



IBP1247_06

METODOLOGIA PARA CÁLCULO DO VALOR DE INFORMAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE CAMPOS DE PETRÓLEO

Alexandre Monticuco Xavier¹, Eliana Luci Liger²,
Denis José Schiozer³

Copyright 2006, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*, realizada no período de 11 a 14 de setembro de 2006, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*.

Resumo

A tomada de decisão em campos de petróleo na fase de desenvolvimento está associada a altos investimentos com pouca flexibilidade, como é o caso de campos marítimos, sendo o risco nem sempre avaliado adequadamente, resultando num valor super, ou subestimado. A obtenção de informações adicionais pode reduzir o risco, sendo que seus valores necessitam ser calculados para avaliar se seus custos são viáveis economicamente. Embora o conceito do Valor de Informação (VDI) seja bem difundido, sua avaliação pode ser complexa pela interdependência entre incertezas, recuperação e estratégia de produção e pelo excessivo tempo de modelagem do processo. Metodologias claras com simplificações que viabilizem o cálculo do VDI não são disponíveis, e as práticas usuais na indústria petrolífera levam a erros, que em geral subestimam o VDI, por simplificar demais o processo, empregando poucos cenários para o cálculo do VDI ou por não considerar as vantagens da informação para modificar a estratégia de produção. Uma metodologia de cálculo de VDI foi desenvolvida para campos na fase de avaliação e desenvolvimento, tomando-se como base a metodologia de análise de risco da árvore de derivação e o conceito de modelos geológicos representativos. Esta metodologia é aplicável a cenários simples ou complexos e mostrou ser de sucesso quando aplicada a um campo marítimo com elevado número de incertezas, em diferentes situações, quanto ao número de incertezas e o tipo de informação.

Abstract

Decision-making process of petroleum fields during appraisal and development phases is associated to high investment and low flexibility, such as in offshore fields, and the risk is not always evaluated correctly, oversimplifying the problem and underestimating the Value of Information (VOI). Additional information can reduce the risk, but their value needs to be evaluated to determine if they are viable economically. Although, the concept of VOI is well known, its evaluation can be complex due to the interdependence of uncertainties, recovery e production strategy and by the excessive time to model the process. Well-defined methodologies to calculate the VOI are unviable and the petroleum industry common practices conduce to error, oversimplifying the problem and underestimating the VOI, since they simplify too much the process or do not take advantage of the information in order to change the production strategy. A new methodology to VOI calculation has been developed based on the risk analysis by derivative tree technique and the concept of Geological Representative Models. This methodology can be applied in simple or complex scenarios. It has shown to be a successful methodology when applied to a offshore field with high number of uncertainties, with different number of uncertainties and information type.

1. Introdução

Na indústria de E&P de petróleo, o desenvolvimento de campos de petróleo é realizado sob condições de incertezas associadas à caracterização geológica do reservatório, e também aos parâmetros econômicos, tecnológicos e políticos. Nas fases de avaliação e desenvolvimento, principalmente de campos marítimos, há um elevado número de incertezas com forte impacto nos resultados financeiros e com altos investimentos. Segundo Begg *et al.* (2002), o baixo

¹ Mestre, Engenheiro de Petróleo - PETROBRAS

² Doutora, Pesquisadora – CEPETRO/UNICAMP

³ PHD, Professor Titular – DEP/FEM/UNICAMP

desempenho da indústria E&P é amplamente atribuído ao baixo investimento destinado aos processos de tomada de decisão, sendo a incerteza um dos fatores dominantes que influenciam no valor do projeto. A falta de investimento suficiente para estimar o retorno pode implicar num retorno superestimado ou num risco de perda subestimado.

Na fase de avaliação do campo torna-se necessário, em algum momento, avaliar a continuidade dos investimentos, visando definir o desenvolvimento do projeto. O conhecimento acumulado obtido na fase inicial é pequeno, o decisor depara-se com as três possibilidades: optar pelo abandono do horizonte produtor; investir na coleta de informações adicionais sobre o reservatório ou definir e implantar um plano de desenvolvimento. A decisão de abandonar, prosseguir ou esperar para obter novas informações pode parecer trivial, contudo existem muitas particularidades e inúmeras variáveis que podem influenciar o processo de análise de decisão devido ao elevado grau de incertezas. Estes fatos justificam a necessidade de uma metodologia viável para quantificar o valor do investimento na coleta de informações adicionais sobre o projeto, ou seja, quantificar a relevância, do ponto de vista econômico, da obtenção de novas informações. Além disso, antes da decisão de aquisição de qualquer informação adicional, Mian (2002) sugere que dois aspectos sejam analisados: obter a informação adicional é viável e havendo várias fontes potenciais de informação capazes de melhorar o processo de decisão, qual delas é preferida.

O cálculo preciso do VDI pode ser complexo e demorado por se tratar de um processo probabilístico. A quantificação desses valores deve levar em conta os benefícios que podem ser extraídos do processo. Nas fases de avaliação e desenvolvimento, esses benefícios só podem ser calculados através da quantificação dos benefícios do emprego da estratégia de produção mais adequada, considerando todos os cenários possíveis resultantes da obtenção da informação. Portanto, a quantificação do VDI exige que uma estratégia de produção seja determinada para cada cenário possível. Como isso geralmente não é viável, devido ao grande esforço exigido, existem algumas hipóteses e suposições que podem ser consideradas para simplificar e viabilizar o cálculo.

