos *chokes*, alteração do diâmetro das linhas de fluxo, ou aplicação de BMS na saída do *manifold*) torna-se possível estabelecer o equilíbrio do conjunto num patamar mais alto de produção) - ver Figura 5.23.

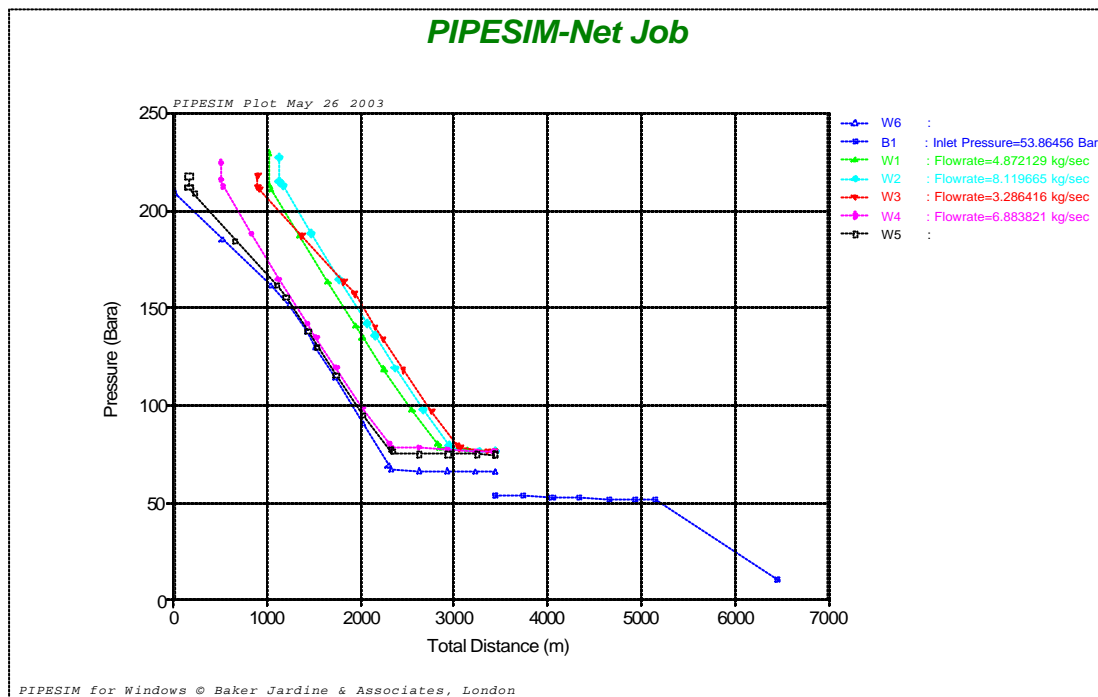


Figura 5.23 – Surgência Natural & *chokes* abertos - variação da viscosidade do óleo morto (menor 25%) – pressão *versus* distância

Neste mesmo cenário, quando instalamos uma bomba a jusante do *manifold*, a pressão disponível na sucção é reduzida, a medida que a pressão requerida na descarga aumenta, conforme o diferencial de pressão estabelecido na simulação para a bomba. O efeito sentido pelos poços é diminuição da contra pressão, facilitando o escoamento dos mesmos - ver Figura 5.24.

