



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BORIS ASRILHANT

**TAXAS MÍNIMAS DE ATRATIVIDADE ASSOCIADAS A
DIFERENTES GRAUS DE RISCO: UMA METODOLOGIA
APLICADA A PROJETOS DE PRODUÇÃO DA
INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia



0.230.182-7

UFSC-BU

FLORIANÓPOLIS
MARÇO DE 1995

**TAXAS MÍNIMAS DE ATRATIVIDADE ASSOCIADAS A
DIFERENTES GRAUS DE RISCO: UMA METODOLOGIA
APLICADA A PROJETOS DE PRODUÇÃO DA
INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL**

BORIS ASRILHANT

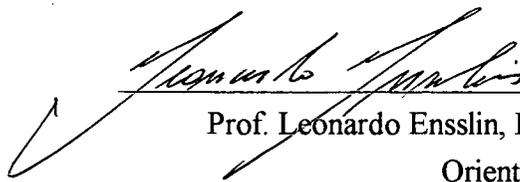
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de **Mestre em Engenharia**

Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo
Programa de Pós-Graduação



Prof. Osmar Possamai, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Leonardo Ensslin, PhD.
Orientador



Prof. Cristiano José Castro de Almeida Cunha, Dr. rer. pol.



Prof. Edgar Augusto Lanzer, PhD.



Prof. Newton Carneiro Affonso da Costa Jr., Dr.

*A D's e às forças da Natureza, que me permitem
viver e trocar amor.*

*Aos meus avós paternos e maternos, que buscaram
o Brasil e aqui semearam o seu amor.*

*Aos meus pais, Isaac e Anna, pela realização da
minha existência e pelo infinito amor.*

*Às minhas irmãs Clarisse Márcia e Vera, pelo
amor e dedicação.*

*A todos aqueles, que incansáveis, buscam um
Novo Universo repleto de amor e serenidade.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Petrobrás, pelo suporte financeiro e situacional, proporcionando meios para que a minha evolução profissional prosseguisse de forma plena e crescente.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por permitir a universalização dos meus conhecimentos.

Ao meu orientador, Prof. Leonardo Ensslin, pela dedicação, paciência e perseverança durante o meu processo de amadurecimento a nível acadêmico e pessoal.

Aos eminentes integrantes da Banca Examinadora, pelos valiosos comentários e sugestões apresentados ao presente trabalho.

Ao colega do Departamento de Produção (DEPRO) da Petrobrás, Carlos Alberto Pereira de Oliveira, pelo apoio incondicional ao meu crescimento profissional e pelo permanente acompanhamento, sugestões e críticas durante todo o período de vínculo ao mestrado.

Aos colegas da Petrobrás, Fernando Antônio Lucena Aiúbe, Heber Viana de Resende, Hermes Gomes da Silva Filho, Kleber José Abrahão Porto Silva, e Luis Fernando Pfeil Gomes Pereira, pelas idéias, sugestões e ajuda conferidas à elaboração desta dissertação.

Às colegas do DEPRO da Petrobrás, Eliana Mathias Castello Branco e Jeanette Maria Gedeon de Menezes, que à distância facilitaram de forma especial esta etapa da minha vida.

Aos colegas da Divisão de Desenvolvimento da Produção do DEPRO da Petrobrás, pelo apoio conferido durante o período de coleta de dados.

Ao Prof. Newton Carneiro Affonso da Costa Jr., da COPPEAD/UFRJ, pelo apoio e colaboração.

Aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina (EPS/UFSC), pelo apoio conferido durante todo o período de vínculo à esta instituição.

Ao Prof. Ricardo Miranda Barcia, do EPS/UFSC, pelo apoio prestado.

Ao colega Márcio Bittencourt, do EPS/UFSC, pela brilhante editoração deste trabalho.

"Há três maneiras de se agir sabiamente:

A primeira,

pela meditação, que é a mais sábia.

A segunda,

pela imitação, que é a mais fácil.

A terceira,

pela experiência, que é a mais amarga."

Confúcio

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
<hr/>	
<i>CAPÍTULO 1</i>	
<hr/>	
INTRODUÇÃO	1
<hr/>	
<i>CAPÍTULO 2</i>	
<hr/>	
A TOMADA DE DECISÃO SOB CONDIÇÕES DE RISCO ATIVIDADE DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL	
	6
2.1 - MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO _____	6
2.2 - FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA _____	11
2.3 - RELEVÂNCIA DO ESTUDO _____	12
2.4 - OBJETIVOS A ATINGIR _____	13
2.5 - PRESSUPOSTOS INICIAIS, ALCANCE E LIMITAÇÃO DO ESTUDO _____	14
<hr/>	
<i>CAPÍTULO 3</i>	
<hr/>	
REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1- O PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DO RISCO _____	16
3.1.1 - Os Conceitos de Risco _____	16
3.1.2 - A Tipologia do Risco _____	17
3.1.3 - As Etapas do Processo de Determinação do Risco _____	18
3.1.3.1 - Identificação do Risco _____	20
3.1.3.2 - Avaliação do Risco _____	20
3.1.3.3 - Julgamento do Risco _____	22
3.1.3.4 - Gerenciamento do Risco _____	23
3.2 - A TEORIA CLÁSSICA DA PREFERÊNCIA E A RACIONALIDADE DOS DECISORES _____	29
3.3- A ANÁLISE DO PROCESSO DECISÓRIO: DISCREPÂNCIAS FRENTE À RACIONALIDADE CLÁSSICA _____	34
3.4 - A DIVERSIFICAÇÃO DO RISCO _____	42
3.4.1 - O Modelo Geral de Markowitz para a Seleção de Carteiras de Investimento _____	42
3.4.2 - O Modelo Diagonal de Sharpe _____	47

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

METODOLOGIA	52
4.1- TAXAS MÍNIMAS DE ATRATIVIDADE (TMAs) AJUSTADAS AO RISCO: ABORDAGENS DIFERENCIADAS	52
4.2 - A ABORDAGEM DO RISCO PELAS GRANDES EMPRESAS NACIONAIS E ESTRANGEIRAS	56
4.3 - O RISCO ASSOCIADO À CONJUNTURA DE MERCADO	60
4.3.1 - Diversificação do Risco	61
4.3.2 - A Versão Clássica do CAPM	62
4.3.3 - Estimação do Coeficiente de Risco Sistemático (β)	66
4.3.4 - Determinação do Beta para Projetos	67
4.3.5 - Avaliação de Projetos Utilizando-se o CAPM	70
4.3.6 - Metodologia para a Determinação do Beta, e da TMA Ajustada ao Risco de Mercado para Projetos	73
4.3.7- Discussão sobre a Utilização do Beta como Medida do Risco Sistemático	73
4.4 - O RISCO ASSOCIADO À LIQUIDEZ	75
4.4.1- O Cálculo da Duração Aplicada à Orçamentação de Capital	77
4.4.2 - A Associação do CAPM à Duração de Projetos	84
4.4.3 - Metodologia para a Correção pela Duração da TMA dada pela Versão Clássica do CAPM	86
4.5 - O RISCO ASSOCIADO A PERDAS E À ESTIMAÇÃO	88
4.5.1 - A Caracterização do Risco Associado a Perdas e à Estimação	89
4.5.2 - A Associação entre o CAPM e a Análise do Perfil de Risco do Valor Presente Líquido de um Projeto	91
4.5.3 - A Determinação do Risco Associado a Perdas	96
4.5.4 - A Determinação do Risco Associado à Estimação	103
4.5.5 - Metodologia para a Determinação da TMA Incremental devido a Perdas e à Estimação	105
4.6 - A DETERMINAÇÃO DA TMA AJUSTADA AO RISCO TOTAL DO PROJETO	108
4.7 - SIMULAÇÕES TEÓRICAS	110

CAPÍTULO 5

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA

PROJETOS DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL	117
5.1 - AS ETAPAS DE UM PROJETO DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL	117
5.2 - OS RISCOS CARACTERÍSTICOS DOS PROJETOS DE PRODUÇÃO DE EMPRESAS ESTATAIS DE PETRÓLEO	123
5.3 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA PROJETOS DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL	127

5.3.1 - A Identificação das Principais Variáveis Envolvidas na Obtenção da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) Associada ao Risco Total para a Tipologia de Projetos Analisados	127
5.3.2 - A TMA Associada ao Risco de Mercado	128
5.3.2.1 - Preço Prospectivo do Petróleo Nacional	129
5.3.2.2 - Variabilidade do Preço Prospectivo do Petróleo Nacional, por Grupo de Petróleos, e para a Média dos Grupos de Petróleos	130
5.3.2.3 - Correlacionamento do Preço CIF Médio de Importação do Petróleo ao Índice do Mercado Financeiro Nacional	133
5.3.2.4 - Retornos Reais Anuais Prospectivos do IBOVESPA, Associados a Cenários para os Preços CIF Médios de Importação do Petróleo	136
5.3.2.5 - Taxa Livre de Risco	140
5.3.2.6 - Retornos Esperados dos Projetos	140
5.3.3 - A TMA Incremental Associada ao Risco Devido a Perdas e Estimção	140
5.3.3.1 - Variabilidade dos Custos de Investimento Prospectivos	141
5.3.3.2 - Variabilidade da Previsão de Produção	143
5.3.4 - Dados de Entrada para a Aplicação da Metodologia Proposta	145
5.3.5 - Resultados da Aplicação da Metodologia Proposta	148

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 153

6.1 - CONCLUSÕES	153
6.2 - RECOMENDAÇÕES	156

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 158

ANEXOS

<i>Anexo 1</i>	– <i>Derivada Parcial do Valor Presente em Relação à Taxa de Desconto r</i>
<i>Anexo 2</i>	– <i>Tabela da Integral de Perdas Normal Reduzida</i>
<i>Anexo 3</i>	– <i>Tabelas da Integral de Perdas t de Student Reduzida</i>
<i>Anexo 4</i>	– <i>Série Histórica Original do Preço CIF Médio de Importação do Petróleo, no Período abril de 1986 - dezembro de 1993</i>
<i>Anexo 5</i>	– <i>Datas dos Marcos Históricos, Proposta de Substituição dos Valores Originais e Série Histórica Modificada do Preço CIF Médio de Importação do Petróleo, no Período abril de 1986 - dezembro de 1993</i>
<i>Anexo 6</i>	– <i>Séries Históricas do IBOVESPA, Dólar no Paralelo e Preço CIF Médio de Importação do Petróleo</i>
<i>Anexo 7</i>	– <i>Resultados das Correlações entre o Preço/Retorno CIF Médio de Importação do Petróleo e a Cotação/Retorno Real do IBOVESPA</i>
<i>Anexo 8</i>	– <i>Retornos Reais de Mercado Associados à Variação de Um Desvio-Padrão em Relação à Média dos Preços CIF Médios de Importação do Petróleo</i>
<i>Anexo 9</i>	– <i>Retornos Reais de Mercado Associados à Variação de Meio Desvio-Padrão em Relação à Média dos Preços CIF Médios de Importação do Petróleo</i>
<i>Anexo 10</i>	– <i>Modelo 1 da Planilha para a Determinação da TMA Associada ao Risco Total do Projeto</i>
<i>Anexo 11</i>	– <i>Modelo 2 da Planilha para a Determinação da TMA Associada ao Risco Total do Projeto</i>

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

<i>Figura 4-1 - O CAPM e a Linha de Mercado de Títulos (SML)</i> _____	71
<i>Figura 4-2 - O Custo de Capital ou TMA da Empresa</i> _____	72
<i>Figura 4-3 - Comparação dos Processos de Decisão entre a TMA Única e o CAPM</i> _____	72
<i>Figura 5-1 - Cadeia de Atividades do Setor Petrolífero Nacional, Supondo o Abastecimento Interno de Petróleo</i> _____	118
<i>Figura 5-2 - Os Tipos de Projetos de Produção em Função do Grau de Informação Disponível ao Longo do Tempo</i> _____	128
<i>Tabela 2-1 - Parcelas da Quantidade e do Investimento Totais Previstos Referentes aos Projetos Terrestres, em Águas Rasas e Águas Profundas, no Período 1994-2002 (%)</i> _____	8
<i>Tabela 2-2 - Parcelas da Quantidade e do Investimento Totais Previstos das Áreas Efetivamente Descobertas, Referentes aos Projetos Terrestres, em Águas Rasas e Águas Profundas, no Período 1994-2002 (%)</i> _____	8
<i>Tabela 2-3 - Parcelas Anuais do Total de Projetos, Referentes aos Projetos Terrestres, em Águas Rasas e Águas Profundas, no Período 1994-2002 (%)</i> _____	9
<i>Tabela 2-4 - Parcelas Anuais do Total de Projetos Localizados em Áreas Efetivamente Descobertas, Referentes aos Projetos Terrestres, em Águas Rasas e Águas Profundas, no Período 1994-2000 (%)</i> _____	10
<i>Tabela 5-1- Preços Prospectivos do Petróleo Nacional por Grupo e Média dos Grupos de Petróleos (US\$/barrel)</i> _____	130
<i>Tabela 5-2 - Períodos dos Principais Marcos Históricos Mundiais, seus Motivos e a Reação do Preço do Petróleo no Mercado Internacional</i> _____	131
<i>Tabela 5-3 - Variabilidade do Preço CIF Médio de Importação, para as Séries Históricas Original, Expurgada e Modificada (%)</i> _____	132
<i>Tabela 5-4 - Preços Prospectivos do Petróleo Nacional por Grupo e para a Média dos Grupos de Petróleos, para Cada Cenário Arbitrado (US\$/barrel)</i> _____	133
<i>Tabela 5-5 - Produção e Importação Médias Nacionais de Petróleo (barris por dia), e Proporções Produzida e Importada (%)</i> _____	134
<i>Tabela 5-6 - Correlação entre o Preço CIF Médio de Importação (US\$/barrel), e o IBOVESPA Real</i> _____	136
<i>Tabela 5-7 - Retorno Real Prospectivo do IBOVESPA, para Cada Cenário Arbitrado (% a.a.)</i> _____	138
<i>Tabela 5-8 - Variabilidade dos Custos de Investimento Prospectivos, para a Tipologia de Projetos de Produção de Petróleo (%)</i> _____	143
<i>Tabela 5-9 - Variabilidade da Previsão de Produção para a Tipologia de Projetos de Produção de Petróleo (%)</i> _____	144

<i>Tabela 5-10 - Tamanho da Amostra (T) das Informações para os Projetos de Produção de Petróleo que Possuem Difusividade nas Informações, em Função da Vida dos Projetos (m)</i>	145
<i>Tabela 5-11-Número de Projetos e Total de Projetos por Classe de Projetos e por Tecnologia de Exploração</i>	148
<i>Tabela 5-12 - Simbologia Adotada para Representar os Projetos Analisados</i>	148
<i>Tabela 5-13 - TMA Associada ao Mercado, TMA Associada ao Mercado e à Liquidez, TMA Incremental Associada a Perdas e à Estimação, TMA Ajustada ao Risco Total, e TIR (% a.a.), por Projeto Analisado</i>	149
<i>Tabela 5-14- TMA Incremental Associada a Perdas, TMAs Associadas ao Risco Total para o Caso Comparativo e para o Caso Base (% a.a.), e Ganho entre as TMAs Ajustadas ao Risco Total do Caso Base e Comparativo (%)</i>	150

RESUMO

O uso da maximização do valor presente líquido (VPL) como critério único de avaliação e seleção de projetos de alocação de recursos tende a orientar a carteira de investimentos para uma situação de elevado risco, e possível comprometimento econômico. Esta inconveniente situação pode, no entanto, ser administrável através da utilização do binômio risco-retorno como critério adotado.

Dentre os fatores construtivos do risco de um projeto está o risco de mercado. A partir do conceito de diversificação, onde o projeto é avaliado em um contexto de carteira de projetos, e dos princípios normativos estabelecidos pelo Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM), introduz-se o coeficiente de risco sistemático ou beta do projeto. Um segundo fator relaciona-se ao risco devido à liquidez do projeto. Estabelece-se, assim, um coeficiente ajustado à liquidez, que está relacionado ao conceito de duração de títulos. Um terceiro fator relaciona-se à questão de perdas monetárias potenciais identificadas pelo projeto. A Teoria Prospectiva, por sua vez, indica que os projetos são avaliados individualmente, e que a aversão ao risco é caracterizada pela aversão a perdas. Finalmente, um último fator refere-se ao risco relacionado à estimação dos fluxos de caixa futuros do projeto, quando as informações disponíveis sejam difusas, que vem para corrigir o fator relacionado às perdas monetárias.

Assim, ajusta-se a taxa mínima de atratividade de um projeto ao seu risco total, onde o cálculo do VPL ajustado ao risco total permite que se comparem projetos de diferentes graus de risco entre si, a partir de um indicador objetivo único, completo e suficiente. A metodologia proposta permite que mesmo se introduzindo o conceito de risco à avaliação de projetos, a decisão é baseada em um valor determinístico. Isto significa que as inconveniências relacionadas à subjetividade da análise de risco tradicional, e a necessidade do conhecimento das funções utilidade dos decisores são contornados. A metodologia será aplicada a projetos de produção da indústria do petróleo no Brasil, cuja carteira de projetos vem evoluindo, paulatinamente, de projetos terrestres para marítimos localizados em águas profundas.

ABSTRACT

The use of the maximization of the net present value (NPV) as single criterion of evaluation and selection of resources allocation projects tends to direct the investments portfolio up to a situation of high risk, and possible endangering economic position. This inappropriate situation may, however, be manageable through the utilization of the risk-return rule as assumed criterion.

Amongst the project's risk constructs is the market risk. From the concept of diversification, which the project is evaluated within a portfolio context, and from the normative principles established by the Capital Asset Pricing Model (CAPM), one introduces the coefficient of systematic risk, or project's beta. A second factor is related to the risk due to the project's liquidity. It is established a liquidity adjusted coefficient, which is related to the concept of securities' duration. A third factor is related to the question of potential monetary losses identified by the project. The Prospect Theory indicates that projects are evaluated individually, and risk aversion is characterized by losses aversion. Finally, a last factor refers to the risk related to the future cash flows estimation, when the available prior information is diffuse, which comes to correct the factor related to monetary losses.

Thus, one adjusts the minimum attractive rate of return of a project to its total risk, whose NPV adjusted to the total risk calculation allows a comparison amongst projects of different risk levels, through a sufficient and complete single objective criterion. The proposed methodology allows that even introducing the concept of risk to projects evaluation, the decision is based on a deterministic figure. It means that the unsuitabilities related to the subjectiveness of the traditional risk analysis and the need of the knowledge of the decision makers' utility functions are bypassed. The methodology will be applied to production projects of the Brazilian petroleum industry, whose portfolio is gradually evolving from onshore projects to deepwater ones.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Empresas de determinados setores acreditam que suas carteiras de investimentos são amplas e diversificadas, permitindo-lhes avaliar seus projetos somente através do valor esperado do valor presente líquido (VPL), na expectativa de que a diversificação mantenha o risco em níveis aceitáveis. Esta situação é bastante instável, uma vez que se a diversificação não compensar as flutuações dos retornos dos investimentos, a política de alocação de recursos resultará na utilização de um critério de avaliação que se bem maximizará o valor esperado do VPL, também orientará a carteira para uma condição de elevado risco, com possibilidade de comprometimento da situação econômica da empresa. É fundamental, pois, não permitir que tal condição ocorra, o que pode ser conseguido através da incorporação do risco ao valor esperado na avaliação e seleção dos projetos que irão compor a carteira da empresa.

O impacto potencial do risco e de situações indesejadas na tomada de decisão corporativa, devido às incertezas de cunho tecnológico e econômico, encorajou os decisores a implementar procedimentos que incorporassem o risco e o conceito de probabilidades no processo de tomada de decisão.

A análise de risco tradicional é uma técnica que não requer a avaliação formal das medidas de preferência para os resultados, deixando o decisor julgar e escolher entre opções cujos resultados estão representados em termos de distribuições de probabilidades. Contudo, a análise de risco, apesar de agregar informação relevante à tomada de decisão, muitas vezes é insuficiente. Requer-se que um projeto seja dominante em relação aos demais, para toda e qualquer probabilidade de ocorrência, para que seja preferível. Caso contrário, a decisão é subjetiva.

A abordagem que primeiro considerou o risco foi a utilitarista. Tal abordagem, que atende aos axiomas da racionalidade do decisor de Von Neumann e Morgenstern, se

baseia no critério de maximizar a utilidade esperada de um conjunto de valores futuros, a partir de probabilidades estimadas ou exatas. Os pontos críticos relacionados a esta abordagem são: a necessidade de se conhecer a forma da função utilidade; a agregação das diversas funções utilidade individuais pode não refletir as preferências dos decisores; a função utilidade não contempla a dimensão tempo na tomada de decisão; e o comportamento dos decisores usualmente não é compatível com os pressupostos assumidos na determinação da função utilidade.

Segundo Schoemaker apud March e Shapira (1987), o termo utilidade foi originalmente empregado para descrever o benefício e o prejuízo globais derivados de uma determinada escolha. A teoria clássica da utilidade foi estendida para descrever os decisores racionais, baseada na aversão ao risco¹ relacionada à forma uniformemente côncava e monotonicamente crescente da função utilidade. Segundo Lindley apud March e Shapira (1987), as formulações da teoria da decisão clássica, baseadas na racionalidade dos decisores, assumem que ao escolherem, os decisores preferem elevados retornos esperados aos reduzidos, *ceteris paribus*. Segundo Arrow apud March e Shapira (1987), os decisores preferem pequenos riscos aos elevados, *ceteris paribus*. Assim, o valor esperado é assumido como sendo positivamente e o risco negativamente associados à atratividade de uma alternativa. As escolhas envolvem uma taxa marginal de substituição entre o risco e o retorno esperado, caracterizando uma compensação entre o retorno esperado e o risco.

A moderna teoria das finanças vem focalizar o tema risco, baseando-se na racionalidade clássica dos decisores, inicialmente através da Teoria de Carteiras desenvolvida por Markowitz, em 1952. Esta teoria desenvolveu uma medida de risco para uma carteira de ativos, bem como o valor esperado de seu retorno. A diversificação de Markowitz pode ser definida como sendo a combinação de ativos que não sejam perfeita e positivamente correlacionados, de maneira a reduzir o risco de uma carteira, sem sacrificar o seu retorno. Esta abordagem permitiu a introdução do conceito de fronteira eficiente, como sendo o lugar geométrico das oportunidades de investimento de risco que não são dominadas por outras, onde para um dado nível de variância ou risco, maximiza-se o retorno esperado, ou para um dado nível de retorno esperado, minimiza-se o risco.

¹ A teoria clássica da decisão, baseada na racionalidade dos decisores, assume que o risco de um projeto é dado pela variância dos retornos deste projeto.

A partir destes conceitos, desencadeou-se na década de 60 o Modelo Diagonal de Sharpe, que posteriormente inspirou o desenvolvimento do Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM), desenvolvido por Sharpe, Treynor, Lintner e Mossin, entre 1961 e 1966. A versão clássica do CAPM estabelece que a parcela do risco total, denominada de risco sistemático ou não diversificável de um dado ativo, estaria relacionada à uma carteira arbitrada pertencente à fronteira eficiente, denominada de carteira de mercado. Assim sendo, o retorno esperado exigido pelo mercado para um ativo, podendo ser inclusive um projeto de uma empresa, estaria relacionado ao prêmio pelo risco sistemático adicionado ao prêmio pela espera. Este retorno esperado seria a parcela da taxa mínima de atratividade (TMA) do projeto ajustada ao seu risco sistemático ou de mercado.

A questão relacionada à liquidez de um projeto ao longo de sua vida não foi contemplada pela versão clássica do CAPM. Apesar de os indicadores de liquidez de um projeto serem secundários, dando suporte ao critério de decisão primário, como é o caso do VPL, isto não implica que o conceito de liquidez esteja divorciado do cômputo do retorno esperado exigido pelo mercado. Assim sendo, cogitou-se de medidas diferentes para dimensionar o fator tempo, a fim de se escolher a que melhor se ajustasse ao cálculo da TMA associada conjuntamente ao risco sistemático e ao risco de liquidez. O conceito de duração, utilizado originalmente para títulos de renda fixa, é um indicador de liquidez mais completo do que o tempo de recuperação do capital, pois segundo Durand (1974), a duração considera todos os fluxos de caixa e o valor do dinheiro no tempo em seu cômputo. Assim sendo, a duração, definida como a média ponderada dos valores descontados dos fluxos de caixa, é utilizada com a medida de liquidez do projeto que corrige a parcela da TMA associada ao mercado.

Segundo March e Shapira (1987), os modelos utilizados para representar o comportamento gerencial de preferências usualmente falham em obedecer aos cânones normativos fundamentais da análise de decisão, ou seja, as formas de pensamento gerencial sobre o risco não se ajustam às concepções teóricas clássicas do risco. Surgem, assim, os estudos comportamentais das decisões organizacionais, a pesquisa do comportamento decisório e a avaliação comportamental da percepção do risco, que tratam de explicar como ocorre o processo descritivo da tomada de decisão sob condições de risco. Os decisores supõem que ao se defrontarem com a carteira de projetos, o risco de um dado projeto é pulverizado, sendo compensado por outras oportunidades atrativas de menor risco. Contudo, a

Teoria Prospectiva, apresentada por Kahneman e Tversky, em 1979, supõe que o projeto seja avaliado por seu desempenho individualizado e não dentro de uma carteira onde ocorra a diversificação. Nesta situação, a aversão ao risco dos decisores pode ser traduzida através da aversão a perdas. Uma função de perdas define as perdas monetárias potenciais que o decisor pode ter ao tomar uma má decisão. Esta função, suposta linear, quando superposta pela distribuição de probabilidades do critério de decisão, suposta normal, gera o valor esperado da informação perfeita. Tal valor reflete o valor máximo que o decisor pagaria pela informação que o asseguraria contra as perdas monetárias do projeto. Ao se identificar, contudo, um grau de difusividade das informações preditivas disponíveis, verifica-se que a distribuição de probabilidades do critério de decisão não é mais gaussiana, e sim t de Student. Assim, o valor esperado da informação perfeita torna-se mais elevado, pois se consideram as incertezas relacionadas à estimação dos parâmetros envolvidos na análise. A diferença entre o valor esperado do valor presente líquido e o valor esperado da informação perfeita revelará a sobretaxa referente ao seguro do projeto contra o risco de perdas e estimação, denominada de incremental de TMA associada a perdas e à estimação.

Torna-se, assim, fundamental proceder a uma análise que possibilite quantificar o risco incremental que a empresa estaria disposta a correr, no caso de se tomar a decisão por investir nestas oportunidades, risco este que estaria ajustado ao retorno mínimo desejado. Fiegenbaum e Thomas (1988), identificaram o risco de mercado, a ruína, a falta de previsibilidade e o risco pessoal como medidas potenciais de risco ou construções do risco. O ajuste do risco ao retorno mínimo esperado, portanto, é feito através da identificação, quantificação e introdução de fatores relacionados à aversão ao risco dos decisores.

A primeira parcela, relacionada ao risco conjuntural, e denominada de risco de mercado, é identificada através do prêmio pelo risco requerido pelo projeto devido às influências de mercado, supondo uma carteira de projetos diversificada. A segunda parcela está relacionada ao risco associado à liquidez, denominada de risco associado à liquidez. Trata-se da parcela que alavanca projetos que possuem receitas antecipadas e/ou investimentos postergados, e penaliza aqueles com receitas postergadas e/ou investimentos antecipados em relação a projetos similares com fluxos de caixa uniformes. A terceira parcela está relacionada às perdas monetárias potenciais do projeto e denominada de risco associado a perdas. Ao se associar a distribuição de probabilidades do critério de decisão e a função de perdas, permite-se que os investidores se assegurem contra situações identificadas por possibilidades de perdas.

A última parcela, denominada de risco associado à estimação, se relaciona à difusividade da informação disponível para a estimação dos fluxos de caixa futuros do projeto, responsável pela elevação do valor da parcela relacionada a perdas.

Assim sendo, o objetivo desta dissertação é apresentar uma metodologia que incorpore os fatores relacionados ao risco do projeto em sua TMA, penalizando projetos mais arriscados e alavancando, por outro lado, os menos arriscados. Neste sentido, torna-se possível a comparação objetiva de projetos de diferentes graus de risco, para fins de orçamentação de capital, a partir de um único indicador, o VPL descontado à TMA ajustada ao risco total.

Afora este primeiro capítulo, que apresenta a introdução do presente trabalho, a dissertação possui outros cinco capítulos. O capítulo 2 apresenta o problema da tomada de decisão sob condições de risco, considerando o contexto que motivou a busca da diversificação das TMAs dos projetos de produção da indústria do petróleo no Brasil. Ademais, considera a problemática que envolve a discussão, os objetivos a atingir, e a relevância do tema proposto na área de avaliação econômica de projetos. Finalmente, apresenta os pressupostos iniciais, o alcance e a limitação do estudo, que apoiarão a formulação da metodologia. O capítulo 3, inicialmente, apresenta o processo de determinação do risco. Em seguida, procede-se à uma revisão das teorias dicotômicas sobre a tomada de decisão sob condições de risco, que servirão de base para a construção da metodologia proposta. Para tal, identifica a teoria clássica da racionalidade, baseada nos axiomas de Von Neumann e Morgenstern para a teoria da utilidade, e a análise do processo decisório, relacionada aos fatores que traduzam a análise comportamental dos decisores frente ao risco. Ao final do capítulo, é desenvolvida a teoria que trata da diversificação e da visão de mercado para o risco. No capítulo 4, é apresentada a metodologia proposta para se quantificar os fatores que contribuem para a construção do risco de um dado projeto, incorporando-se tais fatores à sua TMA e ajustando-se, assim, esta taxa ao seu risco total. Ao final do capítulo, são apresentados os resultados da aplicação da metodologia proposta a simulações teóricas. O capítulo 5 apresenta a aplicação da metodologia proposta para os projetos de produção da indústria do petróleo no Brasil. Finalmente, o capítulo 6 apresenta as conclusões e recomendações da dissertação, além de traçar as direções para o prosseguimento da pesquisa neste campo. Ao final do presente trabalho, encontram-se as referências bibliográficas e os anexos.

Capítulo 2

A TOMADA DE DECISÃO SOB CONDIÇÕES DE RISCO NA ATIVIDADE DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL

2.1 - MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO

A primeira descoberta de petróleo no Brasil ocorreu na cidade de Lobato, no Estado da Bahia, em 1939. A partir da criação da Petrobrás, em 1953, a produção de óleo brasileira concentrou-se em campos terrestres. No final da década de 60, a tecnologia existente na atividade exploratória não indicava possibilidades de descobertas importantes de âmbito terrestre, pois as áreas produtoras estavam em adiantado estágio exploratório e as áreas virgens apresentavam dificuldades geológicas até então não solucionadas pela tecnologia exploratória existente. Paralelamente, a primeira crise mundial do petróleo desencadeada em 1973, inserida em um contexto nacional de expansão da economia, impulsionou a descoberta de áreas potencialmente produtoras de hidrocarbonetos localizadas, principalmente, na plataforma continental brasileira, que se mostravam bastante atrativas.

Iniciava-se, assim, a exploração¹ de petróleo em áreas localizadas na plataforma marítima. Paulatinamente, a contribuição da produção marítima em relação à produção total brasileira crescia, a ponto de superar a terrestre. Em meados da década de 80, foram descobertas vultosas acumulações de hidrocarbonetos localizadas em águas ditas profundas. Tais áreas localizavam-se em lâminas d'água acima de 400m, demandando uma tecnologia pioneira de exploração. No início da década de 90, iniciava-se, em caráter piloto, a produção em águas profundas, cuja tecnologia de exploração encontrava-se disponível até a lâmina

¹ O termo exploração é utilizado no ambiente da indústria do petróleo, referindo-se à etapa subsequente à exploração, quando tem início a alocação de recursos específicos para o desenvolvimento de uma determinada jazida de hidrocarbonetos.

d'água de 1.000m. Paralelamente, novas descobertas de grande porte em águas profundas vêm se concretizando, acarretando uma efetiva concentração dos investimentos do segmento de produção em áreas localizadas neste horizonte. Esta situação, dado o seu caráter de inovação, tende a incrementar o risco dos investimentos.

Assim, torna-se importante detectar a quantidade e o nível de investimento² dos projetos terrestres, marítimos até 400m de lâmina d'água, e marítimos acima desta cota batimétrica³, para se administrar o nível de risco. Desta forma, permite-se visualizar a evolução do perfil da carteira de projetos de produção da companhia, com ênfase no período 1994-2002. A carteira de projetos é um sistema dinâmico, que otimiza a entrada em produção dos projetos, atendendo-se às restrições orçamentárias vigentes na companhia. Assim sendo, foram consideradas as seguintes premissas:

- selecionar apenas os projetos de produção de óleo e de gás associado, e não os de gás não associado. Isto se deve ao fato de os projetos de produção de óleo serem mais significativos, visto que somam, no período 1994-2002, 83% do total dos projetos de produção da carteira, e não dependem de uma análise prévia do mercado consumidor.
- selecionar apenas os projetos em processo de implantação ou a implantar que ainda demandam investimentos.
- segregar os projetos em classes quanto ao nível de informação disponível, ou seja, (a) projetos aprovados e aptos a serem implantados ou em implantação, (b) projetos não aprovados, e que: (b₁) demandam recursos, (b₂) demandam estudos, especialmente de reservatórios, (b₃) demandam tecnologia de exploração⁴, e (c) novas descobertas, e que: (c₁) demandam recursos, e (c₂) demandam tecnologia de exploração.
- computar o investimento total requerido nos dez primeiros anos do projeto, a partir do investimento inicial previsto.

² O nível de investimento requerido por um projeto está, usualmente, relacionado ao nível de produção a ser agregado.

³ Denomina-se os projetos de produção marítimos localizados em lâminas d'água até 400m de projetos localizados em águas rasas, e acima desta lâmina d'água, de projetos localizados em águas profundas. Adota-se a lâmina d'água de 400m como fronteira entre os projetos de produção que utilizam o auxílio de mergulhador e aqueles que não utilizam.

⁴ Diz-se que um projeto demanda tecnologia de exploração quando se situa em áreas localizadas em lâminas d'água superiores a 1.000m e/ou envolvem tecnologias específicas, ainda em fase de teste.

As conclusões obtidas do referido levantamento estão descritas a seguir.

1. Em valores médios, ao se analisar o total de projetos de produção de óleo selecionados da carteira de projetos, no período 1994-2002, verifica-se que a parcela referente aos projetos marítimos contempla 44% do total de projetos e demanda 88% do investimento total previsto, onde os projetos localizados em águas profundas englobam a maior parcela do investimento total e o menor número de projetos, conforme apresentado pela Tabela 2.1.

Tabela 2-1 - Parcelas da Quantidade e do Investimento Totais Previstos Referentes aos Projetos Terrestres, em Águas Rasas e Águas Profundas, no Período 1994-2002 (%)

Classes de Projetos	Parcela do Total de Projetos (%)	Parcela do Total de Investimento Previsto (%)
Terrestres	56	12
Águas Rasas	32	21
Águas Profundas	12	67

Fonte: Sistema de Gerenciamento Dinâmico da Carteira de Projetos do Departamento de Produção da Petrobrás, de 29/10/93.

2. Ao se contemplar apenas os projetos de produção de óleo referentes às áreas efetivamente descobertas, para o período 1994-2002, em valores médios, os resultados são ainda mais enfáticos. Os projetos localizados em águas profundas, que refletem 11% do total de projetos, acumulam 84% do investimento total previsto. Os projetos marítimos, por sua vez, acumulam 45% do total de projetos e 94% do total do investimento previsto, conforme apresentado pela Tabela 2.2.

Tabela 2-2 - Parcelas da Quantidade e do Investimento Totais Previstos das Áreas Efetivamente Descobertas, Referentes aos Projetos Terrestres, em Águas Rasas e Águas Profundas, no Período 1994-2002 (%)

Classes de Projetos	Parcela do Total de Projetos (%)	Parcela do Total de Investimento Previsto (%)
Terrestres	55	06
Águas Rasas	34	10
Águas Profundas	11	84

Fonte: Sistema de Gerenciamento Dinâmico da Carteira de Projetos do Departamento de Produção da Petrobrás, de 29/10/93.

3. Ao se analisar a parcela anual de projetos de produção de óleo terrestres, em águas rasas, e em águas profundas, em relação ao total de projetos de produção de óleo selecionados da carteira de projetos, no período 1994-2002, verifica-se que a parcela dos projetos localizados em águas profundas não é significativa no período de 1994-96, mas esta taxa cresce a partir de 1997, conforme apresentado pela Tabela 2.3. Tal fato se deve ao tempo de maturação⁵ requerido pelos projetos, bem como à eventual necessidade de obtenção de financiamento para estes projetos, que requerem elevados montantes de capital.

Tabela 2-3 - Parcelas Anuais do Total de Projetos, Referentes aos Projetos Terrestres, em Águas Rasas e Águas Profundas, no Período 1994-2002 (%)

Ano	Parcela de Projetos Terrestres (%)	Parcela de Projetos em Águas Rasas (%)	Parcela de Projetos em Águas Profundas (%)
1994	73	25	02
1995	61	34	05
1996	55	40	05
1997	39	43	18
1998	60	27	13
1999	14	57	29
2000	55	15	30
2001	33	33	34
2002	36	27	37

Fonte: Sistema de Gerenciamento Dinâmico da Carteira de Projetos do Departamento de Produção da Petrobrás, de 29/10/93.

4. Quando se analisa a parcela anual de projetos de produção de óleo terrestres, em águas rasas, e em águas profundas em relação ao total de projetos de produção de óleo selecionados da carteira de projetos de áreas efetivamente descobertas, os dados confirmam mais acentuadamente o crescimento da proporção de projetos localizados em águas profundas, a partir de 1997, conforme apresentado pela Tabela 2.4. Os dados foram interrompidos no ano 2000, visto que a partir de então a proporção de novas descobertas em relação ao total de projetos torna-se bastante significativa, comprometendo a análise dos resultados.

⁵ No âmbito do Departamento de Produção da Petrobrás, o termo tempo de maturação de um projeto de produção é aplicado ao período de tempo requerido entre a aprovação do estudo de viabilidade técnico-econômica pela Alta Administração da companhia, e a sua entrada em operação.

Tabela 2-4 - Parcelas Anuais do Total de Projetos Localizados em Áreas Efetivamente Descobertas, Referentes aos Projetos Terrestres, em Águas Rasas e Águas Profundas, no Período 1994-2000 (%)

Ano	Parcela de Projetos Terrestres (%)	Parcela de Projetos em Águas Rasas (%)	Parcela de Projetos em Águas Profundas (%)
1994	72	26	02
1995	57	38	05
1996	44	50	06
1997	19	57	24
1998	44	34	22
1999	25	50	25
2000	44	12	44

Fonte: Sistema de Gerenciamento Dinâmico da Carteira de Projetos do Departamento de Produção da Petrobrás, de 29/10/93.

A carteira de projetos de produção de óleo apresenta uma evolução, a partir de meados da década de 90, para as áreas potencialmente produtoras localizadas em águas profundas. Uma questão, portanto, deriva deste estudo. Por serem projetos localizados em áreas com reduzido histórico de produção e por conseguinte menor grau de conhecimento das jazidas produtoras, além da existência de um menor grau de conhecimento acumulado da tecnologia de exploração a ser aplicada, estes projetos possivelmente possuem um maior grau de risco médio relativo, se comparados aos projetos terrestres e mesmo àqueles localizados em águas rasas.

Assim sendo, para o nível tecnológico atual existente, o risco médio da empresa possivelmente está se elevando, devido à contribuição dos novos projetos de produção localizados em águas profundas. Portanto, deve-se estudar a incorporação do conceito de risco na avaliação econômica dos projetos de produção da Petrobrás, visando obter individualmente o retorno mínimo exigido ajustado ao risco total destes projetos.

2.2 - FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

A Petrobrás vem avaliando economicamente seus projetos de produção através do método convencional do fluxo de caixa descontado. É adotado, por sua vez, um valor institucionalizado há duas décadas dentro da empresa, sem vínculos com o risco do projeto, para se descontar seus fluxos de caixa. Este valor é denominado de taxa mínima de atratividade (TMA) da empresa para os projetos de produção, que é utilizada não somente como taxa de desconto dos fluxos de caixa desses projetos, mas como taxa de referência na tomada de decisão por aceitar ou rejeitar os projetos. Verifica-se que tanto as estimativas dos fluxos de caixa do projeto e de suas vidas produtivas, quanto da TMA, devam ser acuradas. A TMA é responsável pela determinação da riqueza da empresa, ao permitir a identificação dos projetos economicamente atrativos, que possibilitam agregar valor incremental à empresa, caso aceitos.

A identificação de uma tendência dos projetos de produção localizarem-se em águas profundas motivou a percepção, supondo o nível tecnológico atual existente, de uma possível elevação do risco médio da empresa. Contudo, a questão é bem mais abrangente. Devido à existência de projetos com diversos graus de risco associados, definidos pelos diferentes tipos de tecnologia de exploração envolvidos, e pelos diferentes graus de conhecimento do comportamento das jazidas, surgem alguns questionamentos com relação à introdução do conceito de risco na avaliação econômica de projetos de produção:

- deve-se continuar avaliando economicamente os projetos de produção da Petrobrás, atualmente tão diversificados, a partir de uma TMA única?
- caso negativo, é possível associar os diferentes graus de risco dos projetos de produção a diferentes TMAs?

Possivelmente, a existência de uma TMA única tem provocado a eliminação de alguns projetos de produção com risco mais reduzido. Assim sendo, deve-se ajustar a TMA de um dado projeto segundo o seu risco.

2.3 - RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A incorporação do tema risco à avaliação econômica de projetos é um ponto capital para se delimitar as fronteiras existentes no universo de oportunidades vislumbradas pela empresa. Neste sentido, a longo prazo será possível quantificar tanto o risco que se esteja correndo ao incorporar tais oportunidades, quanto a riqueza associada ao mesmo. Estas são peças-chave para a sobrevivência estratégica da empresa, que buscará atender a maximização a longo prazo da riqueza dos seus acionistas.

O caminho seria através de uma redefinição dos parâmetros de comparação utilizados na avaliação econômica de projetos de produção da Petrobrás, incorporando-se a visão de risco e de retorno mínimo associado ao risco. Tal processo visa proporcionar melhorias em relação à estrutura vigente, onde a avaliação econômica destes projetos é feita através de uma taxa de desconto única, institucionalizada e disassociada à questão afeta ao risco.

Com relação às vantagens da incorporação do conceito de risco à área de avaliação econômica de projetos, verifica-se, primeiramente, uma adequação do processo de avaliação econômica de projetos, ao se definir as TMAs ajustadas ao risco total dos projetos. Um outro ponto seria a alocação eficiente dos recursos financeiros da companhia, a priori escassos, aos projetos de produção que resultaram da identificação adequada dos projetos que incorporam valor à empresa. A eliminação de tendências para seleção de projetos de produção com maiores retornos e riscos supostamente subavaliados ocorre quando da diferenciação das taxas de desconto ajustadas ao risco. A existência de uma taxa de referência única favorece a que projetos com baixos riscos sejam rejeitados, e projetos com altos riscos sejam aceitos, acarretando em uma subestimação do risco médio que a empresa esteja efetivamente se submetendo, elevando o risco relacionado à sobrevivência da empresa a longo prazo. Finalmente, a diversificação destas taxas proporciona a mensuração adequada da riqueza da empresa, ao se identificar os projetos que efetivamente incorporam valor à empresa, expondo a empresa ao risco que ela deseja correr quando da aceitação destes projetos.

2.4 - OBJETIVOS A ATINGIR

O trabalho está estruturado visando a construção de uma metodologia de apoio à tomada de decisão, incorporando o fator risco à análise econômica de projetos. Para tal, busca-se a diferenciação das TMAs dos projetos de produção da Petrobrás, associadas a diferentes graus de risco. As etapas que compõem tal metodologia ensejam:

- caracterizar o conceito de risco, e o processo de incorporação deste conceito à análise econômica de projetos;
- caracterizar a relevância de se compreender o comportamento e a percepção do risco, dentro do contexto do processo decisório, comparando-os àqueles propostos pela teoria clássica da racionalidade;
- identificar, quantificar e incorporar os fatores de construção do risco à TMA ajustada ao risco total do projeto. Para tal, considera-se a parcela que vislumbra a visão de risco de mercado, associada à questão da liquidez do projeto, e a parcela relacionada ao risco de perdas monetárias potenciais, associada ao risco de estimação dos fluxos de caixa futuros do projeto;
- sugerir implementações à metodologia proposta, e a continuidade dos trabalhos dentro desta área de pesquisa.

