



Robson de Souza

**Um modelo de análise de decisão para investimento em
projetos de exploração e produção de petróleo no Brasil**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Orientador: Prof. Leonardo Lima Gomes

Rio de Janeiro
Outubro de 2011



Robson de Souza

**Um modelo de análise de decisão para investimento em
projetos de exploração e produção de petróleo no Brasil**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio.
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Leonardo Lima Gomes

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Departamento de Administração - PUC-Rio

Prof. Carlos de Lamare Bastian Pinto

UniGranRio

Prof^a. Mônica Herz

Vice-Decana de Pós-Graduação do CCS

Rio de Janeiro, 26 de outubro de 2011

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

Robson de Souza

Graduou-se em Ciências Contábeis na UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro) em 2003. Possui interesse acadêmico em finanças aplicadas a área de exploração e produção de petróleo. Possui MBA em Contabilidade Internacional (UCAM- Universidade Candido Mendes), MBA em Gestão Financeira (FGV-RJ) e Pós MBA em Valuation (FGV-RJ). Sua área de atuação profissional tem sido por mais de 10 anos na área financeira de empresas petrolíferas.

Ficha Catalográfica

Souza, Robson de

Um modelo de análise de decisão para investimento em projetos de exploração e produção de petróleo no Brasil / Robson de Souza; orientador: Leonardo Lima Gomes. – 2011.

117 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2011.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Investimentos sob incerteza. 3. Teoria da decisão. 4. Petróleo. I. Gomes, Leonardo Lima. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD:658

Aos meus amados João Cruz e Vanda Maria.
À memória das queridas Nizinha e Angela Maria.

Agradecimentos

Agradeço aos meus patrocinadores, Luiz Sguissardi e ao "Seu" Dário pela liberação em tempo parcial para dedicação aos estudos.

Agradeço ao meu orientador, Professor Leonardo Lima, pelos conselhos, liberdade, apoio crítico e principalmente por ter me ajudado a enfrentar os desafios acadêmicos.

Agradeço aos meus pais, pelo amor, pela educação e pelos bons exemplos que sempre me deram.

Agradeço a todos os professores do IAG pela boa vontade e pelos conhecimentos oferecidos em sala de aula.

Agradeço a todos os meus amigos e familiares, que embora ausente do convívio deles em função dos estudos, nunca me esqueceram.

Agradeço a Deus, sem o qual nada disso seria possível.

Resumo

Souza, Robson de; Gomes, Leonardo Lima. **Um modelo de análise de decisão para investimento em projetos de exploração e produção de petróleo no Brasil**. Rio de Janeiro, 2011. 117p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O setor de exploração petrolífera tem como característica intensa competitividade entre empresas. Por conseguinte, há a necessidade dos players deste setor de alocar recursos financeiros (em geral escassos) entre uma série de projetos disponíveis, que envolvem diversas incertezas de caráter econômico, geológico e tecnológico. As buscas de oportunidades exploratórias induzem às técnicas de análise do risco envolvido nessas oportunidades. Dentro desse contexto, no processo decisório, existem assuntos inter-relacionados tais como: os objetivos da empresa, as restrições orçamentárias, tolerância ao risco, etc. Em situação de incerteza, os métodos tradicionais, baseados apenas na maximização do valor presente líquido do projeto não fornecem informações suficientes para uma tomada de decisão. Faz-se necessário uma abordagem que envolva diversas técnicas para o tratamento da incerteza em tomada de decisão em projetos de risco. Dentre essas técnicas estão a análise de sensibilidade e a simulação de Monte Carlo, que serão utilizadas nesse trabalho para atender a essa necessidade. Além disso, para uma melhor apresentação do objetivo proposto, foi construído um modelo para a aplicação dos conceitos desenvolvidos nesse estudo.

Palavras-chave

Investimentos sob incerteza; teoria da decisão; petróleo.