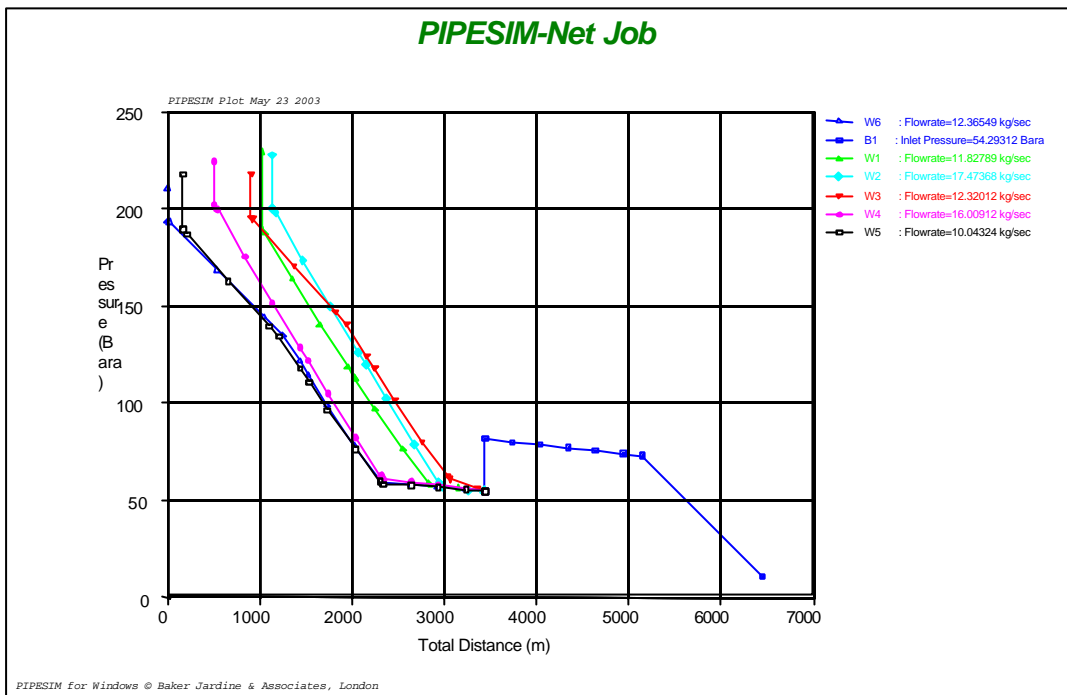


Figura 5.24 – BMS na saída do *manifold* & *chokes* abertos -variação da viscosidade do óleo morto (menor 25%) – pressão *versus* distância

Similarmente, para o cenário surgência natural com *chokes* abertos e sob aumento da viscosidade do óleo morto em 25%, constatamos que devido a aumento das forças viscosas ocorre uma disponibilidade menor de energia na entrada do *manifold*. Ainda que, possibilitando a produção do conjunto a níveis mais baixo de energia, tem-se por consequência um volume menor de líquido produzido – ver Figura 5.25.

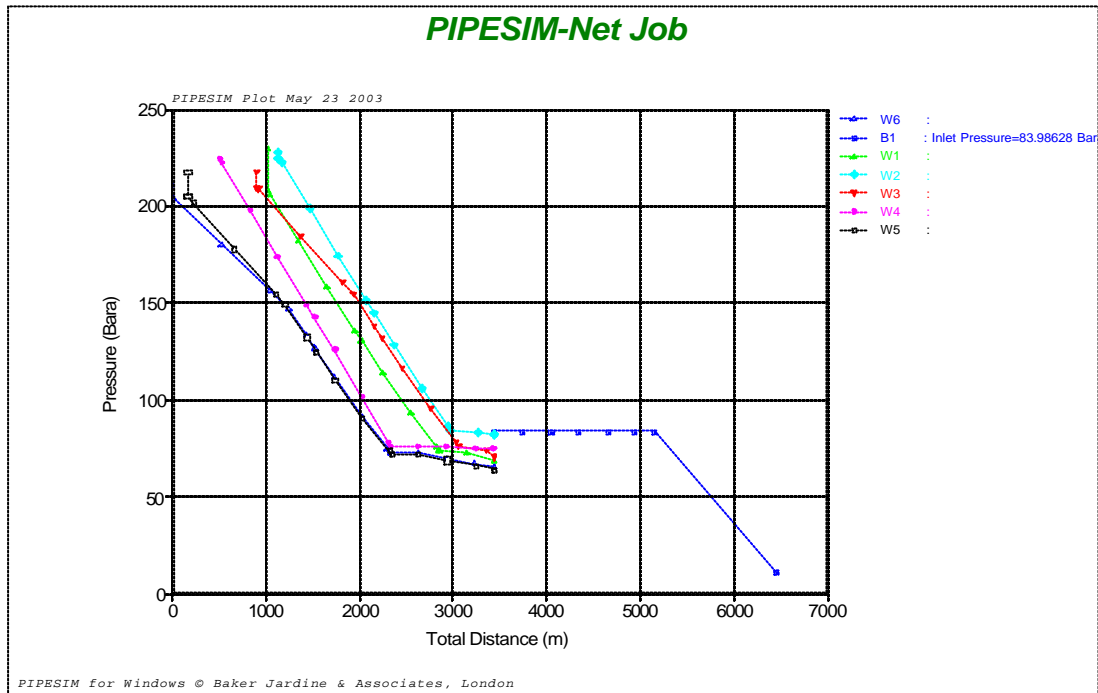


Figura 5.25 – Surgência Natural & *chokes* abertos - variação da viscosidade de óleo morto (maior 25%) – pressão *versus* distância

Com a instalação da bomba na saída do *manifold*, tendo por consequência uma menor contra-pressão sentida pelos poços, o sistema atinge um novo equilíbrio de produção num patamar mais elevado quando comparado ao cenário anterior, conforme apresentado na Figura 5.26.