2.5 - PRESSUPOSTOS INICIAIS, ALCANCE E LIMITAÇÃO DO ESTUDO

Alguns pressupostos iniciais nortearão a construção da metodologia proposta pela dissertação, estabelecendo, de certa forma, simplificações que permitirão a idealização da metodologia, sem, contudo, comprometer a validade e a base conceptual necessária para a sua aplicação. Tais pressupostos iniciais são:

1. Supor que as parcelas construtivas do risco relacionadas à TMA ajustada ao risco total de um projeto possam explicar o seu risco, através da ótica de mercado associada à questão de liquidez, e pelo risco oriundo das perdas monetárias potenciais, associado às incertezas de estimação envolvidas pelo projeto.
2. Supor a independência entre as parcelas que compõem a TMA ajustada ao risco total.
3. Considerar que os projetos analisados sejam simples, ou seja, que haja apenas uma inversão de sinal ao longo da vida do projeto.
4. Considerar que os projetos possuam vidas finitas.
5. Considerar que haja correlação significativamente positiva entre o risco e retorno, validando-se a teoria apresentada pelo Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM).
6. Considerar que a função utilidade dos decisores seja uniformemente côncava e monotonicamente crescente, visando validar o CAPM.
7. Considerar para a parcela da TMA relacionada às influências de mercado que alguns dos pressupostos básicos e conceitos consagrados pelo CAPM, que passam por uma recente discussão no ambiente acadêmico, devam ser mantidos, e que alguns possam ser relaxados para que a metodologia se ajuste à área de projetos.
8. Considerar que a metodologia adotada para a obtenção da parcela da TMA associada a perdas e à estimação não sofra alterações significativas quando o investimento total do projeto estiver alocado ao longo do tempo. Portanto, supõe-se que a função de perdas seja linear.

9. Supor que no cômputo da parcela associada a perdas e à estimação, a distribuição de probabilidades do valor presente líquido (VPL) possua momentos finitos, onde o valor esperado do VPL seja positivo.
10. Considerar que a empresa sob análise seja preferencialmente de capital aberto, com seu valor determinado pelo mercado, de forma a validar a utilização do coeficiente de risco sistemático (β) para projetos.
11. Considerar que o projeto sob análise possua suas receitas baseadas em preços regidos pelo mercado, de forma a validar a utilização do beta para projetos.
12. Supor que a empresa sob análise trabalhe com a sua carteira de investimentos diversificada, e que a carteira de mercado arbitrada para o referido estudo se encontre sobre a fronteira eficiente, de forma a validar o CAPM.
13. Supor que no cômputo do beta de um projeto se considere somente a existência de capital próprio, caracterizando-se um valor de beta não alavancado.
14. Considerar que a aplicação de uma TMA constante auferida dentro de um contexto de período único e baseada no beta observado para descontar as estimativas de fluxos de caixa, não introduza erros significativos, desde que se considerem os parâmetros de mercado constantes, a validade do CAPM e a habilidade dos gerentes financeiros em estimar os betas de ativos específicos.
15. Supor que ao se descontar os fluxos de caixa previstos por uma TMA ajustada ao risco constante ao longo do tempo, assume-se que o risco cumulativo cresce à uma taxa constante, conforme se direciona ao futuro. Assim sendo, o beta é constante ao longo do tempo, ou seja, o risco por período é constante.⁶
16. Considerar que a noção de multiperiodicidade identificada pela área de orçamentação de capital, em contraposição à premissa de período único dada pela versão clássica do CAPM, não comprometa a validade da adoção de um valor constante para o beta e para a taxa livre de risco.⁷

⁶ Este pressuposto foi citado originalmente por Myers e Turnbull (1977), e Brealey e Myers (1991).

⁷ Este pressuposto foi citado originalmente por Van Horne (1992).

Capítulo 3

REFERENCIAL TEÓRICO

3.1- O PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DO RISCO

Segundo Hertz e Thomas (1983), qualquer empresa, usualmente, procurará reduzir o risco inerente às suas atividades e seus negócios geridos. Primeiramente, a empresa buscará se assegurar de riscos contra o patrimônio físico; em seguida, irá compartilhar e diversificar o risco a ser corrido para, finalmente, criar programas de coleta de informação, que muitas vezes possuem certos custos de obtenção. Apesar dessas atitudes em relação ao risco, a empresa não irá evitar completamente o risco inerente aos possíveis resultados.

Para Moore (1979), algumas formas de diminuição do risco envolvido em projetos se referem à submissão de estudos preliminares, a um sistema de decisão multi-estágio, ou compartilhá-lo através de associações com outras organizações ou indivíduos. Apesar da existência de todas estas alternativas de redução de risco, este não é totalmente eliminado.

3.1.1 - Os Conceitos de Risco

Segundo March e Shapira (1987), a teoria clássica de decisão define o risco como sendo o reflexo da variabilidade ou difusividade da distribuição dos possíveis resultados, de suas probabilidades e de seus valores subjetivos. Segundo Bussey (1978), o conceito de variabilidade dos fluxos de caixa de um projeto é um reconhecimento explícito da incerteza inerente a todo problema de seleção de projetos, que se deve à inabilidade humana de prever e controlar exatamente os valores futuros.

Para Fischhoff, Watson e Hope apud March e Shapira (1987), o termo risco não se refere à imprevisibilidade dos resultados, mas sim à compensação do risco devido a determinados tipos de custos relacionados com a frequência e a severidade dos prejuízos, e os custos monetários referentes a medidas de segurança.

De acordo com Pratt apud March e Shapira (1987), e Arrow apud March e Shapira (1987), o risco pode ser medido pela variância da distribuição de probabilidades dos possíveis ganhos e perdas associadas à uma determinada alternativa.

Para Rothkopf apud Hertz e Thomas (1983), o risco é definido como sendo a possibilidade de perda, prejuízo, desvantagem ou destruição. O risco de um empreendimento se eleva caso a probabilidade de perdas se eleve, ou a magnitude de possíveis perdas se eleve. Portanto, a variabilidade em relação ao lucro ou à uma medida de valor não é per si uma definição adequada do risco, pois o empreendimento pode possuir tanto uma elevada variação com respeito aos lucros potenciais, quanto chances de produzir perdas.

Segundo MacCrimmon e Wherung apud Kahneman e Lovallo (1993), o risco está associado aos resultados negativos, visto que a maioria dos gerentes não trata a incerteza em relação aos resultados positivos. Assim, torna-se mais significativo adotar a magnitude dos possíveis resultados negativos como fator de risco, do que a própria incerteza e a variabilidade dos resultados globais.

Para Slovic apud March e Shapira (1987), o risco percebido pode ser determinado mais provavelmente pela probabilidade de perdas e pelo volume de perdas, do que pela própria variância do jogo envolvido.

Segundo Lohmann e Baksh (1993), risco é a probabilidade de um resultado indesejável. O termo risco de perdas econômicas pode ser utilizado para descrever a probabilidade de não se atingir um retorno-alvo específico, e o risco de ruína pode ser utilizado para descrever o risco de insolvência.

3.1.2 - A Tipologia do Risco

Segundo Hertz e Thomas (1983), na área atuarial o termo risco pode ser diferenciado em duas categorias: riscos ditos puros e riscos especulativos. Os riscos puros ocorrem em empresas cujos resultados potenciais possuem probabilidade de perdas ou não

perdas, ou seja, sem a existência de ganhos potenciais. Os riscos especulativos, por sua vez, envolvem tanto as possibilidades de ganhos, quanto de perdas. As companhias de seguros usualmente julgam o risco em termos de conceitos tais como a máxima perda provável, ou seja, a melhor estimativa da perda que possa ocorrer se o evento acontecer no período sob análise, e a máxima perda possível, isto é, a maior perda que possa ocorrer se o evento acontecer, relacionada à fração extrema da distribuição de perdas potenciais.

Segundo Moore (1979), há três visões distintas do conceito de risco. Primeiramente, o risco, sob um jargão atuarial, é identificado como sendo a máxima perda que o segurador pode incorrer quando aceita determinada proposta. Um segundo significado para o risco se relaciona ao conceito de chance ou probabilidade de ocorrência de fracasso ou perda. Finalmente, o risco está intimamente relacionado à idéia de prêmio pelo risco, ou seja, para um dado risco está associado um prêmio. Nesta última visão, o custo do dinheiro varia de acordo com a classe ou o grau de risco envolvido.

Finalmente, Van Horne (1992), cita que sob a ótica financeira, o risco de um projeto está associado exclusivamente à sua parcela não diversificável, onde existe um prêmio pelo risco gerado pela influência das repercussões do mercado sobre o projeto.

3.1.3 - As Etapas do Processo de Determinação do Risco

A grande questão levantada pela análise de risco de um projeto é a dicotomia existente entre a visão de mercado do projeto, contemplada pela moderna teoria das finanças corporativas, e a visão interna do projeto, vislumbrada a partir da Teoria Prospectiva. Por um lado, supõe-se a oportunidade dos investidores de diversificar, onde busca-se maximizar o valor de mercado do projeto através do cálculo do valor presente líquido (VPL) ajustado ao risco de mercado. Neste caso, ignora-se a existência de fatores de risco não contemplados pelo mercado. Por outro lado, busca-se contemplar somente o risco interno do projeto, identificado através da parcela de perdas monetárias potenciais obtida a partir da análise de risco tradicional. Contudo, não está se inserindo o projeto em um contexto de mercado. As duas visões isoladas, portanto, são insuficientes.

Blitzer, Lessard e Paddock (1984), apresentaram uma visão mais ampla, onde de acordo com a moderna teoria financeira, o risco de um investimento dentro da perspectiva

de um investidor específico, depende de dois fatores: o risco do investimento visualizado por si próprio, e a extensão pela qual o risco pode ser diversificado dentro da carteira do investidor.

A taxa de desconto ajustada ao risco total do projeto, principal foco da presente dissertação, trata da fusão da ótica de mercado do projeto, com a visão interna, que traduz as peculiaridades e imperfeições intrínsecas do projeto. Savvides (1994), citou que a taxa de desconto de um projeto é composta de uma parcela relacionada ao risco sistemático, ou de mercado, e de uma parcela relacionada ao risco não sistemático, ou do projeto.

Segundo Hertz e Thomas (1983), deve-se avaliar o risco associado a um projeto isolado. As firmas usualmente mantêm uma carteira de projetos visando pulverizar o seu risco através da diversificação, de forma que um determinado projeto extremamente arriscado em um nível individualizado, torne-se menos arriscado quando visto dentro da firma como um todo ou no contexto da carteira de projetos. Contudo, o risco necessita ser interpretado tanto em relação a um projeto individualizado, sem se considerar os efeitos da diversificação, quanto dentro do contexto global da firma.

Assim, traçando um paralelo ao exposto por Hertz e Thomas (1983), e de modo a introduzir a visão conciliadora desta dissertação com respeito à avaliação de risco, o processo de determinação do risco deve ser contínuo e recursivo dentro do ambiente de tomada de decisão sobre investimento, envolvendo uma seqüência lógica de passos, conforme visto a seguir.

- **Identificação do Risco:** identificar as principais variáveis que envolvem risco, estimando-se os intervalos de variação dos valores monetários futuros projetados.
- **Avaliação do Risco:** avaliar o risco do projeto, através do desconto dos fluxos de caixa a partir de uma taxa ajustada ao risco total.
- **Julgamento do Risco:** inserir o projeto dentro do contexto estratégico organizacional, julgando a influência de fatores intangíveis sobre a avaliação do risco do projeto.
- **Gerenciamento do Risco:** proceder à uma reavaliação contínua do risco envolvido pelo projeto.

3.1.3.1 - Identificação do Risco

Baseando-se em Hertz e Thomas (1983), a etapa de identificação do risco se resume ao seu diagnóstico. Nesta etapa, procura-se reduzir a incerteza, em termos descritivos, através da sua identificação e do impacto potencial das variáveis que caracterizam o risco no problema sob análise. Assim sendo, busca-se diagnosticar o problema e desenvolver um conhecimento da sua estrutura e do grau de complexidade envolvido. A coleta de informação trabalha como suporte tanto na redução do nível de risco, quanto na solução do problema de decisão enfrentado. Em seguida, são classificados os dados do projeto, especificando-se os relacionamentos entre as variáveis-chave. Nesta etapa, estima-se a distribuição de probabilidades dos eventos e as medidas dos fluxos de caixa do projeto. Assim, busca-se fornecer idéias de quão acurados são os fatores estimados, resultando na obtenção dos limites de variação dos possíveis valores assumidos pelos fluxos de caixa do projeto.

3.1.3.2 - Avaliação do Risco

O primeiro passo na etapa de avaliação do risco de um projeto diz respeito a identificar qual deve ser a medida ou critério de decisão mais apropriado utilizado na etapa de avaliação. Um amplo espectro de variáveis podem se candidatar, como o VPL, a taxa interna de retorno (TIR), e a razão custo-benefício.

Segundo Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), o VPL é um conceito bastante difundido na área de tomada de decisão sobre investimento, por tratar-se, por excelência, de um método de fácil compreensão e de sólida fundamentação teórica. A questão é que as esferas gerenciais das empresas usualmente têm preterido o VPL pela TIR.

Segundo Fensterseifer e Saul (1993), um dos motivos para o prestígio da TIR é que os empresários habitualmente preferem raciocinar em termos de taxa de retorno e não de massa monetária, como é o caso do VPL. Os autores elaboraram uma pesquisa feita em um universo de 132 empresas do setor produtivo brasileiro, no período 1990-91, identificando que a TIR é o instrumento de avaliação mais utilizado pelas empresas, adotado como critério de rentabilidade principal por cerca de metade das empresas respondentes, embora se tenha constatado que é um dos métodos mais trabalhosos e às vezes mal compreendido pelos seus usuários.

Dougherty e Sarkar (1993), elaboraram uma pesquisa em um universo de 108 companhias de petróleo americanas e 25 consultores americanos da área de petróleo. De acordo com as companhias de petróleo, a TIR foi identificada como o critério de rentabilidade principal mais popular, seguido pelo VPL. O VPL, por sua vez, foi o critério de rentabilidade secundário mais popular, utilizado como suporte ao critério principal. Já os consultores reforçaram a posição da TIR, enquanto o VPL não seria o critério de rentabilidade secundário mais popular.

Segundo Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), a TIR é a técnica analítica que consiste no cálculo da taxa de desconto que anula o valor presente líquido dos fluxos de caixa de determinado projeto. O VPL, por seu turno, é o valor presente líquido dos fluxos de caixa do projeto, através da utilização da TMA da empresa ou de determinada atividade, como taxa de desconto. Segundo Pereira (1994), no processo de tomada de decisão, tem-se que em uma situação de mundo ideal, sem incertezas, admitindo a existência de uma taxa livre de risco, a regra para a aceitação de um projeto é que o VPL descontado à taxa livre de risco seja positivo; para a TIR, salvo restrições, seja superior à taxa livre de risco. No caso de uma situação de mundo real, envolvendo incertezas, o critério de aceitação de um projeto envolve um VPL descontado à TMA ajustada ao risco positivo e, salvo restrições, a TIR seja superior à taxa ajustada ao risco. Os dois métodos, VPL e TIR, baseiam-se nos mesmos princípios da equivalência de capitais e conduzem à mesma decisão, à exceção de alguns casos particulares, que são descritos a seguir.

De acordo com Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), a diferença fundamental dentre estas duas técnicas decorre do fato que para projetos simples ou puros¹, o VPL assume reinvestimentos ao custo de capital, enquanto que a técnica da TIR assume que os reinvestimentos se farão à própria TIR. Uma complicação que pode surgir com a TIR é a existência de fluxos de caixa onde quantias positivas e negativas, estabelecidas por pagamentos líquidos e recebimentos, se alternem ao longo dos períodos. Neste caso, segundo a regra de sinais de Descartes para a solução de polinômios, poderá existir mais de uma TIR², dependendo da ordem de grandeza dos fluxos de caixa considerados. Finalmente, outro ponto

¹ Projetos simples ou puros possuem apenas uma única TIR.

² As raízes do polinômio são as taxas internas de retorno do projeto, que somente são aceitas se forem reais e positivas.

delicado na utilização da TIR ocorre com projetos de financiamento³, visto que se a taxa de financiamento for inferior ao custo do capital da empresa, o projeto é rejeitado, sendo, contudo, viável. No caso de se combinar projetos, o VPL total pode ser obtido a partir do princípio da aditividade, adicionando-se os VPLs individualizados, enquanto que tal princípio não se estende à técnica da TIR.

Em situações de conflito TIR versus VPL, qual das duas técnicas deve ser selecionada? Segundo Weston e Brigham *apud* Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), assumindo-se que o objetivo é o de maximizar o valor da empresa, a decisão correta é selecionar o projeto com o maior VPL.

De acordo com Brealey e Myers *apud* Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), sob a ótica financeira, o VPL permite que milhares de acionistas, que têm uma enormidade de diferenças entre níveis de riqueza e atitudes frente ao risco, participem de uma mesma empresa e deleguem sua operacionalização a um profissional, através de uma simples instrução: "Maximizem o Valor Presente!". Assim sendo, a decisão final sobre investimento envolve somente um único número, o VPL, por ser o critério suficiente e mais adequado na tomada de decisão sobre investimento, cujo objetivo é o de maximizar a riqueza dos acionistas.

A partir da escolha do VPL como critério de decisão por aceitar ou rejeitar um dado projeto, busca-se identificar a taxa mínima de atratividade (TMA) ajustada ao risco total do projeto. Esta taxa será utilizada no desconto dos fluxos de caixa futuros do projeto. Assim, ao se utilizar taxas ajustadas ao risco, o VPL resultante identifica o efeito líquido marginal de um projeto ao valor da firma. A metodologia proposta para a obtenção da TMA ajustada ao risco total de um projeto será exposta no próximo capítulo.

3.1.3.3 - Julgamento do Risco

Segundo Hertz e Thomas (1983), há um sem número de pontos que se apresentam quando se julga o valor de um projeto. Não só se está ciente do efeito mais provável do impacto do VPL no valor da firma, mas também da influência de fatores intangíveis, não mensuráveis. Tais fatores se relacionam a aspectos estratégicos organizacionais, isto é, fatores competitivos, o desejo de desenvolver competências

³ Projetos de financiamento são aqueles que contemplam inicialmente recebimentos, e em seguida, pagamentos.

organizacionais particulares, fatores sociais, entre outros, bem como à inabilidade de se planejar o futuro satisfatoriamente. O julgamento gerencial é, portanto, usualmente considerado como uma importante etapa do processo de tomada de decisão.

3.1.3.4 - Gerenciamento do Risco

O gerenciamento do risco de um projeto supõe que em condições de mundo real, por não se conhecer antecipadamente os valores dos fluxos de caixa de um projeto, ocorrem desvios entre os valores estimados e os realizados.

Tradicionalmente, as abordagens utilizadas para o gerenciamento do risco envolvem técnicas tais como a análise de sensibilidade, a análise de cenários, a análise de incerteza, a análise de risco, e a árvore de decisão.

Segundo Savvides (1994), a análise de sensibilidade envolve mudanças no valor de uma variável, supondo as demais constantes⁴, visando testar o impacto no resultado final. Portanto, a análise de sensibilidade é utilizada para se identificar as variáveis mais importantes e sensíveis do projeto. A questão é que a análise de sensibilidade, ao ser aplicada uniformemente em um número de variáveis do projeto, não considera quão realista ou irrealista é a alteração projetada no valor de uma variável testada.

De forma a permitir que a análise de sensibilidade venha a projetar resultados significativos, a análise de incerteza incorpora o conhecimento do tipo e da magnitude da incerteza às variáveis a serem testadas. A análise de incerteza é utilizada para selecionar as variáveis de risco.

A análise de cenários discretos vem para amenizar uma das limitações da análise de sensibilidade, ao permitir uma alteração simultânea dos valores de um certo número de variáveis-chave do projeto, gerando a construção de um cenário alternativo para o projeto. Usualmente, são apresentados cenários otimista e pessimista. Cabe ressaltar que ao se alterar o valor de somente uma variável do projeto, pode-se criar um cenário irrealista, pois a variável pode estar correlacionada com outras variáveis. Assim, não se garante que a realidade esteja perfeitamente representada através dos cenários gerados.

⁴ O termo *ceteris paribus* não se aplica devido à interdependência existente entre as variáveis (Pereira (1994)).

Tanto a análise de sensibilidade, a análise de incerteza, quanto a análise de cenários, são testes estáticos. Já a análise de risco trabalha com a construção de cenários contínuos, sendo, portanto, uma análise dinâmica. A análise de risco pode ser definida como sendo uma metodologia na qual a incerteza envolvendo as principais variáveis projetadas em um modelo de previsão é processada visando estimar o impacto do risco nos resultados projetados.

A análise de risco, identificada pela Simulação de Monte Carlo, é apresentada por Hertz e Thomas (1983), consistindo em uma seqüência de passos conforme a seguir.

- determinar a distribuição de probabilidades para cada variável;
- especificar as correlações existentes entre as variáveis;
- selecionar aleatoriamente valores para cada variável;
- calcular o retorno;
- repetir o processo até se obter a curva de distribuição conjunta de probabilidades da variável decisória, também denominada de perfil de risco do projeto.

Segundo Savvides (1994), os resultados da aplicação da análise de risco leva a uma análise mais aprofundada do problema, através da interpretação de uma série de medidas baseadas no conceito do valor esperado. Os resultados são o valor esperado do retorno, o desvio-padrão, o custo da incerteza, a razão de perda esperada, e o coeficiente de variação. O custo da incerteza ou o valor da informação é um conceito que ajuda a determinar a máxima quantidade monetária que se está preparado a pagar para se obter informação visando reduzir a incerteza do projeto. Portanto, o custo da incerteza reflete a capacidade de se estimar o benefício esperado resultante da aquisição de informação adicional, decidindo ou pelo adiamento da decisão de aceitar ou rejeitar um projeto e buscar novas informações, ou pela decisão imediata. A razão de perda esperada é dada pela razão entre a perda esperada e o valor esperado do projeto. O coeficiente de variação, por sua vez, é dado pela razão entre o desvio-padrão e o valor esperado do projeto.

Apesar da riqueza das informações fornecidas pela análise de risco, esta não é amplamente utilizada. Hertz e Thomas (1983), e Savvides (1994), citaram as desvantagens em se utilizar a abordagem do perfil de risco do VPL, tais como:

- as mudanças nos valores dos fluxos de caixa de um projeto geralmente causam mudanças mais do que proporcionais nos valores do VPL;
- a escolha de uma determinada taxa de desconto afeta o valor esperado e o desvio-padrão do perfil de risco do VPL do projeto. As taxas de desconto mais altas tendem a reduzir o desvio-padrão pois, intuitivamente, taxas de desconto mais altas implicam que a firma exija maiores prêmios pelo risco para compensá-lo;
- gerentes usualmente acham difícil compreender a natureza do risco quando confrontados com o perfil de risco do VPL de um projeto. Por exemplo, o espectro de variação de VPLs poderá destruir sua credibilidade como critério de escolha. É comum ouvir gerentes argüírem o que fazer com o perfil de risco do VPL de um projeto;
- a existência da dificuldade em se estimar a distribuição de probabilidades das variáveis envolvidas;
- a existência da dificuldade em se especificar a correlação entre as variáveis. Duas ou mais variáveis estão correlacionadas entre si, caso estas tendam a variar conjuntamente de forma sistemática. A existência de variáveis correlacionadas entre si pode distorcer os resultados da análise de risco. Uma forma prática de se solucionar este problema é através da identificação das variáveis correlacionadas entre si, impondo previamente ao modelo o relacionamento entre as variáveis. Assim, não haverá cenários irrealistas resultantes;
- não há sempre uma regra de decisão única, ao se confrontar com o perfil de risco do VPL de um projeto, visto que esta dependerá da taxa de compensação entre o risco e o retorno esperado. Assim, caso haja valores negativos para o perfil de risco do VPL, a decisão é subjetiva, dependendo da atitude do investidor frente ao risco. Ao se comparar alternativas mutuamente exclusivas, a análise do perfil de risco é conclusiva se e somente se houver uma alternativa dominante⁵. Caso contrário, a decisão torna-se subjetiva, dependendo também da atitude do investidor frente ao risco;

⁵ A dominância de uma alternativa ocorre quando a sua curva de distribuição de probabilidades acumulada apresenta sempre um retorno mais elevado, para qualquer nível de probabilidade. Neste caso, não há ponto de interseção entre as curvas de distribuição de probabilidades acumuladas das alternativas (Savvides (1994)).

- os modelos utilizados na análise de risco amplificam a habilidade preditiva que os modelos têm da realidade. A acurácia das previsões, portanto, pode no máximo ser tão boa quanto a capacidade preditiva do modelo empregado.

Savvides (1994), apresentou as vantagens da análise de risco, conforme visto a seguir:

- melhorar a tomada de decisão de projetos marginais. Projetos que possuem valor esperado do VPL positivo, mas com elevadas probabilidades de perda de VPL, por serem excessivamente arriscados, não são preferíveis a projetos que possuam o valor esperado do VPL mais reduzido, associado a reduzidas probabilidades de perdas;
- apresentar novas idéias aos projetos, auxiliando na identificação de oportunidades de investimento. Antes de que qualquer despesa seja incorrida na busca de informação necessária para um estudo de viabilidade completo, é possível aplicar a análise de risco, alargando as margens de incerteza das variáveis-chave do projeto para que se reflita a falta de dados;
- realçar as áreas do projeto que necessitam informação adicional, além de direcionar a coleta de informação;
- auxiliar a reformulação de projetos, visando adequá-los às atitudes, exigências e predisposições do investidor;
- induzir a um reexame cuidadoso da estimativa obtida pela avaliação determinística. A necessidade em se definir e apoiar premissas explícitas quando da aplicação da análise de risco vem a forçar o analista a revisar criticamente o cenário adotado como referencial;
- auxiliar na redução de tendências da avaliação de projetos ao eliminar a necessidade de estimativas conservadoras, como forma de refletir as expectativas de risco e predisposições do analista;
- facilitar a utilização plena de especialistas, que usualmente preferem expressar seu conhecimento em termos de probabilidades, mais do que comprimir sua opinião em termos de um valor único;

- reduzir a falta de comunicação entre o analista e o decisor;
- suprir a estrutura de avaliação das estimativas resultantes do projeto. A análise de risco é uma metodologia que facilita testes empíricos;
- prover a informação necessária que facilita uma alocação mais eficiente e um gerenciamento do risco entre as várias partes envolvidas pelo projeto.

Segundo Brealey e Myers (1991), a simulação deve ser considerada como sendo uma das formas para se obter informação sobre os fluxos de caixa esperados e o risco de um projeto. Assim, as abordagens alternativas para se utilizar a simulação se relacionam não à distribuição dos fluxos de caixa, mas sim às distribuições de VPLs ou das TIRs.

No caso de se utilizar a distribuição de VPLs, os fluxos de caixa de cada iteração do modelo de simulação são transladados para o valor presente líquido, descontando-se à taxa livre de risco. Não se deve descontá-los, contudo, ao custo de oportunidade de capital, porque assim evita-se pré-julgar o risco. Lowelen e Long (1972) identificaram que a taxa de desconto a ser utilizada na execução das simulações do VPL é a taxa livre de risco. Se ao se descontar os fluxos de caixa, visando o cálculo dos VPLs, à uma taxa que exceda a taxa livre de risco, como por exemplo, o custo de oportunidade de capital da firma, um ajuste duplo e impróprio para a incerteza seria imposto sobre o projeto. Como a taxa livre de risco não é o custo de oportunidade de capital, não há fundamentação econômica para a tomada de decisão baseada em tal processo de desconto. Alternativamente, pode-se utilizar a distribuição das TIRs, evitando-se descontar os fluxos de caixa à uma taxa arbitrada, porém são introduzidos todos os problemas associados a este critério de decisão.

De acordo com Pereira (1994), a árvore de decisão, por sua vez, é uma técnica empregada na análise de projetos nos casos em que haja uma seqüência de eventos incertos possíveis de ocorrer e decisões a serem tomadas ao longo do tempo. A regra de decisão consiste em escolher a alternativa que maximize o valor monetário esperado, obtido através da multiplicação das probabilidades de ocorrência de cada evento pelo seu resultado monetário. Esta técnica, contudo, possui uma grande desvantagem ao não diferenciar o risco das alternativas.

Uma abordagem mais recente para o gerenciamento do risco foi desenvolvida por Ensslin e Ensslin (1994), denominada de análise variacional. Trata-se de uma técnica

analítica, que prescinde da utilização de simulação. A sua principal vantagem em relação às demais refere-se à identificação das repercussões físicas e econômicas mais significativas no processo decisório, detectando-se, assim, quais as variáveis que mais contribuem dentro do processo, possibilitando a definição de uma política de risco adequada para a empresa.

3.2 - A TEORIA CLÁSSICA DA PREFERÊNCIA E A RACIONALIDADE DOS DECISORES

A partir da teoria da utilidade desenvolvida por Von Neumann e Morgenstern apud Mao (1971), foi definido que a utilidade é o número utilizado pelo decisor para medir o valor de retornos monetários variando em grau de incerteza. Quando os retornos monetários associados com as ações alternativas são incertos, o decisor alcança sua mais elevada escala de preferências se seguir a ação que maximizar a utilidade esperada.

O índice de utilidade de Von Neumann e Morgenstern (N-M) deve ser tanto distinguido do conceito de utilidade cardinal apresentado por Marshall apud Mao (1971), quanto do conceito de utilidade ordinal considerado por Allen e Hicks apud Mao (1971).

Para Marshall e outros teóricos da utilidade cardinal, utilidade é uma quantidade psíquica mensurável e quantificável. O indivíduo supostamente estaria habilitado a sentir que certa quantidade de determinado elemento lhe fornece certo número de unidades de satisfação, e que cada elemento adicional lhe fornece sucessivamente menos satisfação, traduzindo-se pelo conceito da utilidade marginal decrescente, do qual derivou a inclinação negativa da curva de demanda introduzida pela teoria do consumidor. Esta interpretação cardinal e hedonista da utilidade introduziu a interpretação *behaviourista* ordinal da utilidade na década de 30. Já em 1934, Allen e Hicks construíram a teoria do comportamento do consumidor sem assumir que a utilidade fosse uma quantidade mensurável. A teoria se baseava meramente na premissa de que o consumidor possuía uma escala de preferências na qual hierarquizava o grau de desejabilidade de diferentes bens. A utilidade era algo que o consumidor hierarquizava mais do que media. Para Strotz apud Mao (1971), a abordagem ordinal da utilidade seria simplesmente um rótulo conveniente para o valor explícito de uma função que descrevesse o comportamento do consumidor.

Segundo Mao (1971), o conceito de utilidade desenvolvido por N-M cresceu da tentativa de se construir uma teoria do comportamento racional. No esforço de compreender o decisor sob condições de incerteza, N-M conceberam a idéia de avaliar a atratividade de qualquer negócio arriscado ao fixar a utilidade do equivalente certo, calculada a partir da média ponderada das utilidades resultantes dos diferentes resultados possíveis, com as probabilidades atuando como pesos. Quando o decisor se depara com ações que prometem

diferentes conjuntos de resultados incertos, este deverá adotar a ação que maximizar a utilidade esperada.

Mais especificamente, N-M apresentaram que sob certas premissas, um indivíduo possui uma função utilidade com as seguintes propriedades:

1. Se o resultado A é preferível ao resultado B, então a utilidade de A é superior à de B, ou seja, $U(A) > U(B)$, e vice-versa.
2. Se um indivíduo possui um bilhete de loteria L que leva a um retorno de A, com uma probabilidade p, e um retorno B com uma probabilidade (1-p), então a utilidade da loteria é computada através da fórmula: $U(L) = p U(A) + (1-p) U(B)$.

A propriedade 1 estabelece que a utilidade cresce ou decresce conforme um resultado se torne mais ou menos atrativo. A propriedade 2, por sua vez, estabelece que a utilidade de uma loteria é simplesmente a média ponderada das utilidades dos resultados, com as probabilidades identificadas como pesos. Quando diferentes ações prometem diferentes conjuntos de resultados incertos, a política ótima é escolher a ação que maximize a utilidade esperada do decisor.

Segundo De Groot (1970), ao se escolher um entre diversos jogos, especialmente caso o jogo ocorra uma única vez, o decisor irá preferir aquele com a mais alta utilidade esperada. Sua escolha não dependerá de qualquer argumento, de longo prazo, mas simplesmente será uma consequência da definição de utilidade. Se os jogos são considerados repetidamente, então o ganho total da seqüência global de jogos deveria ser considerado como a recompensa de um jogo maior composto, e a seqüência preferida dos jogos deve ser aquela que leve à mais alta utilidade esperada do ganho total. Usualmente, tal seqüência de jogos será diferente daquela que é obtida ao se considerar, em cada estágio, o jogo com a maior expectativa de ganho.

De acordo com Mao (1971), as diferenças fundamentais entre N-M e seus predecessores com relação ao conceito de utilidade refere-se ao fato de a utilidade de N-M ser mensurável. O que há de comum entre a utilidade de N-M e a utilidade cardinal de Marshall é que a última se baseia na utilidade como sendo a quantidade psicológica para medir dor e prazer, segundo uma escala arbitrária escolhida pelo decisor, enquanto a primeira é um índice numérico para avaliar negócios arriscados.

Na construção da função utilidade de N-M, o primeiro passo na aplicação da teoria da utilidade é determinar as utilidades dos resultados associadas aos negócios arriscados. Para tal, requer-se demonstrar como um indivíduo pode utilizar a propriedade 2 da função utilidade para derivar sua própria função utilidade monetária.

Considerando-se um bilhete de loteria como referência, aquele que o possui pode esperar um resultado da ação A com uma probabilidade p , e um resultado da ação B com uma probabilidade complementar $(1-p)$. O resultado de A representa a mais elevada soma positiva, e de B a mais elevada soma negativa. Arbitra-se uma utilidade unitária ao resultado de A e uma utilidade nula ao resultado de B. A partir dos valores de referência arbitrados, todos os demais pontos da função utilidade são computados de forma consistente com as propriedades da função utilidade. Caso se deseje determinar a utilidade do decisor para uma soma sem risco, identifica-se o conjunto de valores de p e de $(1-p)$ na referida loteria para que seja indiferente entre o bilhete de loteria e a soma sem risco, esta última identificada como sendo o equivalente certo da loteria. De modo a não correr riscos, o decisor está disposto a pagar um prêmio máximo pelo risco.

A atitude conservativa do decisor frente ao risco pode ser traçada a partir da forma da função utilidade, cuja análise formal foi desenvolvida por Tobin *apud* Mao (1971). Primeiramente, expressa-se a função utilidade do investidor com a notação $U = U(W)$. Ademais, assume-se que a função densidade de probabilidades de W pode ser descrita a partir de dois parâmetros: a média (μ), e o desvio-padrão (σ) de W , respectivamente. Assim, a utilidade esperada pode ser descrita por:

$$E(U) = \int_{-\infty}^{+\infty} U(W) f(W, \sigma, \mu) dW \quad (3.1)$$

O lugar geométrico dado pelos pares de pontos (μ, σ) que produzem uma utilidade esperada constante, é denominado de curva de indiferença. Trata-se também da função de equivalente certo, já que o intercepto horizontal de qualquer curva de indiferença define o equivalente certo de todos os outros pontos sobre esta curva. Ao se diferenciar a Equação (3.1), com relação a σ , Tobin encontrou que se a utilidade marginal da riqueza é positiva e se esta decresce com a riqueza, então qualquer curva de indiferença deve necessariamente possuir uma declividade positiva e ser côncava. Assim, $U'(W) > 0$ e $U''(W) < 0$ implicam que $d\sigma / d\mu > 0$, e $d^2\sigma / d^2\mu < 0$. Ademais, as derivadas parciais da utilidade

esperada em relação a σ e a μ são negativa e positiva, respectivamente, ou seja, a utilidade esperada se eleva com o retorno, e se reduz com o risco. Combinando-se estes resultados, produz-se um conjunto de curvas de indiferença, onde cada curva de indiferença representa um grau de utilidade esperada mais elevado do que a curva imediatamente abaixo.

Pode-se apresentar uma demonstração a respeito de a função utilidade do investidor ser quadrática, para toda e qualquer distribuição de probabilidades. Através de uma transformação linear, qualquer função utilidade quadrática pode ser escrita como $U(W) = W - AW^2$. A utilidade marginal decrescente implica que $-2A < 0$, e portanto a constante A deve ser positiva. O fato de a utilidade marginal ser sempre positiva implica que $1 - 2A > 0$, e portanto W deve ser menor do que $1 / 2A$. Assim sendo, o valor esperado de $U(W)$ é dado por:

$$E(U(W)) = \mu - A(\mu^2 + \sigma^2) \quad (3.2)$$

onde μ e σ são, respectivamente, a média e o desvio-padrão de W , e a constante A o fator de aversão ao risco. Ao examinar a forma de qualquer curva de indiferença, diferencia-se a Equação (3.2) parcialmente em relação a μ , mantendo a utilidade esperada constante. Assim:

$$d\sigma / d\mu = 1 - 2A\mu / 2A\sigma; \quad d^2\sigma / d^2\mu = -1 / \sigma \quad (3.3)$$

A expressão $2A\sigma$ é claramente positiva. Desde que W , e portanto μ , deva ser menor do que $1 / 2A$, a expressão $1 - 2A\mu$ é também positiva. Portanto, $d\sigma / d\mu > 0$, e $d^2\sigma / d^2\mu < 0$, o que indica que as curvas de indiferença possuem inclinação positiva e são côncavas. Deve-se observar que a relação $1 - 2A\mu = dE(U) / d\mu$ é positiva, e a relação $-2A\sigma = dE(U) / d\sigma$ é negativa, e conseqüentemente, a utilidade esperada varia diretamente com o retorno, e inversamente com o risco.

Desta forma, a inclinação positiva das curvas de indiferença indica que ao se defrontar com investimentos com o mesmo retorno esperado, o decisor escolherá o de menor desvio-padrão. Da mesma forma, o decisor que se defrontar com investimentos com o mesmo desvio-padrão escolherá o de maior retorno esperado. Portanto, um decisor ao seguir estas duas regras é dito racional, onde suas escolhas refletem suas atitudes de aversão em relação ao risco. O fator A representa o grau de concavidade das curvas de indiferença e representa,

assim, o grau de aversão ao risco do decisor, onde quanto maior for A, maior será a aversão ao risco do decisor.

Segundo Pereira (1994), definida a função utilidade $U(X)$ para o indivíduo, a regra de decisão seria de maximizar a utilidade esperada. A questão reside, portanto, na operacionalização deste critério, devido à dificuldade na obtenção das curvas de utilidade do investidor. No caso de decisões corporativas, o fato se agrava, visto se requerer uma função utilidade de grupo.

3.3- A ANÁLISE DO PROCESSO DECISÓRIO: DISCREPÂNCIAS FRENTE À RACIONALIDADE CLÁSSICA

Segundo Kahneman e Lovallo (1993), os decisores tratam os problemas de decisão isoladamente, evitando uma auditoria a posteriori, e baseando-se em estatísticas do passado e nas oportunidades futuras. Assim, os decisores tendem a traduzir as previsões dos resultados futuros em planos e cenários que muitas vezes podem obter mais sucesso do que os próprios resultados passados, acarretando em previsões otimistas. Por outro lado, ao se enfrentar oportunidades arriscadas isoladamente, os decisores preferem evitar o risco e descartam, conseqüentemente, algumas destas oportunidades.

Ao se tratar da avaliação do desempenho organizacional e do comportamento decisório, verifica-se que a análise cognitiva difere tanto do modelo clássico da racionalidade, quanto da visão gerencial das suas próprias atividades. O modelo clássico racional descreve as decisões corporativas como sendo escolhas entre jogos que possuem resultados financeiros, onde os julgamentos das probabilidades estão condicionados aos valores históricos e ao nível de informação agregada⁶ e que as escolhas maximizam a utilidade esperada.

Segundo March e Shapira (1987), os gerentes rejeitam esta interpretação do seu papel, preferindo visualizar o risco como sendo um desafio a ser transposto pelo exercício da habilidade e da escolha, ou mesmo um compromisso em busca de um objetivo. Apesar de os gerentes não negarem a possibilidade de fracasso, se autodenominam agentes prudentes e determinados, rejeitando a imagem de jogadores, visto que existe uma diferença sutil entre jogar, onde os números são exogenamente determinados e incontroláveis, e correr riscos, onde a habilidade e a informação poderão reduzir as incertezas. Os gerentes acreditam que o risco é passível de gerenciamento, onde os números podem ser alterados e o processo probabilístico controlado. A confiança gerencial, caracterizada pela experiência, se baseia nas possibilidades de uma decisão a posteriori para reduzir o risco. Os gerentes acreditam que podem controlar o destino, ou seja, os eventos e os indivíduos. Desta feita, os gerentes aceitam os riscos, em parte, porque eles não esperam lidar com os mesmos.

⁶ O decisor desenvolve seu raciocínio segundo a Teoria de Bayes, via atribuição de valores relevantes às suas preferências, através da estimativa de probabilidades.

De acordo com Kahneman e Lovallo (1993), a análise cognitiva aceita a escolha entre jogos como sendo um modelo decisório, mas não adota a racionalidade clássica como uma hipótese fechada. A metáfora do jogo é adequada, porque as conseqüências da maioria das decisões são incertas, e porque cada opção poderia, a princípio, ser descrita como uma distribuição de probabilidades dos resultados. Entretanto, mais do que supor que os decisores sejam previsores Bayesianos e ótimos jogadores, deve-se aproximá-los a tendências conflitantes entre si, estabelecidas entre um injustificado otimismo e uma insensata aversão ao risco. É a negação otimista das incertezas não controláveis que contribui para uma auto-avaliação dos decisores baseada na prudência ao correrem riscos e na rejeição dos jogos como modelo descritivo de suas atitudes.

Inicialmente, são apresentadas três hipóteses sobre as preferências individuais por oportunidades que envolvem risco.

A primeira hipótese é trivial: segundo Pratt apud March e Shapira (1987), Arrow apud March e Shapira (1987), e Ross apud March e Shapira (1987), a maioria dos indivíduos é avessa ao risco, normalmente preferindo um equivalente certo a um jogo de igual valor esperado, e um jogo de baixa variância a um jogo mais arriscado. Há duas exceções quanto à aversão ao risco. Primeiramente, a maioria dos indivíduos deseja pagar mais por bilhetes de loteria do que o seu valor esperado. Em segundo lugar, para Kahneman e Tversky apud Kahneman e Lovallo (1993), e Fiegenbaum (1990), as escolhas individuais têm mostrado que os gerentes, como quaisquer outros indivíduos, são propensos ao risco no domínio das perdas, e em situações de oportunidades favoráveis com probabilidades conhecidas, prevalece a aversão ao risco. Uma possível exceção é o estudo feito por Wehrung apud Kahneman e Lovallo (1993), que verificou as preferências neutras ao risco para oportunidades favoráveis em uma amostra de executivos pertencentes às companhias de petróleo. Segundo March e Shapira (1987), a teoria clássica da decisão assume que os decisores avessos ao risco preferem riscos relativamente baixos e estão dispostos a sacrificar algum retorno esperado, visando reduzir a variação dos possíveis resultados. Já os decisores propensos ao risco preferem riscos relativamente altos, e estão dispostos a sacrificar algum retorno esperado, visando elevar tal variação.

A interpretação da teoria clássica da racionalidade para a aversão ao risco é de decréscimo da utilidade marginal de ganhos. Para Kahneman e Tversky apud Kahneman e Lovallo (1993), a Teoria Prospectiva ou Teoria do Comportamento Decisório surge para

desenvolver uma melhor compreensão dos processos decisórios na obtenção das preferências dos decisores, introduzindo três causas ao conceito de aversão ao risco: o efeito certeza, o efeito referência, e a aversão a perdas.

O efeito certeza apresenta uma discrepância acentuada entre os pesos atribuídos a ganhos certos e a ganhos altamente prováveis, quando da avaliação de oportunidades. Em um estudo recente de preferências feito por Kahneman e Tversky apud Kahneman e Lovallo (1993), o peso atribuído à uma decisão com probabilidade de 95% foi de, aproximadamente, 80%.

O efeito referência, por sua vez, considera que atributos, como o dinheiro, são mais freqüentemente percebidos e avaliados em relação a algum ponto de referência - o *status quo*, por exemplo, que para a teoria da utilidade está relacionado ao ponto de valor monetário nulo. Isto leva à consideração de a função utilidade não ser monotonicamente crescente. Segundo Fiegenbaum (1990), a Teoria Prospectiva supõe que o decisor primeiramente reduz cada alternativa de determinado problema decisório em uma série de prospectos ou oportunidades, e então avalia cada oportunidade de acordo com uma função de valor que é hipoteticamente sigmóide, centrada no ponto de referência. Para Kahneman e Tversky apud Kahneman e Lovallo (1993), a curva sigmóide está associada à importância do ponto de referência na tomada de decisão.

A aversão a perdas ou, segundo Bell apud March e Shapira (1987), a aversão a arrependimentos, se refere à observação de que perdas e desvantagens são ponderadas com maior peso do que ganhos e vantagens. Desta feita, um comportamento de pessimismo defensivo, definido por Norem e Cantor apud Hogarth e Einhorn (1990), é caracterizado através de uma superestimação das probabilidades de perdas e uma subestimação das probabilidades de ganhos, onde o valor absoluto dos possíveis resultados afeta o grau de super e subestimação. Segundo Samuelson e Zeckhauser apud Kahneman e Lovallo (1993), a aversão a perdas afeta a decisão de inúmeras maneiras, tanto em contextos sem risco quanto nos arriscados, favorecendo a inação à ação, o *status quo* às alternativas, porque as desvantagens destas alternativas são avaliadas como perdas e são, portanto, ponderadas mais acentuadamente do que as suas vantagens. Assim, verifica-se que a aversão a perdas favorece fortemente a se evitar riscos.

De acordo com Kahneman e Lovallo (1993), uma segunda hipótese sobre as atitudes frente ao risco é que, em primeira instância, os indivíduos são proporcionalmente avessos ao risco.