Abstract

Souza, Robson de; Gomes, Leonardo Lima. **A decision analysis model for investment in oil exploration and production in Brazil**. Rio de Janeiro, 2011. 117p. MSc. Dissertation - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The oil exploration industry is characterized by intense competition between companies. Therefore, there is the need for players in this sector to allocate resources (usually scarce) from a number of projects available, which involve various uncertainties of an economic, geological and technological. The search for opportunities to induce exploratory techniques for analyzing the risk involved in these opportunities. Within this context, the decision process, there are inter-related issues such as business objectives, budget constraints, risk tolerance, etc. In situations of uncertainty, the traditional methods, based only on maximizing the net present value of the project do not provide sufficient information for decision making. It is necessary to an approach that involves various techniques for the treatment of uncertainty in decision making in risky projects. Among these techniques are sensitivity analysis and Monte Carlo simulation, which will be used in this work to meet this need. In addition, for a better presentation of the proposed objective, a model was built for the application of the concepts developed in this study.

Keywords

Investment under uncertainty; decision theory; petroleum.

Sumário

| | |
|---|----|
| 1. Introdução | 17 |
| 1.1. Motivação | 18 |
| 1.2. Objetivo do Trabalho | 20 |
| 1.3. Metodologia | 20 |
| 1.4. Delimitação do Estudo | 21 |
| 1.5. Relevância do Trabalho | 21 |
| 1.6. Organização do Trabalho | 22 |
| 2. Aspectos Gerais sobre Projetos de E&P | 23 |
| 2.1. Aquisição do Direito de Exploração | 24 |
| 2.2. Fase de Exploração | 24 |
| 2.3. Atividades do Desenvolvimento da Produção | 26 |
| 2.4. Atividades de Produção | 27 |
| 2.4.1. Análise de Curva de Declínio de Produção | 28 |
| 2.4.2. Abandono da Área Produtora | 29 |
| 2.5. Valor Comercial da Produção | 29 |
| 2.6. Reservas e Recursos | 30 |
| 2.7. Métodos Contábeis Aplicados nas Atividades de E&P | 32 |
| 3. A Parcela do Governo na Atividade de E&P | 34 |
| 3.1. Regulamentação do Setor | 35 |
| 3.2. Tributos e Contribuições Sociais | 39 |
| 3.2.1. Tributação Sobre a Venda de Hidrocarbonetos | 40 |
| 3.2.2. Tributação Sobre Aquisição de Bens e Serviços | 41 |
| 3.3. Participações Governamentais e Outras Obrigações | 43 |
| 3.3.1. Royalties | 43 |
| 3.3.2. Bônus de Assinatura | 45 |
| 3.3.3. Taxa de Ocupação | 46 |
| 3.3.4. Participação Especial | 47 |
| 3.3.5. Contrato de Partilha | 48 |
| 4. Referencial Teórico | 49 |
| 4.1. Métodos de Análise de Viabilidade Econômico-Financeira | 49 |
| 4.2. Valor Monetário Esperado | 52 |
| 4.3. Probabilidade e Estatística Aplicada a E&P | 55 |
| 4.3.1. Medidas de Tendência Central e de Dispersão | 56 |
| 4.3.2. Medidas de Distribuição Probabilística | 57 |
| 4.3.3. Medidas Geológicas de Risco | 58 |

| | |
|---|----|
| 4.4. Análise de Projetos de Risco | 59 |
| 4.4.1. Análise de Sensibilidade | 59 |
| 4.4.2. Árvore de Decisão | 60 |
| 4.4.3. Simulação de Monte Carlo | 61 |
| 4.5. Riscos Inerentes na Atividade Exploratória | 61 |
| 4.5.1. Riscos Econômicos | 62 |
| 4.5.2. Riscos Geológicos | 62 |
| 4.5.3. Riscos Tecnológicos | 62 |
| 4.5.4. Riscos Regulatórios | 63 |
| 4.6. Tomada de Decisão | 64 |
| 4.6.1. Teoria da Preferência | 64 |
| 4.6.2. Equivalente Certo | 65 |
| 4.7. Opção de Abandono | 66 |
| | |
| 5. Descrição do Modelo | 69 |
| 5.1. Origem dos Dados do Modelo | 70 |
| 5.2. Algumas Premissas e Delimitações | 72 |
| 5.2.1. Duração do Projeto | 72 |
| 5.2.2. Riscos Não Considerados | 73 |
| 5.2.3. Taxa de Câmbio Adotado | 73 |
| 5.2.4. Probabilidade de Sucesso Geológico | 74 |
| 5.2.5. Outras Considerações do Modelo | 74 |
| 5.3. Estimativas de Entrada de Caixa | 75 |
| 5.3.1. Curva de Produção | 75 |
| 5.3.2. Preço do óleo | 79 |
| 5.4. Estimativas de Saída de Caixa | 80 |
| 5.4.1. Tributos, Contribuições e Participações Governamentais | 81 |
| 5.4.2. Gastos Operacionais Capitalizados | 83 |
| 5.4.3. Despesas Operacionais | 83 |
| 5.4.4. Overhead | 84 |
| 5.5. Cálculo da Taxa de Desconto dos Projetos | 85 |
| 5.5.1. Taxa Livre de Risco | 85 |
| 5.5.2. Prêmio pelo Risco no Mercado | 86 |
| 5.5.3. Beta | 86 |
| 5.5.4. Inflação Americana | 87 |
| 5.5.5. Prêmio pelo Risco Brasil | 87 |
| 5.5.6. Cálculo do CAPM | 88 |
| 5.6. Taxa de Depreciação | 89 |
| 5.7. Demonstração do Resultado | 89 |
| 5.8. Estimativa do Fluxo de Caixa | 90 |
| 5.9. Árvore de Decisão do Projeto | 91 |