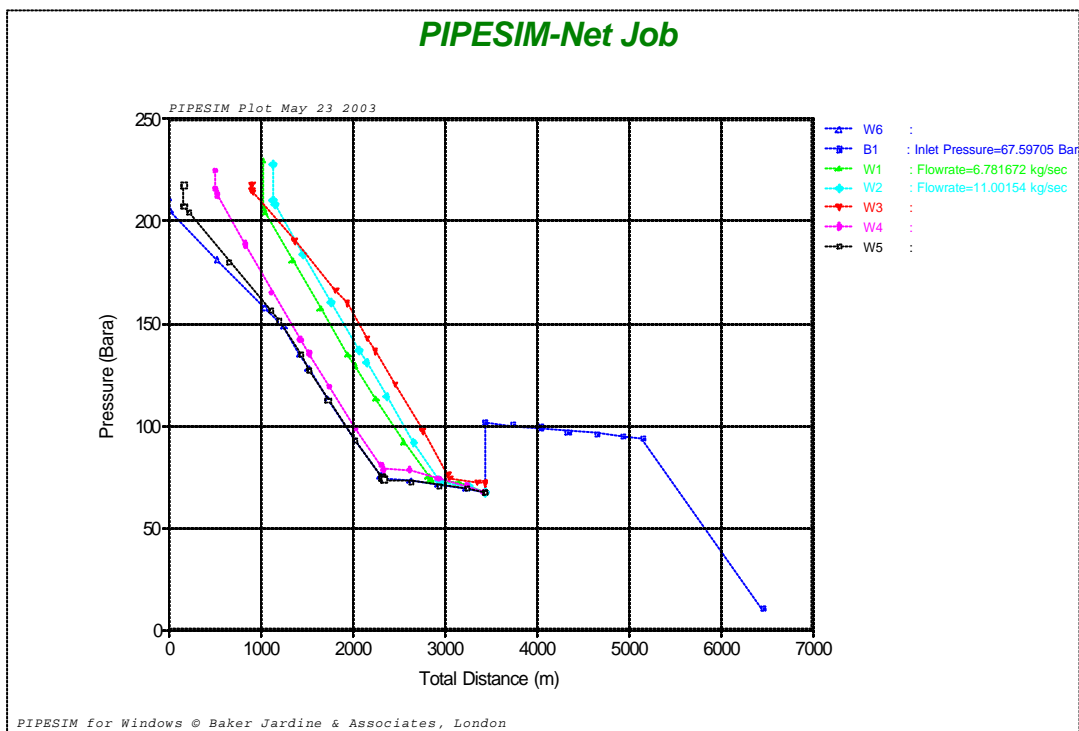


Figura 5.26 – BMS na saída do *manifold & chokes* abertos - variação da viscosidade de óleo morto (maior 25%) – pressão *versus* distância

A Tabela 5.19 apresenta o resultado destas quatro simulações, onde se pode constatar o aumento da vazão de líquido produzido na condição *stock tank*, quando aplicado o BMS.

VARIAÇÃO DA VISCOSIDADE DO ÓLEO MORTO²			
Produção de Líquido do Sistema de Produção (m³/d @ Std)			
Surgente (μ_o menor 25%) 2259	Surgente (μ_o maior 25%) 1893	BMS (μ_o menor 25%) 6925	BMS (μ_o maior 25%) 2757

Tabela 5.19 – Dados Comparativos da Produção por Surgência Natural & BMS na saída do *manifold – chokes* abertos e com variação da viscosidade de óleo morto

² Os valores base de viscosidade nessa análise estão na ordem de 150-200 cP @ 20 °C. Tais valores estão ainda muito aquém daqueles apresentados pelos óleos ditos viscosos (500 cP @ 20 °C) e ainda mais distantes dos ditos extra viscosos (10.000 cP @ 20 °C). Assim, função do apresentado nesta figura, podemos nos aperceber da potencialidade dessa tecnologia quando aplicada na produção desses óleos – cujas fases de produção no Brasil estão ainda no seu início.