Em um estudo feito por Swalm apud Kahneman e Lovallo (1993), foram medidas as funções utilidade dos gerentes, onde observou-se que tais funções associadas a diferentes níveis eram praticamente similares, quando expressas dentro de seus níveis hierárquicos. Para a teoria clássica da racionalidade, há praticamente tanta aversão ao risco quando os valores envolvidos são reduzidos ou elevados. Isto é insensato, pois, primeiramente, os pequenos jogos não comprometem a sobrevivência da empresa e por serem mais usuais, contribuem para uma visão de carteira de redução do risco.

Segundo Kahneman e Lovallo (1993), a terceira hipótese supõe que os indivíduos tendem a considerar as decisões sem ponderar a dimensão tempo, geralmente isolando o problema corrente de outras escolhas que possam estar pendentes também de futuras oportunidades, para se tomar decisões similares.

No caso de estruturas decisórias restritas, verifica-se que há aversão ao risco quando as opções são favoráveis, e propensão ao risco, quando as opções são adversas. Ao se combinar as opções, pode-se alterar a decisão originalmente feita para as opções isoladas. Assim, um decisor que é avesso ao risco em algumas situações e propenso ao risco, em outras, pode produzir uma atenuação dos resultados com a combinação final. As atitudes proporcionais frente ao risco, mesmo em situações de mais extrema aversão ao risco existente em problemas individuais, praticamente desaparecem quando os jogos são considerados como parte da carteira.

A visão ampla dos problemas decisórios é uma exigência essencial para a tomada de decisão racional. Há diversos caminhos para a ampliação da estrutura decisória. Por isso, os analistas de tomada de decisão comumente argumentam que escolhas concorrentes deveriam ser agregadas antes de a decisão ser tomada, e que os resultados deveriam ser avaliados em termos de ativos finais ou riqueza, mais do que em termos de ganhos e perdas associados com cada movimento. Ao não se incluir as estimativas de ganhos futuros com risco na avaliação da riqueza, pode-se levar a decisões subótimas.

Nota-se que decisões sobre jogos individuais não serão indefinidamente proporcionais ao risco quando os jogos são avaliados no contexto de uma carteira, mesmo se a

função utilidade possuir tal propriedade. A atitude comum para a aversão ao risco e a perdas proporcional acarreta em uma política de risco que rapidamente aborda a neutralidade, conforme a carteira é estendida. A idéia de que "*se ganha um pouco e se perde um pouco*" é um antídoto para estimular a estruturação restrita.

Quando os indivíduos se deparam com as oportunidades, eles tendem a estruturar o problema de decisão de forma restrita, possuem atitudes quase-proporcionais frente ao risco, e são, conseqüentemente, excessivamente avessos ao risco em situações que envolvam pequenas decisões, onde se ignora o efeito da agregação.

Serão estendidas as idéias acima descritas às decisões afetas ao ambiente organizacional, a partir do questionamento se dentro deste contexto irá se elevar ou inibir a aversão ao risco, a estruturação restrita e a quase-proporcionalidade.

Difícilmente os fatores que produzem aversão ao risco na avaliação individual serão neutralizados no contexto das decisões corporativas. Para MacCrimmon e Wehrung apud Kahneman e Lovallo (1993), ao se tentar medir a utilidade que os gerentes estabelecem a ganhos e perdas para as suas firmas, verifica-se que o princípio dos valores marginais decrescentes se aplica a estes resultados. A subestimação dos pesos dos prováveis ganhos em comparação aos equivalentes certos, denominado de efeito certeza, é pouco provável de ser eliminado nas decisões gerenciais.

Para Kahneman e Lovallo (1993), talvez a mais importante causa de aversão ao risco é a aversão a perdas, ou seja, a discrepância entre os pesos fixados para as perdas e os ganhos na avaliação das oportunidades. A aversão a perdas não é atenuada quando as decisões são tomadas no âmbito organizacional. As evidências indicam que as pressões de contabilização e de responsabilidade pessoal elevam o desvio do *status-quo* e outras manifestações de aversão a perdas.

De acordo com Tetlock e Boetger apud Kahneman e Lovallo (1993), os decisores se tornam mais avessos ao risco quando eles têm a expectativa de que as suas escolhas venham a ser revisadas por outrém e, segundo Viscusi, Magat e Huber apud Kahneman e Lovallo (1993), os decisores são extremamente relutantes em aceitar a responsabilidade até mesmo para um pequeno aumento na probabilidade de falha. Swalm apud Kahneman e Lovallo (1993), identificou que os gerentes parecem ter uma excessiva aversão a qualquer resultado que possa produzir uma perda líquida. Os gerentes procuram atingir metas

mais do que aceitar ou avaliar o risco envolvido. O comportamento gerencial é conservativo, com respeito a falhas no atingimento das metas. Segundo Arrow apud March e Shapira (1987), e Shapira apud March e Shapira (1987), o desempenho abaixo da meta supõe que os gerentes desejem correr maiores riscos, visando aumentar as chances de atingir a meta, e assim as oportunidades de ganho recebem mais atenção do que os perigos, exceto quando se está próximo do ponto de sobrevivência da empresa. Neste caso, por ser desfavorável a posição da empresa, maior é o perigo de se arriscar.

Para Kahneman e Lovallo (1993), os indivíduos tendem a decidir sem considerar a dimensão tempo, sendo particularmente propensos a negligenciar a relevância das futuras oportunidades de decisão. Ao se partir para o ambiente organizacional, a adoção de uma política consistente de risco, que não seja avessa ao risco, está intimamente relacionada a se o problema decisório possui características únicas ou não. Os decisores, que enfrentam uma sucessão de decisões, irão adotar uma estrutura ampla de decisão dependendo da forma de avaliação e da frequência das revisões de desempenho. Portanto, a estrutura restrita e a excessiva aversão ao risco podem ser resultados de uma insistência por sucessos mensuráveis de curto prazo.

Há dois modos distintos de previsão que são aplicados ao mesmo problema de decisão. A visão interna do problema é aquela que todos os participantes adotam espontaneamente. Uma previsão com visão interna é gerada, construindo-se cenários futuros, e extrapolando-se as tendências correntes. A visão externa, por sua vez, é aquela que o especialista é encorajado a adotar. Tal visão essencialmente ignora os detalhes do caso sob análise, e não se dedica à uma previsão detalhada do futuro do projeto. Ao invés disto, se baseia nas estatísticas existentes dos problemas similares.

As visões interna e externa se baseiam em diferentes fontes de informação, e aplicam diferentes regras para o seu uso. Uma previsão com visão interna se baseia no conhecimento das especificidades do caso, os detalhes do plano existente, algumas idéias sobre os prováveis obstáculos, e como superá-los. A visão interna envolve tentativas de esboçar um cenário representativo que capture os elementos essenciais do futuro, porém a visão interna é mais suscetível às falácias da criação de cenários. Em contrapartida, a visão externa é essencialmente estatística e comparativa, e não envolve tentativas de estimar o futuro em qualquer nível de detalhe.

Quando ambos os métodos são aplicados com igual inteligência e habilidade, a visão externa é muito mais provável de produzir estimativas realistas. Isto se deve a que geralmente o futuro de um longo e complexo empreendimento não é previsto a nível de detalhe. Embora alguns cenários sejam mais prováveis do que outros, é um erro sério assumir que os resultados dos cenários mais prováveis são também mais prováveis, e que os resultados para aqueles não plausíveis, sejam impossíveis. A principal vantagem da abordagem da visão externa para previsão, segundo Dawes apud Kahneman e Lovallo (1993), é que evita os enganos advindos da criação de cenários.

O contraste entre a visão interna e externa é confirmada pela pesquisa sistemática, onde se detectou o fenômeno da superconfiança. Há evidências para se concluir que os indivíduos são geralmente superconfiantes na avaliação das probabilidades de suas crenças. A superconfiança é medida pelo registro da proporção na qual a afirmação que um indivíduo faz da probabilidade de ocorrência é realmente verdadeira. Um resultado típico ocorre quando os decisores, apesar de só estarem corretos em 80% dos casos, se auto-definem 99% corretos. As pessoas são superconfiantes em avaliar a acurácia de suas crenças em um dado contexto.

Não há razão para se acreditar que os gerentes sejam imunes às tendências de otimismo. Segundo Duhaime e Schwenk apud Kahneman e Lovallo (1993), March e Shapira (1987), e Salancik e Meindl apud Kahneman e Lovallo (1993), a desilusão do controle prevalece entre os gerentes. Estes comumente visualizam o risco como um desafio a ser transposto, e acreditam que o risco possa ser modificado pela habilidade gerencial. Para Shapira apud March e Shapira (1987), a recusa comum dos gerentes das estimativas de risco apresentadas a eles como dadas é uma clara ilusão de controle.

De acordo com Kahneman e Lovallo (1993), as prováveis causas de tendências otimistas nos julgamentos organizacionais se deve a que as previsões geralmente se desenvolvem como parte dos argumentos de um indivíduo que já possui ou está desenvolvendo interesses ocultos no plano, em um contexto de competição pelo controle dos recursos da organização. Os projetos que possuem uma boa chance de sobrevivência nesta competição são aqueles onde resultados favoráveis são previstos, e assim produz-se um poderoso incentivo para que se apresentem números otimistas.

Segundo Lowe e Shaw apud Kahneman e Lovallo (1993), Lawler e Rhode apud Kahneman e Lovallo (1993), e Larkey e Smith apud Kahneman e Lovallo (1993), as previsões adotadas oficialmente são as mais prováveis de ser tendenciosas, porque estão relacionadas a compromissos estabelecidos. Uma previsão, ao se tornar uma meta, induz a aversão à perda de desempenho em relação às expectativas. Assim, a Alta Administração estabelece metas em níveis elevados, para disseminar as avaliações otimistas das futuras realizações e, possivelmente, se enganarem no processo.

Para Kahneman e Lovallo (1993), um ponto negativo é que a tendência otimista afeta nocivamente os projetos. Notadamente, os projetos terminam mais tarde do que previsto, ultrapassam o orçamento quando são finalmente completados, e falham em atingir seus objetivos iniciais. Esta situação se agrava com relação aos projetos que envolvam novas tecnologias ou que inserem a empresa em um território desconhecido. O otimismo e a ilusão de controle se configuram através de previsões irrealistas e planos não realizáveis. Em algumas empresas, contudo, apesar de se preferir números não tendenciosos a previsões otimistas, evita-se trabalhar com o realismo, visto que possa ser patológico ao agir como um mecanismo de autodefesa, prejudicando tanto o gerenciamento da informação, quanto a política de risco da empresa.

3.4 - A DIVERSIFICAÇÃO DO RISCO

3.4.1 - O Modelo Geral de Markowitz para a Seleção de Carteiras de Investimento

O processo de seleção de carteiras, segundo Markowitz (1952), deve ser dividido em dois estágios. O primeiro se inicia com a observação e a experiência, e termina com as crenças a respeito dos desempenhos futuros dos títulos disponíveis. O segundo estágio, por sua vez, se inicia com as crenças relevantes sobre os desempenhos futuros, e finda com a escolha da carteira. O modelo proposto para a seleção de carteiras se concentra apenas no segundo estágio.

Primeiramente, a regra onde o investidor deva maximizar os retornos esperados descontados deve ser rejeitada, tanto como hipótese explicativa, quanto como linha mestra do comportamento do investidor. Esta regra se refere à escolha da carteira onde o investidor maximize o valor descontado dos retornos futuros. Desde que o futuro não seja conhecido com certeza, deve-se descontar valores esperados ou antecipados de determinado título a partir de uma taxa de desconto que varie com o risco. Contudo, a regra de maximização dos retornos deve ser rejeitada, pois tal regra nunca implicará que haja uma carteira diversificada preferível àquelas não diversificadas.

Neste sentido, pode-se estabelecer uma regra onde o investidor deva diversificar e maximizar o retorno esperado. Esta regra estabelece que o investidor deva diversificar seus fundos entre todos os títulos que proporcionem tanto o máximo retorno esperado, quanto a mínima variância. Contudo, este pressuposto não pode ser aceito, visto que os retornos dos títulos são intercorrelacionados, e a diversificação não pode eliminar toda a variância. Assim sendo, a carteira com o máximo retorno esperado não é necessariamente aquela com a mínima variância. Há uma taxa de compensação com a qual o investidor ganha retorno esperado elevando a variância, ou diminui a variância reduzindo o retorno esperado.

O investidor deve considerar o retorno esperado como algo desejável e a variância do retorno, por seu turno, como algo indesejável. Assim, a regra para a seleção de

carteiras se baseia no binômio expectância-variância⁷. Supondo que o retorno (R) seja uma variável aleatória⁸, então o valor esperado do retorno é dado pela média ponderada dos valores possíveis e suas respectivas probabilidades de ocorrência, e a variância a partir da média ponderada dos quadrados dos desvios dos valores possíveis em relação ao valor esperado, pelas suas probabilidades de ocorrência. No caso de haver um certo número de variáveis aleatórias, que podem ser escritas a partir de uma combinação linear, a variável resultante também é uma variável aleatória. Assim:

$$R = a_1R_1 + a_2R_2 + \dots + a_nR_n \quad (3.4)$$

O valor esperado dos retornos (E(R)) é dado partir de:

$$E(R) = a_1E(R_1) + a_2E(R_2) + \dots + a_nE(R_n) = \sum_{i=1}^n a_iE(R_i) = \sum_{i=1}^n a_i\mu_i \quad (3.5)$$

Para a obtenção da variância dos retornos V(R), por simplificação, supõe-se a variável resultante como uma combinação de duas variáveis aleatórias, cujos termos a_i sejam unitários, sendo escrita a partir de:

$$V(R) = V(R_1 + R_2) \quad (3.6)$$

$$V(R) = E[\{(R_1 - E(R_1)) + (R_2 - E(R_2))\}^2] \quad (3.7)$$

$$V(R) = E[(R_1 - E(R_1))^2 + (R_2 - E(R_2))^2 + 2(R_1 - E(R_1))(R_2 - E(R_2))] \quad (3.8)$$

Define-se que:

$$E[(R_1 - E(R_1))^2] \text{ é a variância da variável } R_1, V(R_1) \quad (3.9)$$

$$E[(R_2 - E(R_2))^2] \text{ é a variância da variável } R_2, V(R_2) \quad (3.10)$$

$$E[(R_1 - E(R_1))(R_2 - E(R_2))] \text{ é a covariância entre } R_1 \text{ e } R_2, \text{Cov}(R_1, R_2) \quad (3.11)$$

Substituindo-se as identidades (3.9), (3.10) e (3.11) na Equação (3.8), tem-se:

$$V(R) = V(R_1) + V(R_2) + 2 \text{Cov}(R_1, R_2) \quad (3.12)$$

⁷ Markowitz denominou a expectância e a variância da carteira a partir dos termos retorno esperado e risco, respectivamente.

⁸ Uma variável aleatória é uma variável cujo valor é decidido através de chances de ocorrência.

Sabendo-se que:

$$V(a_i R_i) = a_i^2 V(R_i) \quad (3.13)$$

Expandindo-se a Equação (3.13) para n termos, e fazendo os termos a_i quaisquer, tem-se:

$$V(R) = \sum_{i=1}^n a_i^2 V(R_i) + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n a_i a_j \sigma_{ij} \quad (3.14)$$

De uma forma genérica, a Equação (3.14) pode ser reescrita a partir de:

$$V(R) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j \sigma_{ij} \quad (3.15)$$

Ao denominarmos os termos a_i e a_j como sendo as proporções investidas, respectivamente, no i -ésimo e j -ésimo títulos (X_i e X_j), da carteira formada pelos referidos títulos, então as Equações (3.5) e (3.15) podem ser reescritas como sendo:

$$E = \sum_{i=1}^n X_i \mu_i \quad (3.16)$$

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij} \quad (3.17)$$

A covariância σ_{ij} , por sua vez, é dada por:

$$\sigma_{ij} = \rho_{ij} \cdot \sigma_i \cdot \sigma_j \quad (3.18)$$

onde:

- σ_{ij} – covariância entre o i -ésimo e o j -ésimo títulos;
- ρ_{ij} – coeficiente de correlação entre o i -ésimo e o j -ésimo títulos, variando entre 1 e -1;
- σ_i e σ_j – desvios-padrão dos i -ésimo e j -ésimo títulos, respectivamente.

As Equações (3.16) e (3.17) são, respectivamente, a expectância (E) e a variância (V) da carteira formada por n títulos. A regra da expectância-variância (E - V) estabelece que o investidor deseja selecionar dentre as carteiras que levem às combinações de

E-V indicadas como eficientes, aquelas que minimizem V, para um dado E ou mais, e maximizem E, para um dado V ou menos. As combinações eficientes de E-V, por sua vez, fazem parte do conjunto das possíveis combinações de E-V. Neste sentido, o investidor deverá desejar agir de acordo com a máxima proposta pela regra E-V, supondo existirem valores plausíveis de μ_i e σ_{ij} .

O modelo desenvolvido por Markowitz foi estruturado conforme visto a seguir.

$$E = \sum_{i=1}^n X_i \mu_i \quad (3.19)$$

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij} \quad (3.20)$$

A função objetivo (ϕ) é dada por:

$$\text{Max } \phi = \lambda \cdot E - V \quad (3.21),$$

onde: λ é o coeficiente angular da função objetivo.

Sujeita às restrições:

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1^9 \quad (3.22)$$

$$X_i \geq 0, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n^{10} \quad (3.23)$$

Markowitz se utilizou, inicialmente, de um modelo reduzido que englobava três títulos, de forma a se visualizar a construção da fronteira eficiente no espaço bi-dimensional, dado pelos eixos X1 e X2, ou seja, as proporções dos títulos 1 e 2, onde o terceiro seria escrito como função dos demais. As combinações possíveis de E-V, que satisfazem as restrições dadas pelas Equações (3.22) e (3.23), formam um triângulo cujos catetos possuem valor unitário. A curva de isomédia é definida como o conjunto de todos os pontos ou carteiras com um dado retorno esperado. Similarmente, a curva de isovariância é definida como o conjunto de todos os pontos ou carteiras com uma dada variância do retorno. As curvas de

⁹ Esta restrição supõe que toda a carteira deva ser investida.

¹⁰ Esta restrição supõe que não seja possível ocorrer venda a descoberto.

isomédia formam tipicamente um sistema paralelo de retas, e as curvas de isovariância, por seu turno, formam um conjunto de elipses concêntricas. O centro do sistema de elipses concêntricas é o ponto que minimiza a variância, podendo cair dentro ou fora do espaço das possíveis combinações de E-V.

Assim, a solução do problema de programação quadrática, desenvolvido por Markowitz, denominou-se de método da linha crítica. A linha crítica passa pelo centro de mínima variância e pelos pontos de tangência entre as curvas de isomédia e as curvas de isovariância, pontos estes nos quais a variância assume seu valor mínimo. O segmento da linha crítica que compreende o centro de mínima variância, e o ponto no qual a linha crítica cruza o conjunto de combinações possíveis é parte do conjunto de combinações eficientes, que é complementada pelos pontos de máximos valores esperados possíveis, acarretando na obtenção da fronteira eficiente.

No caso anteriormente descrito, o centro de mínima variância encontra-se dentro do espaço de combinações possíveis. Contudo, existem situações distintas. Na primeira, o centro de mínima variância se encontra fora do conjunto de combinações possíveis, e a linha crítica não cruza tal conjunto. Neste caso, há um título que não pertence a nenhuma carteira eficiente. Na segunda, dois títulos possuem a mesma média. Neste caso, as isomédias são paralelas à uma das fronteiras que contornam o espaço de combinações possíveis. Finalmente, na terceira, onde apenas uma única carteira é eficiente. Markowitz estendeu o modelo proposto para o espaço n-dimensional, onde a fronteira eficiente é formada por uma série de segmentos de reta conectados entre si.

A regra de maximização do retorno esperado é rejeitada por não implicar na superioridade da diversificação. A regra E-V, por outro lado, implica na diversificação para um amplo espectro de pares $(\mu_i \text{ e } \sigma_{ij})$. Isto não significa que tal regra nunca acarrete na superioridade de uma carteira não diversificada. É concebível que um título possua um retorno extremamente elevado e baixa variância em relação aos demais, de tal forma que uma carteira não diversificada particularmente forneça um retorno máximo e uma variância mínima. Porém, para um amplo e representativo espectro de pares $(\mu_i \text{ e } \sigma_{ij})$, a regra E-V leva a carteiras eficientes, quase todas diversificadas.

A diversificação implica na redução do risco. A questão é que não basta investir em muitos títulos. É necessário que se evite investir em títulos com alta covariância entre eles. Deve-se, portanto, diversificar entre títulos de firmas pertencentes a indústrias com diferentes características. Assim, segundo a Teoria das Carteiras, se duas carteiras originais possuem variâncias iguais, a variância da carteira combinada será menor do que a variância de qualquer uma das carteiras originais. Ademais, para uma grande variedade de instituições de investimento, o retorno é benéfico, o risco é maléfico e o jogo, no sentido da especulação, deve ser evitado e portanto, a regra E-V é razoável como hipótese e máxima de trabalho.

3.4.2 - O Modelo Diagonal de Sharpe

Segundo Sharpe (1963), o problema de análise de carteiras de investimento originalmente proposto por Markowitz poderia ser simplificado, especialmente devido ao elevado tempo computacional requerido. O modelo proposto por Sharpe se traduziria, essencialmente, pela linearização do modelo quadrático de Markowitz, com o sacrifício de apenas uma pequena quantidade de informação.

O método da linha crítica, desenvolvido por Markowitz, baseia-se na existência de *corner portfolios* ou carteiras de quina, onde, de uma carteira de quina para a imediatamente adjacente, o número de títulos nas carteiras eficientes varia, entrando e/ou saindo um novo título da carteira. O método é inicializado para um valor do coeficiente angular da função objetivo (λ) infinito, onde a carteira é totalmente formada por um título com máximo valor esperado. Em seguida, são computadas as relações entre as quantidades dos vários títulos contidos nas carteiras eficientes e o valor de λ , em qualquer seção da curva E-V delimitada entre duas carteiras de quina adjacentes. A cada carteira de quina, o processo é examinado, verificando-se o novo valor de λ , para o qual algum título foi incluído ou excluído, além de determinar-se a localização da próxima carteira de quina. O processo se repete até que o valor de λ seja nulo, quando a análise se completa.

A exigência computacional requerida para se completar a análise de carteiras utilizando-se o método da linha crítica está relacionada a fatores, tais como o número de títulos analisados, o número de carteiras de quina, e a complexidade da matriz de variância-covariância. No caso de n títulos, a referida matriz possui $[(n^2 + n)/2]$ elementos.

Assim, o modelo diagonal desenvolvido por Sharpe possui a grande virtude de ser o mais simples que possa ser construído sem se descartar a existência de inter-relacionamentos entre os títulos. A principal característica do modelo diagonal é o pressuposto de que os retornos dos vários títulos estão relacionados somente com um fator básico. O retorno de qualquer título (R_i) é determinado por fatores aleatórios a ele inerentes, e por um fator básico externo comum a todos os retornos, a partir de:

$$R_i = A_i + B_i I + C_i \quad (3.24)$$

onde:

- A_i e B_i – parâmetros;
- C_i – variável aleatória, com valor esperado nulo e variância Q_i ; e
- I – nível de algum índice.¹¹

O nível futuro de I é determinado, em parte, por fatores aleatórios, conforme visto a seguir:

$$I = A_{n+1} + C_{n+1} \quad (3.25)$$

onde:

- A_{n+1} – parâmetro que indica o valor esperado de I ; e
- C_{n+1} – variável aleatória, com valor esperado nulo e variância Q_{n+1} em torno do valor esperado. Assume-se que a covariância entre C_i e C_j seja nula, para todos os valores de i e j , onde $i \neq j$.

O modelo diagonal requer a previsão dos valores de A_i , B_i e Q_i para cada um dos n títulos e dos valores de A_{n+1} e Q_{n+1} , para o índice I . Desde que tais parâmetros do modelo diagonal sejam especificados, as relações do problema referente à análise de carteiras podem ser descritas através de:

$$E_i = A_i + B_i (A_{n+1}) \quad (3.26)$$

¹¹ Este índice pode ser o nível do mercado de ações como um todo, o Produto Nacional Bruto, algum índice de preços, ou qualquer outro fator que possua importante influência isolada nos retornos dos títulos.

$$V_i = (B_i)^2 (Q_{n+1}) + Q_i \quad (3.27)$$

$$C_i = (B_i) (B_i) (Q_{n+1}) \quad (3.28)$$

Segundo Markowitz, o retorno de uma carteira de títulos (R_c) é dado por:

$$R_c = \sum_{i=1}^n X_i R_i \quad (3.29)$$

Substituindo-se a Equação (3.24) na Equação (3.29), tem-se:

$$R_c = \sum_{i=1}^n X_i (A_i + B_i I + C_i) \quad (3.30)$$

A contribuição total de um dado título ao retorno da carteira pode ser dividida em dois componentes: um investimento nas características básicas do título em questão, e um investimento no índice. Assim, o retorno de uma carteira pode ser considerado como resultado de uma série de investimentos nos n títulos básicos, e um investimento no índice.

Procedendo-se a manipulações algébricas na Equação (3.30), tem-se:

$$R_c = \sum_{i=1}^n X_i (A_i + C_i) + \left[\sum_{i=1}^n X_i B_i \right] I \quad (3.31)$$

Definindo que X_{n+1} seja a média ponderada da resposta do retorno da carteira em relação ao nível de I , então:

$$X_{n+1} = \sum_{i=1}^n X_i B_i \quad (3.32)$$

Substituindo-se as Equações (3.25) e (3.32) na Equação (3.31), tem-se:

$$R_c = \sum_{i=1}^{n+1} X_i (A_i + C_i) \quad (3.33)$$

O retorno esperado de uma carteira¹² é, portanto:

¹² Convém lembrar que o valor esperado de C_i é nulo, conforme visto na Equação (3.24).

$$E = \sum_{i=1}^{n+1} X_i A_i \quad (3.34)$$

A variância¹³, por seu turno, é dada por:

$$V = \sum_{i=1}^{n+1} X_i^2 Q_i \quad (3.35)$$

Esta formulação indica a razão pela qual este modelo é autodenominado de modelo diagonal. A matriz de variância-covariância, que é completa quando n títulos são considerados para o modelo de Markowitz, pode ser expressa como uma matriz com elementos não-nulos ao longo da diagonal, ao se incluir o $(n+1)$ -ésimo título, definido como o nível de algum índice. Isto reduz drasticamente a complexidade computacional envolvida, visto que o método da linha crítica inclui a inversão da matriz de variância-covariância, além de permitir que o problema seja estabelecido diretamente em termos dos parâmetros básicos do modelo diagonal, conforme apresentado a seguir.

$$\text{Max } \phi = \lambda . E - V \quad (3.36)$$

Quando:

$$E = \sum_{i=1}^{n+1} X_i A_i \quad (3.37)$$

$$V = \sum_{i=1}^{n+1} X_i^2 Q_i \quad (3.38)$$

Sujeita às restrições:

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1 \quad (3.39)$$

$$X_i \geq 0, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (3.40)$$

$$X_{n+1} = \sum_{i=1}^n X_i B_i \quad (3.41)$$

¹³ Convém lembrar que o modelo diagonal supõe que as covariâncias sejam nulas entre C_i e C_j , para todos os valores de i e j , onde $i \neq j$.

A possibilidade de se emprestar e de se tomar emprestado à taxa livre de risco foi introduzida como parte do Modelo Diagonal idealizado por Sharpe. Neste caso, há um deslocamento da fronteira eficiente originalmente identificada por Markowitz para um segmento de reta entre o ponto de tangência da carteira que inclui as possibilidades de se emprestar e se tomar emprestado, e o ponto de variância nula. Neste sentido, muitas carteiras que seriam eficientes na ausência das alternativas de se emprestar ou se tomar emprestado, tornam-se ineficientes ao se introduzir tais possibilidades, visto que ficam fora do segmento de reta da nova fronteira eficiente.

Capítulo 4

METODOLOGIA

4.1- TAXAS MÍNIMAS DE ATRATIVIDADE (TMAs) AJUSTADAS AO RISCO: ABORDAGENS DIFERENCIADAS

A busca de uma diversificação das TMAs ajustadas ao risco de projetos é uma temática de extrema significância na área de análise de investimentos. Segundo Weston e Copeland (1992), cada projeto de investimento possui sua própria TMA, devido ao seu nível de risco. Neste sentido, uma TMA corporativa é apropriada para toda a carteira¹ de investimentos, mas não para um projeto individualizado da carteira.

Segundo Brealey e Myers (1991), o custo de capital de uma empresa é a taxa de desconto correta para projetos, cujo risco seja idêntico ao risco do negócio existente na companhia. Muitas firmas, entretanto, utilizam o custo de capital da companhia para descontar os fluxos de caixa previstos de todos os novos projetos. Este é um procedimento perigoso se considerado isoladamente, pois deve-se considerar o risco do novo projeto, visto que cada projeto é único.

Para Allison (1994), uma TMA corporativa única é uma meta apropriada para a companhia como um todo, ou para qualquer projeto que possa reproduzir razoavelmente a companhia de forma global. Entretanto, a maioria das oportunidades individuais de investimento não são simplesmente versões reduzidas do todo. Somente quando as diferenças são pequenas, a utilização de uma TMA corporativa única como taxa de desconto do projeto não causa problemas.

¹ O termo carteira pode ser substituído pelo termo portfólio, por serem equivalentes no contexto da presente dissertação.

De acordo com Blitzer, Lessard e Paddock (1984), a maioria dos investimentos públicos e privados possuem elementos de risco associados com os seus fluxos de caixa futuros. Investidores avessos ao risco adicionam algum prêmio, identificado como o prêmio devido ao risco, à sua TMA, para compensar as incertezas relacionadas aos benefícios futuros.

Segundo Costa Jr., Menezes e Lemgruber (1993), a área de finanças corporativas tem tido uma notável evolução nos últimos anos. Vários conceitos, que antes eram utilizados sem muita fundamentação teórica, foram aprimorados e revestidos de sólida base teórica. Dentre estes conceitos está a noção de risco de mercado, que reflete uma correlação entre todo e qualquer ativo e a carteira de mercado. O risco de mercado, principal foco do Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM), supõe a diversificação do risco, e a identificação da parcela sistemática do risco total do projeto. Este modelo, por sua vez, se constitui em um dos principais paradigmas utilizados na área de decisão sobre investimento em ativos de risco, sejam ações, debêntures, *commodities*, e mesmo na seleção de projetos. Para Allison (1994), o CAPM mede o preço de mercado do risco, através de um prêmio pelo risco a ser adicionado ao valor do dinheiro no tempo.

Brealey e Myers (1991), apresentaram que de acordo com a moderna teoria das finanças corporativas, se o objetivo da empresa é maximizar a riqueza dos seus acionistas, então os gerentes não investirão em projetos a menos que a rentabilidade esperada exceda àquela disponível pelos acionistas no mercado de capitais. Estes argumentos assumem que taxas de oportunidade no mercado de capitais incluem prêmios pelo risco. Projetos de capital com altos riscos requerem altas taxas de retorno para serem lucrativas em relação às oportunidades existentes no mercado de capitais. Estendendo tais princípios à área de projetos, verifica-se que estes, de acordo com o nível de exposição aos riscos, demandarão taxas de desconto apropriadas e ajustadas ao risco.

Para Allison (1994), apesar de qualquer questionamento com respeito à acurácia empírica do CAPM, trata-se de um modelo poderoso e bastante simples, que pode ser implementado como uma ferramenta que auxilie a tomada de decisão corporativa, desde que corretamente compreendido. Para Brealey e Myers (1991), o CAPM é um bom veículo na apresentação dos conceitos básicos a serem aplicados na área de orçamentação de capital. Fama *apud* Myers e Turnbull (1977), por sua vez, apresenta condições sob as quais o CAPM é uma teoria válida para ser utilizada no desconto de uma corrente de fluxos de caixa a partir de uma taxa de desconto ajustada ao risco.

Segundo Allison (1994), o problema de alocação de recursos pode ser expresso como a necessidade de medir o valor presente de uma corrente de fluxos de caixa incertos no futuro. A abordagem dada pela técnica tradicional do fluxo de caixa descontado (FCD) exige a estimação dos fluxos de caixa futuros, a estimação da incerteza que cerca cada fluxo de caixa, a estimação da taxa de desconto ajustada ao valor do dinheiro no tempo, e algumas técnicas que reflitam o preço de mercado do risco.

Assim sendo, de forma a complementar a noção de risco de mercado apontada pelo CAPM, alguns conceitos devem ser apresentados: o risco total da firma e o risco total do projeto.

De acordo com Pereira (1994), ao se avaliar o risco total da firma, busca-se identificar o impacto marginal que o projeto possa ter na variabilidade total dos retornos da empresa, desconsiderando-se o efeito da diversificação do investidor. O risco total da firma é relevante em algumas situações. Primeiramente, os acionistas não diversificados estão mais preocupados com o risco total da firma do que propriamente com o risco de mercado. Em segundo lugar, empresas instáveis têm dificuldade de captar recursos senão a altas taxas de juro, o que reduz a rentabilidade da empresa, e portanto o valor de suas ações. Já para Allison (1994), a abordagem do risco total da firma é feita através do cálculo do custo de capital médio ponderado da firma. A ponderação é feita através da composição da parcela do risco de mercado, dada pelo CAPM, e do custo de capital de terceiros, pelas respectivas porcentagens na estrutura de capital da firma. Neste cômputo, fatores tais como a duração, a alavancagem financeira e o coeficiente de risco sistemático dos projetos que compõem a firma determinam a sua taxa de desconto média ponderada.

Segundo Pereira (1994), o risco total do projeto é expresso através da variabilidade dos retornos do projeto isoladamente, desconsiderando-se a existência de outros projetos na carteira de projetos da firma, onde a empresa é apenas um dos ativos que compõem a carteira do investidor.

A avaliação de um projeto deve considerar não somente a parcela relacionada ao risco sistemático, mas também o risco total do projeto. Enquanto o CAPM supõe que o risco não sistemático possa ser diversificado por investidores eficientes, não afetando o valor da firma, em condições de mundo real, por sua vez, o risco total do projeto pode afetar tal valor.

Assim sendo, o presente trabalho busca propor o cálculo de TMAs diferenciadas e ajustadas ao risco, associando-se duas óticas entre si: a do risco de mercado e a do risco intrínseco do projeto. Inicialmente, baseada na moderna teoria das finanças corporativas, será introduzida a abordagem do CAPM para a avaliação de projetos sob condições de risco. O projeto é identificado como uma entidade que pode ser considerada como um ativo que possui valor de mercado, assim como ações, debêntures, entre outros, e que se relaciona com os índices de mercado. Em seguida, será acrescentada a noção de duração à versão clássica do CAPM, corrigindo-se a TMA de mercado devido aos efeitos do risco devido à liquidez do projeto. Finalmente, será apresentada a obtenção da parcela da TMA incremental ajustada ao risco intrínseco do projeto. A partir do valor máximo que se pagaria para se evitar eventuais perdas monetárias, associado às incertezas na estimação dos fluxos de caixa do projeto, identifica-se a parcela do risco devido às perdas monetárias potenciais e à estimação do projeto. Esta parcela foi apontada pela Teoria Prospectiva, baseada no processo descritivo da tomada de decisão sob condições de risco.

4.2 -A ABORDAGEM DO RISCO PELAS GRANDES EMPRESAS NACIONAIS E ESTRANGEIRAS

A partir de pesquisas feitas por Fensterseifer e Saul (1993), e Theusen (1989), identificou-se que tanto as maiores empresas no Brasil, quanto as dos Estados Unidos da América, vem se preocupando com o tema risco na análise econômica de seus projetos. No Brasil, foram consultadas cerca de 370 empresas, das quais 135 foram consideradas respondentes válidas. Nos Estados Unidos da América, por sua vez, foram consultadas 560 empresas, das quais 380 foram consideradas respondentes válidas.

Segundo estes autores, alguns métodos vem sendo utilizados para avaliar o risco de um determinado projeto. A análise de sensibilidade, por cerca de 68% das empresas, o método informal, por cerca de 2%, o método da taxa de desconto ajustada, por cerca de 28%, e finalmente, o método do índice do equivalente certo, pelos 2% restantes.

A análise de sensibilidade procura medir, identificadas as variáveis significativas, o impacto no critério de decisão adotado devido à variação de uma das variáveis envolvidas, supondo as demais constantes. Trata-se de um método bastante conhecido e difundido na área de avaliação de projetos.

O método informal se baseia, inicialmente, no cálculo do valor presente líquido (VPL) do projeto descontado ao custo de capital da empresa, para cada oportunidade de investimento. Em seguida, de acordo com o julgamento pessoal dos avaliadores, são estabelecidos, de forma descritiva, os níveis de risco de cada um dos projetos. Desta forma, os projetos são hierarquizados de acordo com o nível de risco. Não há, neste tipo de escolha, uma quantificação do risco, ou da relação entre o risco e o retorno. As dimensões que influenciam na decisão são o julgamento pessoal do risco, a magnitude do VPL, e os interesses pessoais dos avaliadores.

O método da taxa de desconto ajustada se baseia, inicialmente, na classificação dos projetos segundo o interesse estratégico, a vida, e a variabilidade do critério de decisão. Foram definidos intervalos de variação das sobretaxas relacionadas a cada uma das variáveis identificadas. Assim sendo, para o interesse estratégico, o intervalo da sobretaxa varia de zero a 10%, onde para o interesse estratégico máximo a sobretaxa seria nula. Já para a vida do projeto, o intervalo varia de zero a 8%, onde para elevadas vidas, a sobretaxa seria nula.

Finalmente, para a variabilidade do critério de decisão, o intervalo varia de 2 a 12%, onde para uma baixa variabilidade, a sobretaxa seria o limite inferior do intervalo. Assim sendo, a partir do custo de capital da empresa são agregadas as sobretaxas identificadas, que corrigem a taxa de desconto do projeto, de acordo com o risco associado. Neste método já se possibilita uma quantificação do risco, e se estabelece uma relação entre risco e retorno.

Por último, o método do índice do equivalente certo identifica que os avaliadores que se utilizam deste método reconheçam a existência de uma curva de indiferença entre risco e retorno. Estendendo-se este conceito, há um reconhecimento de uma família de curvas de indiferença em função do nível de atendimento das políticas estratégicas da empresa.

O risco para tais avaliadores não é representado pela variabilidade, mas por um valor certo, na mesma unidade de retorno, que se trocaria por um valor esperado do retorno, envolvendo os valores extremos dos projetos em um dado nível estratégico.

Para se gerar a relação entre os equivalentes certos e os retornos com risco, deve-se, primeiramente, obter a função utilidade dos decisores. Para tal, inicialmente enquadra-se o projeto em um dado nível estratégico da empresa. Em seguida, determina-se dois valores extremos, identificados como sendo o menor e o maior valores envolvidos na decisão. A utilidade destes valores é arbitrariamente escolhida como sendo zero e um, respectivamente. A partir de então, constrói-se uma situação, onde se deseja encontrar um valor equivalente certo a uma decisão que envolva probabilidades equiprováveis de serem obtidos os valores extremos envolvidos na decisão. Este resultado gera o terceiro ponto da curva de utilidade do decisor. O processo se repete até que seja identificado um número de pontos que permita a definição de tal curva. De forma a validar a construção desta curva, são feitos alguns testes de consistência. Estes testes se referem à criação de algumas situações que permitam gerar o equivalente certo, para em seguida confrontar-se com o valor definido pelo avaliador.

O equivalente certo é uma certa quantia que o avaliador julga equivalente a uma certa situação com risco. Assim sendo, o equivalente certo pode ser interpretado como sendo o valor do seguro máximo que o decisor estaria disposto a pagar para evitar um risco indesejável, ou o valor mínimo que o decisor estaria disposto a pagar para aceitar a venda de um risco desejável.

Dougherty e Sarkar (1993), elaboraram uma pesquisa das práticas correntes e procedimentos das empresas de produção de petróleo, e de consultores na área petrolífera americana, com relação ao tema risco e à determinação da taxa de desconto nas análises econômicas. Foram consultadas 308 companhias de petróleo, das quais 108 foram respondentes. Dos 75 consultores identificados, um terço foi respondente.

Apesar de uma proporção significativa das companhias determinar sua taxa de desconto subjetivamente, a maioria lida com o risco quantitativamente. A utilização de abordagens quantitativas com relação ao assunto risco indica a profunda importância do tema, e a necessidade de se lidar com este tópico tão efetivamente quanto possível.

Dougherty e Sarkar (1993), apresentaram que, dentre as técnicas de abordagem do tema risco, a principal é a elevação da taxa de desconto, utilizada por 46% das companhias. Em seguida, utiliza-se fatores probabilísticos para ajustar os fluxos de caixa (37%), a análise de sensibilidade (32%), a redução do valor de referência para o tempo de recuperação de capital (23%), e ajustes subjetivos (15%). A pesquisa detectou tanto um declínio de popularidade dos julgamentos subjetivos e da análise de sensibilidade, quanto uma elevação no uso de fatores probabilísticos, com relação a pesquisas anteriores. Já os consultores utilizam, como principal técnica, o ajuste dos fluxos de caixa por fatores probabilísticos (50%), seguida pela Simulação de Monte Carlo ou outra técnica de simulação (42%). Finalmente, em uma mesma posição, encontram-se a elevação da taxa de desconto e a análise de sensibilidade (38%, cada). Os valores não somam a unidade, devido à utilização de mais de uma técnica por parte das companhias ou consultores.

Com relação à determinação das taxas de desconto, os métodos mais utilizados pelas companhias foram, primeiramente, o de medidas subjetivas baseadas na experiência passada (44%), utilizado principalmente pelas pequenas e médias companhias. Tais companhias, preocupadas com uma possível instabilidade financeira, vem avaliando as taxas de desconto subjetivamente, através da incorporação de um prêmio pelo risco apropriado. O outro método utilizado é o custo de capital médio ponderado (24%), utilizado predominantemente pelas grandes companhias. Os demais métodos, tais como o custo do capital próprio, o custo do capital de terceiros, o retorno do ativo livre de risco, entre outros, foram apontados como sendo pouco utilizados. Já os consultores apontaram que determinam a taxa de desconto através de medidas subjetivas baseadas em experiência passada (46%), do custo do capital próprio e de terceiros (21%, cada), e do custo de capital médio ponderado

(13%). Os valores não somam a unidade, devido à utilização de mais de um método por parte dos consultores.

Traçando um paralelo entre os enfoques apontados pelas metodologias que vem sendo utilizadas pelas grandes empresas brasileiras e americanas, e a proposta a ser apresentada pela dissertação, se identifica tanto uma ampla aplicabilidade da proposta, como uma profunda consonância com os direcionamentos tomados por estas empresas, com relação ao tema avaliação de risco de projetos. A proposta de uma busca de TMA ajustada ao risco do projeto vem a suprir uma lacuna ainda não totalmente preenchida pela área de avaliação de projetos. O tema, além de possuir embasamento conceptual teórico e ser apresentado como um tema relevante pelos pesquisadores da área, possui uma irrestrita aplicabilidade prática que vem sendo alvo de interesse das maiores empresas nacionais e estrangeiras.

4.3 -O RISCO ASSOCIADO À CONJUNTURA DE MERCADO

A moderna teoria das finanças corporativas é uma ciência positiva, modelada na década de 50 por Markowitz, com a Teoria de Carteiras, em 1952, seguido por Sharpe, Treynor, Lintner e Mossin, com o CAPM, no período de 1961 a 1966, por Black e Scholes, com a Teoria das Opções, em 1973, e por Ross, com a Teoria da Arbitragem, em 1976. A partir de então, tem se buscado refinamentos e ajustes das teorias propostas, culminando, atualmente, com a possibilidade da aplicação da Teoria do Caos à área de finanças.

Segundo Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), a Teoria de Carteiras foi o primeiro passo para se desenvolver uma medida de risco para uma carteira de ativos, bem como o valor esperado de seu retorno. A diversificação de Markowitz pode ser definida como sendo a combinação de ativos que não sejam perfeita e positivamente correlacionados, de maneira a reduzir o risco de uma carteira, sem sacrificar o seu retorno. Quanto mais negativamente correlacionados forem os ativos entre si, mais intensa será a diversificação, e a conseqüente redução do risco. À medida que novos ativos são introduzidos à carteira, o risco total vai tendendo ao risco sistemático ou de mercado. Neste contexto, foi introduzido o conceito de fronteira eficiente, como sendo o lugar geométrico das oportunidades de investimento de risco que não são dominadas por outras. A composição de uma carteira ótima de investimentos foi apontada por Markowitz através da solução de um modelo de programação quadrática, onde para um dado nível de variância ou risco, maximiza-se o retorno esperado, ou para um dado nível de retorno esperado, minimiza-se o risco.