Este trabalho tem como objetivo a apresentação de uma metodologia viável de cálculo do VDI, o qual é usado como uma ferramenta de auxílio ao processo de tomada de decisões durante as fases de avaliação e desenvolvimento de campos de petróleo, sendo que simplificações foram adotadas de modo a tornar o cálculo possível e ao mesmo tempo manter a confiabilidade do processo. A metodologia foi aplicada a um campo marítimo com elevado número de incertezas, em diferentes situações, considerando o número de incertezas e o tipo de informação.

2. Análise de Risco

O termo risco refere-se à avaliação de um investimento usando um mecanismo que incorpore as probabilidades de ocorrência de sucesso ou falha e diferentes valores de parâmetros de investimento (Stermole e Stermole, 1974). Metodologias probabilísticas de análise de risco são comuns na fase exploratória (Newendorp e Schuyler, 2000 e Rose, 2001). Nas fases de avaliação e desenvolvimento, nas quais a importância das incertezas sobre o fator de recuperação cresce significativamente, procedimentos probabilísticos são pouco frequentes devido ao elevado tempo de modelagem do reservatório e à falta de metodologias aceitáveis que integrem todas as incertezas.

A metodologia de análise de risco empregada neste trabalho, foi proposta por Stegall e Schiozer (2001) e implementada por Schiozer *et al.* (2004). Esta metodologia propõe a elaboração de uma árvore de derivação constituída pelos atributos incertos, sendo que cada ramo da árvore corresponde a um modelo de simulação. O emprego da simulação numérica de reservatórios é responsável pelo aumento de confiabilidade dos resultados e em contrapartida pelo elevado esforço computacional e tempo do processo. Algumas simplificações podem viabilizar esta metodologia, tais como: análise de sensibilidade para reduzir o número de atributos incertos, automação do processo e emprego de computação paralela (Ligero e Schiozer, 2002), tratamentos especiais aos atributos geológicos (Costa e Schiozer, 2003) e tratamento da estratégia de produção (Santos e Schiozer, 2003).

3. Valor da Informação

A análise do VDI pode ser considerada uma ferramenta que proporciona um consistente critério para tomadas de decisão (Demirmen, 2001). No caso da otimização na fase de avaliação, o VDI permite uma análise econômica de uma série de cenários de desenvolvimento, com e sem avaliação da informação. Um dos principais objetivos desta ferramenta é a redução do risco econômico, com atenção voltada para campos em desenvolvimento.

Uma análise do VDI pode ser realizada pela diferença entre o valor monetário esperado (VME) com e sem informação (Demirmen, 1996 e 2001). Se o valor de uma informação for inferior ao seu custo de aquisição, tal informação não deve ser obtida. A análise e cálculo do VDI são usualmente descritos por árvores de derivação e decisão, mas podem ser explorados por outros métodos, como Monte Carlo e Teoria das Opções Reais.

A relevância e aplicabilidade da análise do VDI no processo de decisão e análise de risco de projetos de E&P foi apresentada por vários autores (Clemen, 1995; Koninx, 2000; Floris e Peersmann, 2000; Coopersmith e Cunningham,

2002). Contudo, a literatura não dispõe de uma metodologia clara de cálculo de VDI para casos com muitos atributos incertos e não apresenta procedimentos sistemáticos que explorem o potencial da metodologia de cálculo do VDI nas fases de avaliação e desenvolvimento, principalmente quando a modelagem do problema é feita por simulação numérica de reservatórios. Algumas metodologias avaliam o VDI considerando apenas uma ou algumas possíveis estratégias de produção. Na indústria petrolífera é comum considerar apenas três modelos representativos, simplificando demais um problema complexo e subestimando o VDI. Na quantificação do VDI deve-se considerar o benefício que pode ser extraído do processo, ou seja, a possibilidade de cada um dos vários cenários possíveis ter uma estratégia de produção específica após a obtenção da informação.

2.1. Informação Completa

A informação pode ser considerada completa se, ao ser adquirida, elimina toda a dúvida sobre o atributo. Na prática, esse conceito pode ser usado quando a incerteza é reduzida a um nível que não influencia mais o risco e o VME do projeto. Neste trabalho, o termo informação completa está sendo usado para referenciar informação completa e perfeita, ou seja, a informação tira toda a dúvida sobre a incerteza e com total confiabilidade. Um exemplo de uma informação completa é mostrado na Figura 1. A função densidade de probabilidade de um parâmetro (x) é discretizada em 3 níveis: pessimista, provável e otimista com probabilidades de ocorrência iguais a 20, 60 e 20%, respectivamente, Figura 1(a). Com a aquisição da informação completa, a função densidade de probabilidade pode ser expressa de três maneiras: o atributo (x) corresponde ao valor determinístico x_1 ou x_2 ou x_3 com 100% de probabilidade de ocorrência (Figura 1b, 1c e 1d). Portanto, a informação determina qual é o valor real entre os três valores esperados.