| | |
|---|-----|
| 6. Análise dos Resultados | 93 |
| 6.1. Análise da Simulação | 93 |
| 6.1.1. Análise do VPL | 94 |
| 6.1.2. Análise da TIR | 96 |
| 6.1.3. Análise do <i>Payback</i> Descontado | 96 |
| 6.2. Análise de Sensibilidade Aplicada do Fluxo de Caixa de Sucesso | 97 |
| 6.2.1. Preço do Petróleo | 97 |
| 6.2.2. Taxa de Desconto | 98 |
| 6.2.3. Gastos Operacionais Variáveis da Fase de Produção | 99 |
| 6.2.4. Volume dos Recursos Potenciais | 99 |
| 6.2.5. Diagramas de Sensibilidade | 100 |
| 6.3. Análise da Tomada de Decisão | 101 |
| 6.3.1. Função Utilidade | 102 |
| 6.3.2. Análise do Equivalente Certo | 104 |
| 6.3.3. Análise de Sensibilidade em Função de Novas Informações | 104 |
| 7. Conclusão | 107 |
| 7.1. Sugestões para Trabalhos Futuros | 110 |
| 8. Referências Bibliográficas | 112 |
| Anexo A | 116 |

Lista de figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1 – Preços médios no mercado spot dos petróleos dos tipos Brent e WTI – 2000-2009 | 30 |
| Figura 2 – Blocos exploratórios por rodada de licitações | 37 |
| Figura 3 – Evolução da arrecadação dos royalties | 44 |
| Figura 4 – Distribuição dos royalties | 45 |
| Figura 5 – Evolução da arrecadação do bônus de assinatura | 46 |
| Figura 6 – Evolução da arrecadação da taxa de retenção | 47 |
| Figura 7 – Pesquisa sobre critério de decisão em projetos | 50 |
| Figura 8 – Exemplo de análise de decisão pelo conceito de VME | 53 |
| Figura 9 – Comparação entre VPLs de projetos | 54 |
| Figura 10 – Distribuições com mesma média e desvios diferentes | 56 |
| Figura 11 – Exemplo de função lognormal | 57 |
| Figura 12 – Exemplo de função triangular | 58 |
| Figura 13 – Exemplo de árvore de decisão | 60 |
| Figura 14 – Significado da simbologia utilizada em árvore de decisão | 60 |
| Figura 15 – Exemplos de gráficos de função utilidade $U(x)$ | 65 |
| Figura 16 – Representação do equivalente certo | 66 |
| Figura 17 – Verificação do tipo da taxa de declínio | 76 |
| Figura 18 – Simulação da taxa de declínio de produção do projeto | 77 |
| Figura 19 – Simulação do pico de produção no 3º ano de produção | 78 |
| Figura 20 – Produção estimada por período | 78 |
| Figura 21 – Estimativas do total dos recursos potenciais do projeto | 79 |
| Figura 22 – Árvore de decisão | 92 |
| Figura 23 – Distribuição dos VPLs | 95 |
| Figura 24 – Simulação da TIR no projeto | 96 |
| Figura 25 – Diagramas de sensibilidade do modelo | 100 |
| Figura 26 – Simulação do VPL em caso de insucesso | 103 |
| Figura 27 – Análise de sensibilidade em relação à tolerância ao risco | 105 |
| Figura 28 – Análise de sensibilidade em relação à Probabilidade Geológica de Sucesso. | 106 |