A partir dos conceitos introduzidos por Markowitz, desencadeou-se na década de 60 o Modelo Diagonal de Sharpe, que posteriormente inspirou o desenvolvimento do Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM), desenvolvido por Sharpe, Treynor, Lintner e Mossin, no período de 1961 a 1966. A partir da possibilidade de se utilizar o mercado financeiro, emprestando ou se tomando emprestado à taxa livre de risco, constrói-se uma nova fronteira eficiente, onde sobre esta nova fronteira as oportunidades de investimento dominam todas as demais. O ponto de tangência entre a fronteira eficiente de Markowitz e aquela que permite a utilização do mercado financeiro, define uma carteira denominada de carteira de mercado, onde todas as demais podem se relacionar com tal carteira. A carteira de mercado supõe que todos os investidores poderão se deslocar ao mercado financeiro, para emprestar ou pedir emprestado de acordo com suas preferências individuais, visando

maximizar sua utilidade esperada. Assim, o CAPM é uma teoria de equilíbrio, que precifica e mensura o risco. Segundo Weston e Copeland (1992), esta proposição possui vantagens em relação àquela proposta por Markowitz, que trabalha com o risco total. Esta última possui uma utilização limitada, visto que para um dado nível de risco total, não se pode prever qual será o retorno exigido pelo mercado.

4.3.1- Diversificação do Risco

Segundo Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), o CAPM supõe que o risco total de um ativo, seja este ativo um título de uma empresa negociado no mercado de capitais ou um projeto desta empresa, pode ser decomposto em duas parcelas:

- **risco diversificável ou não sistemático:** risco inerente a uma determinada empresa, tais como greve, obsolescência de seus produtos, incertezas políticas, entre outros.
- **risco não diversificável ou sistemático:** risco que não pode ser evitado, pois é devido às flutuações da economia como um todo, tais como inflação, crescimento econômico, crise energética, relações industriais, políticas alfandegárias, entre outros.

Ao se investir em projetos que tenham o correlacionamento de seus retornos não perfeitamente positivos, o risco total da carteira de projetos diminui, ou seja, a parcela do risco diversificável ou não sistemático tende a desaparecer através de uma diversificação isenta de custos. Para Weston e Copeland (1992), a partir de uma seleção cuidadosa da carteira de investimentos, neutraliza-se a recompensa devido à parcela diversificável, sendo irrelevante na determinação da TMA ajustada ao risco de um ativo individualizado. A parcela diversificável do risco possui correlação nula com o mercado. Assim, ao se analisar a perspectiva de se investir em um determinado projeto, a empresa deverá considerar apenas a parcela referente ao risco sistemático. Esta parcela se relaciona com as flutuações da economia, visando a formação de preços de ativos dentro do contexto do CAPM que resista aos efeitos da diversificação, pois a parcela diversificável não é precificada pelo mercado em equilíbrio².

Assim sendo, a Moderna Teoria de Carteiras e o CAPM, da qual se originou, são apropriados para empresas de médio e grande portes quando da avaliação de seus

² Um mercado em equilíbrio indica que os preços se ajustam até que todos os ativos sejam retidos e não haja mais excesso de demanda para qualquer ativo.

projetos, visto que tais empresas investem em um portfólio diversificado de projetos, e usualmente possuem capital aberto.

4.3.2- A Versão Clássica do CAPM

Segundo Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), a versão clássica do CAPM, que é um modelo positivo proposto simultaneamente por Sharpe, Treynor, Lintner e Mossin, entre 1961 e 1966, estabelece uma relação entre o retorno esperado e o risco sistemático de um ativo qualquer, negociado no mercado. O retorno esperado de equilíbrio para qualquer ativo de risco é uma função linear de sua covariância com os retornos da carteira de mercado, dividida pela variância dos retornos do mercado, denominada de coeficiente de risco sistemático ou índice de volatilidade (β_j) do ativo. A carteira de mercado, por sua vez, deve ser composta por todos os ativos de risco negociados na economia, proporcionalmente ao seu valor, possuindo por definição beta unitário. Portanto, sob o equilíbrio de mercado, há uma compensação linear entre o retorno e o risco sistemático, denominada de Linha de Mercado de Títulos (SML). Esta relação é representada pela versão clássica do CAPM, conforme visto pela equação a seguir:

$$R_j = R_f + \beta_j (R_m - R_f), \text{ para } (R_m - R_f) > 0 \quad (4.1)$$

onde:

- R_j – retorno esperado exigido pelo mercado para o ativo j;
- R_f – retorno de um ativo livre de risco;
- R_m – retorno esperado da carteira de mercado; e
- β_j – coeficiente de risco sistemático, sendo uma medida da sensibilidade dos retornos do ativo j em relação às flutuações da carteira de mercado.

A Equação (4.1) mostra que a remuneração do investimento em ativos é composta por dois elementos: o fator tempo, expresso pela taxa de retorno do ativo livre de risco R_f , que remunera o consumo postergado, e reflete o prêmio pela espera, e o fator de ajuste ao risco de mercado do ativo j, expresso por $\beta_j \cdot (R_m - R_f)$. Isto significa que o prêmio pelo risco de mercado do ativo j é igual ao excedente do retorno esperado da carteira de mercado em relação à taxa livre de risco ($R_m - R_f$), denominado de prêmio pelo risco de mercado, comum a todo e qualquer ativo no mercado e não dependendo de nenhum ponto específico ao ativo, amplificado pelo coeficiente de risco sistemático do ativo j, β_j . Segundo

Van Horne (1992), o retorno exigido pelo mercado para um ativo depende do seu risco sistemático, ou seja, do risco que não pode ser diversificado.

Para Allison (1994), as implicações da análise da decisão corporativa são que todas as incertezas precisam ser consideradas quando se estimam os fluxos de caixa futuros, porém somente as incertezas não diversificáveis pelos investidores estariam refletidas no prêmio de mercado incluído na taxa de desconto. Portanto, na análise do FCD identificada pela visão de mundo dada pelo CAPM, a estimativa da taxa de desconto deve refletir o preço corrente de mercado para o valor do dinheiro no tempo, e um prêmio apropriado que reflita o risco definido pela porção não diversificável das incertezas dos fluxos de caixa.

Os pressupostos do CAPM consagram que os investidores maximizam sua utilidade, dentro de um contexto de período único, que o mercado é eficiente, visto que os preços dos ativos refletem instantaneamente as informações que chegam ao mercado, não havendo custos de informação, transação e impostos, que os ativos são totalmente divisíveis e nenhum investidor é suficientemente grande para influenciar o mercado com as suas negociações, que existem títulos sem risco, possibilitando que se empreste e se tome emprestado à taxa livre de risco, que os investidores são bem diversificados e que as suas expectativas são homogêneas com relação aos retornos, variâncias e covariâncias destes retornos, que os investidores tomam suas decisões com base no valor esperado e na variância destes retornos, e que os investidores operam com carteiras situadas na fronteira eficiente. Ademais, o CAPM é um modelo robusto com relação a estes pressupostos, onde relaxando-se alguns deles, não se alteram significativamente as previsões do modelo. Pelo CAPM, o investidor é compensado apenas pela parcela do risco sistemático, e todos os ativos possuem retornos esperados ajustados aos seus riscos sistemáticos.

Segundo Weston e Copeland (1992), a validação empírica do CAPM foi testada por diversos autores³, segundo a versão *ex post* do CAPM, dada por:

$$R_{jt} - R_{ft} = a + (R_{mt} - R_{ft}) \beta_j + e_{jt} \quad (4.2)$$

³ A lista parcial de autores de testes empíricos do CAPM, segundo Weston e Copeland (1992), inclui Blume e Friend (1970, 1973), Black, Jensen e Scholes (1972), Miller e Scholes (1972, 1982), Blume e Husick (1973), Fama e MacBeth (1973), Basu (1977), Reinganum (1981), Litzenberger e Ramaswamy (1979, 1982), Banz (1981), Stambaugh (1982), Gibbons (1982), e Keim (1983). No Brasil, os primeiros testes do CAPM foram realizados por Moraes (1981), e Puggina (1974) *apud* Sanvicente e Mellagi Filho (1988).

onde:

- R_{jt} – retorno do ativo j , no período t ;
- R_{ft} – retorno do ativo livre de risco no período t ;
- a – parâmetro a ser estimado pelos testes empíricos;
- R_{mt} – retorno do mercado, no período t ;
- β_j – coeficiente de risco sistemático do ativo j ; e
- $e_{j,t}$ – erro aleatório.

Salvo algumas exceções, os estudos empíricos identificaram as seguintes principais conclusões:

- o intercepto a é significativamente diferente de zero, e o coeficiente angular, $(R_{mt} - R_{ft})$, é menor do que a diferença entre o retorno da carteira de mercado e a taxa livre de risco. Esta implicação resulta que ativos com betas menores retornam mais do que prediz o CAPM, e ativos com betas elevados retornam, por sua vez, menos.
- versões do modelo básico que incluem o termo quadrático do beta ou o risco diversificável como termo adicional na regressão dada pela Equação (4.2), indicam que na melhor das hipóteses tal fator seja útil em somente um número reduzido de períodos de tempo amostrados. O beta domina o termo quadrático como medida de risco. Assim, o modelo linear para o CAPM se ajusta melhor aos dados, e portanto, os retornos são lineares em relação ao beta.
- ao longo de elevados períodos de tempo, o retorno da carteira de mercado é maior do que a taxa livre de risco, ou seja, $(R_{mt} - R_{ft})$ é positivo.
- outros fatores além do beta são bem sucedidos em explicar parcelas dos retornos dos ativos não explicados pelo beta, tais como a razão preço-lucro, o tamanho da firma, o pagamento de dividendos, entre outros.

As evidências empíricas levavam à conclusão que, em primeira instância, o CAPM deveria ser rejeitado. Primeiramente, porque o intercepto é significativamente diferente de zero, e também porque muito dos retornos, que não é explicado pelo CAPM, pode sê-lo pelas várias anomalias supracitadas. Embora haja evidências empíricas de se rejeitar o CAPM como uma construção teórica, não significa que os retornos esperados não se relacionem com

o beta. A Linha de Mercado de Títulos Empírica (EML) possui uma relação linear com o beta. Portanto, se há uma estimativa de beta, pode-se prever o retorno requerido através da EML. A diferença básica entre a EML e a SML é que a primeira possui um intercepto mais elevado e uma inclinação mais reduzida.

Segundo Myers e Turnbull (1977), a utilização das fórmulas de valoração desenvolvidas pelo CAPM podem ser diretamente introduzidas na área de orçamentação de capital. Ao se utilizar as fórmulas de valoração baseadas na técnica do FCD, utilizando-se taxas de desconto ajustadas ao risco calculadas pelo CAPM, verifica-se que estas últimas não levam a valores exatos, porém os erros são pouco significativos sendo, portanto, válidas para utilização. Os fluxos de caixa esperados deveriam ser descontados através de taxas que considerassem duas fontes de risco: o risco associado ao fluxo de caixa real do período seguinte à análise, e o risco associado à revisão das expectativas. Portanto, existe uma parcela da TMA associada ao erro das estimativas dos fluxos de caixa. Assim sendo, no caso do cálculo da TMA de equilíbrio, auferida em um contexto de período único estabelecida pelo CAPM, utiliza-se o retorno esperado de mercado baseado somente no conjunto de informações disponível quando da tomada de decisão. A TMA estimada será uma superestimativa, ou seja, um valor conservativo da TMA real.

Para Khan e Fiorino (1992), o CAPM quantifica o risco e o preço de um ativo, sob um mercado em equilíbrio, em um contexto de período único. Van Horne (1992) apresenta que, apesar de o CAPM ser concebido em um contexto de período único e a orçamentação de capital de projetos ser, por seu turno, multiperiodica, o beta de um projeto pode ser considerado constante ao longo do tempo, sem comprometer a aplicabilidade da teoria proposta. Na determinação de uma TMA multiperiodica ajustada ao risco, Merton apud Myers e Turnbull (1977), e Long Jr. apud Myers e Turnbull (1977), assumiram uma taxa livre de risco estocástica, e Bogue e Roll apud Myers e Turnbull (1977), apontaram que deve-se incluir dois fatores de risco, um relacionado com a covariância entre os fluxos de caixa intermediários do projeto, e o outro com o risco de variação da taxa livre de risco. Fama apud Weston e Copeland (1992), reconsidera o assunto, e determina que sob as premissas do CAPM apenas os fluxos de caixa estocásticos são admitidos. Assim sendo, a taxa livre de risco e a TMA ajustada ao risco de mercado são assumidas como constantes ao longo do tempo. Para Brealey e Myers (1991), ao se descontar fluxos de caixa previstos por uma TMA ajustada ao risco constante ao longo do tempo assume-se que o risco cumulativo cresce à uma taxa constante,

conforme se caminha para o futuro. Esta premissa é precisamente verdadeira quando o beta futuro é constante, ou seja, quando o risco por período é constante. Assim, qualquer TMA ajustada ao risco reconhece automaticamente o fato de que fluxos de caixa mais distantes possuem maior risco. Por esta razão é que a taxa de desconto compensa o risco gerado por período. Quão mais distantes estiverem os fluxos de caixa, maior o número de períodos e maior o ajuste total do risco.

4.3.3- *Estimação do Coeficiente de Risco Sistemático (β)*

A partir do exposto anteriormente, verifica-se que a variável-chave do CAPM é o coeficiente de risco sistemático. Segundo Van Horne (1992), este coeficiente pode ser estimado através de uma regressão linear simples entre os retornos históricos excedentes do ativo j sob análise em relação ao ativo livre de risco ($R_j - R_f$), e os retornos históricos excedentes da carteira de mercado em relação ao ativo livre de risco ($R_m - R_f$). Por simplificação, considera-se que o ativo livre de risco não varie ao longo do tempo e a regressão linear simples relaciona os retornos históricos do ativo j sob análise (R_j), e os retornos históricos da carteira de mercado (R_m), dentro de um período de tempo que reflita o dado relacionamento entre tal ativo e a carteira de mercado. Esta regressão simples, denominada de Linha Característica do Ativo, baseia-se no Modelo de Mercado, que supõe uma relação linear entre os valores históricos dos retornos do ativo j (R_j), e os valores históricos dos retornos da carteira da mercado (R_m), dada pela seguinte equação:

$$R_{j,t} = a_j + b_j R_{m,t} + e_{j,t} \quad (4.3)$$

onde:

- $R_{j,t}$ – retorno do ativo j no período t ;
- $R_{m,t}$ – retorno da carteira de mercado, no período t ;
- a_j e b_j – parâmetros específicos do ativo j a serem estimados a partir de dados históricos; e
- $e_{j,t}$ – erro aleatório, suposto com valor esperado nulo, independente e identicamente distribuído.

O coeficiente angular desta regressão linear simples, obtido através do método dos mínimos quadrados, identifica o coeficiente de risco sistemático (β) dado pela seguinte equação:

$$\beta_j = \frac{\text{Cov}(R_j, R_m)}{\text{Var}(R_m)} \quad (4.4)$$

onde:

- $\text{Cov}(R_j, R_m)$ – covariância entre os retornos do ativo j (R_j) e os retornos da carteira de mercado (R_m); e
- $\text{Var}(R_m)$ – variância dos retornos da carteira de mercado.⁴

Segundo Van Horne (1992), a estimação do beta de um projeto é dada pela regressão linear simples identificada pela Equação (4.3), ou diretamente pela Equação (4.4). Neste cálculo, pressupõe-se que o projeto seja totalmente financiado através de recursos próprios, onde as informações sobre o beta pertençam a situações não alavancadas.⁵

4.3.4- Determinação do Beta para Projetos

De acordo com Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), o mercado de bens de capital possui, em geral, mais imperfeições que o mercado de ações e títulos negociáveis, onde o CAPM tem mostrado grande utilidade. Isto é devido a atrasos de ajustamento de informações, restrições na alocação de recursos, barreiras para entrar no mercado, entre outros. Ademais, existe pouca disponibilidade de dados históricos a respeito dos valores passados desses bens de capitais, o que dificulta ainda mais o cálculo do beta para projetos. Os retornos de uma ação e os retornos da carteira de mercado, por exemplo, são facilmente comparáveis, pois os seus retornos mensais, semanais ou diários, podem ser obtidos com facilidade. Contudo, os retornos de projetos de investimento são usualmente expressos em termos de taxa interna de retorno (TIR), não se conhecendo, contudo, o retorno do projeto período a período.

Assim sendo, o principal inconveniente do uso do CAPM para avaliar projetos encontra-se na dificuldade de estimação do coeficiente de risco sistemático ou beta do projeto. Para Myers e Turnbull (1977), os reais determinantes do beta são mais complicados do que geralmente se supõe. O beta depende da vida do ativo, da tendência de crescimento dos fluxos

⁴ Para um grande número de ativos, a variância da carteira de mercado tende à covariância média de todos os ativos (Pereira (1994)).

⁵ A partir do presente, ao ser citado o conceito de beta de um determinado ativo ou projeto está se referindo ao beta não alavancado, ou seja, o beta de um investimento realizado sem o uso de financiamento (capital de terceiros).

de caixa, do modelo dos fluxos de caixa ao longo do tempo, e de como os investidores prevêem os fluxos de caixa. Alguns autores, como Rosenberg e Rudd (1986), Van Horne (1992), Brown e Kulkarni (1993), Khan e Fiorino (1992), e Weston e Copeland (1992), sugerem procedimentos alternativos para se calcular o beta para projetos.

Para Rosenberg e Rudd (1986), uma maneira de se determinar o valor de beta de um projeto é através de valores de mercado de beta de empresas similares às características do projeto. Assim, por exemplo, se determinada empresa pretende realizar um investimento em uma dada área, facilmente se consegue no mercado dados sobre empresas do ramo sob análise que permitam o cálculo de seu beta. Este beta será utilizado como sendo o coeficiente de risco sistemático do projeto a ser avaliado. Observa-se, contudo, a necessidade de um ajuste do beta devido às prováveis diferenças com relação ao grau de alavancagem da empresa similar. Myers e Turnbull (1977), citaram que, além de um erro de mensuração inevitável em qualquer medida estatística do beta, as firmas utilizadas como amostra para se estimar o beta devem possuir efetivamente o mesmo beta do projeto sob consideração, devendo estar ajustadas à vida do projeto, ao modelo de fluxos de caixa esperados, às características de cada componente dos fluxos de caixa, às contribuições relativas de cada componente ao valor da firma, entre outros.

Van Horne (1992), propõe, para a estimação do beta de um projeto, que se calcule seu valor período a período, e em seguida os retornos em cada um desses períodos. Obtidos esses retornos e coletados os retornos da carteira de mercado no mesmo período, é possível estimar o beta do projeto. O problema reside no conhecimento do valor do projeto a cada período de tempo. Porém, para muitos ativos de capital existe um mercado secundário, onde se pode conhecer o valor desses ativos para cada maturidade do investimento. Van Horne (1992), propõe alternativamente para a estimação do beta de um projeto que se arbitre algum índice contábil utilizado pela empresa como variável proxy para o retorno periódico do projeto.

Brown e Kulkarni (1993), sugerem que o retorno do projeto em cada período de tempo seja calculado a partir da razão entre a receita advinda no período sob análise e a inversão inicial, onde o beta é estimado através da regressão linear simples entre os retornos periódicos do projeto e de mercado, no mesmo período de tempo.

Khan e Fiorino (1992), e Weston e Copeland (1992), estendem o conceito da TIR como variável proxy do retorno esperado de um projeto. Neste sentido, calcula-se a TIR

do projeto para três cenários equiprováveis de crescimento econômico, associados às previsões dos preços de mercado dos produtos advindos dos projetos, para em seguida correlacionar-se com os retornos esperados da carteira de mercado inseridos nos contextos previamente identificados. Neste sentido, obtém-se analiticamente o beta do projeto.

Procede-se, a seguir, à uma análise das propostas para a determinação do beta para projetos. No caso da presente dissertação, que contextualiza a indústria do petróleo no Brasil, a obtenção de betas de projetos similares dentro do mesmo ramo de atividade, conforme sugerido por Rosenberg e Rudd (1986), só seria aplicável se fossem coletados dados pertencentes ao mercado internacional. Devido às grandes diferenças existentes entre as indústrias petrolíferas nacional e internacional, requerendo ajustes bastante detalhados, declinou-se da utilização desta proposta.

Já a proposta feita por Van Horne (1992), de se buscar um mercado secundário para projetos é complexa e pouco operacional, quando se relaciona a projetos que envolvam um conjunto de itens, cujos custos se decompõem em materiais e serviços. A utilização de um índice contábil da empresa como sendo um indicador proxy para o retorno periódico do projeto foge ao escopo de uma análise de mercado para os projetos.

A proposta idealizada por Brown e Kulkarni (1993), possui inconvenientes. Um ponto básico questionável desta abordagem seria de aceitar conceptualmente que a razão entre a receita em um dado período e a inversão inicial possa ser identificada como o retorno periódico do projeto. Um complicador ocorre quando o projeto possui investimentos alocados ao longo do tempo. Ademais, ao se passar da área de mercado de títulos para a orçamentação de capital, alguns pontos são contundentes pela rejeição da regressão linear simples como procedimento utilizado na estimação do beta para projetos. Primeiramente, existem situações onde os projetos possuem um intervalo de tempo onde não se identificam receitas e por conseguinte, os retornos associados. Ao se correlacionarem períodos de ausência de retornos do projeto aos retornos de mercado, proporciona-se uma tendência para a estimação de um valor nulo não significativo para o beta do projeto. Finalmente, a estrutura a termo prevista para os retornos de mercado é usualmente declinante, dentro de uma ótica pessimista, enquanto que os retornos previstos para o projeto possuem uma estrutura a termo otimista. Neste caso, projetos com vida mais elevada tendem a possuir uma estimativa não significativa para o beta.

A proposta apontada por Khan e Fiorino (1992), e por Weston e Copeland (1992), possui um maior rigor conceptual, ao se adotar a TIR como sendo a variável proxy para o retorno periódico de um projeto. O conceito da TIR se ajusta adequadamente à premissa de avaliação dentro de um contexto de período único estabelecida pelo CAPM. Um ponto crítico seria a necessidade da definição de cenários distintos para a economia nacional, sob os quais se baseiam as respostas obtidas pelo modelo, e a associação de tais cenários aos retornos do mercado. Ademais, sabe-se que o mercado financeiro nacional possui uma variabilidade muito grande dos seus retornos ao longo do tempo, onde variando-se o intervalo de tempo, varia-se o valor previsto para o retorno da carteira de mercado. Outro ponto se relaciona à associação entre retornos históricos de mercado, e retornos prospectivos dos projetos. A questão é diluída pela suposição de os retornos históricos de mercado serem previsões que se repetem no futuro.

Uma questão identificada por Khan e Fiorino (1992), se refere à ocorrência de valores negativos do beta. Neste caso, a equação do CAPM continua válida, refletindo que a TMA poderá assumir valores inferiores à taxa livre de risco, contrariando ao que intuitivamente apresenta a racionalidade clássica dos decisores. Supõe-se que quanto maior for o valor negativo do beta do projeto, e por conseguinte maior o valor em módulo da covariância ou do risco do projeto, menor será o valor da TMA associada. Segundo Weston e Copeland (1992), valores negativos de beta ocorrem usualmente em situações que vislumbram a substituição de equipamentos, onde os valores absolutos dos fluxos de custos são positivamente correlacionados com a carteira de mercado. Já Khan e Fiorino (1992), apontam que para os projetos dependentes dos preços da matriz energética, no caso do mercado americano, os preços são mais elevados em situações desfavoráveis da economia, e vice-versa. Isto significa que os retornos do projeto são negativamente correlacionados com os retornos de mercado.

4.3.5- Avaliação de Projetos Utilizando-se o CAPM

Segundo Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), no caso de o mercado de capitais ser perfeitamente competitivo, como estabelece o CAPM, uma aplicação financeira seria equivalente a um investimento em ativos de capital, ou seja, todos os investimentos estariam sobre a SML. Esta linha designa o lugar geométrico dos retornos esperados exigidos pelo mercado, para diversos valores de risco sistemático, dado pela equação do CAPM.

Uma consequência da abordagem pelo CAPM da avaliação de investimentos é que a taxa de retorno do projeto exigida pelo mercado não depende da empresa investidora: uma vez calculado o coeficiente de risco sistemático ou beta de um projeto, o mercado espera um único retorno para o mesmo. Este procedimento é diferente daquele que utiliza a mesma TMA para diferentes projetos, falhando ao avaliar projetos com diferentes graus de risco a partir de uma taxa de desconto corporativa única.⁶

A partir do gráfico da SML, apresentado na Figura 4.1, observa-se que o critério de decisão de um projeto dado pelo CAPM contempla em aceitar um projeto quando seu retorno esperado for superior ao retorno exigido pelo mercado ajustado ao seu risco sistemático, dado sobre a SML, ou seja, quando o VPL for positivo. Assim, projetos com retornos esperados acima da SML devem ser aceitos, e abaixo da SML devem ser rejeitados.⁷

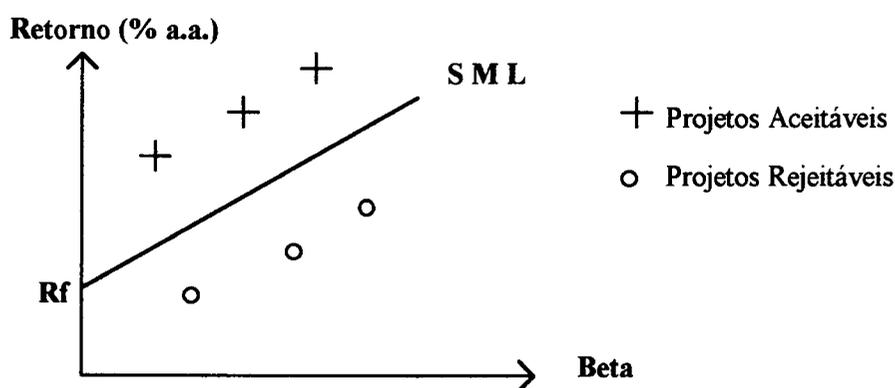


Figura 4-1 - O CAPM e a Linha de Mercado de Títulos (SML)

Van Horne (1992), apresenta que pelo CAPM a taxa de retorno exigida pelo mercado para um projeto será a mesma para qualquer um que possa investir nele. Isto quer dizer que o risco sistemático e o beta de um projeto, bem como seu retorno exigido pelo mercado, são independentes da empresa que o avalia. Contudo, não é o mesmo que dizer que projetos com um mesmo beta possuam o mesmo valor para todas as empresas que os avaliem. Projetos podem ser mais valiosos para algumas firmas, devido às diferenças relacionadas com a experiência, a eficiência gerencial, o sinergismo, entre outros motivos.

⁶ A consideração se aplica mesmo se a empresa utilizar TMAs diferenciadas por atividade que desempenha.

⁷ O critério de decisão final para um projeto será de aceitá-lo quando a sua TIR for superior à TMA total, computada a partir de diversas parcelas, entre as quais encontra-se aquela relacionada ao risco conjuntural ou de mercado. Nesta etapa, de forma análoga, busca-se ilustrar que o critério de decisão dado pelo CAPM refere-se à aceitação de um projeto quando seu retorno esperado ou TIR esperada for superior ao retorno exigido pelo mercado ou TMA de mercado, dado pela SML.

A Figura 4.2 apresenta a avaliação de projetos a partir da utilização do custo de capital da empresa ou de uma dada atividade.

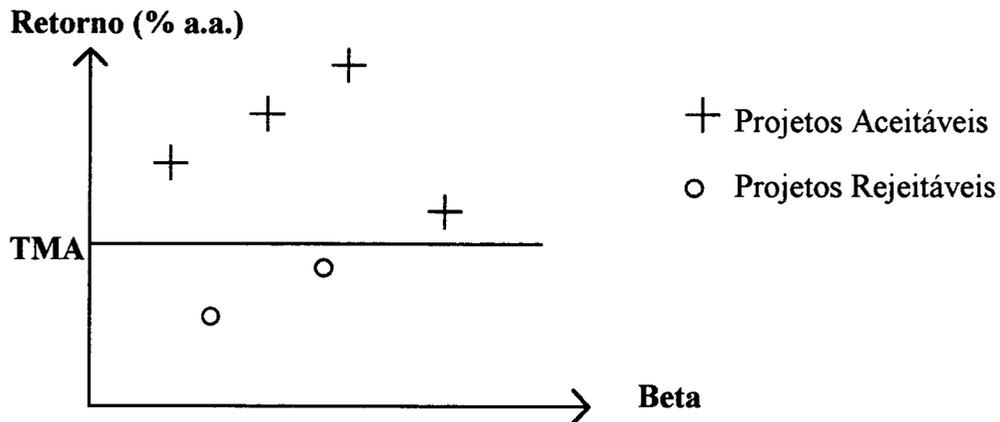


Figura 4-2 - O Custo de Capital ou TMA da Empresa

Comparando-se as duas técnicas (TMA única e CAPM), verifica-se que existem situações divergentes de tomada de decisão, conforme visto na Figura 4.3 a seguir, onde a utilização de uma TMA única é mais tendenciosa que o CAPM ao aceitar projetos mais arriscados e rejeitando, por outro lado, projetos menos arriscados.

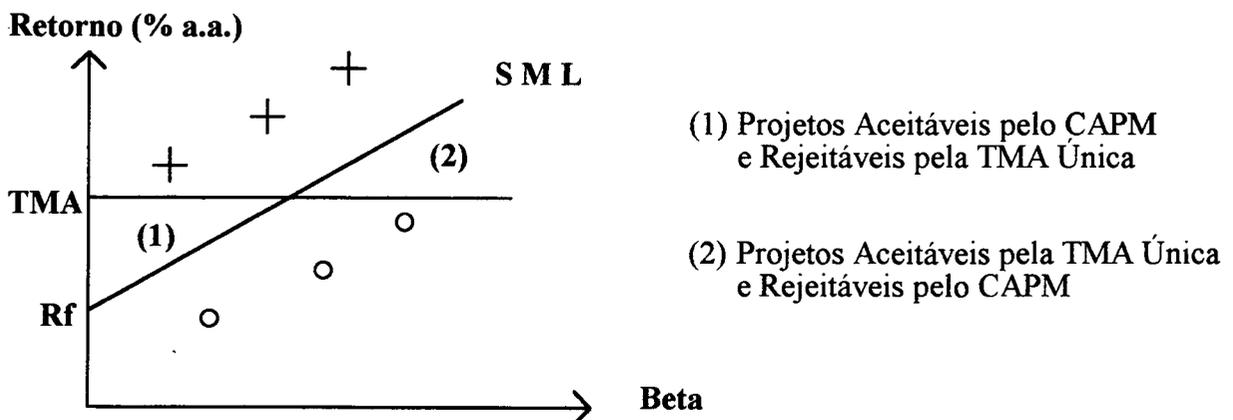


Figura 4-3 - Comparação dos Processos de Decisão entre a TMA Única e o CAPM

Segundo Khan e Fiorino (1992), ao se utilizar uma TMA para todos os projetos está se atribuindo a eles um risco equivalente, que não é o caso quando se medem os valores diferenciados de beta para cada projeto. Portanto, a análise do CAPM provê resultados que incorporam significativamente o risco de mercado do projeto ao critério de seleção.

4.3.6- Metodologia para a Determinação do Beta, e da TMA Ajustada ao Risco de Mercado para Projetos

A metodologia proposta pela presente dissertação para a determinação da parcela da TMA do projeto ajustada ao risco de mercado, dada pela versão clássica do CAPM, foi introduzida por Weston e Copeland (1992), e Khan e Fiorino (1992).

A sistemática a ser adotada na determinação da TMA ajustada ao risco de mercado é dada por:

1. Cálculo da variância de mercado, obtida através dos retornos esperados anuais de mercado, para cada cenário proposto.
2. Cálculo da variância do projeto, obtida através dos retornos esperados anuais do projeto, definidos pela TIR do projeto para cada cenário proposto.
3. Cálculo da covariância do projeto com o mercado, obtida através da correlação entre os retornos esperados anuais do projeto e os retornos esperados anuais de mercado, para cada cenário.
4. Cálculo do beta do projeto dado pela Equação (4.4).
5. Cálculo da TMA do projeto ajustada ao risco de mercado dada pela Equação (4.1). Os valores esperados do retorno de mercado e da TIR do projeto são obtidos através das médias ponderadas dos valores associados aos cenários propostos, pelas suas probabilidades de ocorrência.

4.3.7- Discussão sobre a Utilização do Beta como Medida do Risco Sistemático

Segundo Costa Jr., Menezes e Asrilhant (1994), um ponto polêmico que passa por uma recente discussão no ambiente acadêmico refere-se à validade da ampla utilização do beta como medida de volatilidade das ações em relação ao mercado como um todo, e a extensão do tema à área de projetos.

Para Nichols (1993), o modelo do CAPM, que foi concebido na década de 60, baseou-se em determinados paradigmas que nortearam os pilares da moderna teoria financeira,

tais como a racionalidade dos decisores e a hipótese de mercado eficiente. Fenômenos como a globalização dos mercados financeiros e o poder de fogo tecnológico dos participantes permitem a existência de preços diferenciados para uma dada ação em locais distintos, apesar de o CAPM se basear em um preço único de equilíbrio. Surgem críticas ao modelo do CAPM, onde um modelo multi-índice prevê melhor o mercado, além da existência de anomalias que contradizem a eficiência de mercado. De acordo com Fama e French (1992), o modelo do CAPM não descreve os últimos 50 anos de retornos médios das ações. Portanto, o beta é uma medida incorreta para o risco, pois não se relaciona com tais retornos, parecendo contradizer a evidência de que a inclinação da linha que relaciona retornos esperados e betas seja positiva. Assim, ou o mercado não é eficiente, ou o CAPM é um modelo errado, ou ambos. Adicionalmente, apresentaram que outras variáveis, tais como o tamanho da empresa e a razão valor de livro-valor de mercado do capital próprio da empresa explicavam as variações dos retornos das ações com maior precisão do que o uso de betas.

Segundo Black (1993), o beta é uma ferramenta valiosa para valorar os investimentos, citando que os dados coletados por Fama e French para os diversos modelos testados eram tautológicos, pois essencialmente dariam suporte às suas conclusões. Black comenta que as influências na valoração do beta incluem a medição imprópria da carteira de mercado e os efeitos das restrições de empréstimos. Ademais, o método da carteira utilizado por Black, Jensen e Scholes apud Nichols (1993), captura o comportamento das ações com diferentes betas. Mesmo que as ações com diferentes betas venham a diferir em outros pontos, a carteira combina os efeitos de todas as características correlacionadas através do beta. Assim, não se deve isolar tais características para não se complicar a análise e minar os dados. Black conclui que investidores racionais, indivíduos ou firmas, que não possuem restrições de pedir empréstimos e buscam maximizar o preço da ação, devam utilizar o CAPM e o beta para valorar os investimentos e escolher uma estratégia de investimento, fixando as taxas de desconto a serem utilizadas e elevando sua alavancagem financeira. Para Black, a morte do beta parece ser prematura. A presente dissertação supõe que o CAPM seja uma teoria válida para medir o risco sistemático de um ativo, onde o índice beta reflete a correlação do risco conjuntural deste ativo ao risco da carteira de mercado.

4.4 - O RISCO ASSOCIADO À LIQUIDEZ

Ao se avaliar o risco de um determinado projeto, uma outra parcela que deve ser contemplada está relacionada ao risco associado à liquidez. Neste sentido, o conceito de risco de liquidez deve possuir um efeito na escolha das TMAs de projetos, na área de tomada de decisão sobre investimento. Segundo Blocher e Stickney (1979), a duração é uma medida que avalia o risco associado à liquidez nas decisões de orçamentação de capital.

Para Brown e Kulkarni (1993), o conceito de duração possui ampla utilização na análise de títulos, tendo sido tratado exhaustivamente na literatura correlata. Por outro lado, a extensão deste conceito à área de orçamentação de capital tem recebido pequena atenção e aparentemente pouca utilização por parte dos usuários das técnicas relacionadas à área de tomada de decisão. Tal fato se deve tanto à falta de familiaridade com o conceito, quanto à incerteza relacionada ao seu valor prático.

O conceito de duração possui diversas definições. Macaulay apud Brown e Kulkarni (1993), originalmente propôs o conceito de duração para medir a dimensão de tempo para títulos de renda fixa, definido como sendo a maturidade média de uma corrente de pagamentos. Hicks apud Blocher e Stickney (1979), sugeriu que a duração ou período médio, como a denominou, fosse utilizada como uma medida de crescimento, definindo a duração de um título como sendo o período médio que mede a sensibilidade ou elasticidade do preço de mercado às alterações na taxa de desconto. Tal relacionamento foi comprovado por Hopewell e Kauffman apud Blocher e Stickney (1979). Ao se aplicar o conceito de duração ao ambiente de orçamentação de capital, segundo Brown e Kulkarni (1993), este pode ser definido como sendo o tempo médio de recuperação consumido para que se iniciem os recebimentos do projeto sob análise, sendo, portanto, uma medida de liquidez do projeto.

A duração compete diretamente com o tempo de recuperação do capital. O tempo de recuperação do capital de um projeto pode ser definido como sendo o tempo requerido para a completa liquidação do capital despendido. Neste caso, não se considera o valor do dinheiro no tempo, nem tampouco todos os fluxos de caixa do projeto. Este critério é extensivamente utilizado na análise de orçamentação de capital como medida de liquidez, usualmente apoiando uma medida primária, tal como o VPL. Já o tempo de recuperação do capital descontado, apesar de incluir a dimensão tempo, é inferior ao conceito de duração, pois não considera todos os fluxos de caixa do projeto. Segundo Weingartner apud Durand (1974),

o tempo de recuperação do capital é melhor interpretado como sendo uma restrição do que propriamente um critério de decisão. Para Durand (1974), a duração vem como um suplemento dos índices de rentabilidade, sendo uma medida explícita de tempo, apta a ser utilizada na avaliação de projetos. Para Blocher e Stickney (1979), a duração supera o tempo de recuperação de capital como medida do risco associado à liquidez, em um amplo espectro de situações.

Durand (1974), Blocher e Stickney (1979), e Boardman, Reinhart e Celec (1982), apresentaram argumentos convincentes para se utilizar o cálculo da duração de um projeto nas decisões de orçamentação de capital. Estes argumentos são motivados, em parte, pela similaridades entre as decisões de orçamentação de capital e a compra de títulos, com respeito à estrutura e à temporalidade dos fluxos de caixa. Durand (1974) apontou que a duração quantifica dimensões do investimento que não são incluídos em outros critérios, recomendando-a como uma técnica analítica a ser incluída entre os critérios de decisão. Especificamente, as técnicas do VPL e da TIR não refletem importantes dimensões do risco para um dado investimento, tais como a liquidez e o risco sistemático.

Blocher e Stickney (1979), questionaram qual seria a taxa de desconto apropriada para o cálculo da duração de um projeto, sendo propensos à utilização de seu custo de capital. Os autores afirmaram que a diferença entre a vida do projeto e a sua duração é relativamente menor para projetos mais curtos, mas se eleva conforme a vida dos projetos cresce. Hawley e Malone (1989), examinaram a utilidade da medida de duração como um critério de decisão secundário na orçamentação de capital, concluindo que se o VPL é utilizado como critério primário e um critério secundário de seleção alternativo é utilizado, tais como o tempo de recuperação do capital ou a TIR, ora em uso, não há base para se substituir tais critérios pela duração do projeto. Os autores detectaram que, para um elevado número de projetos, a duração oferecia pouca informação relevante específica, em relação ao tempo de recuperação do capital, dado ao seu elevado coeficiente de correlação, sendo desnecessária, portanto, sua utilização como critério de seleção secundária.

Bierman e Smidt apud Brown e Kulkarni (1993), dedicaram pequena atenção à utilização do conceito de duração na orçamentação de capital, porém apontaram que se dois investimentos mutuamente exclusivos possuem o mesmo VPL aquele com a menor duração será preferível, caso se identifique que a taxa de juro possa crescer. Usualmente os teóricos da área de orçamentação de capital, ao contemplarem a questão da liquidez como um critério

complementar do VPL, assumem que a taxa de desconto utilizada para o cálculo do VPL seja independente do risco de liquidez do projeto. Myers e Turnbull (1977), contudo, citaram que o beta de um projeto possui uma relação com a sua vida, com a forma de seus fluxos de caixa, com a tendência de crescimento dos fluxos de caixa, e com outras variáveis que não são usualmente consideradas na avaliação do risco do projeto.

Assim sendo, o risco associado à liquidez de um projeto, segundo Brown e Kulkarni (1993), deveria possuir um efeito sobre o seu VPL, onde idealmente poderia haver uma medida combinada inserida em um processo interrelacionado ao risco sistemático, visando auxiliar nas decisões de orçamentação de capital. A duração, por incorporar o valor do dinheiro no tempo e todos os fluxos de caixa do projeto, é um critério completo para ser utilizado na correção da TMA obtida pela versão clássica do CAPM.

4.4.1- O Cálculo da Duração Aplicada à Orçamentação de Capital

A metodologia proposta para o cálculo da duração de um projeto, que derivou daquela originalmente proposta para títulos de renda fixa, considera os seguintes pressupostos iniciais:

- o projeto deve ser simples, ou seja, com apenas uma inversão de sinal ao longo da sua vida, inicializado por fluxos de caixa negativos;
- o investimento deve estar alocado no período inicial do projeto, seguido por receitas até o final de sua vida⁸; e
- o projeto deve possuir vida finita.

Assim, o cálculo da duração de um projeto cujo investimento esteja alocado no período inicial ou período zero, e as receitas periódicas situam-se entre o período 1 e o final da sua vida, dada pelo período n , descontadas à uma taxa i apropriada para a duração do projeto, pode ser desenvolvida a partir do conceito de valor presente das receitas do projeto⁹, ou seja:

⁸ No caso de projetos, o termo receita refere-se à receita líquida, já descontados eventuais custos que incidam, como por exemplo, os custos de operação.

⁹ Para efeito da metodologia proposta para o cálculo da duração de um projeto que possui uma inversão inicial seguida por receitas, o valor presente do projeto é dado pelo desconto das receitas alocadas ao longo do tempo pelo fator de desconto $(1+i)$. Isto se deve ao fato de a inversão inicial, por estar alocada no período zero, não influenciar o cômputo da duração.

$$VP = \sum_{t=1}^n R_t (1+i)^{-t} \quad (4.5)$$

onde:

- VP – valor presente das receitas, alocadas durante os períodos 1 a n;
 R_t – receita alocada no período t;
 $(1+i)$ – fator de desconto das receitas, durante os períodos 1 a n; e
t – período de tempo no qual é alocada uma dada receita do projeto, variando de 1 a n.

Segundo Macaulay apud Brown e Kulkarni (1993), Hopewell e Kauffman apud Blocher e Stickney (1979), e Cox, Ingersoll Jr. e Ross (1979), a duração de um título, descontado por uma taxa i ao longo de n períodos nos quais estão alocadas as receitas, pode ser considerada como sendo a medida da volatilidade do preço do investimento, definida como sendo:

$$\frac{dP_{i,t}}{P_{i,t}} = -D_{i,t} \cdot dr_{i,t} \quad (4.6)$$

onde:

- $\frac{dP_{i,t}}{P_{i,t}}$ – variação percentual no preço do investimento i no tempo t ;
 $D_{i,t}$ – duração do investimento i no tempo t ; e
 $dr_{i,t}$ – variação na taxa de desconto para o investimento i no tempo t .

Analogamente para projetos, ao se estender a idéia contida na Equação (4.5) e acrescentando-se a conceituação proposta por Hicks apud Blocher e Stickney (1979), a duração de um projeto, descontado por uma taxa i ao longo de n períodos nos quais estejam alocadas as receitas, pode ser considerada como sendo a medida da volatilidade do valor presente do projeto, definida como sendo:

$$D_{i,n} = - \frac{\partial VP / VP}{\partial i / (1+i)} \quad (4.7)$$

onde:

- $\partial VP / VP$ – variação percentual do valor presente do projeto, para um dado tempo, ou a elasticidade do valor presente do projeto; e
 $\partial i / (1+i)$ – variação percentual do fator de desconto do projeto, para um dado tempo, ou a elasticidade do fator de desconto do projeto.

Assim, derivando-se parcialmente a Equação (4.5) em relação ao fator de desconto, tem-se:

$$\frac{\partial VP}{\partial(1+i)} = -t \left[\sum_{t=1}^n R_t (1+i)^{-t-1} \right] = - \left[\sum_{t=1}^n R_t t (1+i)^{-t} \right] (1/(1+i)) \quad (4.8)$$

Multiplicando-se a Equação (4.8) pelo fator $(1+i) / \sum_{t=1}^n R_t (1+i)^{-t}$, tem-se:

$$\frac{\partial VP}{\partial(1+i)} \left[(1+i) / \sum_{t=1}^n R_t (1+i)^{-t} \right] = - \left[\sum_{t=1}^n R_t t (1+i)^{-t} \right] / \sum_{t=1}^n R_t (1+i)^{-t} \quad (4.9)$$

Substituindo-se a Equação (4.5) no lado esquerdo da Equação (4.9), tem-se:

$$\frac{\partial VP}{VP} \cdot \frac{(1+i)}{\partial(1+i)} = - \left[\sum_{t=1}^n R_t t (1+i)^{-t} \right] / \sum_{t=1}^n R_t (1+i)^{-t} \quad (4.10)$$

Sabe-se que:

$$\partial(1+i) = \partial i \quad (4.11)$$

Substituindo-se a Identidade (4.11) no lado esquerdo da Equação (4.10), tem-se:

$$\frac{\partial VP}{VP} \cdot \frac{(1+i)}{\partial i} = - \left[\sum_{t=1}^n R_t t (1+i)^{-t} \right] / \sum_{t=1}^n R_t (1+i)^{-t} \quad (4.12)$$

Substituindo-se a Equação (4.7) no lado esquerdo da Equação (4.12), tem-se, finalmente:

$$D_{i,n} = - \left[\sum_{t=1}^n R_t t (1+i)^{-t} \right] / \sum_{t=1}^n R_t (1+i)^{-t} \quad (4.13)$$

O sinal negativo da Equação (4.13) apenas indica que um acréscimo no valor da taxa de desconto i irá promover uma redução no valor presente das receitas, e por conseguinte, do projeto em si, podendo, para efeito de cálculo do valor absoluto da duração, ser desconsiderado.