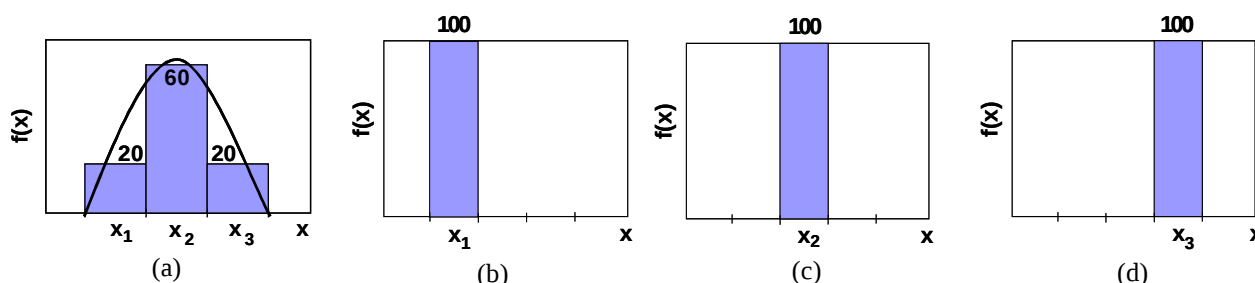


Figura 1. Função densidade de probabilidade de um parâmetro (x) discretizada em 3 níveis: (a) Sem obtenção da informação e probabilidades $p_1=p_3=20\%$ e $p_2=60\%$; (b), (c) e (d) Após obtenção da informação completa e probabilidades $p_1=p_2=p_3=100\%$.

2.2. Informação Incompleta

A informação incompleta não elimina toda a dúvida sobre o atributo, apenas reduz a incerteza. A informação além de incompleta e pode ser imperfeita se não houver confiabilidade total no valor medido. Neste trabalho, o termo incompleta é utilizado para representar redução parcial das incertezas. Um exemplo de uma informação incompleta é mostrado na Figura 2. A função densidade de probabilidade do atributo (x) é discretizada em 3 níveis, como exemplificado na Figura 1(a). A obtenção da informação incompleta resulta na separação do atributo em, por exemplo, dois níveis: um otimista e outro pessimista, com as probabilidades de ocorrência coerentes com o caso sem informação, Figura (2a e b).

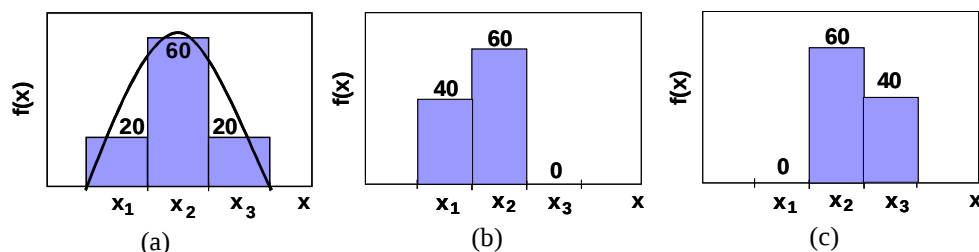


Figura 2. Função densidade de probabilidade de (x) discretizada em 3 níveis: (a) Sem obtenção da informação e probabilidades $p_1=p_3=20\%$ e $p_2=60\%$; Após obtenção da informação incompleta: (b) $p_1=20\%$ e $p_2=30\%$; (c) $p_2=30\%$ e $p_3=20\%$.

3. Metodologia Proposta

A metodologia proposta refere-se à determinação do VDI para cenários genéricos, complexos ou não, caracterizados por poucos ou muitos parâmetros incertos. O fluxograma da Figura 3 demonstra a metodologia de cálculo

do VDI. Seus passos iniciais correspondem às etapas da metodologia de análise de risco baseada na árvore de derivação (Steagall e Schiozer, 2001; Schiozer *et al.*, 2004). Primeiramente, o modelo denominado de caso base, composto pelos atributos mais prováveis, é obtido e a metodologia de análise de risco é aplicada, sendo gerada a curva de risco, a qual é utilizada para a análise do risco do projeto. A árvore de derivação é construída, de forma que a obtenção da informação transforma a árvore de derivação em árvore de decisão. Alguns modelos capazes de representar as incertezas geológicas do reservatório, os MGR, são escolhidos e otimizados. Após a otimização, cada estratégia é substituída em cada MGR, sendo verificado se o modelo base está realmente otimizado (considerando que o mesmo é um dos MGR), e se os demais modelos também estão. Caso a estratégia do caso base não esteja otimizada, a mesma é re-otimizada. Para o caso em que os outros MGR não estejam otimizados, os mesmos são re-otimizados.

Os VME_{SI} e VME_{CI} podem ser calculados de várias formas, nesse trabalho, foram calculados pelo Método da Árvore Completa. O VME_{SI} corresponde ao melhor VME obtido com a estratégia otimizada de um determinado modelo. Já o VME_{CI} é equivalente ao VME_{SI} , mas a estratégia otimizada é aplicada aos cenários possíveis provenientes da informação. Dessa forma, o VME_{SI} demanda uma estratégia única para todos os modelos e o VME_{CI} possibilita que várias estratégias sejam aplicadas a cada ramo da árvore de derivação, sendo, portanto, estratégias mais adequadas aos modelos que estão sendo aplicadas e, com isso, adicionando valor ao VME.