Lista de tabelas

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 – Fase de um projeto de E&P | 23 |
| Tabela 2 – Incidência de PIS, COFINS e ICMS | 40 |
| Tabela 3 – Principais tributos e contribuições das atividades de E&P | 42 |
| Tabela 4 – Exemplo de VME | 54 |
| Tabela 5 – Taxa de câmbio (R\$/US\$) do ano de 2010 | 74 |
| Tabela 6 – Estimativa de entrada de caixa | 75 |
| Tabela 7 – Quantidades potenciais de óleo em projetos semelhantes | 76 |
| Tabela 8 – Taxa de declínio exponencial de projetos semelhantes | 77 |
| Tabela 9 – Principais tipos de saída de caixa por fase operacional | 81 |
| Tabela 10 – Apuração da taxa livre de risco | 88 |
| Tabela 11 – Apuração do curso do capital próprio | 88 |
| Tabela 12 – Modelo de DRE para um projeto de E&P | 89 |
| Tabela 13 – Modelo de fluxo de caixa de um projeto de E&P | 90 |
| Tabela 14 – Resumo do fluxo de caixa | 94 |
| Tabela 15 – Resumo das despesas | 94 |
| Tabela 16 – Análise de sensibilidade ao preço | 97 |
| Tabela 17 – Análise de sensibilidade à taxa de desconto | 98 |
| Tabela 18 – Análise de sensibilidade dos gastos operacionais variáveis | 99 |
| Tabela 19 – Análise de sensibilidade das despesas variáveis | 100 |
| Tabela 20 – Análise de sensibilidade em relação à tolerância ao risco | 104 |
| Tabela 21 – Análise de sensibilidade em relação à Probabilidade Geológica de Sucesso | 105 |

Lista de quadros

Quadro 1 – Visão geral das parcelas governamentais

35

Lista de Siglas e Abreviaturas

AAPG - American Association of Petroleum Geologist

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

API – American Petroleum Institute

Bbl - barril de petróleo (*Petroleum barrel*)

Boe - barris de óleo equivalente (medida de volume de gás natural)

Bpd – barril por dia

CMPC – custo médio ponderado de capital

COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CSLL – Contribuição social sobre o lucro líquido

CTN - Código Tributário Nacional

DDA – depreciação, depleção e amortização

DRE - demonstração de resultado do exercício

EqC - equivalente certo

E&P - exploração e produção na indústria do petróleo

FASB - *Financial Accountant Standards Boards*

FCD – fluxo de caixa descontado

G&G – geologia e geofísica

IGP-DI – índice geral de preços – disponibilidade interna

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IRPJ - Imposto de Renda sobre Pessoa Jurídica

ISS – Imposto sobre serviços

MGB – movimento geométrico browniano

MM – milhões

PAT - Programa anual de trabalho

PEM – programa exploratório mínimo

PIS - Programa de Integração Social

P&D – pesquisa e desenvolvimento

REPETRO - Regime Aduaneiro Especial de Exportação e de Importação de Bens destinados às Atividades de Pesquisa e Lavra das Jazidas de Petróleo e Gás Natural

SPE – *Society of Petroleum Engineers* (Sociedade dos Engenheiros de Petróleo)

SEC - *Securities and Exchange Commission* (Comissão de Valores Mobiliários)

SMC – *simulação de monte carlo*

TIR – taxa interna de retorno

TMA – taxa mínima de atratividade

TOR – teoria das opções reais

US\$ - *dólar norte americano*

VME - valor monetário esperado

VPL - valor presente líquido

WTI - West Texas Intermediate

Você, eu, ninguém vai bater tão forte como a vida, mas não se trata de bater forte. Trata-se de quanto você aguenta apanhar e seguir em frente, o quanto você é capaz de aguentar e continuar tentando. É assim que se consegue vencer... Agora se você sabe do teu valor, então vá atrás do que você merece, mas tem que estar preparado para apanhar.

(Tradução retirada do discurso do filme Rocky Balboa para o seu filho)