Através do exposto por Hawley e Malone (1989), para a duração de títulos, define-se que:

$$W_t = R_t (1 + i)^{-t} / \sum_{t=1}^n R_t (1 + i)^{-t} \quad (4.14)$$

Substituindo-se a Equação (4.14) na Equação (4.13), tem-se:

$$D_{i,n} = \sum_{t=1}^n t W_t \quad (4.15)$$

A representação da duração apresentada originalmente por Macaulay apud Brown e Kulkarni (1993), através da Equação (4.15) é a mais simples e direta. Esta definição apresenta a duração como sendo a média ponderada dos períodos de tempo durante os quais ocorrem as receitas, cujos pesos são proporcionais aos valores presentes das receitas. Esta definição para a duração foi escolhida por Hawley e Malone (1989) por dois motivos principais. Primeiramente, por tratar-se da abordagem computacionalmente menos complexa e a mais provável de ser escolhida por gerentes financeiros, e finalmente pela definição de assumir uma estrutura a termo da taxa de desconto constante, sem requerer estimativas subjetivas das taxas futuras.

Segundo Durand (1974), o conceito de duração pode ser estendido para a situação onde o investimento total ocorra ao longo do tempo, bastante comum em projetos de grande porte. Assim, generalizando as Equações (4.14) e (4.15), supõe-se dois centros de tempo, sendo um para as parcelas do investimento total, e outro para as receitas recebidas, denominados de duração dos investimentos ($D_{C(i,n)}$) e duração das receitas ($D_{R(i,n)}$), respectivamente. Assim, a duração ($D_{i,n}$), quando o investimento total esteja alocado no intervalo de tempo dado entre os períodos inicial e k , e as receitas ocorram entre os períodos $(k+1)$ e n , descontados à taxa de um projeto com fluxos de caixa alocados em n períodos, descontados à taxa i , é dada por:

$$D_{i,n} = D_{R(i,n)} - D_{C(i,n)} \quad (4.16)$$

A duração dos investimentos ($D_{C(i,n)}$) é dada analogamente à Equação (4.15) por:

$$D_{C(i,n)} = \sum_{t=1}^k t W_t \quad (4.17),$$

onde:

$$W_t = I_t (1 + i)^{-t} / \sum_{t=1}^k I_t (1 + i)^{-t} \quad (4.18)$$

Seja k o período de tempo referente à última parcela do investimento total, I_t a parcela do investimento total aplicada no período de tempo t , e W_t , o peso do investimento atualizado alocado em t em relação ao investimento acumulado atualizado do projeto. No caso de todo o investimento estar alocado no período inicial, $D_{C(i,n)} = 0$.

Já a duração das receitas ($DR(i,n)$) é dada por:

$$DR(i,n) = \sum_{t=k+1}^n t W_t \quad (4.19),$$

onde:

$$W_t = R_t (1 + i)^{-t} / \sum_{t=k+1}^n R_t (1 + i)^{-t} \quad (4.20)$$

Seja $(k+1)$ o período de tempo referente à primeira parcela das receitas recebidas, n como sendo o período de tempo da última parcela das receitas recebidas, R_t a parcela de receita recebida no período de tempo t , e W_t , o peso da receita atualizada alocada em t em relação à receita acumulada atualizada do projeto.

Para a situação das parcelas do investimento total serem alocadas ao longo do tempo, por simplificação continuam válidas as premissas de o projeto ser simples e possuir vida finita. Segundo Durand (1974), no caso de projetos mistos, onde ocorre tanto investimento quanto financiamento, e portanto ocorra mais de uma inversão de sinal, o conceito de duração continua válido. Neste caso, a duração pode assumir valores negativos para determinados valores de taxa de desconto. O valor negativo da duração indica que a taxa de desconto pertence a um intervalo de taxas no qual a componente relativa ao financiamento domina a componente relativa ao investimento. No caso de projetos simples, a duração é sempre um valor positivo para qualquer valor de taxa de desconto utilizada.

No caso particular onde os fluxos de caixa constituem uma anuidade e o investimento alocado no período inicial, o cálculo da duração de um projeto, da forma geral dada pela Equação (4.15), pode ser reduzida. Assim sendo, alterando-se a forma da

Equação (4.7) e fazendo ∂i em relação a i igual à unidade, Hicks, Fisher e Lintner apud Durand (1974), reescreveram a duração segundo a equação:

$$D_{i,n} = -(1+i) \frac{\partial VP}{VP} \quad (4.21)$$

No caso de o investimento estar alocado no instante inicial e em seguida ocorrerem receitas, o valor presente é dado pela Equação (4.5). Supondo as receitas como uma anuidade e procedendo-se à simplificação onde $R_1 = R_n = 1^{10}$, fazendo $i = r^{11}$, então o valor presente será dado pela transformação para valor presente das receitas dadas por uma anuidade unitária, ao longo de n períodos, descontados a uma taxa r .¹²

Assim:

$$VP = \frac{1}{r} [1 - 1/(1+r)^n] \quad (4.22)$$

$$VP' = \frac{\partial VP}{\partial r} = \frac{1}{r^2} \left[\frac{nr + r + 1}{(1+r)^{n+1}} - 1 \right] \quad (4.23)^{13}$$

Substituindo-se as Equações (4.22) e (4.23) na Equação (4.21), tem-se:

$$D_{r,n} = -(1+r) \frac{1}{r^2} \left[\frac{nr + r + 1}{(1+r)^{n+1}} - 1 \right] / \frac{1}{r} [1 - 1/(1+r)^n] \quad (4.24)$$

Procedendo a algumas manipulações algébricas, tem-se:

$$D_{r,n} = -\left(\frac{1+r}{r}\right) \left[\frac{nr + r + 1 - (1+r)^{n+1}}{(1+r)^{n+1}} \right] \frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad (4.25)$$

Transformando-se $(1+r)^{n+1}$ em $(1+r)^n(1+r)$, substituindo-se na Equação (4.25), e procedendo-se a simplificações, tem-se:

¹⁰ Segundo Brown e Kulkarni (1993), caso se adote um valor qualquer para a anuidade diferente da unidade, o valor da duração não se altera.

¹¹ A taxa de desconto i ser identificada como r é para se associar uma taxa de desconto a fluxos de caixa estabelecidos por anuidades.

¹² O valor presente de um conjunto de fluxos de caixa constituído por uma anuidade é obtido através de uma relação de equivalência dada pelo valor da anuidade multiplicado pelo fator ou função que transforma em valor presente o valor da anuidade, supondo uma taxa de desconto e o número de períodos aos quais esteja associada a anuidade.

¹³ O desenvolvimento da derivada parcial do Valor Presente (VP) em relação à taxa r encontra-se no Anexo 1.

$$D_{r,n} = -\frac{1}{r} [nr + r + 1 - (1+r)^n \cdot (1+r)] \frac{1}{(1+r)^n - 1} \quad (4.26)$$

$$D_{r,n} = \left[-\frac{nr + r + 1}{r} + \frac{(1+r)^n \cdot (1+r)}{r} \right] \frac{1}{(1+r)^n - 1} \quad (4.27)$$

$$D_{r,n} = -\frac{n}{(1+r)^n - 1} - \frac{(1+r)}{r[(1+r)^n - 1]} + \frac{(1+r)^n}{r[(1+r)^n - 1]} (1+r) \quad (4.28)$$

Evidenciando-se o termo $[(1+r)/r]$ para os dois últimos termos da Equação (4.28), tem-se:

$$D_{r,n} = -\frac{n}{(1+r)^n - 1} + \left(\frac{1+r}{r} \right) \left[-\frac{1}{(1+r)^n - 1} + \frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] \quad (4.29)$$

O termo entre colchetes da Equação (4.29) é igual a unidade, e portanto:

$$D_{r,n} = -\frac{n}{(1+r)^n - 1} + \left(\frac{1+r}{r} \right) \quad (4.30)$$

A Equação (4.30) foi apresentada por Benesh e Celec apud Brown e Kulkarni (1993), onde a duração para fluxos de caixa consistindo de o investimento alocado no período inicial e as receitas como uma anuidade ao longo da vida do projeto, é função da taxa de desconto e da vida do projeto.

Genericamente, para o cálculo da duração quando se assume que todos os fluxos de caixa se constituem por anuidades, por simplificação, iguais a unidade, onde o investimento total esteja alocado no intervalo de tempo dado entre os períodos inicial e k , e as receitas ocorram entre os períodos $(k+1)$ e n , descontados à taxa r , a sistemática é dada a partir de:

$$D_{r,n} = D_{R(r,n)} - D_{C(r,n)} \quad (4.31)$$

A duração dos investimentos ($D_{C(r,n)}$) é dada por:

$$D_{C(r,n)} = \sum_{t=1}^k t W_t \quad (4.32),$$

onde:

$$W_t = -1 \cdot (1+r)^{-t} / \sum_{t=1}^k -1 \cdot (1+r)^{-t} \quad (4.33)$$

Seja k o período de tempo referente à última parcela do investimento total.

Já a duração das receitas ($D_{R(r,n)}$) é dada por:

$$D_{R(r,n)} = \sum_{t=k+1}^n t W_t \quad (4.34),$$

onde:

$$W_t = (1+r)^{-t} / \sum_{t=k+1}^n (1+r)^{-t} \quad (4.35)$$

Seja $(k+1)$ o período de tempo referente à primeira parcela das receitas recebidas, e n sendo o período de tempo da última parcela das receitas recebidas.

4.4.2- Associação do CAPM à Duração de Projetos

Segundo Brown e Kulkarni (1993), as taxas de desconto de projetos são tradicionalmente aplicadas sem se considerar o conceito de duração dos fluxos de caixa. De fato, se os investimentos e as receitas constituírem-se de séries uniformes, respectivamente, a duração de projetos concorrentes possuindo o mesmo período de tempo seria irrelevante, já que a duração seria a mesma para qualquer valor adotado para a taxa de desconto. No caso de fluxos de caixa irregulares torna-se apropriado o ajuste da taxa, visando se certificar de a duração estar abaixo ou acima da série uniforme. Um projeto com investimentos postergados e/ou receitas antecipadas provê maior liquidez, devendo ser recompensado pelo desconto a partir de uma taxa menor do que aquela da série uniforme, e vice-versa.

A partir do CAPM, a taxa de desconto de um dado projeto é determinada a partir da incorporação à taxa livre de risco do prêmio pelo risco de mercado do projeto, prêmio este formado pelo excedente do retorno esperado de mercado em relação à taxa livre de risco, amplificada pelo fator de risco relativo de mercado ou beta do projeto. A questão verificada é que o beta mede apenas o risco sistemático, não havendo recompensa para

investimentos postergados e/ou receitas antecipadas superiores à média, ou penalização pela antecipação dos investimentos e/ou atraso das receitas superiores à média.

Segundo Brown e Kulkarni (1993), desde que a determinação da taxa de desconto pelo CAPM seja neutra ao tempo, e as séries uniformes dos retornos também o sejam, assume-se que a taxa de desconto requerida determinada pelo CAPM seja apropriada para séries uniformes de retornos. Neste sentido, torna-se necessário que a equação do CAPM seja ajustada à liquidez, a fim de se corrigir a irregularidade dos fluxos de caixa ao longo da dimensão tempo.

Assim sendo, introduz-se um coeficiente de ajuste à liquidez à parcela referente ao prêmio pelo risco de mercado do projeto. A versão clássica do CAPM se reescreve a partir de:

$$i = R_f + \frac{D_{i,n}}{D_{r,n}} \beta_j (R_m - R_f), \text{ para } (R_m - R_f) > 0 \quad (4.36)$$

onde:

- i – taxa de desconto do projeto ajustada ao efeito do tempo dos fluxos de caixa do projeto;
- r – taxa de desconto do projeto requerida pelo CAPM, não ajustada à liquidez;
- $D_{i,n}$ – duração de um projeto com fluxos de caixa quaisquer ao longo de n períodos, descontados à taxa i apropriada à duração do projeto;
- $D_{r,n}$ – duração de um projeto com fluxos de caixa uniformes ao longo de n períodos, descontados à taxa r ;
- R_f – retorno do ativo livre de risco;
- R_m – retorno esperado da carteira de mercado, que é composta, teoricamente, por todos os ativos negociáveis proporcionalmente ao seu valor de mercado; e
- β_j – coeficiente de risco sistemático, sendo uma medida da sensibilidade dos retornos do projeto aos retornos da carteira de mercado.

A lógica na introdução do coeficiente de ajuste à liquidez ao CAPM, dada pela Equação (4.36), é que a razão entre a duração de determinado projeto com vida igual a n períodos e a duração de um projeto com fluxos de caixa dados por uma série uniforme, de mesma vida, quando multiplicada pelo fator de risco produz uma aproximação à taxa de desconto corrigida pela duração. Assim, para um projeto com fluxos de caixa dados por uma

série uniforme, $D_{i,n} = D_{r,n}$, resultando em um coeficiente de ajuste à liquidez igual a unidade; para projetos com investimentos postergados e/ou receitas antecipadas, $D_{i,n} < D_{r,n}$, resultando em um coeficiente de ajuste à liquidez menor do que a unidade; para projetos com investimentos antecipados e/ou atraso nas receitas, $D_{i,n} > D_{r,n}$, resultando, assim, em um coeficiente de ajuste à liquidez maior do que a unidade. Tais afirmações são válidas para valores positivos do coeficiente de risco sistemático do projeto, ou seja, $\beta_j > 0$.

No caso de valores negativos para o beta do projeto, a Equação (4.36) se transforma em:

$$i = R_f + \frac{D_{r,n}}{D_{i,n}} \beta_j (R_m - R_f), \text{ para } (R_m - R_f) > 0 \quad (4.37)$$

No caso de valores negativos para o beta do projeto, o coeficiente de ajuste à liquidez é invertido. Assim, as conclusões sobre a introdução deste coeficiente na Equação (4.36) são invertidas quando se visualiza a Equação (4.37). A versão clássica do CAPM (Equação (4.1)), por sua vez, pode ser identificada como um caso particular da Equação (4.36), para o caso de valores positivos para o beta do projeto, e da Equação (4.37), para o caso de valores negativos para o beta do projeto.

4.4.3- Metodologia para a Correção pela Duração da TMA dada pela Versão Clássica do CAPM

A sistemática apresentada por Brown e Kulkarni (1993) para se obter a taxa de desconto i , dada pela versão clássica do CAPM e ajustada à liquidez, compreende a seguinte estruturação:

Dados de Entrada

- Taxa livre de risco (R_f)
- Retorno esperado do índice de mercado (R_m)
- Coeficiente de risco sistemático do projeto j (β_j), segundo a metodologia da versão clássica do CAPM.

Passos da Sistemática:

1. Cálculo da taxa de desconto r , ou seja, a taxa de desconto do projeto requerida pelo CAPM, não ajustada à liquidez, dada pela Equação (4.1);
2. Cálculo de $D_{r,n}$, ou seja, a duração de um projeto que possui fluxos de caixa uniformes ao longo de n períodos, descontados à taxa r , a partir da Equação (4.31);
3. Cálculo de $D_{i,n}$, ou seja, a duração de um projeto com fluxos de caixa periódicos quaisquer ao longo de n períodos, descontados à taxa i apropriada à duração do projeto, a partir da Equação (4.16). A taxa de desconto a ser utilizada pode ser, como primeira aproximação, a taxa de desconto r encontrada no passo 1; e
4. Introdução dos valores de $D_{r,n}$ e $D_{i,n}$ encontrados nos passos 2 e 3, respectivamente, na Equação (4.36), caso o beta do projeto seja positivo, e na Equação (4.37), caso o beta do projeto seja negativo. Se o erro dado pela diferença absoluta entre o valor encontrado da taxa de desconto i , e o valor adotado para o cálculo de $D_{i,n}$ no passo 3 for menor do que 1%, adotar o segundo valor como sendo a taxa de desconto i . Caso contrário, reinicializar o processo, retornando ao passo 3 com o valor da taxa de desconto i obtido no passo 4, e assim sucessivamente até se atender a exigência de o erro absoluto ser menor do que 1%.

4.5 - O RISCO ASSOCIADO A PERDAS E À ESTIMAÇÃO

A avaliação do risco de mercado de determinado projeto, associado à questão da liquidez, baseia-se nos conceitos propostos pelo CAPM e pela duração de títulos, respectivamente. Nesta direção, o CAPM supõe que a parcela relativa ao risco diversificável possa ser totalmente eliminada a partir da diversificação, onde o projeto é avaliado dentro de um contexto de carteira de projetos. O risco do projeto devido ao mercado é obtido a partir do coeficiente de risco não diversificável ou sistemático, denominado de beta do projeto. Este risco, por sua vez, é corrigido pelo coeficiente de ajuste à liquidez do projeto.

Paralelamente, a Teoria Prospectiva, apresentada por Kahneman e Tversky, em 1979, identificou que a aversão ao risco está intimamente relacionada à aversão a perdas monetárias potenciais apresentadas pelo projeto. Complementarmente, Kahneman e Lovallo (1993) identificaram que um projeto é avaliado por seu desempenho individualizado e não dentro de uma carteira, onde se supõe que ocorra a diversificação. A Teoria Prospectiva apresenta que os avaliadores são, por premissa, otimistas ao estimarem os fluxos de caixa futuros de um projeto. Assim, o risco intrínseco de um projeto seria um reflexo da aversão do decisor à provável exposição a perdas monetárias, e às incertezas relacionadas à estimação dos fluxos de caixa do projeto.

Assim sendo, as parcelas do risco do projeto relacionadas a perdas e à estimação dos fluxos de caixa sintetizam o risco intrínseco do projeto. Enquanto a parcela do risco de mercado se traduz a partir da correlação entre os retornos do projeto e os retornos de mercado, a parcela do risco intrínseco se baseia tanto nas estimativas dos fluxos de caixa e nas próprias incertezas inerentes a estas previsões, caracterizadas no âmbito da própria empresa, quanto a partir de projetos similares executados no passado por outras empresas. Assim sendo, a parcela da TMA relacionada ao risco intrínseco do projeto incentiva que se proporcione a devida importância à etapa relacionada com a estimação dos fluxos de caixa.

Na busca de uma reconciliação entre as duas óticas de risco apresentadas, a de mercado associada à liquidez com a de perdas associada à questão de estimação dos fluxos de caixa, será implementada uma metodologia que contemple a parcela do risco intrínseco do projeto. Ao se agregar esta parcela àquela de mercado associada à liquidez, está se computando o risco total do projeto.

4.5.1- A Caracterização do Risco Associado a Perdas e à Estimação

Segundo Fishburn (1984), em diversos campos de pesquisa, tais como planejamento estratégico, relações pessoais ou diplomacia, o risco é a chance de algo ruim acontecer. Nesta direção, a noção de risco advém da possibilidade de ocorrência de resultados indesejáveis. Inicialmente, presume-se que os resultados possam ser preferencialmente ordenados, de acordo com valores numéricos que preservem uma ordem de preferências. Assim, assume-se que um resultado alvo possa ser identificado de tal forma que todo resultado cujo valor seja menor que o alvo é visualizado como indesejável ou arriscado, enquanto que resultados cujos valores sejam no mínimo iguais ao alvo são admitidos como não arriscados. Por conveniência, o valor do resultado alvo será estabelecido como zero, no caso de perdas associadas a valores monetários. Assim, os valores dos resultados correspondem ao seu índice natural, sendo para projetos unidades monetárias, e o valor zero possui uma interpretação natural, sendo para projetos o ponto de indiferença em relação a ganhos e perdas.

Na análise da distribuição de probabilidades¹⁴ de determinado projeto, algumas considerações devem ser introduzidas quanto ao risco relacionado a perdas. O risco das distribuições de probabilidades sobre os valores dos resultados são números que preservam uma ordem de preferências completa e transitiva, a medida numérica do risco é não negativa, e a distribuição possui risco zero se e somente se não houver chance de se produzir um resultado indesejável. Assume-se que o risco cresça conforme os resultados indesejáveis tornem-se mais prováveis, ou quando os prováveis resultados indesejáveis tornem-se mais acentuados. Apesar de os resultados favoráveis não estarem associados ao risco, sua presença em uma distribuição que possua uma probabilidade de resultados indesejáveis poderia vir a reduzir o risco da distribuição. Esta influência será, contudo, descartada pelo presente estudo.

Segundo Moore e Chen (1984), para a obtenção do risco associado a perdas e à estimação, algumas idéias e conceitos devem ser identificados. Certamente, as grandes empresas têm amplo conhecimento da técnica do FCD, ou de ferramentas tais como o VPL e a TIR, esta última tomadas as devidas precauções. Contudo, o ponto fundamental reside na etapa de estimação dos parâmetros de entrada da técnica do FCD. O valor da informação

¹⁴ Ao se fazer referência ao termo distribuição de probabilidades de um projeto, está se referindo à distribuição de probabilidades do VPL descontado à taxa livre de risco. Caso se utilize a distribuição de probabilidades da TIR, deve-se atentar às limitações inerentes à utilização deste critério de decisão.

utilizado na estimação de todos os parâmetros relevantes, incluindo as magnitudes dos fluxos de caixa, a vida útil e a TMA, não podem ser excessivamente distorcidas. Para Kahneman e Lovallo (1993), os avaliadores são, usualmente, otimistas ao estimarem os fluxos de caixa dos projetos, visando facilitar a aprovação a posteriori.

Para Moore e Chen (1984), o avaliador se depara com duas fontes de informação que servem de base às estimativas dos fluxos de caixa futuros. A primeira fonte se caracteriza pela obtenção, a partir de fontes internas e das crenças pessoais existentes no âmbito da empresa, das estimativas das receitas, dos custos, dos valores esperados dos fluxos de caixa, da vida útil economicamente viável, e das medidas de imprecisão, tais como as variâncias e os intervalos de variação do projeto. Outra fonte se refere a examinar projetos similares executados no passado por outras empresas, incluindo-se as concorrentes.

As estimativas internas, incluindo a própria experiência pessoal dos avaliadores, pode ser identificada como informação prévia, resumidas em uma distribuição de probabilidades prévia. A informação obtida a partir de projetos similares pode ser, por sua vez, identificada como informação amostral, formando uma distribuição de probabilidades amostral. A distribuição prévia, formalmente conjugada à distribuição amostral, formará uma distribuição conjunta, denominada de distribuição preditiva, que serve de base à tomada de decisão sobre investimento.

Desde que a média ou o valor esperado do VPL, ou seja, o $E(VPL)$ seja determinado, a decisão ótima baseada neste critério seria de aceitar o projeto se tal valor for positivo, e rejeitá-lo, caso contrário. Um problema geralmente enfrentado pelo avaliador é a determinação da probabilidade associada aos valores negativos do VPL, indicando que a decisão em aceitar o projeto venha a se tornar uma má decisão a posteriori. A decisão em investir em um projeto que termine com um VPL negativo possui um certo custo que poderia ser evitado, se fosse possível obter a informação perfeita sobre os fluxos de caixa futuros e outros parâmetros. Por isso, a informação perfeita possui um valor dito condicional, que está condicionado tanto à natureza da informação, quanto à decisão de aceitar ou rejeitar. Assim, se o $E(VPL)$ for positivo, novas informações que reforcem a decisão no sentido de aceitar não possuem valor em relação à decisão corrente, pois não alteram a decisão. Por outro lado, novas informações que venham a revelar que a rejeição seria apropriada, efetivamente possuem valor. Neste sentido, é possível determinar o valor esperado da informação perfeita (VEIP),

supondo a forma da distribuição de probabilidades e os valores dos parâmetros que expliquem a distribuição adotada.

O conceito do VEIP em problemas de orçamentação de capital é gerencialmente relevante por, pelo menos, duas razões. Primeiramente, o avaliador ganha alguma indicação de quanta informação adicional deve ser perseguida, ao designar uma estimativa em unidades monetárias ao VEIP. Finalmente, o VEIP é uma medida adicional do risco do projeto, sendo expresso em termos monetários, preferencialmente à utilização de uma terminologia eminentemente estatística. O VEIP é, por definição, igual à oportunidade de perda esperada de aceitar (rejeitar) um projeto com $E(VPL)$ positivo (negativo). Trata-se, segundo Bierman Jr., Bonini e Hausman (1981), do valor máximo que se pagaria pela informação adicional coletada antes de se tomar a ação de investir.

Especificamente, a técnica tradicional do VEIP depende estritamente do conhecimento do $E(VPL)$ e de uma medida de imprecisão dos valores do VPL, usualmente o desvio-padrão (σ). Convém considerar que particularmente em problemas de orçamentação de capital tais parâmetros virtualmente nunca são conhecidos com certeza, já que são de fato somente estimativas e possuem suas próprias imprecisões. Condicionar o VEIP a estes pseudo-parâmetros não é apropriado e resulta geralmente em uma atenuação do VEIP estimado. A solução para a obtenção de uma melhor estimativa do VEIP reside na utilização de uma distribuição de probabilidades preditiva.

4.5.2- A Associação entre o CAPM e a Análise do Perfil de Risco do Valor Presente Líquido de um Projeto

Segundo Chen e Moore (1982), de acordo com a moderna teoria de precificação de ativos, a dispersão da distribuição de probabilidades dos fluxos de caixa futuros é um dado estatístico irrelevante. Conforme a teoria do CAPM foi se desenvolvendo, a partir de 1964, o risco sistemático do projeto, indexado através do beta, tornou-se a única medida relevante do risco.

Por outro lado, Hillier, em 1963, apresentou uma abordagem analítica de medição do risco de um projeto, através da análise da distribuição de probabilidades ou perfil de risco do VPL. Assim, foi introduzida uma sistemática de cálculo da média e da variância do VPL de um dado projeto. O $E(VPL)$ do projeto é obtido através de:

$$\mu_p = \underline{a}' \cdot \underline{\mu} = \sum_{t=0}^n (1+i)^{-t} \cdot \mu_t \quad (4.38)$$

onde:

- μ_p – VPL médio ou esperado do projeto;
- \underline{a}' – vetor transposto de $[1 \times (n+1)]$ fatores de desconto, dado por $[(1+i)^0, (1+i)^{-1}, (1+i)^{-2}, \dots, (1+i)^{-n}]$;
- $\underline{\mu}$ – o vetor de $[(n+1) \times 1]$ médias dos fluxos de caixa do projeto;
- i – taxa de desconto não estocástica;
- t – período de alocação de um dado fluxo de caixa, variando de 0 a n ; e
- μ_t – valor esperado do fluxo de caixa alocado no período t .

No caso de os fluxos de caixa serem aleatórios, o vetor $\underline{\mu}$ se transforma em \underline{x} , que representa o vetor dos fluxos de caixa aleatórios do projeto, mutuamente independentes entre si. Assim, a Equação (4.38) se transforma em:

$$\mu_p = \underline{a}' \cdot \underline{x} = \sum_{t=0}^n (1+i)^{-t} \cdot x_t \quad (4.39)$$

A variância do projeto (σ_p^2), por sua vez, é dada por:

$$\sigma_p^2 = \underline{a}' \cdot \Sigma \cdot \underline{a} = \sum_{t=0}^n a_t^2 \cdot \sigma_t^2 + \sum_{t=0}^n \sum_{k=0}^n a_t \cdot a_k \cdot \sigma_{tk}, \quad t \neq k \quad (4.40)$$

onde:

- \underline{a}' – vetor transposto de $[1 \times (n+1)]$ fatores de desconto, dado por $[(1+i)^0, (1+i)^{-1}, (1+i)^{-2}, \dots, (1+i)^{-n}]$;
- Σ – matriz de covariâncias dos valores esperados dos fluxos de caixa do projeto;
- \underline{a} – vetor de $[(n+1) \times 1]$ fatores de desconto;
- t – período de alocação de um dado fluxo de caixa, variando de 0 a n ;
- a_t – fator de desconto relacionado ao período t ;
- σ_t^2 – variância do fluxo de caixa alocado no período t ;
- a_k – fator de desconto relacionado ao período k ;
- σ_{tk} – covariância entre os períodos de tempo t e k , onde $t \neq k$; e
- i – taxa de desconto não estocástica.

Segundo Levy (1978), a Equação (4.40) é uma boa aproximação do valor de equilíbrio obtido pela versão clássica do CAPM, onde as variâncias individuais são medidas relevantes do risco que precifica o valor de um dado ativo. Por outro lado, a versão clássica do CAPM, apresentada por Sharpe, Lintner e Treynor, indica que a variância de um ativo não é uma medida válida do risco.

A despeito destas discrepâncias existentes entre os autores citados, busca-se traçar um paralelo entre a medida de risco obtida pela versão clássica do CAPM, supondo um contexto de período único, e pela abordagem apresentada por Hillier. Myers e Turnbull (1977), identificaram que a versão clássica do CAPM falha ao não incluir no processo de desconto o risco associado ao fluxo de caixa realizado no período subsequente, e o risco associado à revisão das expectativas.

Nesta direção, Chen e Moore (1982), apresentaram o processo de geração do valor presente (P_t), obtido a partir do valor de equilíbrio do VPL. Este processo supõe que o preço atual seja influenciado pelas expectativas dos investidores em relação ao preço futuro, dado a partir de:

$$(1+i) \tilde{P}_t = (\tilde{x}_{t+1} + \tilde{P}_{t+1}) - \lambda \cdot \text{Cov}(\tilde{x}_{t+1} + \tilde{P}_{t+1}, \tilde{R}_{m,t+1}) + \tilde{\varepsilon}_{t+1} \quad (4.41)^{15}$$

onde:

- $(1+i)$ – fator de desconto;
- x_{t+1} – fluxo de caixa aleatório alocado no período (t+1);
- P_{t+1} – valor presente aleatório dos fluxos de caixa esperados do período (t+2) até o período final T;
- λ – preço do risco de mercado;
- $R_{m,t+1}$ – retorno da carteira de mercado no período (t+1); e
- ε_{t+1} – termo relacionado ao erro aleatório.

As premissas requeridas pela Equação (4.41) são:

- (i) $E(\varepsilon_{t+1}) = 0, \forall t$;
- (ii) $\text{Cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t'}) = 0, \forall t \neq t'$; e
- (iii) $\text{Cov}(x_t, R_{m,t'}) = 0, \forall t \neq t'$.

¹⁵ Os únicos valores não estocásticos são a taxa de desconto (i) e o preço do risco de mercado (λ).

O valor presente (P_t), dado o conjunto de informações disponível no período ($t-1$), é considerado aleatório pelos investidores. O valor aleatório de P_t , avaliado no período ($t-1$), é identificado através da Equação (4.41) modificada:

$$\tilde{P}_t = \frac{(\tilde{x}_{t+1} + \tilde{P}_{t+1}) - \lambda \cdot \text{Cov}(\tilde{x}_{t+1} + \tilde{P}_{t+1}, \tilde{R}_{m,t+1})}{(1+i)} + \frac{\tilde{\varepsilon}_{t+1}}{(1+i)} \quad (4.42)$$

A Equação (4.42) pode ser considerada como sendo o processo de geração dos fluxos de caixa, sob a regra do binômio média-variância. Utilizando-se um procedimento de solução para trás, pode-se obter o valor presente aleatório P_0 , no contexto da regra da média-variância. Sendo P_t o valor aleatório de todos os fluxos de caixa subsequentes a t , e o período final T , então $P_T = 0$.

A partir da Equação (4.42), e dado o nível de informação disponível no período ($T-2$), o valor de P_{T-1} é aleatório, e definido por:

$$\tilde{P}_{T-1} = \frac{(\tilde{x}_T + \tilde{P}_T) - \lambda \cdot \text{Cov}(\tilde{x}_T + \tilde{P}_T, \tilde{R}_{mT})}{(1+i)} + \frac{\tilde{\varepsilon}_T}{(1+i)} \quad (4.43)$$

Como $P_T = 0$, então a Equação (4.43) torna-se:

$$\tilde{P}_{T-1} = \frac{\tilde{x}_T - \lambda \cdot \text{Cov}(\tilde{x}_T, \tilde{R}_{mT})}{(1+i)} + \frac{\tilde{\varepsilon}_T}{(1+i)} \quad (4.44)$$

Analogamente, dado o nível de informação disponível no período ($T-3$), o valor de P_{T-2} torna-se:

$$\tilde{P}_{T-2} = \frac{(\tilde{x}_{T-1} + \tilde{P}_{T-1}) - \lambda \cdot \text{Cov}(\tilde{x}_{T-1} + \tilde{P}_{T-1}, \tilde{R}_{m,T-1})}{(1+i)} + \frac{\tilde{\varepsilon}_{T-1}}{(1+i)} \quad (4.45)$$

Arbitrando-se que:

$$\tilde{x}_{T-1}^* = \tilde{x}_{T-1} - \lambda \cdot \text{Cov}(\tilde{x}_{T-1}, \tilde{R}_{m,T-1}) \quad (4.46)$$

Sabendo-se que:

$$\text{Cov}(\tilde{P}_{T-1}, \tilde{R}_{mT-1}) = 0 \quad (4.47)^{16}$$

Substituindo-se as Equações (4.46) e (4.47) na Equação (4.45), tem-se:

$$\tilde{P}_{T-2} = \frac{\tilde{x}_{T-1}^*}{(1+i)} + \frac{\tilde{P}_{T-1}}{(1+i)} + \frac{\tilde{\varepsilon}_{T-1}}{(1+i)} \quad (4.48)$$

Substituindo-se a Equação (4.44) na Equação (4.48), e arbitrando-se que $\tilde{x}_T^* = \tilde{x}_T - \lambda \cdot \text{Cov}(\tilde{x}_T, \tilde{R}_{mT})$, tem-se:

$$\tilde{P}_{T-2} = \frac{\tilde{x}_{T-1}^*}{(1+i)} + \frac{\tilde{x}_T^*}{(1+i)^2} + \left[\frac{\tilde{\varepsilon}_{T-1}}{(1+i)} + \frac{\tilde{\varepsilon}_T}{(1+i)^2} \right] \quad (4.49)$$

Analogamente, dado o nível de informação disponível no período (T-4), o valor de \tilde{P}_{T-3} torna-se:

$$\tilde{P}_{T-3} = \frac{\tilde{x}_{T-2}^*}{(1+i)} + \frac{\tilde{x}_{T-1}^*}{(1+i)^2} + \frac{\tilde{x}_T^*}{(1+i)^3} + \left[\frac{\tilde{\varepsilon}_{T-2}}{(1+i)} + \frac{\tilde{\varepsilon}_{T-1}}{(1+i)^2} + \frac{\tilde{\varepsilon}_T}{(1+i)^3} \right] \quad (4.50)$$

Analogamente, o valor presente P_0 é obtido a partir da equação generalizada a seguir:

$$\tilde{P}_0 = \sum_{t=0}^T \frac{\tilde{x}_t^*}{(1+i)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{\tilde{\varepsilon}_t}{(1+i)^t} \quad (4.51)$$

$$\text{onde } \tilde{x}_t^* = \tilde{x}_t - \lambda \cdot \text{Cov}(\tilde{x}_t, \tilde{R}_{mt})$$

O valor presente P_0 obtido pela Equação (4.51) é uma variável aleatória derivada do processo de geração de fluxos de caixa, a partir da regra do binômio média-variância. Este valor depende dos fluxos de caixa aleatórios futuros (\tilde{x}_t^*), e dos termos de erro aleatório puro (ε_t s). Em contraste, a versão apresentada por Hillier é simplesmente

¹⁶ O valor presente aleatório \tilde{P}_{T-1} visualizado no período (T-2) não se correlaciona com o valor de \tilde{R}_{mT-1} no período (T-1).

uma função estatística dos fluxos de caixa incertos futuros, conforme visto pela Equação (4.39), dada por:

$$\tilde{P}_0 = \sum_{t=0}^T \frac{\tilde{X}_t^*}{(1+i)^t} = \underline{a}' \cdot \underline{X} \quad (4.52)$$

A variância, apresentada por Hillier, é dada pela Equação (4.40). Entretanto, a variância real dada pelos fluxos de caixa aleatórios, sob a égide da regra média-variância, é a variância de P_0 , este dado pela Equação (4.51). Assim, a variância real do projeto possui o termo associado ao erro de estimação (σ_{st}^2), sendo dada por:

$$\sigma_p^2 = \underline{a}' \cdot \Sigma \cdot \underline{a} = \sum_{t=0}^n a_t^2 \cdot \sigma_t^2 + \sum_{t=0}^n \sum_{k=0}^n a_t \cdot a_k \cdot \sigma_{tk} + \sum_{t=0}^n a_t^2 \cdot \sigma_{st}^2, \quad t \neq k \quad (4.53)$$

Comparando-se as Equações (4.40) e (4.53), fica claro que a abordagem de Hillier subestima o valor da variância. Contudo, o termo omitido pela Equação (4.40) é pouco significativa, visto que o fator de desconto a_t^2 decresce com o tempo. Assim, a variância apresentada por Hillier é uma boa aproximação do valor real da variância.

A abordagem apresentada por Hillier para o cálculo da variância, e a abordagem proposta pela versão clássica do CAPM para o cálculo do coeficiente de risco sistemático ou beta, introduzem medidas de risco do projeto. Contudo, ambas as abordagens não contemplam o efeito do risco de estimação dos fluxos de caixa futuros. Segundo Myers e Turnbull (1977), o beta não se altera significativamente devido ao efeito da expectativa dos investidores em relação à informação futura. Segundo Chen e Moore (1982), a variância do projeto não se altera significativamente pela introdução do erro relativo às estimativas futuras dos fluxos de caixa. Contudo, o risco de estimação deve ser preferencialmente considerado na obtenção da TMA ajustada ao risco do projeto.

4.5.3 - A Determinação do Risco Associado a Perdas

A presente dissertação assume que, por simplificação, o VPL seja uma variável aleatória, governada por uma distribuição de probabilidades com momentos finitos. Assume-se que a média da distribuição, ou seja, $E(VPL)$, seja positiva, de forma que a inclinação do decisor seja de aceitar o projeto. Analogamente, o conceito também se aplica quando o $E(VPL)$ for negativo e o decisor estiver inclinado a rejeitar o projeto, porém não será

considerado no referido estudo. Assim, caso exista uma certa probabilidade positiva de o VPL ser negativo, isto poderá causar uma perda ao valor da firma.

A princípio, para o cálculo do risco associado a perdas, supõe-se que a distribuição prévia seja normal com média $E(VPL)$ e variância $\sigma^2(E(VPL))$. Desconsiderando-se os efeitos do risco de estimação, a média e a variância são dados pelas Equações (4.38) e (4.40), respectivamente, utilizando-se a taxa livre de risco como taxa de desconto¹⁷. O perfil de risco do VPL pode ser obtido através da simulação de Monte Carlo. Esta técnica supõe a convolução das distribuições de probabilidades de todos os fluxos de caixa do projeto, no caso descontados à taxa livre de risco.

Como solução alternativa, pode-se supor que os fluxos de caixa sejam independentes entre si, ou seja, possuem grau de correlacionamento nulo. Assim, a variância resultante para a distribuição do VPL é dada pelo somatório das variâncias descontadas de todos os fluxos de caixa. Em uma situação extrema, supõe-se que haja correlação perfeita e positiva entre os fluxos de caixa, e a variância resultante seria o somatório das combinações de todas as variâncias descontadas dos fluxos de caixa entre si, duas a duas. Desde que a taxa de desconto seja considerada uma variável não estocástica, pode-se supor como estimativa para a variância do projeto dada pelo perfil de risco do VPL o valor intermediário entre as suposições de independência e correlação perfeita entre os fluxos de caixa. Esta estimativa possui tanto simplicidade operacional, quanto erro tolerável de aproximação.

Segundo Moore e Chen (1984), o decisor está inclinado a investir desde que o $E(VPL)$ seja positivo. Se, após o comprometimento dos fundos necessários para o investimento localizado no período inicial do projeto (I_0), o valor presente dos fluxos de caixa futuros cair a níveis inferiores ao investimento inicial, a decisão causa uma perda. Em contrapartida, se o valor presente dos fluxos de caixa remanescentes for superior ao valor de I_0 , a decisão eleva o valor da firma.

A informação adicional resolve parte da incerteza envolvida, e por isso possui um valor condicional. Se a decisão for favorável a investir, qualquer informação adicional que reforce tal decisão não possui valor em relação à decisão corrente, já que não altera a decisão.

¹⁷ A utilização da taxa livre de risco como taxa de desconto implica que as estimativas sejam equivalentes certos, além de não se pré-julgar o risco do projeto.

Entretanto, informações que indicam valores negativos do VPL possuem valor, já que o conjunto de informações permite que o decisor evite a perda.

O decisor pode formar um valor esperado desta informação adicional ou perfeita, definida por VEIP, obtida a partir do perfil de risco do VPL. Se o projeto é aceito e o investimento inicial I_0 for feito, então para cada unidade monetária pela qual o valor presente dos fluxos de caixa remanescentes cair abaixo de I_0 , a firma sofre uma perda da mesma unidade monetária no VPL¹⁸. Trata-se do custo de fazer uma má decisão, definido pelo valor condicional da informação perfeita (VCIP), também denominado de oportunidade condicionada de perdas da melhor ação, ou simplesmente função de perdas.

O VCIP é uma função linear crescente de acordo com o decréscimo do valor do VPL, possuindo coeficiente angular unitário e cortando o eixo das abcissas quando o VPL for nulo. Neste caso, o valor nulo do VPL reflete o valor alvo, ou seja, o ponto de indiferença entre a situação de ocorrência de ganhos e perdas. Desde que o avaliador esteja disposto a investir, qualquer informação que revele que o valor do VPL será positivo não agrega valor à decisão, por não alterar a decisão corrente. Entretanto, qualquer informação que revele um VPL negativo possui um valor condicional de uma unidade monetária para cada unidade monetária que torne negativo o valor do VPL.

O VEIP é a expectativa do VCIP, ou seja, é a oportunidade de perda esperada da melhor ação. O VEIP é calculado a partir da ponderação do VCIP ou função de perdas, pelo perfil de risco do VPL do projeto. O VEIP é obtido através do somatório do produto entre a porção à esquerda do ponto de VPL nulo do perfil de risco do VPL, e a função de perdas.

Segundo Schlaifer (1959), e Pratt, Raiffa e Schlaifer (1965), a equação proposta do VEIP supõe que o valor da média seja inferior ao valor alvo, valor este diferente de zero. Assim:

$$VEIP = \sum_{\mu=VA}^{\infty} K (\mu - VA) \cdot P (\mu) \quad (4.54)$$

¹⁸ No caso de o investimento total estar alocado ao longo do tempo, atenua-se as diferenças ao se levar, à taxa livre de risco, todo o investimento anterior à primeira receita do projeto até um período anterior à primeira receita.

onde:

- K – constante de ganho da função de ganhos;
 VA – valor alvo;
 μ – média da distribuição de probabilidades; e
 $P(\mu)$ – probabilidade de ocorrência de μ .

Então:

$$VEIP = K \left[\sum_{\mu=VA}^{\infty} \mu \cdot P(\mu) - VA \sum_{\mu=VA}^{\infty} P(\mu) \right] \quad (4.55)$$

A primeira parcela dentro dos colchetes se refere à expectativa parcial da média μ no intervalo $[VA, \infty]$, e a segunda parcela se refere à probabilidade total de todas as médias μ superiores ao valor alvo VA. Assim, a Equação (4.55) pode ser reescrita a partir de:

$$VEIP = K [E_{VA}^{\infty}(\mu) - VA \cdot P(\mu \geq VA)] \quad (4.56)$$

Analogamente, tem-se para a situação onde o valor da média seja superior ao VA, a Equação (4.56) torna-se:

$$VEIP = K [VA \cdot P(\mu \leq VA) - E_{\infty}^{VA}(\mu)] \quad (4.57)$$

As Equações (4.56) e (4.57) são aplicáveis a toda e qualquer distribuição de probabilidades, onde as probabilidades e expectativas parciais envolvidas podem ser obtidas a partir de métodos gráficos e aritméticos. Se, no entanto, a distribuição for normal, a tarefa computacional pode ser extremamente reduzida pela utilização da fórmula da expectativa normal parcial, e de tabelas da distribuição normal unitária.