A expressão generalizada para o VME com e sem informação é dada pela Equação (1):

$$VME = \sum_{k=1}^G \left\{ \max_{w=1}^{n_{EST}} \left[\sum_{i=1}^{N_G} \left(VPL_{\text{estratégia}(w), MGR_i} \right) \cdot P(MGR_i) \right] \right\}_{(k)} \quad (1)$$

Para $G = 1$ e $N_G = N$ a equação torna-se o VME_{SI} . Para $G > 1$ a equação torna-se o VME_{CI} . Sendo: G , o número de grupos da árvore; N_G , o número de modelos ou cenários por grupo; N , o número total de modelos ou cenários possíveis e n_{EST} , o número de estratégias otimizadas. A obtenção da Equação (1) e a metodologia proposta para cálculo do VDI podem ser melhor entendidas em Xavier (2004).

As etapas desta metodologia foram aplicadas, em Xavier *et al.* (2005), a um modelo de reservatório teórico, retangular, homogêneo em suas propriedades de rocha e com apenas um atributo incerto. Pela simplicidade da árvore de decisão, caracterizada por possuir poucas ramificações, ou seja, poucos cenários possíveis, não houve necessidade da obtenção dos MGR, sendo que todas as combinações dos atributos incertos foram consideradas como MGR.

4. Caso Estudado

A metodologia de cálculo do VDI foi aplicada a caso complexo representado por um reservatório real e marítimo na fase de avaliação e desenvolvimento, havendo ainda muitas incertezas a seu respeito, Tabela 1. Os três níveis de incerteza do modelo estrutural estão ilustrados na Figura 4. O modelo numérico do reservatório foi representado por uma malha 51x28x6 e as simulações foram executadas num simulador comercial do tipo *Black-Oil*.

Duas possíveis situações quanto à obtenção da informação foram consideradas. Numa primeira situação, admite-se que quatro atributos são passíveis de redução de incerteza pela obtenção da informação, sendo denominada de VDI completa para 4 atributos. Na segunda situação, três atributos têm suas incertezas eliminadas completamente, enquanto que a incerteza de um atributo é eliminada parcialmente, sendo esta situação denominada de VDI completa para 3 atributos e incompleta para 1 atributo. Uma outra situação, em que apenas dois atributos, áreas e dwoc, foram considerados passíveis de redução de incerteza e a informação obtida eliminou totalmente a incerteza em relação a esses atributos (VDI completa para 2 atributos) foi apresentada por Ligerio *et al.* (2005).

5. Resultados

5.1. Análise de Sensibilidade e Curva de Risco sem Informação

As etapas iniciais da metodologia, por se referirem à metodologia de análise de risco, independem do número de atributos incertos passíveis de redução de suas incertezas e do tipo de informação: completa ou incompleta. As situações consideradas no reservatório em estudo apresentam os mesmos resultados até a etapa da elaboração da árvore de derivação e obtenção da curva de risco.

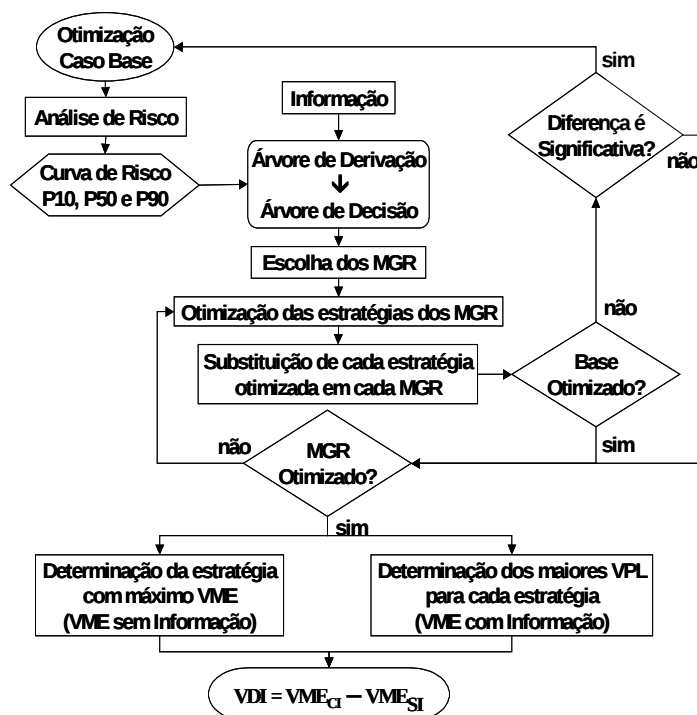


Figura 3. Metodologia proposta para o cálculo do VDI.

Tabela 1. Atributos Incertos – Independentes entre si.

Atributos	Níveis	Prob.
Porosidade	por0	0,6
	por1	0,2
	por2	0,2
Permeabilidade Horizontal	permx0	0,6
	permx1	0,2
	permx2	0,2
Permeabilidade Vertical	permz0	0,6
	permz1	0,2
	permz2	0,2
Compressibilidade da Rocha	cpor0	0,6
	cpor1	0,2
	cpor2	0,2
Modelo Estrutural	areas0	0,6
	areas1	0,2
	areas2	0,2
Dados PVT	pvt0	0,6
	pvt1	0,2
	pvt2	0,2
Permeabilidade Relativa óleo-água	kro0	0,6
	kro1	0,2
	kro2	0,2
Contato óleo-água	dwoc0	0,6
	dwoc1	0,2
	dwoc2	0,2

A análise de sensibilidade foi realizada pela substituição dos níveis otimistas e pessimistas dos atributos incertos no caso base, seguida da simulação numérica de fluxo e avaliação das funções objetivo VPL, Np e Wp (Figura 4). Os atributos críticos encontrados na análise para a VPL foram dwoc, permx, areas e permz. A consideração do VPL como único parâmetro de análise pode não ser adequada em alguns casos, não devendo ser analisada separadamente. Pode-se observar, através da função Np, a importância da variável kro.