Tomando-se o caso de a média $E(\mu)$ ser inferior ao valor de VA, normaliza-se o valor de VA (VA_N), tornando-o uma medida padrão a partir de:

$$VA_N = \frac{VA - E(\mu)}{\sigma(\mu)} \quad (4.58)$$

Ademais, o termo referente à probabilidade encontrada na Equação (4.56) pode ser escrito a partir de:

$$P(\mu \geq VA) = P_N(\mu_N > VA_N) \quad (4.59)$$

A partir de Schlaifer (1959), seção 18.2.3, tem-se que:

$$E_{-\infty}^{VA}(\mu) = E(\mu) \cdot P_N(\mu_N < VA_N) - \sigma(\mu) \cdot P'_N(VA_N) \quad (4.60)$$

Sabendo-se que:

$$E_{VA}^{\infty}(\mu) = E(\mu) - E_{-\infty}^{VA}(\mu) \quad (4.61)$$

Substituindo-se a Equação (4.61) na Equação (4.60), tem-se:

$$E_{VA}^{\infty}(\mu) = E(\mu) - E(\mu) \cdot P_N(\mu_N < VA_N) + \sigma(\mu) \cdot P'_N(VA_N) \quad (4.62)$$

Sabendo-se que $P_N(\mu_N < VA_N) = 1 - P_N(\mu_N > VA_N)$, e substituindo-se na Equação (4.62), tem-se:

$$E_{VA}^{\infty}(\mu) = E(\mu) - E(\mu) [1 - P_N(\mu_N > VA_N)] + \sigma(\mu) \cdot P'_N(VA_N) \quad (4.63)$$

Assim:

$$E_{VA}^{\infty}(\mu) = E(\mu) \cdot P_N(\mu_N > VA_N) + \sigma(\mu) \cdot P'_N(VA_N) \quad (4.64)$$

Substituindo-se a Equação (4.56) na Equação (4.64), tem-se:

$$VEIP = K [E(\mu) \cdot P_N(\mu_N > VA_N) + \sigma(\mu) \cdot P'_N(VA_N) - VA \cdot P(\mu \geq VA)] \quad (4.65)$$

Substituindo-se a Equação (4.59) na Equação (4.65), tem-se:

$$VEIP = K [E(\mu) \cdot P_N(\mu_N > VA_N) + \sigma(\mu) \cdot P'_N(VA_N) - VA \cdot P_N(\mu_N > VA_N)] \quad (4.66)$$

Evidenciando-se o termo $P_N(\mu_N > VA_N)$ e multiplicando-se por $\sigma(\mu)/\sigma(\mu)$ a Equação (4.66), tem-se:

$$VEIP = K [\sigma(\mu) \cdot P_N(\mu_N > VA_N) \left\{ \frac{E(\mu) - VA}{\sigma(\mu)} \right\} + \sigma(\mu) \cdot P'_N(VA_N)] \quad (4.67)$$

Substituindo-se a Equação (4.58) na Equação (4.67) e evidenciando-se o termo $\sigma(\mu)$, tem-se:

$$VEIP = K \cdot \sigma(\mu) [P'_N (VA_N) - VA_N \cdot P_N(\mu_N > VA_N)] \quad (4.68)$$

Assim, reescrevendo-se a Equação (4.68), tem-se:

$$VEIP = K \cdot \sigma(\mu) [f_{N^*} (VA_N) - VA_N \cdot G_{N^*}(\mu_N > VA_N)] \quad (4.69)$$

onde:

- K – constante de ganho da função de ganhos;
- $\sigma(\mu)$ – desvio-padrão da distribuição de probabilidades normal do critério de decisão;
- VA_N – razão entre o módulo da distância entre o valor de VA e μ , em relação a $\sigma(\mu)$;
- $f_{N^*} (VA_N)$ – magnitude da função densidade de probabilidades normal reduzida, para o valor de VA_N ; e
- $G_{N^*}(\mu_N > VA_N)$ – função densidade de probabilidades normal reduzida acumulada.

Denomina-se a diferença entre as duas parcelas entre colchetes da Equação (4.69) de integral de perdas normal reduzida, ou $N(VA_N)$. Assim, substituindo-se esta denominação na Equação (4.69), tem-se:

$$VEIP = K \cdot \sigma(\mu) \cdot N(VA_N) \quad (4.70)$$

Renomeando-se a Equação (4.58):

$$D = \frac{VA - E(\mu)}{\sigma(\mu)} \quad (4.71)$$

Substituindo-se a Equação (4.71) na Equação (4.70), tem-se:

$$VEIP = K \cdot \sigma(\mu) \cdot N(D) \quad (4.72)^{19}$$

Ao se associar uma função de perdas à Equação do VEIP dada pela Equação (4.72), deve-se adotar o módulo da constante de perdas e do valor de D, onde ambos os

¹⁹ A função $N(D)$ pode ser obtida através da seguinte equação:

$$N(D) = \int_{-\infty}^{-D} (-D - X) f^*(X) dX = \int_D^{\infty} (-D - X) f^*(X) dX$$

onde: $f^*(X)$ é a função densidade de probabilidades normal reduzida.

valores são negativos. Bierman Jr., Bonini e Hausman (1981), apresentaram a fórmula genérica do VEIP, a partir das premissas de normalidade para o perfil de risco de um dado critério de decisão, e linearidade para a função de perdas, dada por:

$$\text{VEIP} = C \cdot \sigma(\mu) \cdot N(D) \quad (4.73)$$

onde:

- C – módulo da constante de perdas da função de perdas;
- $\sigma(\mu)$ – desvio-padrão da distribuição de probabilidades normal do critério de decisão;
- D – razão entre o módulo da distância entre o valor de VA e μ , em relação a $\sigma(\mu)$; e
- $N(D)$ – função de perdas associada à normal reduzida, ou integral de perdas normal reduzida, valorada para a distância D, tabelada a partir do Anexo 2 [Schlaifer, R. (1959)].

Moore e Chen (1984), apresentaram a fórmula do VEIP, a partir das premissas de normalidade para o perfil de risco do VPL, e linearidade para a função de perdas, visualizada a partir de:

$$\text{VEIP} = \sigma(\mu) \cdot N(D) \quad (4.74)^{20}$$

onde:

- $\sigma(\mu)$ – desvio-padrão da distribuição de probabilidades normal do VPL;
- D – razão entre o módulo da distância entre o valor nulo do VPL e μ , em relação ao $\sigma(\mu)$. Tal índice reflete o valor esperado do VPL por unidade de risco, ou seja, $D = |-\mu|/\sigma(\mu)$; e
- $N(D)$ – integral de perdas normal reduzida, valorada para a distância D, tabelada a partir do Anexo 2 [Schlaifer, R. (1959)].

²⁰ A equação originalmente apresentada pelos autores inclui um coeficiente denominado de constante de perda (C), análogo ao coeficiente de ganhos (K) apresentado por Schlaifer, que é o valor absoluto da inclinação da função de perdas. No caso da distribuição de probabilidades do VPL se supôs que cada unidade monetária de redução do VPL resultaria de uma redução equânime do valor presente dos fluxos de caixa remanescentes em relação ao valor presente do investimento total. Esta premissa reflete uma constante de perda unitária, sendo portanto, desconsiderada pela equação proposta.

A partir da Equação (4.74), se verifica que quanto mais elevado for o valor do desvio-padrão, maior é o VEIP. Isto se deve ao fato que quanto maior for o grau de espalhamento da curva de distribuição normal, maior é o peso probabilístico associado a maiores perdas, pois maiores são os valores da função de perdas. Ademais, supondo o desvio-padrão constante, quanto menor for o módulo da distância entre o VPL nulo e o valor esperado do VPL dado pela distribuição de probabilidades normal, maior é o VEIP. Neste caso, quanto menor for esta distância, maior é a área de superposição entre o perfil de risco do VPL e a função de perdas. Nas duas situações acima, a informação perfeita é mais provável de alterar a decisão relacionada à ação ótima. Assim, existe uma probabilidade positiva sob a qual a ação ótima se altera à luz de nova informação. Supondo as premissas de normalidade para a distribuição de probabilidades prévia do VPL, e de linearidade para a função de perdas, o VEIP depende dos seguintes fatores:

- o desvio-padrão, que mede quão incerto o estimador está em relação à média; e
- a distância D , que mede quão provavelmente o decisor altera a sua decisão devido às novas evidências de informação.

4.5.4- A Determinação do Risco Associado à Estimação

Segundo Moore e Chen (1984), o risco devido à estimação supõe os parâmetros da distribuição de probabilidades do VPL não sejam conhecidos com certeza. Assim, ao se buscar mais informação, dentro de uma abordagem Bayesiana, verifica-se que a distribuição de probabilidades preditiva do VPL é mais difusa do que a distribuição de probabilidades normal, adotada previamente no cálculo do risco associado a perdas. Neste sentido, a variância da distribuição de probabilidades preditiva do VPL possui um valor mais elevado do que a variância da distribuição de probabilidades prévia, suposta gaussiana. Ademais, o valor da distância D se reduz, havendo uma dupla contribuição para a elevação do valor de VEIP. Assim, o VEIP supondo uma distribuição de probabilidades normal é menos conservativo do que aquele obtido através de uma distribuição de probabilidades preditiva.

Assim, ao se assumir uma distribuição de probabilidades preditiva difusa com amostragem de tamanho finito, dado por T observações, o VPL possui uma distribuição de probabilidades t de Student. Os resultados esperados desta distribuição são os seguintes:

$$\overline{\text{VPL}} = \underline{a}' \cdot \underline{c} \quad (4.75)$$

onde:

- $\overline{\text{VPL}}$ – média do valor presente líquido;
 \underline{a}' – vetor de [1 x (n+1)] fatores de desconto, dado por:
 $[(1+i)^0, (1+i)^{-1}, (1+i)^{-2}, \dots, (1+i)^{-n}]$; e
 \underline{c} – vetor de [1 x (n+1)] valores das médias amostrais dos fluxos de caixa.

A variância da distribuição de probabilidades preditiva (σ^{*2}), por sua vez, é dada por:

$$\sigma^{*2} = [(1+1/T) (T-1) / (T-m-2)] \sigma^2 \quad (4.76)$$

onde:

- T – tamanho da amostra;
m – número total de períodos, dado por (n+1); e
 σ^2 – variância amostral, estimada a partir da distribuição normal.

Assim, a distribuição de probabilidades preditiva do VPL do tipo t de Student, com (T - m) graus de liberdade. Ao se utilizar estimativas para a média e o desvio-padrão a partir de uma distribuição de probabilidades gaussiana está se subestimando os verdadeiros valores. Assim, a probabilidade de VPLs negativos dada pela distribuição de probabilidades normal é claramente inferior à t de Student. Isto se deve ao fato que:

- as áreas mais extremas da distribuição de probabilidades t de Student são mais elevadas do que as da distribuição de probabilidades normal; e
- a variância sob uma abordagem Bayesiana é mais elevada do que a variância estimada pela abordagem tradicional.

Analogamente à Equação (4.69), tem-se que o VEIP*, supondo o perfil de risco do VPL (K=1) tipo t de Student, e a linearidade da função de perdas, é dado por:

$$\text{VEIP}^* = \sigma^* (\overline{\text{VPL}}) \left[\left\{ \frac{T-m+VA_s^*}{T-m-1} \right\} f_{s^*}(\text{VPL}|\nu) - VA_s^* \cdot G_{s^*}(\text{VPL}|\nu) \right] \quad (4.77)$$

onde:

- $\sigma^*(\overline{VPL})$ – desvio-padrão da distribuição de probabilidades t de Student do VPL;
- T – tamanho da amostra;
- m – número total de períodos, dado por (n+1);
- v – número de graus de liberdade, dado por (T - m);
- VA_s^* razão entre o módulo da distância entre o valor de VA e \overline{VPL} , em relação a $\sigma^*(\overline{VPL})$, sendo denominada de D_s^* ;
- $f_{s^*}(VA_s^*)$ – denominada de magnitude da função densidade de probabilidades t de Student reduzida, para o valor de VA_s^* ; e
- $G_{s^*}(\overline{VPL} > VA_s^*)$ – denominada de função densidade de probabilidades t de Student reduzida acumulada.

A Equação (4.77) pode ser reescrita, segundo Moore e Chen (1984), a partir de:

$$VEIP^* = \sigma^*(\overline{VPL}) \cdot L_{S^*}(VPL \mid v) \quad (4.78)$$

onde:

- $\sigma^*(\overline{VPL})$ – desvio-padrão da distribuição de probabilidades t de Student do VPL;
- $L_{S^*}(VPL \mid v)$ – integral de perdas t de Student reduzida, valorada para a distância D_s^* , tabelada a partir do Anexo 3 [Bracken, J., Schleifer Jr., A.(1964)]; e
- v – número de graus de liberdade, igual a (T-m).

Assim, conforme se eleva o tamanho da amostra, o $VEIP^*$ obtido pela distribuição de probabilidades t de Student se aproxima do $VEIP$ obtido pela distribuição de probabilidades normal. Isto se deve ao fato que conforme se eleva o tamanho da amostra, mais informação é agregada, e a difusividade quanto à forma da distribuição se reduz. Assim, em situações de elevado tamanho da amostra, de acordo com o Teorema do Limite Central, supõe-se que a distribuição de probabilidades normal adere adequadamente aos valores observados do VPL.

4.5.5- Metodologia para a Determinação da TMA Incremental **Devido a Perdas e à Estimação**

O $VEIP^*$ indica o valor máximo que se paga pela informação que assegure ao decisor evitar os riscos associados a perdas e à estimação, caso se decida previamente por investir no projeto. Porém, no caso de haver uma probabilidade diferente de zero de VPLs

negativos, existe uma probabilidade não negativa de o decisor se arrepender da decisão tomada preliminarmente por investir.

Se o $VEIP^*$ for igual a zero, a taxa de desconto marginal devido a perdas e estimação (R_{1e}) é nula; se o $VEIP^*$ for positivo, a R_{1e} é positiva. No caso, a diferença entre o \overline{VPL} e o $VEIP^*$ indica o valor do projeto livre do risco de perdas e estimação (VLPE). A taxa de desconto que reflete o VLPE agrega o risco associado a perdas e à estimação ao prêmio pela espera ou taxa livre de risco. Assim, a taxa de desconto através da qual se obtenha o VLPE, reduzida da taxa livre de risco, traduz a R_{1e} . Tal incremental de taxa absorve o risco marginal intrínseco do projeto. Quanto mais elevado for o valor de $VEIP^*$, maior é o valor de R_{1e} . Cabe ressaltar que no caso de não se computar o risco devido à estimação, os termos $VEIP^*$, VLPE e R_{1e} se tornam $VEIP$, VLP e R_1 , respectivamente.

Assim, a sistemática a ser adotada na determinação da R_{1e} (ou R_1) é dada por:

1. Cálculo da média e do desvio-padrão da distribuição normal de VPLs descontados à taxa livre de risco. A média e o desvio-padrão podem ser estimados através de simulação numérica. Uma alternativa simplificadora seria a obtenção analítica destas estimativas, a partir da suposição conservadora de que os fluxos de caixa sejam 50% perfeitamente correlacionados entre si, e 50% independentes entre si.
2. No caso de projetos com informação prévia não difusa, adotar os seguintes passos:
 - 2.1. Obtenção da integral de perdas normal reduzida ($N(D)$).
 - 2.2. Cálculo do valor esperado da informação perfeita (VEIP).
 - 2.3. Cálculo do valor esperado livre de perdas (VLP).
 - 2.4. Cálculo do incremental da TMA devido a perdas (R_1).
3. No caso de projetos com informação preditiva difusa, adotar os seguintes passos:
 - 3.1. Identificação do tamanho da amostra e do número total de períodos do projeto.
 - 3.2. Obtenção da integral de perdas t de Student reduzida ($L_S^*(D^*)$).
 - 3.3. Obtenção do valor esperado da informação perfeita ($VEIP^*$).
 - 3.4. Cálculo do valor esperado livre de perdas e estimação (VLPE).
 - 3.5. Cálculo do incremental da TMA devido a perdas e à estimação (R_{1e}).

A existência de uma parcela da TMA associada ao risco devido a perdas e à estimação é extremamente relevante. Caso o estimador seja otimista, exagerando nos valores esperados das estimativas dos fluxos de caixa e reduzindo os intervalos de variação destas estimativas, certamente estará promovendo a redução da parcela da TMA ajustada a perdas e à estimação. Contudo, o estimador estará mais suscetível às variações entre os VPLs previsto e realizado, acarretando em problemas relacionados à avaliação de seu desempenho profissional a posteriori. Por outro lado, se o estimador for pouco criterioso e gerar intervalos mais elevados de variação dos fluxos de caixa estimados, a parcela da TMA relacionada a perdas e à estimação será mais elevada, penalizando o projeto e chegando, em uma situação extrema, a rejeitá-lo. A parcela da TMA relacionada a perdas e à estimação é um prêmio às boas estimativas.

A utilização do desconto das variâncias do projeto pela taxa livre de risco para a obtenção da parcela de risco devido a perdas e à estimação possui algumas virtudes. Primeiramente, evita-se que se pré-julgue o risco envolvido; em segundo lugar, é mais conservadora na obtenção do VEIP* e portanto resulta em uma taxa incremental devido a perdas e à estimação mais elevada, e finalmente, permite que se agregue o incremental de taxa devido a perdas e estimação diretamente à versão clássica do CAPM, cujo intercepto é a própria taxa livre de risco. Assim sendo, a taxa incremental devido a perdas e estimação pode ser diretamente adicionada à TMA ajustada ao mercado e à liquidez, compondo a TMA associada ao risco total do projeto.

4.6 - A DETERMINAÇÃO DA TMA AJUSTADA AO RISCO TOTAL DO PROJETO

A metodologia proposta pela dissertação visa o ajuste da TMA ao risco total do projeto. A TMA ajustada ao risco de um dado projeto (TMA^*), caso o valor do beta do projeto seja positivo, é dada a partir de:

$$TMA^* = (R_f + R_{le}) + \left[\left(\frac{D_{i,n}}{D_{r,n}} \right) \beta_j (R_m - R_f) \right], \text{ para } (R_m - R_f) > 0 \quad (4.79)$$

onde:

- R_f – retorno do ativo livre de risco;
- R_{le} – taxa incremental devido a perdas e à estimação;
- $D_{i,n}$ – duração de um projeto com fluxos de caixa quaisquer ao longo de n períodos, descontados à taxa i apropriada à duração do projeto;
- $D_{r,n}$ – duração de um projeto com fluxos de caixa uniformes ao longo de n períodos, descontados à taxa r apropriada ao CAPM;
- β_j – coeficiente de risco sistemático; e
- R_m – retorno esperado da carteira de mercado.

Caso o valor do beta do projeto seja negativo, a equação da TMA^* é dada por:

$$TMA^* = (R_f + R_{le}) + \left[\left(\frac{D_{r,n}}{D_{i,n}} \right) \beta_j (R_m - R_f) \right], \text{ para } (R_m - R_f) > 0 \quad (4.80)$$

A maior vantagem na obtenção de uma TMA ajustada ao risco total do projeto se reflete na simplicidade e flexibilidade operacional exibidas pela metodologia proposta. As empresas, quando da tomada de decisão sobre investimento, estarão cientes do grau de risco que irão correr, e do nível de retorno total exigido pelo projeto. As empresas de médio e grande portes, ao decidirem por investir em determinado projeto, supõem que o risco seja eliminado devido a um portfólio de projetos amplamente diversificado, aceitando um projeto que aponta um valor esperado do VPL positivo. Este processo decisório, de caráter determinístico, ignora os efeitos do risco que efetivamente existem individualmente para cada projeto. Por outro lado, a análise de risco, apesar de agregar informação relevante à tomada de decisão, muitas vezes é insuficiente. Requer-se que um projeto seja dominante em relação aos

demais, para toda e qualquer probabilidade de ocorrência, para que seja preferível. Caso contrário, a decisão é subjetiva. A introdução do risco do projeto à sua TMA possibilita que a decisão se torne objetiva, através do cômputo do VPL ajustado ao risco total (VPL*) do projeto. Neste caso, absorve-se todas as informações existentes na análise de risco, prescindindo-se das desvantagens relacionadas à esta análise.

Assim sendo, o cômputo do risco total de um projeto se traduz através da obtenção da sua TMA*. Desta forma, permite-se a fusão da parcela da TMA relacionada ao mercado, que independe da empresa que avalie o projeto, à parcela relacionada ao risco intrínseco do projeto, que depende da empresa que o avalie, compondo a TMA* do projeto. A partir da obtenção da TMA*, obtém-se o VPL* do projeto, permitindo-se, assim, que se comparem oportunidades com diferentes graus de risco entre si, a partir de um critério de decisão único notadamente completo e suficiente. Assim, caso o VPL* do projeto seja positivo, mede-se corretamente o impacto marginal ao valor da empresa, devido à aceitação do projeto.

Certamente, a etapa de avaliação de um projeto não é a última nem tampouco a mais importante. À esta etapa, seguem-se duas etapas de extrema relevância. Primeiramente, a etapa de julgamento, que incorpora à decisão fatores intangíveis que estão intimamente relacionados aos aspectos estratégicos da companhia. Tais fatores estratégicos norteiam o processo decisório como um todo, onde as decisões tomadas quando da avaliação devem estar em consonância com as diretrizes estratégicas delineadas pela companhia. Projetos de cunho estratégico para a companhia poderão ser até aceitos se possuírem um VPL* negativo. Neste caso, tais projetos vem a atender às diretrizes estratégicas da companhia, e que a longo prazo possivelmente contribuirão positivamente para outros projetos, e conseqüentemente ao valor da companhia como um todo. Finalmente, a etapa de gerenciamento do risco vem como um suporte e acompanhamento da etapa de avaliação, completando o processo decisório. A presente dissertação, dentro das suas limitações, pretende apresentar como um projeto pode ser objetivamente avaliado, sob o enfoque do binômio risco-retorno, sem considerar os fatores estratégicos envolvidos. Ademais, deve-se salientar que o presente trabalho per si não pretende esgotar todas as parcelas componentes do risco total de um projeto, bem como supõe, de forma simplificadora e conservativa, que tais parcelas sejam independentes entre si.

4.7 - SIMULAÇÕES TEÓRICAS

O objetivo principal da metodologia proposta pelo presente trabalho é a obtenção da TMA*, dada pelas Equações (4.79) e (4.80).

Neste sentido, uma sistemática é implementada a fim de se identificar a influência das principais variáveis que compõem a TMA*, ou seja, as parcelas de mercado, liquidez e perdas. A parcela relacionada à estimação não foi avaliada. Isto se deve ao fato de que as conclusões obtidas para a parcela associada a perdas é representativa para a parcela associada à estimação.

Neste sentido, desde que as receitas de um projeto estejam intimamente relacionadas aos preços dos insumos ou produtos gerados pelo projeto, foram identificadas duas situações distintas, a saber:

- existe uma correlação positiva entre os retornos do projeto, dados pelos preços dos insumos ou produtos gerados pelo projeto, e os retornos do mercado; ou
- existe uma correlação negativa entre os retornos do projeto, dados pelos preços dos insumos ou produtos gerados pelo projeto, e os retornos do mercado.

A partir destes pressupostos iniciais, estabeleceu-se um conjunto de hipóteses, baseado em bibliografia relacionada (Khan e Fiorino (1992), Weston e Copeland (1992)), para que a partir dos resultados fossem elaboradas análises de sensibilidade das diversas variáveis envolvidas na metodologia proposta. Este conjunto de hipóteses envolve os seguintes pontos:

1. Os cenários distintos da economia são equiprováveis;
2. O diferencial entre as TIRs do projeto entre cenários, arbitrado como sendo constante, é de 5%;
3. O diferencial entre os retornos de mercado entre cenários, arbitrado como constante, é de 100%;
4. As variabilidades das variáveis, arbitradas como constantes, são 50% dos valores destas variáveis; e
5. A vida útil dos projetos é qualquer.

Seguindo este conjunto de hipóteses, foram simulados 50 projetos teóricos, divididos em quatro casos base distintos, conforme apresentado a seguir:

- Baixa TIR (até 15% a.a.): 12 projetos.
- Média TIR (entre 16 e 50% a.a.): 13 projetos;
- Alta TIR (entre 51 e 135% a.a.): 13 projetos; e
- Altíssima TIR (superior a 136% a.a.): 12 projetos;

A escolha dos diversos subgrupos considerou não somente a experiência prévia do pesquisador na área de avaliação de projetos, bem como fatores estratégicos, visando a aplicação desta metodologia a projetos da indústria do petróleo no Brasil. Assim, em cada um dos subgrupos, diversificou-se os principais pontos que influenciam as variáveis envolvidas na obtenção da TMA*, tais como a vida dos projetos, o porte dos investimentos e receitas envolvidos, e a forma dos fluxos de caixa dos projetos.

Em seguida, foram implementados os casos base propostos, cujos principais resultados foram os seguintes:

- no caso de haver correlação negativa entre os preços dos insumos ou produtos, e os retornos de mercado, para os subgrupos Baixa, Média e Alta TIR, os valores do beta vão gradativamente se elevando, em módulo, até se atingir valores negativos para as TMAs ajustadas ao risco de mercado. Neste caso, adota-se o valor nulo para estas taxas. Já para o subgrupo Altíssima TIR, a maioria dos valores de beta foram extremamente elevados em módulo, resultando na adoção do valor nulo para as TMAs ajustadas ao risco de mercado.
- apenas para o subgrupo Baixa TIR, projetos foram rejeitados devido a valores da TIR inferiores ao valor da TMA ajustada ao risco de mercado.
- independentemente do subgrupo analisado, projetos com postergação de investimentos mais elevados e/ou antecipação de receitas mais elevadas possuem maior liquidez, e portanto reduzem o valor da TMA ajustada ao risco de mercado.

- independentemente do subgrupo analisado, para um dado nível de variabilidade da distribuição dos VPLs do projeto, projetos com valor esperado do VPL mais elevado possuem a parcela da TMA ajustada ao risco de perdas mais reduzida.
- apenas para o subgrupo Baixa TIR, projetos foram rejeitados devido a valores da TIR inferiores ao valor da TMA*.

A partir da execução dos casos base propostos, foi escolhido um dos subgrupos para se proceder às diversas análises de sensibilidade das variáveis envolvidas, supondo as demais constantes. Assim, foi escolhido o subgrupo Média TIR, supondo a existência de correlação negativa entre os retornos do projeto e os retornos de mercado. O critério de escolha somente identificou que os subgrupos extremos (Baixa e Altíssima TIR) seriam menos representativos que os internos (Média e Alta TIR). Entre estes últimos, optou-se pelo primeiro. Um ponto importante é que quando a correlação é negativa, o intervalo de variação da TMA ajustada ao risco de mercado é reduzido, variando entre zero e o valor da taxa livre de risco.

As diversas análises de sensibilidade buscaram identificar a influência de determinadas variáveis sobre a TMA ajustada ao risco de mercado (item 1, 2, 3 e 4), sobre a TMA incremental devido a perdas (item 5), e sobre a TMA ajustada ao risco de mercado e à liquidez (item 6). Os resultados são apresentados a seguir.

1. Variação das probabilidades de ocorrência dos cenários da economia:

1.1. Cenário Otimista Dominante (superior a 50%);

1.2. Cenários Equiprováveis [Caso Base]; e

1.3. Cenário Pessimista Dominante (superior a 50%);

Nesta análise, utilizou-se a probabilidade de 80% para o cenário dominante, e 10% para cada um dos demais, visando avaliar um caso extremo de dominância. Os resultados obtidos pelos itens 1.1. e 1.3 foram comparados ao caso base (item 1.2). No caso de dominância do cenário otimista (item 1.1), os valores de beta cresceram, em média, 10,4%. Expurgando-se três valores discrepantes dos demais, o crescimento médio do beta é de 8,0%. Já no caso de dominância do cenário pessimista (item 1.3), os valores de beta decresceram, em média, 5,4%. Expurgando-se três valores discrepantes dos demais, o decréscimo médio do beta é de 4,2%. Segundo Khan e Fiorino (1992), os projetos não são sensíveis a alterações das

probabilidades de ocorrência dos cenários futuros da economia. A presente análise confirma as conclusões obtidas por estes autores.

2. Variação do diferencial entre as TIRs (ΔTIR):

2.1. Alto ΔTIR (50%)

2.2. Médio ΔTIR (25%); e

2.3. Baixo ΔTIR (5%) [Caso Base].

Nesta análise, comparam-se os resultados obtidos pelos itens 2.1 e 2.2 àqueles obtidos pelo caso base (item 2.3). No caso de elevação do ΔTIR para o patamar de 50% (item 2.1), os valores de beta cresceram, em média, 710%. Expurgando-se três valores discrepantes dos demais, o crescimento médio é de 630%. Já no caso de elevação do ΔTIR para o patamar de 25% (item 2.2), os valores de beta cresceram, em média, 390%. Expurgando-se três valores discrepantes dos demais, o crescimento médio é de 350%. Em ambos os casos identifica-se uma extrema sensibilidade do beta em relação ao ΔTIR . Os valores das TMAs ajustadas ao risco de mercado chegam a valores nulos já no subgrupo Média TIR. Cabe ressaltar que os valores de ΔTIR são constantes. No caso de alteração dos valores das TIRs, mantido o nível do ΔTIR e demais variáveis, não se alteram os valores de beta, onde a análise se estende aos demais subgrupos.

3. Variação do diferencial entre os retornos de mercado (ΔR_m):

3.1. Alto ΔR_m (200%);

3.2. Médio ΔR_m (100%) [Caso Base]; e

3.3. Baixo ΔR_m (50%).

Nesta análise, comparam-se os resultados obtidos pelos itens 3.1 e 3.3 àqueles obtidos pelo caso base (item 3.2). No caso de elevação do ΔR_m para o patamar de 200% (item 3.1), os valores de beta decresceram, em média, 100%. No caso de redução do ΔR_m para o patamar de 50% (item 3.3), os valores de beta cresceram, em média, 100%. Em ambos os casos identifica-se uma sensibilidade, na mesma proporção, do beta em relação ao ΔR_m . Cabe ressaltar que os valores de ΔR_m são constantes.

4. Variação dos retornos de mercado (R_m):

4.1. Retornos de Mercado Elevados;

4.2. Retornos de Mercado Médios [Caso Base]; e

4.3. Retornos de Mercado Reduzidos.

Nesta análise, comparam-se os valores obtidos nos itens 4.1 e 4.3 àqueles obtidos no caso base (item 4.2). No caso de correlação negativa entre os preços dos insumos ou produtos, e os retornos de mercado, a elevação dos retornos de mercado resulta em uma manutenção dos valores da TMA ajustada ao risco de mercado, independentemente do beta do projeto. Já a redução dos retornos de mercado faz com que os valores da TMA ajustada ao risco de mercado torne-se mais sensível às variações do beta do projeto. Tal situação não ocorre quando a correlação entre preços dos insumos ou produtos, e os retornos do mercado, é positiva.

5. Variação das variabilidades do projeto:

5.1. Variabilidades Elevadas (90% dos valores das variáveis);

5.2. Variabilidades Médias (50% dos valores das variáveis) [Caso Base]; e

5.3. Variabilidades Reduzidas (10% dos valores das variáveis).

Nesta análise, comparam-se os resultados obtidos pelos itens 5.1 e 5.3 àqueles obtidos pelo caso base (item 5.2). No caso de elevação das variabilidades dos valores dos investimentos e receitas para o patamar de 90% dos valores destas variáveis (item 5.1), verifica-se que a parcela relacionada a perdas é mais sensível às variações nas variabilidades das receitas. O fato se repete no caso da redução das variabilidades dos valores dos investimentos e receitas para o patamar de 10% dos valores destas variáveis (item 5.3.). Apesar de os investimentos ocorrem nos primeiros períodos, e as variabilidades do projeto serem descontadas ao longo da vida do projeto, as receitas usualmente são extremamente vultosas em relação ao montante dos investimentos. Um resultado importante verificado por esta análise de sensibilidade é que projetos com grau de informação diferenciado, seja a nível tecnológico ou referente às previsões de produção, podem ser alavancados ou penalizados, de acordo com os valores das variabilidades adotadas para os investimentos e receitas envolvidos pelo projeto.

6. Variação na extensão da vida do projeto:

6.1. Curta (até 5 anos);

6.2. Média (entre 6 e 15 anos); e

6.3. Longa (entre 16 e 30 anos).

A variação na extensão da vida do projeto foi elaborada para os casos base. O subgrupo Média TIR, objeto das análises de sensibilidade, foi dividido em três estratos, onde quatro projetos possuem vida curta, cinco com vida média e quatro com vida longa. Conforme afirmaram Blocher e Stickney (1979), a diferença entre a vida do projeto e a sua duração é relativamente menor para projetos mais curtos, mas se eleva conforme a vida dos projetos cresce. A análise elaborada verificou que usualmente o fato procede, onde a diferença entre a vida do projeto e a sua duração se eleva à uma taxa decrescente, conforme a vida dos projetos cresce.

A partir das análises de sensibilidade feitas, as principais conclusões que nortearão os direcionamentos a serem seguidos para a validação da metodologia proposta para a obtenção das TMAs* são as seguintes:

1. A polaridade²¹ da correlação entre os retornos do projeto, dados pelos preços dos insumos ou produtos gerados pelo projeto, e os retornos do mercado, requer uma pesquisa prévia bem fundamentada;
2. A parcela da TMA* relacionada ao risco intrínseco do projeto vem para corrigir tanto os eventuais otimismo relacionados às estimativas dos fluxos de caixa, quanto as insuficiências envolvidas pelo risco de mercado;
3. A parcela da TMA* associada ao risco de mercado pode ser denominada de parcela da TMA* associada ao risco preço, visto que a variação dos preços adotados é a variável mais significativa na obtenção do beta do projeto;
4. A parcela da TMA* relacionada ao risco de mercado é a mais sensível às variações das variáveis introduzidas pela metodologia proposta;

²¹ A polaridade da correlação entre variáveis indica se o coeficiente de correlação é positivo ou negativo.

5. Os preços dos insumos ou produtos gerados pelos projetos, a serem adotados na valoração destes projetos, e com especial atenção, o diferencial de preços a ser adotado, requerem uma pesquisa aprofundada, visando validar o beta do projeto;
6. Os retornos de mercado, e com especial atenção, o diferencial dos retornos de mercado a ser adotado, requerem uma pesquisa acurada, visando validar o beta do projeto,;
7. A parcela da TMA* relacionada ao risco de liquidez está tanto conceptual quanto operacionalmente validada; e
8. Os avaliadores devem possuir tanto experiência prévia quanto isenção quando da adoção de valores para as variabilidades dos fluxos de caixa do projeto, visando validar a parcela da TMA* relacionada a perdas.

Capítulo 5

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA PROJETOS DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL

5.1 - AS ETAPAS DE UM PROJETO DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL

A metodologia proposta pela presente dissertação foi concebida visando sua aplicação na área de avaliação de projetos, possuindo, por sua vez, um determinado grau de flexibilidade e robustez. Contudo, de forma a permitir que tal metodologia possa ser aplicada em determinado segmento produtivo da economia, torna-se fundamental adaptá-la ao contexto ao qual esteja inserida. A metodologia proposta será aplicada a projetos de produção na indústria do petróleo no Brasil, visando tanto a sua validação, quanto a verificação da sua aplicabilidade. Assim sendo, primeiramente, alguns conceitos e novas informações com relação à atividade de produção de petróleo no Brasil devem ser introduzidas.

A cadeia de atividades que compõem o setor petrolífero nacional é composta de módulos interrelacionados entre si. A Figura 5.1 apresenta o fluxograma simplificado das atividades que compõem o setor petrolífero nacional, supondo o abastecimento interno de todo o petróleo produzido.

As atividades de exploração, perfuração e produção pertencem ao segmento denominado de a montante, ou *upstream*. Já o restante da cadeia pertence ao segmento à jusante, ou *downstream*. O primeiro segmento, por sua vez, possui um risco do negócio mais elevado, enquanto que o segundo possui um risco do negócio relativamente mais baixo.

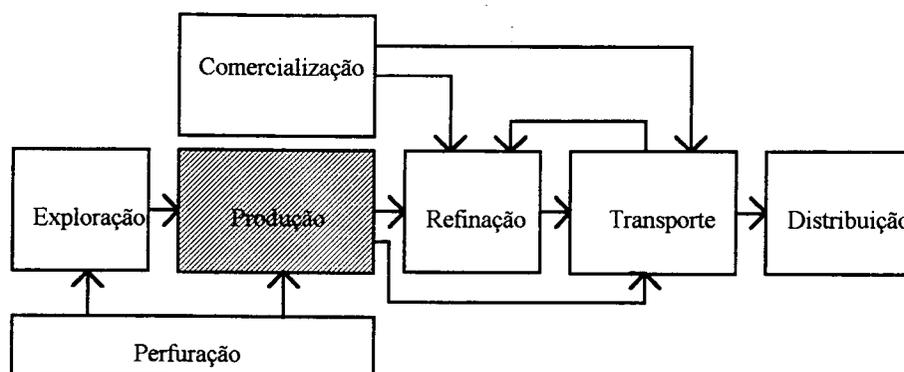


Figura 5-1 - Cadeia de Atividades do Setor Petrolífero Nacional, Supondo o Abastecimento Interno de Petróleo

Os projetos de produção são projetos de investimento¹, constituídos por uma sucessão de etapas, relacionadas à tomada de decisão pela incorporação de novas informações. Ao se agregar tais informações, busca-se auferir a estratégia de se deslocar ou não à fase subsequente. Segundo Resende (1992), os projetos são oportunidades e potencialidades de investimento, cada qual com seu grau de risco específico, que refletem as possibilidades geradas pela companhia em determinado instante.

Assim, a princípio a atividade de exploração possui um banco potencial de jazidas de hidrocarbonetos a serem descobertas, discriminadas em bacias e sub-bacias, denominado de matriz de descobertas. Trata-se de uma nuvem de pontos, cujas informações disponíveis são abstratas e hipotéticas. As atividades de produção e de exploração estimam conjuntamente os valores dos custos de investimento e de operação, e das previsões de produção de hidrocarbonetos associados às novas descobertas. Busca-se, assim, inserir as novas descobertas dentro de um contexto de desenvolvimento da produção a longo prazo. Neste sentido, permite-se que se elabore o planejamento plurianual dos recursos reais e financeiros previstos, supondo que as novas descobertas venham a ocorrer para um dado fator de chance de ocorrência da jazida. A não exigência de um aprofundamento e acurácia dos dados envolvidos resulta, por sua vez, em uma elevada incerteza nas estimativas.

¹ Segundo Resende (1992), um projeto de investimento é uma caracterização de custos e benefícios no tempo, onde os custos estão associados à equipagem e manutenção das operações, e os benefícios estão normalmente associados à obtenção de produtos e/ou vantagens associadas com o projeto.

Nesta fase introdutória, os geofísicos avaliam as respostas sísmicas obtidas, onde o grau de qualidade das informações é função direta do interesse de investigação da área sob análise. Desta feita, os geofísicos buscam localizar acumulações potencialmente produtoras de hidrocarbonetos, a partir da simulação sísmica, que apresenta um certo número de anomalias com suas características próprias.

Em seguida, os geólogos iniciam a busca da delimitação do contorno da acumulação e o reconhecimento do subsolo. As anomalias identificadas pela sísmica são somadas às anomalias já conhecidas, gerando um conjunto de dados de entrada para a simulação da perfuração exploratória. Assim, são propostos prospectos exploratórios. Tais prospectos contemplam, fundamentalmente, os poços descobridores e delimitatórios das jazidas a serem descobertas. São estimados, conjuntamente pelas atividades de exploração e produção, os valores dos custos de investimento e de operação, e das previsões de produção de hidrocarbonetos dos prospectos exploratórios. O nível de informação disponível é levemente mais aprimorado do que aquele associado às novas descobertas, tão-somente pela definição da localização do prospecto exploratório. Isto resulta em uma incerteza das estimativas relativamente mais reduzida. Estas avaliações econômicas permitirão o delineamento de uma estratégia que direcione as prioridades de perfuração dos prospectos exploratórios, face à escassez de equipamentos de perfuração disponíveis no mercado.

O sucesso da perfuração do poço pioneiro ou descobridor de uma jazida produtora de hidrocarbonetos é um marco entre dados totalmente pressupostos e dados reais, resultando em um salto na qualidade das informações que subsidiarão a análise econômica do projeto que se configura nesta etapa. Paralelamente, a companhia se habilita a agregar uma reserva provada de hidrocarbonetos adicional ao seu banco de reservas provadas. Inicialmente, a reserva se limita ao volume definido pelo raio de drenagem em torno do poço pioneiro.

Em seguida, identifica-se a necessidade de se agregar novas informações requeridas tanto à melhor delimitação do contorno, possibilitando tanto incrementar a reserva provada de hidrocarbonetos, quanto melhorar o conhecimento da jazida. Trata-se da perfuração de um ou mais poços de extensão ou delimitatórios. A escolha do número de poços delimitatórios é função direta da extensão superficial e do grau de complexidade da jazida, considerando-se as restrições orçamentárias vigentes. A perfuração destes poços é seqüencial, e quando o sucesso esperado não é atingido reestuda-se a estratégia de escolha do número e da posição dos novos poços de extensão. Assim, antes da completa delimitação da jazida,

avalia-se a sua economicidade através de estudos de viabilidade técnico-econômica (EVTEs) preliminares.

Até este momento, cabe ressaltar que os projetos apresentados são de caráter exploratório, inseridos em um contexto de desenvolvimento da produção. Portanto, ao se atingir o nível de informação exploratória necessária e suficiente, determina-se o momento adequado para se deflagrar um EVTE de desenvolvimento da jazida produtora de hidrocarbonetos. A determinação deste momento está relacionada ao valor máximo do nível de informação acumulada por unidade de custo associado. O prosseguimento na coleta de informações de caráter exploratório não agrega valor ao projeto, incrementando os custos envolvidos e atrasando a entrada em produção da jazida. Trata-se, portanto, de uma fronteira entre as atividades de exploração e de produção. Neste sentido, a missão de um EVTE de desenvolvimento é a de possibilitar a tomada de decisão por investir em um projeto de produção, potencializando-se a possibilidade de aprovação de recursos orçamentários específicos à implantação do projeto.

A filosofia adotada pela atividade de produção para implementar seus projetos de desenvolvimento, especialmente aqueles localizados em lâminas d'água profundas, é a de modularização em projetos de menor porte seriados entres si. Isto resulta na redução dos riscos relacionados aos vultosos volumes de investimento envolvidos pelos projetos. Tal filosofia permite agregar sistematicamente novas informações da jazida produtora, das novas tecnologias de exploração utilizadas, e do desempenho operacional do sistema de produção. Adicionalmente, estes módulos viabilizam, em condições de restrição orçamentária, as suas realizações, buscando tornar o projeto global auto-sustentável e alavancar os seus indicadores econômicos globais esperados. Em certas situações, um determinado módulo exige a sua aprovação orçamentária antes da total delimitação exploratória. Neste caso, são deflagrados EVTEs de projetos piloto de produção, ou de testes de longa duração, que não requerem necessariamente economicidade. Trata-se de projetos de caráter estratégico, que visam especificamente a coleta de informações.

As jazidas resultantes do esforço exploratório, com suas características próprias, quando somadas às jazidas provadas, constituem o conjunto de dados para a simulação da perfuração de desenvolvimento. Neste ponto, o projeto de desenvolvimento da produção se configura. Um certo número de poços de desenvolvimento são propostos, requerendo um plano de desenvolvimento detalhado. Assim sendo, na elaboração de um EVTE

de desenvolvimento supõe-se que as previsões de produção referem-se à reserva provada, supondo uma determinada malha de drenagem, e a definição do mecanismo de produção envolvido, ajustadas a um sistema de produção proposto. Adicionalmente, introduz-se uma análise de sensibilidade para o projeto, gerando-se previsões de produção a partir de três cenários distintos, definidos por otimista, esperado ou base, e pessimista. A variação do tipo de sistema de produção proposto para o desenvolvimento do campo acarreta na geração de um conjunto de alternativas, onde aquelas técnica-economicamente viáveis são selecionadas. Dentre as alternativas selecionadas, por sua vez, são recomendadas uma ou mais alternativas.

Após a conclusão do EVTE de desenvolvimento, passa-se à etapa de aprovação do projeto. Nesta fase, o projeto pode ser aprovado, aprovado condicionalmente ou recusado. Após a sua aprovação, o projeto é inserido na carteira de projetos de produção, concorrendo por orçamento para a sua implantação.

A seleção dos projetos de produção dentro da carteira de projetos é feita a partir de programação de metas. Para tal, busca-se agregar as preferências dos decisores, através da introdução de diversas metas associadas a pesos distintos. Desta forma, compõe-se uma carteira de projetos dinâmica, que flexibiliza a tomada de decisão.

Em seguida, passa-se à etapa de implantação do projeto de produção. Sistemáticamente, é reavaliada a economicidade do projeto, quando da identificação das variações em relação ao projeto original. Quando a mudança no projeto é significativa, deve-se proceder a um novo EVTE de desenvolvimento, visto tratar-se de um novo projeto.

A fase seguinte, usualmente de longa duração, é a de operação do sistema de produção. Permanentemente, reavalia-se a economicidade do sistema, que é desativado quando os custos de operação superam as receitas geradas, ou quando se atinge o final da vida útil do sistema. Quando o sistema em operação requer novos investimentos, retorna-se à fase de elaboração de EVTE.

Assim sendo, um projeto de produção se caracteriza a partir da detecção de uma oportunidade, denominada de jazida potencialmente produtora de hidrocarbonetos. A partir de então, deflagra-se um processo de coleta sistemática de informações, visando subsidiar a tomada de decisão por prosseguir ou não na direção de agregar novas reservas provadas de hidrocarbonetos. Este processo de coleta de informações exploratórias possui um elevado risco.