A árvore de derivação foi construída considerando os atributos críticos determinados pela análise de sensibilidade (areas com 2 níveis, dwoc com 3 níveis, por com 3 níveis e permx com 3 níveis), resultando em $3^3 \cdot 2^1 = 54$ ramificações, modelos ou cenários possíveis. A Figura 5 mostra a curva de risco do projeto e os percentis P10, P50 e P90 antes e depois da otimização do caso base. Com a otimização, a curva de risco se deslocou para a direita do eixo x, reduzindo o risco do projeto (P10- P90) de 191,68 milhões para 175,72 milhões de dólares.

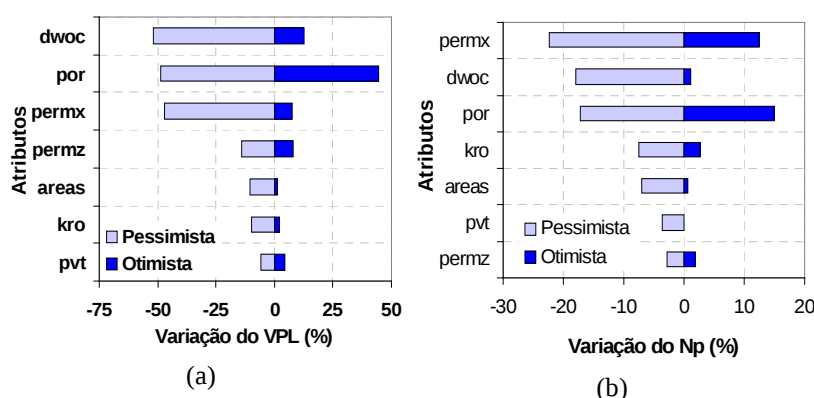


Figura 4. Análise de sensibilidade em termos de (a) VPL e (b) Np.

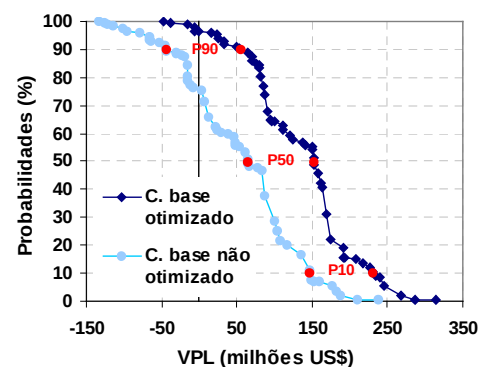


Figura 5. Curva de risco sem informação.

5.2. Árvore de Decisão e Valor Monetário Esperado com Informação

A transformação da árvore de derivação em árvore de decisão depende de quantos e quais atributos são passíveis de redução de incerteza pela obtenção da informação. No primeiro, 4 atributos: contato óleo-água e modelo estrutural, porosidade e permeabilidade horizontal são considerados passíveis de redução de incerteza através da obtenção da informação. No segundo caso, 3 atributos são considerados passíveis de redução de completa de incerteza (dwoc, areas e por) e 1 atributo parcialmente (permx). A Figura 6 mostra a árvore de decisão para o caso com VDI

completa para 4 atributos e o VDI completa para 3 atributos e incompleta para 1 atributo encontra-se na Figura 7. O nó de decisão correspondente a permx é subdividido em dois ramos com nós de derivação em suas extremidades (otimista e pessimista) para posteriormente ser subdividido nos níveis otimista, provável e pessimista.

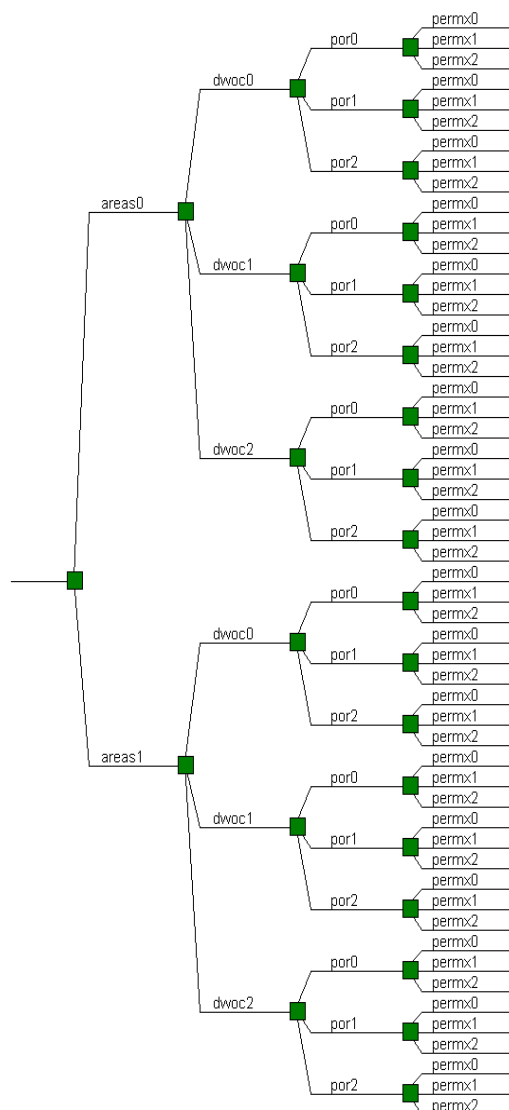


Figura 6. VDI completa para 4 atributos.