Segundo Resende (1992), os projetos exploratórios são tipicamente os projetos de maior risco na indústria do petróleo, por estarem ligados a novas descobertas. Usualmente, a probabilidade de sucesso destes projetos é bastante baixa, inferior a 50% em média, embora em alguns casos possam haver probabilidades de sucesso superiores. O que se objetiva em um projeto exploratório é a informação: a um custo da ordem de alguns milhões de dólares para a perfuração de um ou outro poço, e a utilização de métodos sísmicos, pode resultar a descoberta de uma nova jazida contendo reservas avaliadas em centenas de milhões de dólares, ou mesmo, dezenas de bilhões de dólares.

Ao se alocar recursos financeiros específicos para a entrada em produção do projeto, inicia-se a etapa de desenvolvimento da jazida. Tal atividade inclui oportunidades de investimento com graus de risco diferenciados. Com relação aos estudos relacionados à produção das jazidas, um projeto que apenas envolva estudos preliminares possui um risco mais elevado do que aquele que já passou por um processo exaustivo de estudos. Isto se deve à informação agregada, que permite estimativas mais acuradas da produção prevista. Já com relação à questão da tecnologia de exploração utilizada, projetos que introduzem tecnologias de exploração pioneiras possuem um risco mais elevado do que aqueles que envolvem tecnologias conhecidas. Já os projetos a serem implantados em áreas desconhecidas possuem risco mais elevado do que aqueles a serem implantados em áreas conhecidas. Finalmente, a atividade de operação possui um risco mais baixo do que a atividade de desenvolvimento. Tal atividade é responsável pelo acompanhamento do desempenho dos diversos campos produtores. Assim, projetos com uma vida produtiva mais alongada usualmente possuem um risco mais reduzido, devido à elevação gradual do grau de informação acumulada. Certamente, uma jazida produtora de hidrocarbonetos só será plenamente conhecida quando da sua desativação.

5.2 - OS RISCOS CARACTERÍSTICOS DOS PROJETOS DE PRODUÇÃO DE EMPRESAS ESTATAIS DE PETRÓLEO

Traçando um paralelo às propostas feitas por Mustafa e Al-Bahar (1991), e Allison (1994), propõe-se classificar as várias fontes de risco de projetos de produção de petróleo de empresas estatais, dentro de treze categorias gerais de risco. Cabe salientar que algumas destas categorias são mais generalistas, podendo ser aplicadas a outros tipos de projetos. As categorias propostas são identificadas conforme apresentado a seguir.

- **Risco dos Atos Divinos**

O risco dos atos Divinos, ou muitas vezes devido às forças maiores, é um termo apropriado e largamente utilizado pela indústria atuarial para descrever eventos que são imprevisíveis, e que simplesmente estejam além do controle direto de qualquer um. Estes eventos ocorrem como um resultado da ação da natureza, e são freqüentemente referidos como fenômenos naturais. Os riscos comuns nesta categoria estão relacionados aos danos físicos e pessoais devido a incêndios, movimentos de terra, clima, entre outros.

- **Riscos Físicos**

Os riscos típicos que recaem nesta categoria estão associados a danos sobre uma determinada propriedade ou ativo imobilizado. Tais riscos incluem danos à estrutura ou à propriedade, danos a equipamentos e materiais, lesões de trabalho e morte, prevenção forçada do acesso ao trabalho, entre outros.

- **Riscos de Mercado**

Estes riscos estão associados fundamentalmente às flutuações do preço do petróleo, e a correlação destes preços com o mercado financeiro. Sob a ótica financeira, os riscos de mercado de projetos de produção de petróleo não são diversificáveis.

- **Riscos Geológicos e de Produção**

Os riscos relacionados a esta categoria se baseiam na quantidade e qualidade da informação agregada disponível quando da tomada de decisão por priorizar o prosseguimento da coleta de novas informações, ou mesmo investir no desenvolvimento de uma jazida. Os

riscos geológicos incluem as incertezas referentes à descoberta de uma jazida produtora de hidrocarbonetos, e à estimativa do volume de hidrocarbonetos ali existente. Os riscos de produção, primeiramente, se referem às incertezas relacionadas à estimativa de previsão de produção da jazida. Ademais, os riscos de produção estão tanto associados à eficiência operacional do sistema de produção, quanto ao simultâneo crescimento da alavancagem operacional do projeto, devido à elevação dos custos fixos ao longo do tempo. Sob a ótica financeira, os riscos geológicos e de produção são diversificáveis. O mercado não ignora os riscos geológicos, pois tais riscos deveriam ser plenamente reconhecidos quando da estimativa dos fluxos de caixa. Contudo, o mercado não incorpora um prêmio à taxa de desconto devido a um elevado risco geológico. Assim, dado às imperfeições existentes na área de avaliação de projetos, e em condições de mundo real, estes riscos devem ser considerados por serem significativos ao se avaliar o risco total do projeto.

- **Riscos Econômicos**

Primeiramente, os riscos econômicos estão associados à quantificação das perdas potenciais do valor monetário esperado do projeto, relacionada ao grau de incerteza das estimativas dos fluxos de caixa do projeto. Estas perdas incorporam a aversão dos decisores em relação à irreversibilidade dos investimentos de um dado projeto. Um outro ponto se relaciona à preferência dos decisores por projetos que exibam maior liquidez, por anteciparem receitas que possam ser utilizadas para sustentar o prosseguimento destes projetos ou mesmo para financiar outros projetos.

- **Riscos Financeiros**

Os riscos nesta categoria estão associados ao comprometimento da execução e da própria continuidade do projeto. Por se tratarem de projetos usualmente de grande porte, tais projetos requerem vultosos volumes de recursos monetários para sua implementação. Assim sendo, os riscos financeiros estão associados desde a possibilidade de falta de fundos necessários para o financiamento do projeto, até a elevação da sua alavancagem financeira a níveis que comprometam a capacidade da empresa de cumprir suas obrigações fixas de pagamento.

- **Riscos Políticos**

Os riscos políticos consistem na alteração das regras do jogo, especialmente as tributárias, chegando ao extremo da expropriação das jazidas. No caso de as jazidas serem de propriedade estatal, este tipo de risco é considerado pouco relevante. Tipicamente, riscos políticos são relevantes em projetos de consórcio petrolífero internacional, com investimentos feitos por diversos países. Os principais riscos nesta área incluem a expropriação dos equipamentos pelo governo, as restrições alfandegárias e de exportação/importação de materiais, e as leis locais e regulações de controle ambiental, entre outros.

- **Riscos devido a Externalidades**

Estes riscos ocorrem das interações entre a empresa de petróleo, o governo, o meio ambiente, e a sociedade. Assim, um ponto relevante em projetos de produção de petróleo refere-se à definição de quem se beneficia e quem paga os custos de um projeto. A avaliação social de um projeto aprecia os custos e benefícios do ponto de vista de toda a economia, e não exclusivamente do proprietário. Assim sendo, deve-se incorporar na avaliação dos projetos públicos as externalidades, ou seja, os efeitos do projeto que venham a afetar a sociedade, seja positiva ou negativamente. Um exemplo de efeito negativo seria dado pelo custo da degradação ambiental causada pelos derrames de óleo no mar. Já um exemplo de efeito positivo é dado pela abertura de uma estrada que venha a facilitar o escoamento de determinada produção, e que contribua indiretamente para o desenvolvimento de uma dada comunidade.

- **Riscos de Concepção**

Estes riscos se relacionam à área de projetos, incluindo questões tais como projeto incompleto ou mal concebido, especificações inadequadas, erros e omissões no projeto, alterações na concepção original, exploração geotécnica não acurada, entre outros.

- **Riscos Tecnológicos**

Os projetos de produção de petróleo possuem um risco tecnológico diferenciado, de acordo com o tipo de tecnologia de exploração utilizada no projeto. Tecnologias inovadoras ou ainda em fase de teste possuem um risco mais elevado do que aquelas já conhecidas.

- **Riscos devido a Questões Trabalhistas**

Este item se relaciona aos riscos inerentes às questões no trabalho. Pode-se citar disputas trabalhistas, produtividade no trabalho, condições locais de trabalho, falhas nos equipamentos, entre outros. Sob a ótica financeira, este tipo de risco é diversificável, podendo ser reduzido a partir de uma carteira de projetos diversificada.

- **Riscos de Execução**

Os riscos de execução de um projeto de produção se referem aos riscos da sua implantação. Usualmente ocorrem atrasos no cronograma de execução da obra, acarretando em um atraso na entrada do projeto em produção. Trata-se, contudo, de um risco de difícil previsão.

- **Riscos Contratuais**

Determinado tipo de projeto supõe que o retorno seja contratualmente garantido, denominado de contrato *take or pay*. Em essência, são projetos cujas receitas oriundas do desenvolvimento destes projetos amortizarão os investimentos feitos por terceiros. Trata-se de projetos de produção de petróleo com riscos menos elevados do que os usuais. Outro tipo similar de projeto supõe que a companhia contrate serviços a preços e quantidades previamente acordados.

5.3 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA PROJETOS DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO BRASIL

5.3.1 - A Identificação das Principais Variáveis Envolvidas na Obtenção da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) Associada ao Risco Total para a Tipologia de Projetos Analisados

De acordo com Blitzer, Lessard e Paddock (1984), as oportunidades de investimento são dependentes das futuras receitas advindas do petróleo produzido, sendo uma função tanto destes preços, quanto dos resultados exploratórios, de forma que o prêmio pelo risco inclua no retorno requerido ambos os riscos. O investimento na perfuração de um poço de petróleo, por exemplo, possui uma taxa de retorno esperada dependente do valor do petróleo encontrado. Este valor depende do volume recuperável encontrado, do custo de extração deste volume, e do preço no mercado internacional ao qual possa ser vendido. A quantidade de petróleo existente no subsolo é um fenômeno geológico, sendo definido como um risco específico do projeto. Entretanto, o preço do petróleo no mercado internacional depende das condições de oferta e demanda do sistema econômico, e portanto é um risco identificado como sistemático.

Assim, os projetos de produção a serem analisados são avaliados sob duas diferentes óticas, externa e interna, quanto ao grau de risco aos quais estejam expostos.

- **Risco de Mercado ou Risco Preço:**

A estimação do risco de mercado destes projetos está relacionada às seguintes principais variáveis:

- a) Preços prospectivos do petróleo nacional, e as suas variabilidades, associados a diferentes cenários discretos, a serem utilizados na valoração dos projetos, visando a obtenção das taxas internas de retorno (TIRs) destes projetos.
- b) Retornos reais anuais prospectivos do mercado financeiro nacional, associados aos diversos cenários arbitrados para os preços prospectivos do petróleo nacional.

- **Risco de Perdas e de Estimação ou Risco Intrínseco:**

A estimação do risco intrínseco está relacionado ao grau de informação disponível pelo projeto quando da sua avaliação econômica. Paulatinamente, os projetos de produção vão agregando novas informações, de forma a reduzir o seu risco intrínseco. Neste sentido, a Figura 5.2 identifica os tipos de estudos a serem implementados ao longo do tempo, em função do grau de informação disponível.

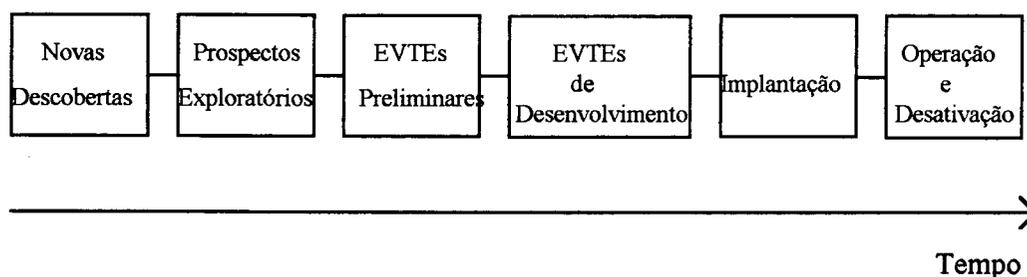


Figura 5-2 - Os Tipos de Projetos de Produção em Função do Grau de Informação Disponível ao Longo do Tempo

Desta forma, o risco intrínseco dos projetos de produção decresce conforme se eleva o grau de informação disponível. Assim sendo, a estimação do risco intrínseco destes projetos está relacionada às seguintes principais variáveis:

- Variabilidade dos custos de investimento prospectivos.
- Variabilidade da previsão de produção.

5.3.2 - A TMA Associada ao Risco de Mercado

O cômputo da TMA associada ao risco de mercado de projetos de produção da indústria do petróleo no Brasil requer a identificação de alguns pontos importantes.

5.3.2.1 - Preço Prospectivo do Petróleo Nacional²:

O preço prospectivo do petróleo nacional é utilizado para valorar os projetos de produção de petróleo a serem implementados. A utilização deste preço está relacionada à opção de se colocar uma jazida em produção, em detrimento da importação de um petróleo similar, visando o abastecimento interno de derivados. Não será considerada, portanto, a opção de se exportar o petróleo produzido internamente.

Algumas premissas devem ser ressaltadas com relação aos preços prospectivos do petróleo nacional a serem utilizados na valoração dos projetos de produção. Primeiramente, a escolha do preço do petróleo nacional se deve ao fato de se buscar o correlacionamento dos retornos destes preços praticados no mercado nacional, aos retornos do mercado financeiro nacional. Finalmente, são adotados preços constantes ao longo do tempo devido a dois principais motivos. Primeiramente, ao fato de a alteração da informação sobre o preço do petróleo ao longo do tempo não afetar significativamente o risco de mercado (Myers e Turnbull (1977), Van Horne (1992)). O CAPM, por sua vez, é um modelo de período único, gerando um valor constante para o coeficiente de risco sistemático do projeto, supondo que o risco por período seja constante (Brealey e Myers (1991)). Finalmente, devido ao fato de que outros custos possam variar simultaneamente sem serem, contudo, considerados. A Tabela 5.1 apresenta o preço prospectivo do petróleo nacional para cada grupo de petróleos nacionais, e para a média dos grupos de petróleos.

Cabe ressaltar que no caso de novas descobertas e prospectos exploratórios, utiliza-se a média dos preços prospectivos dos grupos de petróleos nacionais (I a VIII), visto não se conhecerem as propriedades físico-químicas do petróleo a ser produzido. Nos demais casos, utiliza-se o preço prospectivo do grupo de petróleos similar àquele petróleo a ser produzido pelo projeto.

² O preço prospectivo do petróleo nacional de um grupo de petróleos corresponde à expectativa do preço CIF (*Cost Insurance Freight*) médio de importação de petróleos similares àquele a ser produzido pelo projeto sob análise. Um grupo de petróleos nacionais, por sua vez, é identificado por um conjunto formado por petróleos com características físico-químicas semelhantes, que proporciona a produção de determinado perfil de derivados (Fonte: Departamentos de Produção e Comercial da Petrobrás S.A.).

Tabela 5-1- Preços Prospectivos do Petróleo Nacional por Grupo e Média dos Grupos de Petróleos (US\$/barril)

Grupo de Petróleos	Preço Prospectivo do Petróleo Nacional (US\$/barril)
I	14,21
II	14,21
III	13,72
IV	17,50
V	17,50
VI	14,21
VII	17,68
VIII	17,68
Médio	15,84

Fonte: Serviço de Planejamento e Departamento de Produção da Petrobrás S.A., para o ano de 1994.

5.3.2.2 - Variabilidade do Preço Prospectivo do Petróleo Nacional, por Grupo de Petróleos, e para a Média dos Grupos de Petróleos

A necessidade de obtenção da variabilidade do preço prospectivo do petróleo nacional por grupo de petróleos exigiu, primeiramente, que se utilizasse séries históricas do preço CIF médio de importação por grupo de petróleos. Contudo, a falta destas séries históricas individualizadas para cada grupo motivou que se identificasse a variabilidade da série do preço CIF médio de importação, e se extrapolasse tal variabilidade ao preço de cada um dos grupos de petróleos.

A escolha do período abril de 1986-dezembro de 1993 para a análise da série histórica do preço CIF médio de importação do petróleo para a obtenção da variabilidade do valor esperado deste preço se deveu aos seguintes principais motivos:

- a partir de abril de 1986, com o final da segunda crise mundial do petróleo, evidencia-se a diminuição da influência da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) como entidade reguladora dos preços internacionais do petróleo;

- a partir de 1986, inicia-se a prática do preço do petróleo *netback*³ no mercado internacional; e
- a partir da segunda metade da década de 80, verifica-se a consolidação do New York Mercantile Exchange (NYMEX) como mercado de futuros com liquidez.

No período abril de 1986-dezembro de 1993, foram identificados marcos históricos ocorridos, que se relacionam tanto a situações geopolíticas mundiais, quanto a situações inerentes à indústria do petróleo, acarretando na elevação ou na queda acentuadas do preço do petróleo no mercado internacional. A Tabela 5.2 apresenta os períodos dos principais marcos históricos mundiais, cujos motivos influenciaram os preços do petróleo praticados no mercado internacional.

Tabela 5-2 - Períodos dos Principais Marcos Históricos Mundiais, seus Motivos e a Reação do Preço do Petróleo no Mercado Internacional

Período	Motivo	Reação do Preço do Petróleo
junho a setembro de 1986	Alta demanda de gasolina; Discussão OPEP-Não OPEP	Queda
novembro de 1988	Cessar fogo Irã-Iraque	Queda
setembro a dezembro de 1990	Ataque do Iraque ao Kuwait	Elevação
janeiro e fevereiro de 1991	Ataque dos Estados Unidos da América e aliados ao Kuwait	Elevação
dezembro de 1993	Simultaneidade de elevados estoques de petróleo e inverno pouco rigoroso no Hemisfério Norte	Queda

Fonte: NYMEX e Departamento Comercial da Petrobrás S.A., novembro de 1994.

A série histórica original dos preços CIF médios de importação, para o período abril de 1986-dezembro de 1993, encontra-se no Anexo 4. A fim de se evitar que se altere o tamanho amostra dos dados, e haja uma transição descontínua dos dados ao se expurgar os valores referentes aos marcos históricos, tais valores foram substituídos pela média de valores

³ O preço *netback* é o máximo valor que determinado refinador estaria disposto a pagar pelo petróleo. Este valor é obtido a partir do valor de realização, descontados frete, custos operacionais de refino, perdas e seguros, e custos financeiros (Fonte: Departamento Comercial da Petrobrás S.A.).

circunvizinhos. O Anexo 5 apresenta a proposta de substituição dos valores encontrados para os marcos históricos, e a série histórica modificada de preços CIF médios de importação, para o período abril de 1986-dezembro de 1993.

A Tabela 5.3 apresenta os resultados obtidos para as variabilidades do preço CIF médio de importação do petróleo, supondo as séries históricas original, expurgada e modificada. Cabe ressaltar que, quando necessário, foram retirados os valores distantes três desvios-padrão em relação à média, por se tratarem de valores raros.

Tabela 5-3 - Variabilidade do Preço CIF Médio de Importação, para as Séries Históricas Original, Expurgada e Modificada (%)

Série Histórica	Variabilidade (%)
Original	16,2
Expurgada	10,8
Modificada	11,5

Como não se pode prever uma repetição no futuro dos fatos geopolíticos ou intrínsecos à indústria do petróleo existentes na série histórica original, não será adotado o valor da variabilidade obtido desta série. Como não há diferença significativa (cerca de 6,5%) entre as variabilidades das séries expurgada e modificada, será adotada a variabilidade da série modificada, pois evita a alteração do tamanho da amostra.

A Tabela 5.4 apresenta o preço do petróleo nacional prospectivo para cada grupo de petróleos, e para a média dos grupos de petróleos, supondo três cenários, identificados por otimista, esperado ou de referência, e pessimista⁴. A distância entre os preços dos cenários otimista e pessimista ao de referência é dada por um desvio-padrão. Segundo Parzen (1960), isto proporciona que os valores a serem utilizados sejam centróides da distribuição normal, permitindo que cada cenário absorva aproximadamente um terço dos valores da amostra. Cabe ressaltar que o valor esperado do preço CIF médio da série histórica

⁴ Sob a ótica da viabilização dos projetos de produção de petróleo, preços do petróleo elevados indicam um cenário otimista. Contudo, sob a ótica da economia nacional, preços do petróleo elevados indicam um cenário pessimista. Será arbitrada a associação do preço elevado do petróleo ao cenário pessimista da economia nacional.

modificada não será utilizado, mas sim a média entre os valores prospectivos dos preços do petróleo nacional para cada grupo. Isto se deve à necessidade de compatibilização entre os dados a serem utilizados, que são prospectivos.

Tabela 5-4 - Preços Prospectivos do Petróleo Nacional por Grupo e para a Média dos Grupos de Petróleos, para Cada Cenário Arbitrado (US\$/barril)

Grupo de Petróleos	Preço Prospectivo do Petróleo Nacional (Cenário Otimista) (US\$/barril)	Preço Prospectivo do Petróleo Nacional (Cenário de Referência) (US\$/barril)	Preço Prospectivo do Petróleo Nacional (Cenário Pessimista) (US\$/barril)
I	12,58	14,21	15,84
II	12,58	14,21	15,84
III	12,14	13,72	15,30
IV	15,49	17,50	19,51
V	15,49	17,50	19,51
VI	12,58	14,21	15,84
VII	15,65	17,68	19,71
VIII	15,65	17,68	19,71
Médio	14,02	15,84	17,66

5.3.2.3 - Correlacionamento do Preço CIF Médio de Importação do Petróleo ao Índice do Mercado Financeiro Nacional

Um ponto fundamental na avaliação do risco de mercado é a identificação da polaridade da correlação existente entre o preço CIF médio de importação do petróleo, e o índice do mercado financeiro nacional. A princípio, buscou-se identificar tal correlação prescindindo-se de se estabelecer uma triangularização entre o preço CIF médio de importação do petróleo, a economia nacional, e o índice do mercado financeiro nacional, por tratar-se de uma associação bastante complexa.

Para tal, foram analisados períodos que estejam associados seja com as influências da conjuntura internacional sobre os preços do petróleo, seja com a evolução do grau de dependência nacional do petróleo importado. Assim sendo, foram identificados três períodos distintos. O primeiro, de janeiro de 1980 a março de 1986, quando os efeitos da segunda crise do petróleo foram absorvidos pelo preço do petróleo no mercado internacional, e os níveis de importação nacional média de petróleo eram elevados. O segundo período, de abril de 1986 a dezembro de 1989, marcado pelo término da segunda crise do petróleo, pela

utilização do preço *netback* do petróleo, e por uma estabilização dos níveis médios de produção e importação de petróleo no patamar dos 50%. Finalmente, o terceiro período, de janeiro de 1990 a dezembro de 1993, quando o nível médio de produção de petróleo tornou-se crescente, ultrapassando o patamar dos 50%. A Tabela 5.5 apresenta as produções e importações médias, e as proporções produzida e importada de petróleo, no período 1980-93.

Tabela 5-5 - Produção e Importação Médias Nacionais de Petróleo (barris por dia), e Proporções Produzida e Importada (%)

Ano	Produção Média de Petróleo (barris por dia)	Importação Média de Petróleo (barris por dia)	Proporção Produzida (%)	Proporção Importada (%)
1980	182.015	869.000	17,32	82,68
1981	213.412	845.000	20,16	79,84
1982	259.861	798.000	24,56	75,44
1983	329.838	729.000	31,15	68,85
1984	463.100	649.000	41,64	58,36
1985	547.154	545.000	50,10	49,90
1986	572.881	601.000	48,80	51,20
1987	566.493	624.000	47,58	52,42
1988	556.284	639.000	46,40	53,46
1989	596.079	592.000	50,17	49,83
1990	631.260	571.000	52,51	47,49
1991	623.622	526.000	54,25	45,75
1992	629.742	495.000	55,99	44,01
1993	641.479	400.000	61,59	38,41

Fonte: Departamento de Produção e Departamento Comercial da Petrobrás S.A., novembro de 1994.

Para se elaborar a análise de correlação entre o preços CIF médio de importação e o índice do mercado financeiro nacional, cujos dados encontram-se no Anexo 6, alguns pontos devem ser observados. Primeiramente, o índice do mercado financeiro nacional a ser utilizado é o Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (IBOVESPA)⁵. Por se tratar de um índice com cotação em moeda nacional, e o preço CIF médio de importação ser cotado em moeda americana, o IBOVESPA deve ser deflacionado por um índice que expurgue a

⁵ Na prática, a carteira de mercado nacional mais abrangente é representada pelos índices das bolsas de valores, tais como o IBOVESPA e o IBV-RJ, definidos como índices de mercado. Deve-se observar que tais índices não contêm todos os ativos negociáveis no mercado, como pressupõe a teoria, onde o seu uso provoca um viés na estimação dos parâmetros do CAPM. Este viés será tanto maior quanto menos representativo for o índice utilizado.

influência da inflação nacional, tornando-o um índice real. Adotou-se como deflator a cotação da moeda americana no mercado paralelo, pois além de atuar como taxa de câmbio entre as moedas nacional e estrangeira, esta última suposta estável, possibilita refletir a inflação no período.

Para a correlação entre o preço CIF médio de importação e o IBOVESPA real, deflacionou-se o IBOVESPA pelo índice da cotação da moeda americana no mercado paralelo. A sistemática, denominada números índices, conforme Hoffmann (1991), reside na obtenção da razão entre o IBOVESPA, e o índice da cotação da moeda americana no mercado paralelo.

Adicionalmente, foram elaboradas outras correlações. A primeira, entre o preço CIF médio de importação e o retorno real do IBOVESPA. De forma a tornar real o retorno do IBOVESPA, a utilização do deflator foi feita através de duas sistemáticas. A primeira, através da razão entre o retorno do IBOVESPA, e o retorno da cotação da moeda americana no mercado paralelo, diminuída da unidade. A segunda, simplesmente pela diferença entre o retorno do IBOVESPA, e o retorno da cotação da moeda americana no mercado paralelo.

De modo a se atender à premissa de distribuição normal dos retornos requerida pelo CAPM, quando do cálculo do beta do projeto, deve-se utilizar a diferença entre retornos, pois a razão entre duas distribuições normais não resulta em uma distribuição normal. No caso da correlação entre os retornos de mercado e os preços CIF médios de importação, pode-se utilizar tanto a diferença quanto a razão entre retornos, pois não há exigência de distribuição normal dos retornos. Como os resultados obtidos pelas duas sistemáticas são bem próximos, apenas acentuando os resultados mais elevados em módulo, conforme apresentado pelo Anexo 6, será adotada a sistemática de diferença entre retornos, visando a sua utilização a posteriori pelo CAPM.

Uma segunda correlação foi feita entre o retorno do preço CIF médio de importação e o IBOVESPA real. O retorno do preço CIF médio de importação é obtido através da razão entre o preço CIF médio de importação no período t , e o preço CIF médio de importação no período $(t-1)$, diminuída da unidade. Finalmente, foi elaborada a correlação entre o retorno do preço CIF médio de importação e o retorno real do IBOVESPA.

A partir dos resultados da correlação entre o preço CIF médio de importação e o IBOVESPA real, que encontram-se na Tabela 5.6, busca-se, fundamentalmente, identificar a

polaridade do relacionamento entre as variáveis. Os resultados das demais correlações efetuadas encontram-se no Anexo 7.

Tabela 5-6 - Correlação entre o Preço CIF Médio de Importação (US\$/barril), e o IBOVESPA Real

Resultados	Períodos	Janeiro1980- Março 1986	Abril 1986- Dezembro 1989	Janeiro 1990- Dezembro 1993
Coefficiente de Correlação		-0,6817	-0,5380	-0,5939
Coefficiente de Determinação (%)		46,47	28,94	35,28
Teste F da Correlação		63,376	17,511	25,071
Teste F tabelado		3,99	4,07	4,06
P-Value (%)		1E-09	0,014	0,001

A partir dos resultados expostos pela Tabela 5.6, verifica-se que os períodos de janeiro1980-março 1986, de abril 1986-dezembro 1989, e de janeiro 1990-dezembro de 1993 apresentam uma correlação negativa entre o preço CIF médio de importação, e o IBOVESPA real. Em todos os períodos identificou-se valores reduzidos para os coeficientes de determinação (R^2 s). Contudo, os valores do teste F são superiores aos tabelados, com o nível de significância de 5%, identificando que os resultados das correlações são estatisticamente significativas. O período abril de 1986-dezembro de 1989 apresentou a correlação negativa entre o preço CIF médio de importação, e o IBOVESPA real com os valores mais baixos para o coeficiente de correlação e de determinação. Isto se deve ao fato de que neste período concentrou-se um elevado número de planos econômicos, inseridos em um contexto de turbulência política⁶. Os resultados das demais correlações efetuadas encontram-se no Anexo 7, que confirmam aqueles apresentados pela Tabela 5.6.

5.3.2.4 - Retornos Reais Anuais Prospectivos do IBOVESPA, Associados a Cenários para os Preços CIF Médios de Importação do Petróleo

Torna-se necessária, portanto, a obtenção dos retornos reais anuais prospectivos do IBOVESPA, a partir da associação aos preços CIF médios de importação.

⁶ A análise de correlação que considera o expurgo dos valores dos retornos de mercado que sejam influenciados exogenamente pela situação político-econômica vigente no período não foi elaborada. Desde que o mercado seja eficiente, este deverá refletir perfeitamente as informações oriundas das repercussões de cunho político-econômico. Assim sendo, o expurgo destes valores proporcionará uma correlação nula, demonstrando que ao se retirar tais valores, perde-se as variações existentes nos retornos de mercado.

Para tal, conforme apresentado pela Tabela 5.6, supõe-se que para preços CIF médios de importação elevados, a economia esteja em retração⁷, e que para preços CIF médios de importação reduzidos, a economia esteja em expansão. O retorno real anual do IBOVESPA foi obtido a partir da média aritmética dos retornos reais mensais do IBOVESPA, caso o preço CIF médio de importação seja reduzido, elevado, e intermediário, para determinados períodos analisados. Segundo Kritzman (1994), a média aritmética é adequada ao se manipularem valores históricos na busca de se estimar valores futuros. O Anexo 6, por sua vez, apresenta a série histórica dos retornos reais do IBOVESPA, associados a preços CIF médios de importação.

Khan e Fiorino (1992), propõem uma triangularização entre o preço do petróleo, a conjuntura econômica, e o mercado financeiro. Assim, os autores apresentaram uma associação do preço do petróleo a cenários da economia americana, para em seguida correlacionar tais cenários aos retornos do mercado financeiro. O cenário de expansão da economia estaria associado ao cenário de preço reduzido do petróleo no mercado internacional, definido como otimista. O cenário de retração da economia, por seu turno, estaria associado ao cenário de preço elevado do petróleo no mercado internacional, definido como pessimista. Um cenário intermediário ou de referência corresponderia a um cenário de preço do petróleo no mercado internacional entre os preços elevado e reduzido.

Dois pontos extremamente relevantes devem ser apontados. Primeiramente, não foram expurgados os valores dos retornos reais de mercado para os períodos que apresentem reações anormais destes retornos, devido à situação político-econômica nacional vigente. O expurgo contraria a premissa de eficiência de mercado requerida pelo CAPM, ao se eliminar as reações do mercado financeiro às informações conjunturais. Em segundo lugar, não é aconselhável se identificar períodos que reflitam expansão ou retração da economia nacional, baseando-se na análise dos indicadores macroeconômicos nacionais, para então se associar aos retornos reais do mercado financeiro. A associação macro e microeconômica é bastante complexa, exigindo estudos bastante aprofundados que não são objeto desta pesquisa.

Assim, foram analisados quatro períodos distintos para se obter o retorno real anual prospectivo do IBOVESPA. O primeiro, janeiro 1980-dezembro 1993; o segundo, abril

⁷ Ao se identificar o termo retração, está se associando simultaneamente a altos níveis inflacionários.

1986-dezembro 1993; o terceiro, janeiro 1990-dezembro 1993; e finalmente, janeiro de 1980-março 1986/ janeiro 1990-dezembro 1993.

Inicialmente, foram obtidos os resultados da associação dos retornos reais anuais do IBOVESPA aos preços CIF médios de importação elevados (acima de um desvio-padrão em relação à média), e reduzidos (abaixo de um desvio-padrão em relação à média). Isto permite que estes limites valores sejam centróides da distribuição normal dos preços CIF médios de importação, absorvendo aproximadamente um terço dos valores cada, conforme Parzen (1960).

Contudo, os valores encontrados, conforme apresentado pelo Anexo 8, ora foram negativos, ora não apresentavam correlação negativa entre os retornos reais do IBOVESPA, e os preços CIF médios de importação, ora resultavam de amostras pouco representativas. Estes resultados foram mais marcantes para o período abril 1986-dezembro 1993, onde as turbulências político-econômicas influenciaram bastante os resultados obtidos, e para o período janeiro 1990-dezembro 1993, cujas amostras eram extremamente reduzidas. Cabe ressaltar que os valores acima e abaixo de três desvios-padrão em relação à média foram excluídos, evitando-se que valores extremamente raros pudessem viesar os resultados.

Assim, optou-se em reduzir a distância entre os limites inferior e superior do preço CIF médio de importação para meio desvio-padrão, visando elevar o tamanho das amostras. Novamente, os resultados, apresentados pelo Anexo 9, ora foram negativos, ora não apresentavam correlação negativa entre os retornos reais do IBOVESPA, e os preços CIF médios de importação, à exceção do período janeiro 1980-março 1986/ janeiro 1990-dezembro 1993.

Neste sentido, os retornos reais anuais prospectivos do IBOVESPA a serem adotados, para os cenários otimista, de referência, e pessimista, se referem aos valores encontrados no período janeiro 1980-março 1986/ janeiro 1990-dezembro 1993, conforme apresentado na Tabela 5.7.

Tabela 5-7 - Retorno Real Prospectivo do IBOVESPA, para Cada Cenário Arbitrado (% a.a.)

Retorno Real Prospectivo do IBOVESPA (% a.a.) (Cenário Otimista)	Retorno Real Prospectivo do IBOVESPA (% a.a.) (Cenário de Referência)	Retorno Real Prospectivo do IBOVESPA (% a.a.) (Cenário Pessimista)
87,87	31,28	6,62

Ao se analisar os resultados acima, confirma-se a premissa de uma correlação negativa entre os preços CIF médios de importação, e os retornos reais do IBOVESPA, similarmemente aos resultados apresentados por Khan e Fiorino (1992). Blitzer, Lessard e Paddock (1984), citaram que o Brasil possui uma economia onde pode se esperar que responda forte e negativamente a alterações nos preços internacionais do petróleo. Ademais, há relativamente poucos canais de financiamento para dispensar a exposição aos preços do petróleo, tal como a compra de petróleo sob contratos de preços fixos de longo prazo, ou mesmo a compra de cotas de companhias de produção estrangeiras. Sob a ótica financeira, o Brasil deveria aceitar investimentos em projetos de petróleo com um baixo retorno esperado exigido pelo mercado, provavelmente abaixo do retorno dos ativos livres de risco.

Ao se comparar os resultados apresentados pela Tabela 5.7 àqueles apresentados por Khan e Fiorino (1992), para o mercado financeiro americano, verifica-se que os valores encontrados para os retornos reais anuais prospectivos para o mercado financeiro nacional são bem mais elevados para os cenários de referência e otimista. Para o mercado financeiro americano, os retornos reais anuais encontrados foram de 26,4%, 10,4%, e 6%, respectivamente para os cenários otimista, de referência e pessimista da economia.

Assim, a alternativa a ser adotada supõe a utilização dos retornos reais de mercado encontrados pela Tabela 5.7, visando a obtenção do beta e da TMA ajustada ao risco de mercado⁸ do projeto. Isto se deve aos seguintes principais motivos:

- tais valores refletem perfeitamente as informações oriundas das repercussões da conjuntura político-econômica nacional, confirmando a hipótese de eficiência de mercado;
- tais valores identificam uma correlação negativa entre os preços CIF médios de importação, e os retornos reais anuais do IBOVESPA; e
- as distâncias existentes entre os valores dos retornos do mercado financeiro nacional se aproximam daqueles encontradas para o americano, que se basearam em longos e bem definidos períodos de retração e de expansão da economia americana.

⁸ Para o cálculo do beta do projeto correlaciona-se, para cada cenário da economia, a TIR do projeto, baseada no preço do petróleo nacional a ser produzido pelo projeto, com o retorno real anual do IBOVESPA, baseado em cenários do preço CIF médio de importação. Portanto, a utilização de valores para o retorno real anual do IBOVESPA baseados no preço CIF médio de importação é uma simplificação, devido à falta de séries históricas individualizadas para os preços CIF de importação.

5.3.2.5 - Taxa Livre de Risco

Primeiramente, parte-se da premissa do CAPM da existência de uma taxa livre de risco no mercado financeiro. O retorno anual real da caderneta de poupança, considerada como um ativo livre de risco, pode ser considerada como variável proxy para a taxa livre de risco, para quaisquer cenários. Segundo Sanvicente (1992), o retorno real anual da caderneta de poupança pode ser adotado como sendo 6,17%, constante ao longo do tempo.

5.3.2.6 - Retornos Esperados dos Projetos

Segundo Weston e Copeland (1992), e Khan e Fiorino (1992), adota-se a TIR do projeto como variável proxy para o retorno esperado de um projeto, que devem ser valores reais e positivos. Os fluxos de caixa do projeto estão associados a cenários discretos arbitrados, onde cada cenário, por sua vez, está associado a um preço CIF médio de importação de petróleo similar àquele a ser produzido, que irá valorar o projeto. As TIRs são taxas reais, visto que os fluxos de caixa do projeto foram estimados em moeda americana, suposta estável. O retorno esperado do projeto é obtido a partir da ponderação das TIRs do projeto pelas probabilidades de ocorrência dos cenários discretos arbitrados.

5.3.3 - A TMA Incremental Associada ao Risco Devido a Perdas e Estimação

Para Allison (1994), o mercado não ignora os riscos devido à estimação dos fluxos de caixa, que deveriam ser plenamente reconhecidos. Contudo, o mercado não incorpora um prêmio à taxa de desconto devido a um elevado risco devido às estimativas futuras dos fluxos de caixa. Ademais, seria útil considerar uma alternativa que descontasse a corrente de fluxos de caixa do projeto por uma taxa de desconto superior àquela identificada pelo mercado. Além da reação às mudanças nos preços de mercado, a tecnologia utilizada e as informações disponíveis deveriam ser responsáveis por uma diferenciação da taxa de desconto do projeto.

Assim, o cômputo da TMA incremental associada ao risco de perdas e estimação de projetos de produção da indústria do petróleo no Brasil requer a identificação de determinados pontos.

5.3.3.1 - Variabilidade dos Custos de Investimento Prospectivos

Segundo Dougherty e Sarkar (1993), dentro do processo de orçamentação de capital de projetos do setor petrolífero, a etapa considerada mais difícil e crítica refere-se à definição do projeto e à estimação de seus fluxos de caixa. Neste contexto, a acurácia das estimativas dos custos de investimento de um projeto está relacionada à experiência do estimador, ao método utilizado para se estimar, à qualidade e à quantidade de informação disponível, e ao tempo disponível pelo estimador.

Supondo que o estimador possua experiência prévia, conhecimento dos métodos de estimação, e tempo disponível para executar as estimativas, de acordo com a elevação do grau de informação disponível ao longo do tempo, as incertezas em relação aos custos de investimento de projetos de produção vão se reduzindo. Assim, supõe-se que quanto maior for a quantidade de informação agregada pelo projeto, menor será a variabilidade dos seus custos de investimento prospectivos. Tal variabilidade, por sua vez, se relaciona ao risco técnico envolvido pelo projeto.

Para Savvides (1994), a habilidade em se reduzir as margens de incerteza de uma previsão depende do entendimento da natureza e do nível de incerteza com relação à variável em questão, e da qualidade e quantidade de informação disponível quando da avaliação. O analista deve fazer uso de dados disponíveis, e da opinião de especialistas, para definir o espectro de valores que são capazes de capturar os resultados do futuro evento em questão. O nível de variação possível para cada variável de risco identificada é especificado através do estabelecimento de limites, dados pelos valores máximo e mínimo. Portanto, o espectro de possíveis valores para cada variável de risco varia entre os limites que a variável projetada possa assumir.

Assim, um grupo de especialistas da atividade de produção da indústria do petróleo no Brasil identificou quais seriam as principais variáveis que influenciam a variabilidade dos custos de investimento prospectivos, independentemente do grau de informação disponível.

As variáveis identificadas foram o grau de conhecimento da área, e a tecnologia de exploração a ser utilizada pelo projeto de produção. O grau de conhecimento da área se relaciona à quantidade de infra-estrutura já existente na área a ser explorada. Assim, o termo área conhecida está associado à existência de infra-estrutura instalada, e o termo área

desconhecida está associado à infra-estrutura inexistente ou reduzida. Já a tecnologia de exploração se relaciona ao conhecimento da tecnologia a ser empregada. O termo tecnologia de exploração conhecida está associado a projetos de produção localizados em lâminas d'água de até 1.000m, e o termo de exploração desconhecida está associado a projetos localizados em lâminas d'água acima desta cota batimétrica e/ou projetos que envolvam tecnologias específicas ainda em fase de teste.

A Tabela 5.8 apresenta a variabilidade das estimativas dos custos de investimento prospectivos para os projetos de produção. Para novas descobertas, devido à incipiência das informações disponíveis, a variabilidade adotada será de 100%, independentemente do grau de conhecimento da área e da tecnologia de exploração utilizada. Já os projetos ora em operação se localizam em áreas conhecidas, e possuem tecnologia de exploração conhecida. Assim sendo, será adotada a variabilidade de 5% para os custos de investimento prospectivos.

Arbitra-se a variabilidade dos custos de investimento prospectivos como sendo constante ao longo do tempo, para um determinado grau de informação disponível quando da avaliação do projeto. À cada revisão do projeto, se reavalia a variabilidade dos custos de investimento prospectivos, cujos valores-meta são os valores imediatamente inferiores, de acordo com a Tabela 5.8.

A suposição de a distribuição dos custos de investimento prospectivos ser normal implica em se adotar um valor máximo de 100% para a variabilidade destes custos. Isto se deve ao fato de não haver sentido a existência de custos de investimento positivos. Uma alternativa seria a utilização de uma distribuição lognormal.

Tabela 5-8 - Variabilidade dos Custos de Investimento Prospectivos, para a Tipologia de Projetos de Produção de Petróleo (%)

Prospecto Exploratório	Grau de Conhecimento da Área			
	Conhecida		Desconhecida	
	Tecnologia de Exploração		Tecnologia de Exploração	
	Conh.	Desconh.	Conh.	Desconh.
	65	85	80	95
EVTE Preliminar	Grau de Conhecimento da Área			
	Conhecida		Desconhecida	
	Tecnologia de Exploração		Tecnologia de Exploração	
	Conh.	Desconh.	Conh.	Desconh.
	55	75	70	85
EVTE de Desenvolvimento	Grau de Conhecimento da Área			
	Conhecida		Desconhecida	
	Tecnologia de Exploração		Tecnologia de Exploração	
	Conh.	Desconh.	Conh.	Desconh.
	25	45	40	55
Implantação	Grau de Conhecimento da Área			
	Conhecida		Desconhecida	
	Tecnologia de Exploração		Tecnologia de Exploração	
	Conh.	Desconh.	Conh.	Desconh.
	10	30	25	40

Fonte: Divisão de Desenvolvimento da Produção do Departamento de Produção da Petrobrás S.A., novembro de 1994.

5.3.3.2 - Variabilidade da Previsão de Produção

A acurácia da previsão de produção de um projeto está relacionada à experiência do estimador, à disponibilidade de simuladores apropriados, à qualidade e à quantidade de informação disponível, e ao tempo disponível pelo estimador.

Analogamente aos custos de investimento, supondo que o estimador possua experiência prévia, conhecimento dos simuladores existentes para a estimação, e tempo disponível para executar as estimativas, de acordo com a elevação do grau de informação disponível ao longo do tempo, as incertezas em relação à previsão de produção vão se reduzindo. Assim, quanto maior a quantidade de informação agregada pelo projeto, menor será a variabilidade da previsão de produção do projeto.

Assim sendo, um grupo de especialistas da atividade de produção da indústria do petróleo no Brasil identificou quais seriam as principais variáveis que influenciam a

variabilidade da previsão de produção. De acordo com os especialistas, a variabilidade da previsão de produção estaria relacionada ao grau de informação disponível pelo projeto, que varia em função da complexidade da jazida. Por simplificação, a Tabela 5.9 apresenta a variabilidade da previsão de produção, de acordo com o grau de informação disponível, independentemente da complexidade da jazida.

Arbitra-se a variabilidade da previsão de produção como sendo constante ao longo do tempo, para um determinado grau de informação disponível quando da avaliação do projeto. À cada revisão do projeto, se reavalia a variabilidade da previsão de produção, cujos valores-meta são os valores imediatamente inferiores, de acordo com a Tabela 5.9.

A suposição de a distribuição das previsões de produção ser normal implica em se adotar um valor máximo de 100% para a variabilidade da previsão de produção. Isto se deve ao fato de não haver sentido a existência de previsão de produção negativa. Uma alternativa seria a utilização de uma distribuição lognormal.

Tabela 5-9 - Variabilidade da Previsão de Produção para a Tipologia de Projetos de Produção de Petróleo (%)

Tipo de Projeto	Variabilidade da Previsão de Produção (%)
Nova Descoberta	100
Prospecto Exploratório	100
EVTE Preliminar	65
EVTE de Desenvolvimento	45
Implantação	30
Operação	10

Fonte: Divisão de Desenvolvimento da Produção do Departamento de Produção da Petrobrás S.A., novembro de 1994.