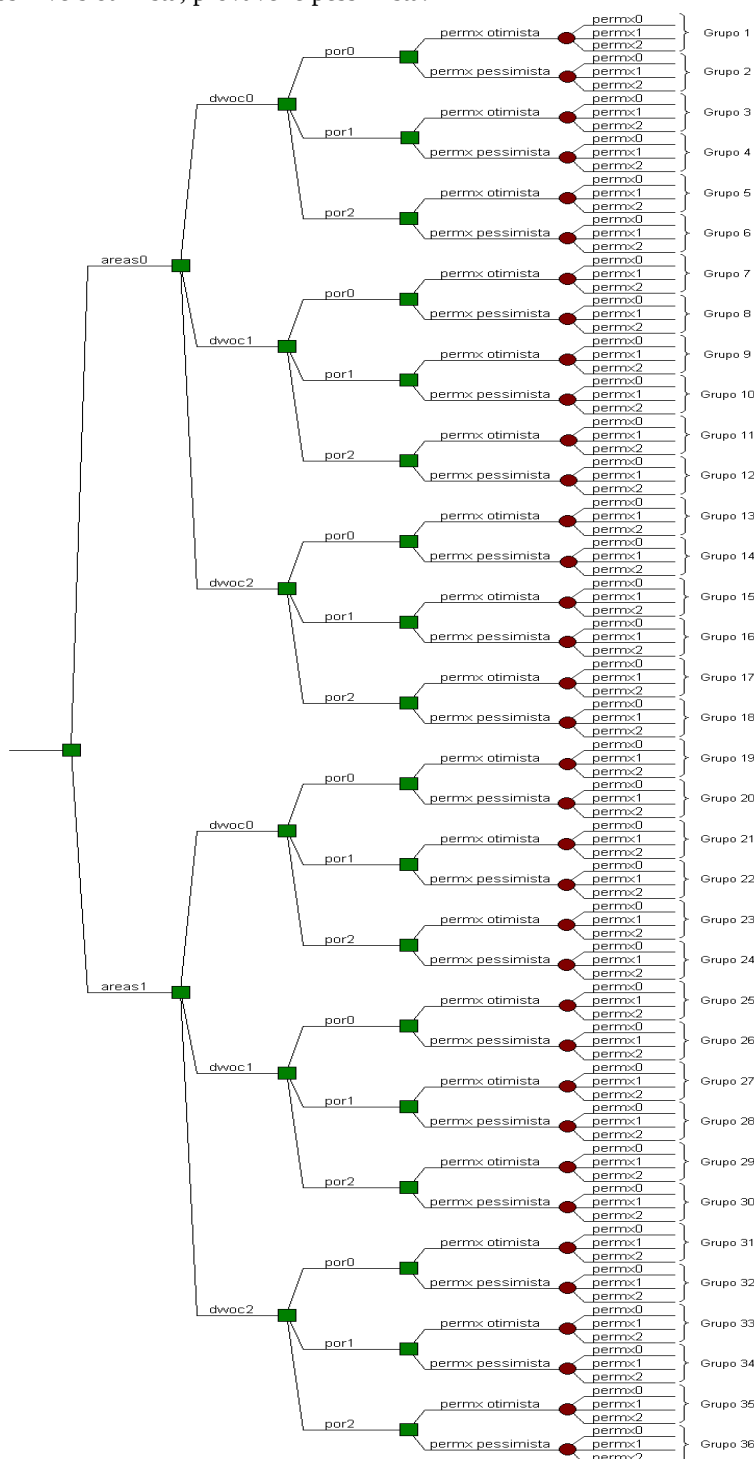


Figura 7. VDI completa para 3 atributos e incompleta para 1 atributo.

5.2.1. VDI completa para 4 atributos

A árvore de decisão da Figura 6 é subdividida em 54 grupos, sendo cada grupo um modelo. Desta forma, todas as estratégias otimizadas dos MGR podem ser aplicadas no cálculo do VDI. A Figura 8 mostra o resultado do cálculo do VDI considerando que a informação reduz completamente a incerteza dos atributos dwoc, areas, por e permx. Pode-se notar que os valores da informação estabilizaram em torno dos US\$ 16 milhões. A curva de risco com informação foi deslocada para a direita do eixo do VPL, Figura 9, aumentando o VME do projeto e reduzindo o risco de 198,59 milhões para 183,12 milhões de dólares.

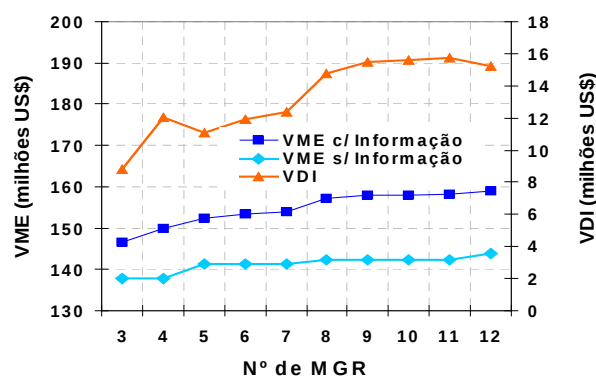


Figura 8. Variação do VDI e VME com e sem informação: (VDI completa para 4 atributos)

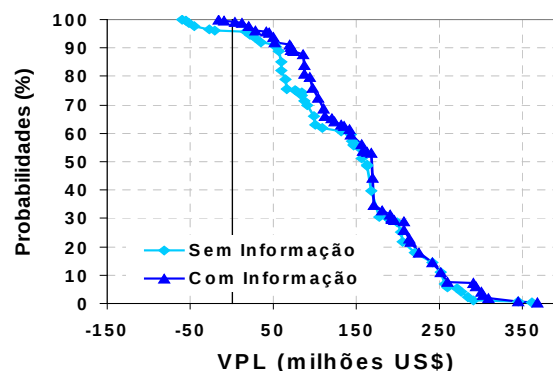


Figura 9. Curvas de risco com e sem informação: (VDI com 4 informações completas)

5.2.2. VDI completa para 3 atributos e incompleta para 1 atributo

O cálculo do VDI incompleta foi efetuado considerando que a perfuração de um poço elimina totalmente a incerteza com relação aos parâmetros areas, dwoc e por, mas não com relação a permx. No cálculo do VME sem informação foi determinada a estratégia que maximizava o VME da árvore de derivação. No cálculo do VME com informação, a árvore de decisão foi subdividida em 36 grupos, sendo que cada grupo encontrou-se uma estratégia dentre todas as que foram otimizadas, que maximizou seu VME parcial. Os resultados do cálculo do VDI incompleta são mostrados na Figura 10, variando-se o número de modelos representativos de 3 a 12 como no caso anterior.

A diferença entre os VDI para a obtenção da informação completa para os atributos areas e dwoc (Ligero *et al.*, 2005), para os atributos areas, dwoc, por e permx e para a informação completa para areas, dwoc e por e incompleta para permx é mostrada na Figura 11. Pode-se notar que a informação incompleta apresentou-se menor do que a informação completa e superior à informação considerando a redução da incerteza de apenas 2 parâmetros.

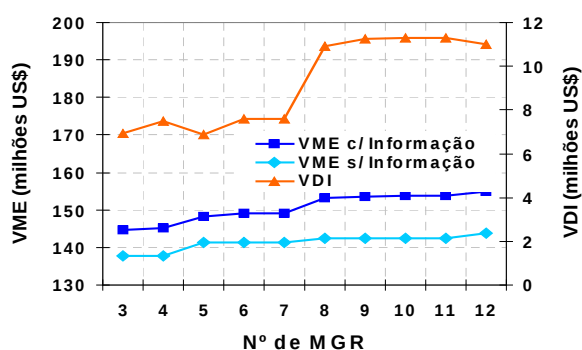


Figura 10. Variação do VDI e VME com e sem informação: (VDI completa para 3 atributos e incompleta para 1 atributo)

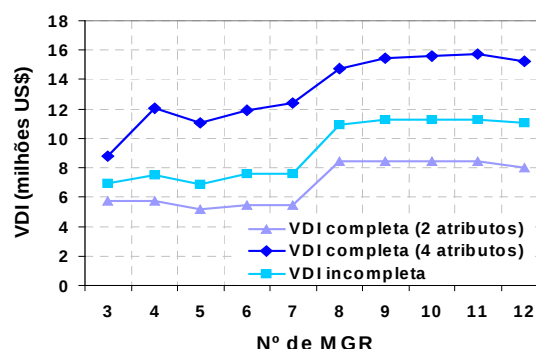


Figura 11. Comparação entre os VDI completa e incompleta.

5.3. Comparação entre métodos

O valor da informação calculado pela metodologia proposta com 12 MGR foi comparado aos valores obtidos pelo método DSS utilizado por Floris *et al.* (2000) e através da escolha de três modelos representativos que é uma prática comum na indústria. O número de simulações requerido nos métodos também foi comparado, Tabela 2. O método DSS e o emprego de três modelos representativos sub-avaliam o VDI. O método proposto com 12 MGR requer maior número de simulações, mas apresenta-se mais confiável e preciso em relação aos outros dois métodos.

Tabela 2. Comparação entre metodologias para o cálculo de VDI.

Método	2 atributos		4 atributos	
	VDI [milhões US\$]	nº de simulações	VDI [milhões US\$]	nº de simulações
Método DSS	0,00	54 + (~25) = 81	1,75	54 + (~25) = 81
Método Proposto	8,00	948	15,21	948
3 modelos	5,74	84	8,80	84

6. Conclusões

A quantificação de valor de informação (VDI) para o desenvolvimento de campos de petróleo é um processo complexo devido ao grande número de incertezas e variáveis envolvidas, à necessidade de modelagem precisa do campo, e à necessidade de integração com o processo de seleção de escolha de estratégia de produção para os possíveis cenários. Embora alguns trabalhos possam ser encontrados na literatura sobre o assunto, a maioria se aplica à fase de exploração com modelagem simples. Os trabalhos aplicados às fases de avaliação e desenvolvimento não detalham suficientemente o procedimento, ou simplificam o problema, com possíveis erros no cálculo do VDI.

O processo completo de quantificação do VDI envolveria a otimização da estratégia de produção para um grande número de modelos, o que é inviável na prática. A metodologia proposta viabiliza e acelera o processo através da utilização de modelos geológicos representativos (MGR), os quais são empregados na escolha de estratégias de produção adequadas a cada cenário passível de informação. A precisão e a confiabilidade do cálculo do VDI são garantidas pelo número de MGR e estratégias otimizadas e pela precisão do processo de otimização de estratégia.

Os resultados mostram que a metodologia proposta pode ser aplicada para casos simples e mais complexos, em que o número de variáveis é expressivo. Considerando-se a análise de reservatórios na fase de avaliação e desenvolvimento, a metodologia de análise do VDI é uma ferramenta de análise de decisão de grande importância e, mesmo que seja um processo demorado, um processo mais confiável pode ser justificado.

7. Referência Bibliográfica

- BEGG, S, BRATVOLD, R, CAMPBELL, J., "The Value of Flexibility in Managing Uncertainty in Oil and Gas Investments", SPE ATCE, SPE 77586, USA, Outubro, 2002.
- CLEMEN, R. T., "Making Hard Decisions – An Introduction to Decision Analysis", Belmont, p 664, 1995.
- COOPERSMITH, E. M., CUNNINGHAM, P. C., "A Practical Approach to Evaluating the Value of Information and Real Option Decisions in the Upstream Petroleum Industry", SPE ATCE, SPE 77582, EUA, 2002.
- COSTA A.P.A., SCHIOZER, D.J., Treatment of Geological Attributes in Risk Analysis Applied to the Appraisal Phase of Petroleum Fields, Petroleum Society's Canadian Inter. Pet. Conf., Canada, Paper 2003-098, 2003.
- DEMIRMEN, F., "Subsurface Appraisal: The Road from Reservoir Uncertainty to Better Economics", *SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium*, SPE 68603, EUA, Abril, 2001.
- DEMIRMEN, F., "Use of Value of Information Concept in Justification and Ranking of Subsurface Appraisal", *SPE ATCE*, SPE 36631, EUA, Outubro, 1996.
- FLORIS, F. J. T., PEERSMANN, M. R. H. E., "E&P Decision System for Asset Management – A case study", *SPE European Petroleum Conference*, SPE 65146, Paris, França, Outubro, 2000.
- KONINX, J.P.M., "Value of Information: From Cost Cutting to Value Creation", *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition*, , Australia, SPE 64390, Outubro, 2000.
- LIGERO, E.L., XAVIER, A.M. e SCHIOZER, D.J., "Value of Information During Appraisal and Development of Petroleum Fields", *COBEM*, Minas Gerais, Novembro, 2005.
- LIGERO, E.L., SCHIOZER, D.J., Risk Analysis Applied to Petroleum Field Development: Automated Methodology and Parallel Computing to Speedup the Process, *2nd Meeting on Reservoir Simulation*, Argentina, 2002.
- MIAN, M. A., Project Economics and Decision Analysis – Volume II: Probabilistic Models, Penn Well Corporation, 411p., 2002.
- NEWENDORP, P. and SCHUYLER, J., Decision Analysis for Petroleum Exploration, Planning Press, Colorado, EUA, 2000.
- ROSE, P. R., Risk Analysis and Management of Petroleum Exploration Ventures. *AAPG Methods In Exploration Series*, n 12, 164p., 2001.
- SANTOS, J. A. M., SCHIOZER, D. J., Quantifying Production Strategy Impact in Risk Analysis of an E&P Project Using Reservoir Simulation, *17th Reservoir Simulation Symposium*, SPE 79679, EUA, Fevereiro, 2003.
- SCHIOZER, D.J., LIGERO, E.L., SUSLICK, S.B., COSTA, A.P.A., SANTOS, J.A.M., Use of Representative Models in the Integration of Risk Analysis and Production Strategy Definition, *JPSE*, v. 44, n. 1-2, p.131-141, 2004.
- STEAGALL, D.E., SCHIOZER, D.J., Uncertainty Analysis in Reservoir Production Forecast during the Appraisal and Pilot Production Phases, *SPE Reservoir Simulation Symposium*, SPE 66399, EUA, Fevereiro, 2001.
- STERMOLE, F. J., STERMOLE, J. M., Economic Evaluations and Investment Decision Methods. Golden: Investment Evaluation, 353p., 1974.
- XAVIER, A.M., LIGER, E.L., SCHIOZER, D.J., O Valor da Informação Durante as Fases de Avaliação e Desenvolvimento de Campos de Petróleo, *3º Cong. Bras. P&D Petróleo e Gás*, Bahia, Outubro, 2005.
- XAVIER, A.M., "Análise do Valor da Informação na Avaliação e Desenvolvimento de Campos de Petróleo", *Dissertação de Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo*, FEM e IG, UNICAMP, Campinas, p. 160., 2004.