No caso de haver difusividade da informação existente, deve-se identificar o tamanho da amostra das informações disponíveis pelo projeto. Quanto maior for o tamanho da amostra, menos difusa é a informação, e conseqüentemente a distribuição de probabilidades do VPL se aproxima mais da normalidade. Portanto, em condições usuais, o tamanho da amostra assume valores tão elevados que a distribuição t de Student se confunde com a normal.

Assim sendo, de modo conservador, supõe-se que a informação seja difusa para projetos que antecedem aos de desenvolvimento, onde o grau de difusividade cresce em direção às novas descobertas. Por razões técnicas, os valores do tamanho da amostra (T) serão arbitrados em função da vida do projeto (m). A Tabela 5.10 apresenta os valores do tamanho da amostra das informações disponíveis para a tipologia de projetos de produção que possuem difusividade nas informações. Destaca-se que o assunto carece de uma maior fundamentação científica, não sendo objeto do presente trabalho.

Tabela 5-10 -Tamanho da Amostra (T) das Informações para os Projetos de Produção de Petróleo que Possuem Difusividade nas Informações, em Função da Vida dos Projetos (m)

Tipo de Projeto	Tamanho da Amostra (T)
Nova Descoberta	(m+20)
Prospecto Exploratório	(m+30)
EVTE Preliminar	(m+40)

5.3.4 - Dados de Entrada para a Aplicação da Metodologia Proposta

A metodologia proposta para o cálculo da TMA ajustada ao risco total de projetos de produção na indústria do petróleo no Brasil, dada pelas Equações (4.79) e (4.80), foi introduzida em planilhas Excel versão 5.0, em ambiente Windows, conforme os modelos 1 e 2 apresentados pelos Anexos 10 e 11, respectivamente.

Os dados de entrada a serem introduzidos no início da planilha estão apresentados a seguir.

NOME DO PROJETO
TIPO DE PROJETO
Nova Descoberta
Prospecto Exploratório
EVTE Preliminar
EVTE de Desenvolvimento
Implantação
Operação

TECNOLOGIA DE EXPLOTAÇÃO

Terrestres

Águas Rasas (em lâminas d'água até 400 m)

Águas Profundas 1 (em lâminas d'água entre 400 e 1.000 m)

Águas Profundas 2 (em lâminas d'água superiores a 1.000 m)

LÂMINA D'ÁGUA

Salvo para projetos terrestres, identificar a cota batimétrica do projeto, em metros.

VIDA DO PROJETO

Tempo, em anos, entre o investimento inicial e a desativação do projeto.

GRUPO DE PETRÓLEOS NACIONAIS

Identificar o grupo de petróleos a que pertence o petróleo a ser produzido pelo projeto.

Para EVTEs preliminares, EVTEs de desenvolvimento, implantação e operação, grupos I a VIII. Para novas descobertas e prospectos exploratórios, adotar a média dos valores.

Preço Prospectivo do Petróleo Nacional

Identificar o preço prospectivo do petróleo nacional, em US\$/barril, de acordo com o grupo de petróleos, para o cenário de referência a partir da Tabela 5.1.

Retornos Reais Anuais Prospectivos do Mercado Financeiro Nacional

Identificar o retorno real anual prospectivo do mercado financeiro nacional, por cenário arbitrado, em porcentagem, a partir da Tabela 5.7.

Variabilidade dos Custos de Investimento Prospectivos

Identificar a variabilidade dos custos de investimento prospectivos, em porcentagem, a partir da Tabela 5.8.

Variabilidade da Previsão da Produção

Identificar a variabilidade da previsão de produção, em porcentagem, a partir da Tabela 5.9.

FLUXOS DE CAIXA DO PROJETO PARA O CENÁRIO DE REFERÊNCIA

Custos de investimento, custos operacionais e receitas não operacionais, em milhares de dólares, e previsão de produção de óleo equivalente⁹ em barris por dia, ao longo da vida do projeto, para o cenário de referência.

AVALIADOR

DATA

Os dados de entrada a serem introduzidos ao final da planilha estão apresentados a seguir.

VALOR DA INTEGRAL DE PERDAS NORMAL REDUZIDA

No caso de EVTEs de desenvolvimento, implantação e operação, introduzir o valor da integral de perdas normal reduzida $N(D)$, tabelado no Anexo 2.

VALOR DA INTEGRAL DE PERDAS t DE STUDENT REDUZIDA

No caso de novas descobertas, prospectos exploratórios, e EVTEs preliminares, identificar a vida do projeto, definir o tamanho da amostra, a partir da Tabela 5.10, e introduzir o valor da integral de perdas t de Student reduzida $(L_S * (D^*))$, tabelado no Anexo 3.

Cabe ressaltar que a metodologia proposta não foi aplicada a projetos em implantação e operação, por tratar-se de projetos da área operacional. Assim sendo, a metodologia foi aplicada a 35 projetos de produção, estratificados em classes e por tecnologia de exploração, conforme apresentado pela Tabela 5.11.

⁹ O termo produção de óleo equivalente indica a soma da produção de óleo à disponibilidade de gás associado produzido, equivalente energeticamente ao óleo.

Tabela 5-11-Número de Projetos e Total de Projetos por Classe de Projetos e por Tecnologia de Exploração

Classe de Projetos	Tecnologia de Exploração	Terrestre	Águas Rasas	Águas Profundas 1	Águas Profundas 2	TOTAL
Nova Descoberta		-	3	4	4	11
Prospecto Exploratório		-	3	4	5	12
EVTE Preliminar		-	-	1	4	5
EVTE de Desenvolvimento		1	1	5	-	7
TOTAL		1	7	14	13	35

Os projetos, por sua vez, foram identificados a partir de um prefixo, que denota a classe de projetos a qual pertence, seguido por um sufixo, que denota apenas uma ordenação dentro do conjunto de oportunidades analisadas. A Tabela 5.12 apresenta a simbologia adotada.

Tabela 5-12 - Simbologia Adotada para Representar os Projetos Analisados

Projeto	Simbologia
Nova Descoberta n^o X	ND X
Prospecto Exploratório n^o Y	PE Y
EVTE Preliminar n^o W	Prelim W
EVTE de Desenvolvimento n^o Z	Desenv Z

5.3.5 - Resultados da Aplicação da Metodologia Proposta

Os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia proposta para os projetos de produção relacionados na Tabela 5.11 estão apresentados nas Tabelas 5.13 e 5.14. A Tabela 5.13 apresenta os resultados, onde foi considerada a incorporação, quando necessário, do valor adicional a ser pago devido à difusividade da informação.

Tabela 5-13 - TMA Associada ao Mercado, TMA Associada ao Mercado e à Liquidez, TMA Incremental Associada a Perdas e à Estimação, TMA Ajustada ao Risco Total, e TIR (% a.a.), por Projeto Analisado

Projeto	TMA Associada ao Mercado (% a.a.) [1]	TMA Associada ao Mercado e à Liquidez (% a.a.) [2]	TMA Incremental Associada a Perdas e à Estimação [3]	TMA Ajustada ao Risco Total (% a.a.) [4] = [2]+[3]	TIR (% a.a.) [5]
ND 01	0	0	12,07	12,07	93,42
ND 02	1,79	2,35	43,21	45,56	17,48
ND 03	0	0	14,59	14,59	45,62
ND 04	0	0	13,33	13,33	29,90
ND 05	2,37	0,46	12,80	13,26	29,93
ND 06	1,99	1,82	17,57	19,39	25,51
ND 07	2,87	3,42	(*)	(**)	11,48
ND 08	1,67	0,44	17,01	17,45	30,08
ND 09	2,04	0,47	8,22	8,69	36,06
ND 10	2,91	2,20	5,67	7,87	34,51
ND 11	2,00	0,42	12,74	13,16	30,41
PE 01	0	0,35	2,86	3,21	64,32
PE 02	3,01	3,00	14,30	17,30	21,73
PE 03	2,58	3,82	10,82	14,64	26,42
PE 04	0	0	3,44	3,44	127,88
PE 05	2,39	2,22	(***)	(***)	5,34
PE 06	1,95	0,64	5,55	6,19	34,99
PE 07	2,23	1,59	19,63	21,22	18,64
PE 08	3,35	3,49	22,24	25,73	13,66
PE 09	0	0	4,64	4,64	85,68
PE 10	3,86	3,58	6,05	9,63	22,50
PE 11	2,68	1,71	6,78	8,49	30,09
PE 12	3,19	3,18	5,45	8,63	27,26
Prelim 01	2,20	0,90	3,55	4,45	22,82
Prelim 02	3,12	2,24	(*)	(**)	6,64
Prelim 03	1,47	0	5,12	5,12	27,96
Prelim 04	2,69	0,43	38,53	38,96	8,64
Prelim 05	0,56	0	5,95	5,95	31,48
Desenv 01	1,71	1,54	0,20	1,74	42,85
Desenv 02	0	1,62	2,38	4,00	33,85
Desenv 03	1,45	1,21	1,60	2,81	26,47
Desenv 04	0	1,63	0,19	1,82	54,29
Desenv 05	1,27	0,22	0,37	0,59	45,63
Desenv 06	1,29	1,09	0,31	1,40	42,71
Desenv 07	0,92	0,32	0,41	0,73	43,81

(*) A TMA associada a perdas e à estimação não pôde ser calculada, visto que a diferença entre o valor esperado da informação perfeita e o valor esperado do valor presente líquido é superior ao valor do investimento inicial do projeto.

(**) A TMA total não pôde ser calculada devido à impossibilidade de se calcular a TMA associada a perdas e à estimação.

(***) A TMA associada a perdas e à estimação não foi calculada devido à TIR do projeto ser inferior à taxa livre de risco. Conseqüentemente, a TMA total não foi calculada.

A Tabela 5.14, por sua vez, é um quadro comparativo, onde supõe-se que todos os projetos possuem o nível de informação disponível quando da sua avaliação.

Tabela 5-14- TMA Incremental Associada a Perdas, TMAs Associadas ao Risco Total para o Caso Comparativo e para o Caso Base (% a.a.), e Ganho entre as TMAs Ajustadas ao Risco Total do Caso Base e Comparativo (%)

Projeto	TMA Incremental Associada a Perdas [Caso Comparativo] [1]	TMA Ajustada ao Risco Total (% a.a.) [Caso Comparativo] [2]	TMA Ajustada ao Risco Total (% a.a.) [Caso Base] [3]	Ganho entre a TMA Ajustada ao Risco Total do Caso Base e Comparativo (%) [4] = ((3)/[2] - 1) x 100
ND 01	6,42	6,42	12,07	88
ND 02	15,66	18,01	45,56	153
ND 03	6,52	6,52	14,59	123,8
ND 04	5,66	5,66	13,33	135,5
ND 05	4,75	5,21	13,26	154,5
ND 06	8,08	9,90	19,39	95,7
ND 07	23,25	26,67	-	(*)
ND 08	7,91	8,35	17,45	109
ND 09	3,10	3,57	8,69	143,4
ND 10	1,86	4,06	7,87	93,8
ND 11	5,30	5,72	13,16	130,1
PE 01	1,13	1,48	3,21	116,9
PE 02	8,87	11,87	17,30	45,7
PE 03	6,39	10,21	14,64	43,4
PE 04	1,57	1,57	3,44	119,1
PE 05	-	-	-	(*)
PE 06	2,39	3,03	6,19	105
PE 07	11,02	12,61	21,22	68,3
PE 08	11,21	14,70	25,73	75
PE 09	1,92	1,92	4,64	141,7
PE 10	2,70	6,28	9,63	53,6
PE 11	3,23	4,94	8,49	71,9
PE 12	2,69	5,87	8,63	47
Prelim 01	1,82	2,72	4,45	63
Prelim 02	25,52	27,76	-	(*)
Prelim 03	2,95	2,95	5,12	73,6
Prelim 04	17,49	17,92	38,96	117,4
Prelim 05	3,27	3,27	5,95	82

(*) O ganho entre a TMA total do caso base e a TMA total do caso comparativo não pôde ser calculado devido à impossibilidade de cálculo da TMA total do caso base.

Com relação aos resultados apresentados pelas Tabelas 5.13 e 5.14, cabe destacar que:

1. Os projetos associados a novas descobertas, prospectos exploratórios e EVTEs preliminares são projetos de produção de caráter exploratório. Portanto, ao se valorar tais projetos dentro de um contexto de desenvolvimento da produção, a tomada de decisão não consiste simplesmente em aceitá-los ou rejeitá-los. Fundamentalmente, busca-se priorizar a continuidade na coleta de novas informações para estes projetos, baseada no grau de atratividade apontado pelos resultados. Assim sendo, dentre os projetos analisados em um contexto de desenvolvimento da produção, de acordo com a Tabela 5.13, os projetos ND02, ND07, PE07, PE08, Prelim02 e Prelim04 não possuem prioridade, visto que a TIR é inferior à TMA ajustada ao risco total, ou a TMA ajustada ao risco não pôde ser calculada. O projeto PE05 também não possui prioridade, pois a TIR é inferior à taxa livre de risco. Os demais projetos são atrativos, cuja prioridade é dada a partir da comparação entre si dos VPLs ajustados ao risco total dos projetos.
2. No caso de projetos relacionados a EVTEs de desenvolvimento, a TMA total ajustada ao risco possui um caráter decisório em aceitar ou rejeitar tais projetos, por se tratarem de projetos com nível de informação exploratória suficiente, e por competirem, dentro da carteira de projetos, por orçamento para sua implantação. Assim sendo, conforme a Tabela 5.13, todos os projetos de EVTEs de desenvolvimento analisados foram aceitos, visto que a TIR é superior à TMA ajustada ao risco total.
3. Os projetos que possuem a TMA ajustada ao risco de mercado e liquidez inferior à TMA ajustada ao risco de mercado são projetos que possuem maior liquidez do que os projetos similares com fluxos de caixa uniformes. De acordo com a Tabela 5.13, dentre os projetos atrativos analisados, os projetos com maior liquidez do que os projetos similares com fluxos de caixa uniformes são: ND05, ND06, ND08, ND09, ND10, ND11, PE02, PE06, PE10, PE11, PE12, Prelim01, Prelim03, Prelim05, Desenv01, Desenv03, Desenv05, Desenv06 e Desenv07.
4. Dentre o universo de projetos analisados, aqueles de caráter exploratório possuem a parcela da TMA associada a perdas e à estimação bastante significativa, de acordo com a Tabela 5.13. Isto denota que projetos deste tipo possuem elevados riscos associados à difusividade das estimativas, e ao arrependimento devido à irreversibilidade dos investimentos. Os

projetos de desenvolvimento, por sua vez, possuem a parcela da TMA associada a perdas pouco representativa, refletindo uma maior quantidade e qualidade de informação disponível. Usualmente, nesta classe de projetos, o risco associado ao mercado e à liquidez possuirá um caráter fundamental na tomada de decisão sobre investimento. Blitzer, Lessard e Paddock (1984), confirmam o fato. Os autores afirmam que os investimentos em projetos de exploração e desenvolvimento envolvem riscos significativos. No estágio exploratório, há uma grande incerteza com relação a fatores geológicos, tais como as reservas e fatores de recuperação, aos eventuais custos de operação e desenvolvimento, e aos rendimentos relacionados aos preços do petróleo. No estágio de desenvolvimento, riscos geológicos e de custos estão ainda presentes, sendo contudo muito menores, enquanto os riscos dos rendimentos associados ao preço do petróleo se tornam dominantes.

5. Dentre o universo de projetos analisados, aqueles de caráter exploratório possuem as TMAs ajustadas ao risco total bastante superiores àquelas encontradas para os projetos de desenvolvimento, conforme apresentado pela Tabela 5.13. Isto reflete que com a elevação do grau de conhecimento das informações disponíveis, o risco total do projeto vem a se reduzir, a despeito das variações apresentadas pelo risco de mercado.
6. Ao se retirar a difusividade das informações dos projetos de caráter exploratório, tanto as TMAs associadas a perdas e à estimação, quanto a TMA ajustada ao risco total se reduzem drasticamente, conforme apresentado pela Tabela 5.14.

Capítulo 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As pesquisas efetuadas, sintetizadas nesta dissertação, conduziram às seguintes conclusões e recomendações, descritas pelos tópicos a seguir.

6.1 - CONCLUSÕES

As principais conclusões da presente dissertação são apresentadas a seguir:

1. A metodologia proposta nesta dissertação, que culmina com a determinação da taxa mínima de atratividade (TMA) ajustada ao risco total de um projeto, está conceitualmente validada, possuindo flexibilidade e simplicidade operacional, além de ser aplicável à indústria do petróleo no Brasil;
2. A metodologia proposta permite que ao se determinar a TMA ajustada ao risco total do projeto, os decisores estejam cientes do grau de risco que estarão correndo e do nível de retorno mínimo exigido pelo projeto;
3. A metodologia proposta reconcilia óticas divergentes sobre o tema risco de projetos. Por um lado, trata dos conceitos propostos pela moderna teoria das finanças corporativas, baseada na diversificação de carteiras, na parcela do risco sistemático de projetos, e no prêmio pelo risco de mercado, independentemente da empresa que avalie o projeto. Por outro lado, trata dos conceitos da Teoria Prospectiva do risco, baseada na abordagem da análise de risco tradicional, e no prêmio pelo risco intrínseco do projeto, dependente da empresa que avalie o projeto;

4. A metodologia proposta incorpora fatores construtivos do risco, tais como o mercado, a ruína e a falta de previsibilidade. Assim, a TMA ajustada ao risco total de um projeto congrega o risco de mercado, de liquidez, de perdas, e de estimação;
5. A metodologia proposta apresentou, conforme esperado, que os projetos que revelam maior grau de informação disponível possuem menor risco associado a perdas e à estimação, além de possuírem usualmente menor risco total. Ademais, estes projetos usualmente possuem o risco relacionado ao mercado e à liquidez bastante significativo em relação ao risco total;
6. A metodologia proposta permite que ao se determinar a TMA ajustada ao risco total do projeto elimine-se tendências de seleção de projetos com maiores retornos e riscos supostamente subavaliados. A existência de uma TMA única favorece a que projetos com baixos riscos sejam rejeitados e projetos com altos riscos sejam aceitos, acarretando em uma subestimação do risco médio que a empresa esteja efetivamente se submetendo. Neste caso, é possível que se comprometa a sobrevivência da empresa a longo prazo;
7. A metodologia proposta permite que ao se determinar a TMA ajustada ao risco total do projeto ocorra uma adequação do processo de avaliação econômica dos projetos de desenvolvimento da produção. Como resultados, proporciona-se a alocação eficiente dos recursos financeiros da companhia, a priori escassos, e a mensuração adequada da riqueza da empresa devido à aceitação adequada dos projetos que incorporam valor à empresa;
8. A metodologia proposta permite que, no caso de projetos de produção com caráter exploratório, não se decida simplesmente por aceitá-los ou rejeitá-los, mas fundamentalmente se priorize a continuidade da coleta de informações dos projetos identificados como sendo atrativos;
9. A metodologia proposta permite que, mesmo ao se introduzir o risco à avaliação de projetos, se decida deterministicamente sobre a priorização na continuidade da busca de novas informações ou mesmo a aceitação ou a rejeição de projetos, a partir de um critério de decisão objetivo único, notadamente completo e suficiente. Assim sendo, projetos com níveis diferenciados de risco podem ser comparados entre si, a partir da obtenção do valor presente líquido ajustado ao risco total do projeto, eliminando-se as eventuais subjetividades impostas pela análise de risco tradicional;

10. A metodologia proposta permite que se decida pela priorização da continuidade na busca de novas informações ou por aceitar ou rejeitar projetos, prescindindo-se do conhecimento da função utilidade dos decisores;
11. A grande contribuição da metodologia proposta para a área de avaliação de projetos é a de estabelecer uma ponte entre os domínios da moderna teoria das finanças corporativas, e da Teoria Prospectiva do risco, possibilitando a harmonia entre a visão externa de mercado, e a visão interna do projeto. A metodologia proposta busca ressaltar a importância do tema risco na área de avaliação de projetos, através da implementação de um sistema operacional flexível e passível de consumo pelas esferas técnicas e gerenciais.

6.2 - RECOMENDAÇÕES

As seguintes implementações são sugeridas à metodologia proposta:

- Identificar outras parcelas que complementem a construção da TMA ajustada ao risco total do projeto;
- Verificar a existência e o grau de correlacionamento entre as parcelas construtivas do risco total do projeto;
- Avaliar o impacto sobre a TMA associada ao risco de mercado, ao auferi-la sob um contexto multiperíodo;
- Adaptar a metodologia existente para a obtenção da parcela da TMA associada ao risco de perdas e estimação para projetos que possuam fluxos de caixa negativos alocados ao longo do tempo;
- Adaptar a metodologia proposta para projetos com múltiplas inversões ao longo do tempo;
- Buscar uma melhor aproximação para os valores referentes às variabilidades dos custos de investimento prospectivos e das previsões de produção dos projetos, considerando uma distribuição lognormal para as variáveis;
- Adaptar a metodologia proposta para projetos de gás não associado;
- Adaptar a planilha proposta de forma a tornar o sistema mais amigável ao usuário, para que seja menos dependente do analista.

As seguintes direções para o prosseguimento da pesquisa neste campo são sugeridas:

- Comparar os resultados obtidos pela presente dissertação para a TMA associada ao mercado com aqueles obtidos pela teoria das opções;
- Comparar os resultados obtidos pela presente dissertação para a TMA associada ao mercado com aqueles obtidos através da avaliação do risco do projeto partindo-se do risco envolvido pelo setor ou atividade na qual o projeto esteja inserido;

- Estender a metodologia proposta para a avaliação de projetos que envolvam fatores de risco estritamente subjetivos, tais como os projetos de inovação tecnológica, ambientais, de recursos humanos, e de pesquisa e desenvolvimento;
- Introduzir o julgamento do risco de um projeto, de modo que se atendam as estratégias corporativas estabelecidas pela companhia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, J. C. Issues in the evaluation and application of discount rates for investment evaluation. Proceedings of the SPE Oil and Gas Economics, Finance and Management, p.53-58, Londres, 8-9 junho 1994.
- BIERMAN JR., H., BONINI, C. P., HAUSMAN, W. H. 6. ed. Quantitative Analysis for Business Decisions. Illinois: Richard Irwin, Inc., 1981.
- BLACK, F. Beta and return. The Journal of Portfolio Management, v.20, n.1, p.8-17, outono de 1993.
- BLITZER, C. R., LESSARD, D. R., PADDOCK, J. L. Risk bearing and the choice of contract forms for oil exploration and development. The Energy Journal, v.5, n.1, 1984.
- BLOCHER, E., STICKNEY, C. Duration and risk assessments in capital budgeting. The Accounting Review, v. 54, n.1, p.180-188, janeiro 1979.
- BOARDMAN, C., REINHART, W., CELEC, S. The role of the payback period in theory and applications of duration to capital budgeting. Journal of Business Finance and Accounting, v.9, n.4, p.511-522, primavera de 1982.
- BRACKEN, J., SCHLEIFER JR., A. Tables for Normal Sampling with Unknown Variance, Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1964.
- BREALEY, R. A., MYERS, S. C., 4.ed. Principles of Corporate Finance. New York: McGraw-Hill International Editions, 1991.
- BROWN, R. J., KULKARNI, M. S. Duration and the risk adjustment of discount rates for capital budgeting. The Engineering Economist, v.38, n.4, p.299-307, verão de 1993.
- BUSSEY, L. E. The Economic Analysis of Industrial Projects. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1978.
- CHEN, S., MOORE, W. T. Investment decisions under uncertainty: Application of estimation risk in the Hillier approach. Journal of Financial and Quantitative Analysis, v.17, n.3, setembro 1982.
- COSTA JR., N. C. A., MENEZES, E. A., ASRILHANT, B. Avaliação econômica de projetos: Uma abordagem do CAPM. Anais do XVIII Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração, v.5, p.8-16, Curitiba, Paraná, 26-28 setembro 1994.
-
- LEMGRUBER, E. F. Estimação do beta. Revista Brasileira de Economia, v.47, n.4, p.605-621, outubro-dezembro 1993.
- COX, J., INGERSOLL JR., J., ROSS, S. Duration and the measurement of basis risk. Journal of Business, v.52, n.1, p.51-61, janeiro 1979.
- DE GROOT, M. Optimal Statistical Decisions. New York: MacGraw-Hill Inc, 1970.

- DOUGHERTY, E. L., SARKAR, J. Current investment practices and procedures: Results of a survey of U.S. oil and gas producers and petroleum consultants. Proceedings of the SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium. p.53-62, Dallas, 29-30 março 1993.
- DURAND, D. Payout period, time spread and duration: Aids to judgement in capital budgeting selection process. Journal of Bank Research, v.5, n. 1, p.20-34, primavera de 1974.
- ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R. Análise de investimentos de projetos mal definidos. Anais do XVIII Congresso Latino Íbero Americano de Pesquisa Operacional e Engenharia de Sistemas, Santiago, Chile, junho 1994.
- FAMA E. F., FRENCH, F. R. The cross-section of expected stocks returns. The Journal of Finance, v.47, n.2, p.427-464, junho 1992.
- FENSTERSEIFER, J. E., SAUL, N. Investimentos de capital nas grandes empresas. Revista de Administração, v.28, n.3, p.3-12, julho-agosto 1993.
- FIGENBAUM, A. Prospect theory and the risk-return association: An empirical examination in 85 industries. Journal of Economic Behaviour and Organization, v. 14, p.187-203, 1990.
- , THOMAS, H. Attitudes toward risk and the risk-return paradox: Prospect theory explanations. Academy of Management Journal, v.31, n.1, p.85-106, março 1988.
- FISHBURN, P. C. Risk as probable loss. Management Science, v.50, n.4, p.396-406, abril 1984.
- HAWLEY, D., MALONE, R. P. The relative performance of duration in capital budgeting selection process. The Engineering Economist, v.35, n.1, p.67-74, outono de 1989.
- HERTZ, D., THOMAS, H. Risk Analysis and Its Applications. London: John Wiley & Sons Ltd., 1983.
- HOFFMANN, R. 2. ed. Estatística para Economistas. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1991.
- HOGARTH, R. M., EINHORN, H. J. Venture Theory: A model of decision weights. Management Science, v.36, n.7, p.780-803, julho 1990.
- KAHNEMAN, D., LOVALLO, D. Timid choices and bold forecasts: A cognitive perspective on risk taking. Management Science, v.39, n.1, p.17-31, janeiro 1993.
- KHAN, A. M., FIORINO, D. P. The Capital Asset Pricing Model in project selection: A case study. The Engineering Economist, v.37, n.2, p.145-160, inverno de 1992.
- KRITZMAN, M. What practitioners need to know about future value. Financial Analysts Journal, maio-junho 1994.
- LEVY, H. Equilibrium in an imperfect market: A constraint on the number of securities in the portfolio. The American Economic Review, v.68, n.4, p.643-658, setembro 1978.

- LOHMANN, J. R., BAKSH, S. N. The IRR and payback period and their relative performance in common capital budgeting decision procedures for dealing with risk. The Engineering Economist, v.39, n.1, outono de 1993.
- MAO, J. C. T. 2. ed. Quantitative Analysis of Financial Decisions. New York: MacMillan, 1971.
- MARCH, J. G., SHAPIRA, Z. Managerial perspectives on risk and risk taking. Management Science, v.33, n.11, p.1404-1418, novembro 1987.
- MARKOWITZ, H. M. Portfolio Selection. The Journal of Finance, v.7, n.1, p.77-91, março 1952.
- MOORE, P. Handling financial risks. OMEGA International Journal of Management Science, v.7, n.3, p.183-190, 1979.
- MOORE, W. T., CHEN, S. The value of perfect information in capital budgeting decisions with unknown cash flow parameters. The Engineering Economist, v.29, n.1, p.41-52, outono de 1984.
- MUSTAFA, M. A., AL-BAHAR, J. F. Project risk assessment using the analytic hierarchy process. IIEE Transactions on Engineering Management, v.38, n.1, fevereiro 1991.
- MYERS, S. C., TURNBULL, S. M. Capital budgeting and the Capital Asset Pricing Model: Good news and bad news. The Journal of Finance, v.32, n.2, p.321-333, maio 1977.
- NICHOLS, N. A. Efficient? Chaotic? What's the new finance? Harvard Business Review, v.71, n.2, p.50-60, março-abril 1993.
- PARZEN, E. Modern Probability Theory and Its Applications. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1960.
- PAULA LEITE, H., SANVICENTE, A. Z. Valor patrimonial: Usos, abusos e conteúdo informacional. Revista de Administração de Empresas, v.30, n.3, p.17-31, julho-setembro 1990.
- PEREIRA, L. F. P. G. Análise de risco em projetos de investimento. Artigo de trabalho, Petrobrás S.A., Serviço de Planejamento, 1994.
- PRATT, J. W., RAIFFA, H., SCHLAIFER, R. Introduction to Statistical Decision Theory, New York: McGraw-Hill Book Co., 1965.
- RESENDE, H. V. de, Seleção de Projetos de Investimento na Indústria de Exploração e Produção de Petróleo no Brasil, Através da Programação de Metas. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 1992. 122 p. Dissertação de mestrado (Departamento de Engenharia Industrial) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1992.
- ROSENBERG, B., RUDD, A. The corporate uses of beta. The Revolution in Corporate Finance, New York: J. M. Stern & Chew, p.58-68, 1986.

- SANVICENTE, A. Z., DUARTE, A. R. Avaliação de empresas estatais com o uso de dados do mercado de ações. Estudos Econômicos, Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, v.22, n.1, p.89-105, janeiro-abril 1992.
- SANVICENTE, A. Z., MELLAGI FILHO, A. Mercado de Capitais e Estratégias de Investimento, São Paulo: Editora Atlas, 1988.
- SAVVIDES, S. Risk analysis in investment appraisal. Project Appraisal, v.9, n.1, p.3-18, março 1994.
- SCHLAIFER, R. Probability and Statistics for Business Decisions. New York: McGraw-Hill Book Co., 1959.
- SHARPE, W. F. A simplified model for portfolio analysis. Management Science, v.9, n.3, p.277-293, março 1963.
- THEUSEN, G. J. An examination of current and future research directions in engineering economics. Integrated Systems, Institute of Industrial Engineers, novembro 1989.
- VAN HORNE, J. C. 9.ed. Financial Management and Policy. New York: Prentice-Hall, 1992.
- WESTON, J. F., COPELAND, T. E. 9. ed. Managerial Finance. New York: The Dryden Press, 1992.

ANEXO 1

DERIVADA PARCIAL DO VALOR PRESENTE EM
RELAÇÃO À TAXA DE DESCONTO r

Seja a Equação (4. 22):

$$VP = \frac{1}{r} [1 - 1/(1+r)^n]$$

A derivada parcial do Valor Presente (VP) em relação à taxa de desconto r é desenvolvida conforme abaixo:

$$VP' = \frac{\partial VP}{\partial r}$$

Sejam:

$$u = \frac{1}{r} \text{ e } v = [1 - 1/(1+r)^n]$$

$$VP' = u'v + uv'$$

$$VP' = -\frac{1}{r^2} [1 - 1/(1+r)^n] + \left[\frac{n(1+r)^{n-1} \cdot 1}{(1+r)^{2n}} \right] \frac{1}{r} \quad (a)$$

Fazendo:

$$(1+r)^{n-1} = (1+r)^n / (1+r) \text{ e } (1+r)^{2n} = (1+r)^n \cdot (1+r)^n$$

e substituindo-se em (a):

$$VP' = -\frac{1}{r^2} + \frac{1}{r^2 (1+r)^n} + \frac{n}{r (1+r)^{n+1}}$$

$$VP' = \frac{-(1+r)^{n+1} + (1+r) + nr}{r^2 (1+r)^{n+1}}$$

$$VP' = -\frac{1}{r^2} + \frac{1+r+nr}{r^2 (1+r)^{n+1}}$$

$$VP' = \frac{1}{r^2} \left[\frac{1+r+nr}{(1+r)^{n+1}} - 1 \right]$$

ANEXO 2

**TABELA DA INTEGRAL DE
PERDAS NORMAL REDUZIDA**

Unit Normal Loss Integral
 $G(u) = P_N(u) - u P_N(\bar{u} > u)$

u	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.3989	.3940	.3890	.3841	.3793	.3744	.3697	.3649	.3602	.3556
.1	.3509	.3464	.3418	.3373	.3328	.3284	.3240	.3197	.3154	.3111
.2	.3069	.3027	.2986	.2944	.2904	.2863	.2824	.2784	.2745	.2706
.3	.2668	.2630	.2592	.2555	.2518	.2481	.2445	.2409	.2374	.2339
.4	.2304	.2270	.2236	.2203	.2169	.2137	.2104	.2072	.2040	.2009
.5	.1978	.1947	.1917	.1887	.1857	.1828	.1799	.1771	.1742	.1714
.6	.1687	.1659	.1633	.1606	.1580	.1554	.1528	.1503	.1478	.1453
.7	.1429	.1405	.1381	.1358	.1334	.1312	.1289	.1267	.1245	.1223
.8	.1202	.1181	.1160	.1140	.1120	.1100	.1080	.1061	.1042	.1023
.9	.1004	.09860	.09680	.09503	.09328	.09156	.08986	.08819	.08654	.08491
1.0	.08332	.08174	.08019	.07866	.07716	.07568	.07422	.07279	.07138	.06999
1.1	.06862	.06727	.06595	.06465	.06336	.06210	.06086	.05964	.05844	.05726
1.2	.05610	.05496	.05384	.05274	.05165	.05059	.04954	.04851	.04750	.04650
1.3	.04553	.04457	.04363	.04270	.04179	.04090	.04002	.03916	.03831	.03748
1.4	.03667	.03587	.03508	.03431	.03356	.03281	.03208	.03137	.03067	.02998
1.5	.02931	.02865	.02800	.02736	.02674	.02612	.02552	.02494	.02436	.02380
1.6	.02324	.02270	.02217	.02165	.02114	.02064	.02015	.01967	.01920	.01874
1.7	.01829	.01785	.01742	.01699	.01658	.01617	.01578	.01539	.01501	.01464
1.8	.01428	.01392	.01357	.01323	.01290	.01257	.01226	.01195	.01164	.01134
1.9	.01105	.01077	.01049	.01022	.009957	.009698	.009445	.009198	.008957	.008721
2.0	.008491	.008266	.008046	.007832	.007623	.007418	.007219	.007024	.006835	.006649
2.1	.006468	.006292	.006120	.005952	.005788	.005628	.005472	.005320	.005172	.005028
2.2	.004887	.004750	.004616	.004486	.004358	.004235	.004114	.003996	.003882	.003770
2.3	.003662	.003556	.003453	.003352	.003255	.003159	.003067	.002977	.002889	.002804
2.4	.002720	.002640	.002561	.002484	.002410	.002337	.002267	.002199	.002132	.002067
2.5	.002004	.001943	.001883	.001826	.001769	.001715	.001662	.001610	.001560	.001511
2.6	.001464	.001418	.001373	.001330	.001288	.001247	.001207	.001169	.001132	.001095
2.7	.001060	.001026	.0009928	.0009607	.0009295	.0008992	.0008699	.0008414	.0008138	.0007870
2.8	.007611	.007359	.007115	.006879	.006650	.006428	.006213	.006004	.005802	.005606
2.9	.005417	.005233	.005055	.004883	.004716	.004555	.004398	.004247	.004101	.003959
3.0	.003822	.003689	.003560	.003436	.003316	.003199	.003087	.002978	.002873	.002771
3.1	.002673	.002577	.002485	.002396	.002311	.002227	.002147	.002070	.001995	.001922
3.2	.001852	.001785	.001720	.001657	.001596	.001537	.001480	.001426	.001373	.001322
3.3	.001273	.001225	.001179	.001135	.001093	.001051	.001012	.0009734	.0009365	.0009009
3.4	.008666	.008335	.008016	.007709	.007413	.007127	.006852	.006587	.006331	.006085
3.5	.005848	.005620	.005400	.005188	.004984	.004788	.004599	.004417	.004242	.004073
3.6	.003911	.003755	.003605	.003460	.003321	.003188	.003059	.002935	.002816	.002702
3.7	.002592	.002486	.002385	.002287	.002193	.002103	.002016	.001933	.001853	.001776
3.8	.001702	.001632	.001563	.001498	.001435	.001375	.001317	.001262	.001208	.001157
3.9	.001108	.001061	.001016	.0009723	.0009307	.0008908	.0008525	.0008158	.0007806	.0007469
4.0	.007145	.006835	.006538	.006253	.005980	.005718	.005468	.005227	.004997	.004777
4.1	.004566	.004364	.004170	.003985	.003807	.003637	.003475	.003319	.003170	.003027
4.2	.002891	.002760	.002635	.002516	.002402	.002292	.002188	.002088	.001992	.001901
4.3	.001814	.001730	.001650	.001574	.001501	.001431	.001365	.001301	.001241	.001183
4.4	.001127	.001074	.001024	.0009756	.0009296	.0008857	.0008437	.0008037	.0007655	.0007290
4.5	.006942	.006610	.006294	.005992	.005704	.005429	.005167	.004917	.004679	.004452
4.6	.004236	.004029	.003833	.003645	.003467	.003297	.003135	.002981	.002834	.002694
4.7	.002560	.002433	.002313	.002197	.002088	.001984	.001884	.001790	.001700	.001615
4.8	.001533	.001456	.001382	.001312	.001246	.001182	.001122	.001065	.001011	.0009588
4.9	.000906	.0008629	.0008185	.0007763	.0007362	.0006982	.0006620	.0006276	.0005950	.0005640

$$G(-u) = u + G(u)$$

Examples: $G(3.57) = .004417 = .00004417$

$G(-3.57) = 3.57004417$

ANEXO 3

TABELAS DA INTEGRAL DE PERDAS
t DE STUDENT REDUZIDA

Student Linear-Loss Function, 20 Degrees of Freedom

EXP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
0.0	0	4147	4097	4048	3999	3950	3902	3854	3807	3760	3713	3667	5	10	14	19	24
0.1	0	3667	3621	3576	3530	3486	3441	3398	3354	3311	3268	3226	4	9	13	18	22
0.2	0	3226	3184	3142	3101	3060	3020	2980	2940	2901	2862	2823	4	8	12	16	20
0.3	0	2823	2785	2747	2710	2673	2636	2600	2564	2528	2493	2458	4	7	11	15	18
0.4	0	2458	2424	2389	2356	2322	2289	2257	2224	2192	2161	2129	3	7	10	13	16
0.5	0	2129	2098	2068	2037	2008	1978	1949	1920	1891	1863	1835	3	6	9	12	15
0.6	0	1835	1807	1780	1753	1727	1700	1674	1649	1623	1598	1573	3	5	8	10	13
0.7	0	1573	1549	1525	1501	1477	1454	1431	1409	1386	1364	1342	2	5	7	9	12
0.8	0	1342	1321	1300	1279	1258	1237	1217	1197	1178	1159	1139	2	4	6	8	10
0.9	0	1139	1121	1102	1084	1066	1048	1030	1013	0996	0979	0963	2	4	5	7	9
1.0	-1	9626	9483	9302	9143	8987	8832	8680	8531	8383	8238	8094	15	31	46	61	77
1.1	-1	8094	7953	7814	7677	7542	7409	7278	7150	7023	6898	6775	13	26	40	53	66
1.2	-1	6775	6654	6534	6417	6301	6188	6076	5965	5857	5750	5645	11	23	34	45	56
1.3	-1	5645	5542	5440	5340	5242	5145	5050	4956	4864	4773	4684	10	19	29	38	48
1.4	-1	4684	4596	4510	4425	4342	4260	4179	4100	4022	3946	3870	8	16	24	33	41
1.5	-1	3870	3796	3724	3652	3582	3513	3445	3378	3313	3249	3185	7	14	21	27	34
1.6	-1	3185	3123	3062	3002	2944	2886	2829	2773	2719	2665	2612	6	11	17	23	29
1.7	-1	2612	2560	2509	2459	2410	2362	2315	2268	2223	2178	2134	5	10	14	19	24
1.8	-1	2134	2091	2049	2007	1967	1927	1887	1849	1811	1774	1738	4	8	12	16	20
1.9	-1	1738	1702	1667	1633	1599	1566	1534	1502	1471	1441	1411	3	7	10	13	16
2.0	-1	1411	1381	1353	1324	1297	1270	1243	1217	1191	1166	1142	3	5	8	11	13
2.1	-1	1142	1118	1094	1071	1048	1026	1004	0983	0962	0942	0922	2	4	7	9	11
2.2	-2	9217	9020	8827	8639	8454	8273	8095	7921	7751	7584	7421	18	36	54	72	90
2.3	-2	7421	7261	7104	6950	6800	6653	6508	6367	6229	6093	5961	15	29	44	58	73
2.4	-2	5961	5831	5704	5579	5457	5338	5221	5107	4995	4885	4778	12	24	35	47	59
2.5	-2	4778	4673	4570	4469	4371	4274	4180	4088	3997	3909	3822	10	19	29	38	48
2.6	-2	3822	3737	3655	3573	3494	3416	3340	3266	3193	3122	3052	8	15	23	31	38
2.7	-2	3052	2984	2918	2852	2789	2726	2665	2605	2547	2490	2434	6	12	19	25	31
2.8	-2	2434	2379	2326	2273	2222	2172	2123	2075	2029	1983	1938	5	10	15	20	25
2.9	-2	1938	1894	1851	1810	1769	1729	1689	1651	1614	1577	1541	4	8	12	16	20
3.0	-2	1541	1506	1472	1439	1406	1374	1343	1312	1282	1253	1225	3	7	10	13	17
3.1	-2	1225	1197	1170	1143	1117	1091	1066	1042	1018	0995	0972	3	5	8	11	13
3.2	-3	9722	9500	9283	9070	8863	8660	8462	8268	8079	7893	7713	21	42	64	85	106
3.3	-3	7713	7536	7363	7194	7029	6868	6710	6556	6406	6259	6115	17	38	57	76	95
3.4	-3	6115	5975	5837	5703	5572	5444	5319	5197	5077	4961	4846	13	27	40	54	67
3.5	-3	4846	4735	4626	4520	4416	4314	4215	4118	4023	3930	3840	11	21	32	43	53
3.6	-3	3840	3752	3665	3581	3498	3418	3339	3262	3187	3114	3042	9	19	28	38	47
3.7	-3	3042	2972	2904	2837	2772	2708	2645	2585	2525	2467	2410	8	15	23	30	38
3.8	-3	2410	2355	2300	2247	2196	2145	2096	2048	2001	1954	1910	7	13	20	27	33
3.9	-3	1910	1866	1823	1781	1740	1700	1661	1623	1585	1549	1513	6	12	18	24	30
4.0	-3	1513	1478	1445	1411	1379	1347	1316	1286	1257	1228	1200	5	11	16	21	26
4.1	-3	1200	1172	1145	1119	1093	1068	1044	1020	0996	0974	0951	4	9	14	19	24
4.2	-4	9513	9296	9083	8875	8672	8474	8280	8091	7906	7725	7548	21	42	62	83	104
4.3	-4	7548	7376	7208	7043	6882	6725	6572	6422	6276	6133	5993	19	37	56	74	93
4.4	-4	5993	5856	5723	5593	5465	5341	5220	5101	4985	4872	4761	16	33	49	66	82
4.5	-4	4761	4653	4547	4444	4343	4245	4148	4054	3963	3873	3785	15	29	44	59	73
4.6	-4	3785	3699	3616	3534	3454	3376	3300	3225	3152	3081	3012	13	26	39	52	65
4.7	-4	3012	2944	2877	2813	2749	2687	2627	2568	2510	2454	2398	12	23	35	46	58
4.8	-4	2398	2345	2292	2240	2190	2141	2093	2046	2000	1956	1912	10	18	27	36	46
4.9	-4	1912	1869	1827	1786	1746	1707	1669	1632	1596	1560	1525	9	16	25	34	44
5.0	-4	1525	1491	1458	1426	1394	1363	1333	1303	1274	1246	1218	8	15	22	29	36
5.1	-4	1218	1191	1165	1139	1114	1089	1065	1042	1019	0996	0974	7	13	20	27	33
5.2	-5	9741	9526	9316	9111	8910	8714	8522	8335	8152	7972	7797	6	13	19	26	32
5.3	-5	7797	7626	7459	7295	7135	6979	6826	6677	6531	6388	6249	5	12	17	23	29
5.4	-5	6249	6112	5976	5846	5721	5596	5474	5355	5239	5125	5013	4	9	14	18	23
	-5						5596						4	8	12	16	20
							1707						4	7	11	15	18

Student Linear-Loss Function, 30 Degrees of Freedom

L 30

EXP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
0.0	0	4093	4043	3994	3945	3896	3848	3800	3752	3705	3659	3613	5	10	14	19	24	
0.1	0	3613	3567	3521	3476	3431	3387	3343	3300	3257	3214	3172	4	9	13	18	22	
0.2	0	3172	3130	3088	3047	3006	2966	2926	2886	2847	2808	2769	4	8	12	16	20	
0.3	0	2769	2731	2694	2656	2619	2583	2546	2510	2475	2440	2405	4	7	11	15	18	
0.4	0	2405	2371	2336	2303	2269	2236	2204	2172	2140	2108	2077	3	7	10	13	16	
0.5	0	2077	2046	2016	1985	1956	1926	1897	1868	1840	1811	1784	3	6	9	12	15	
0.6	0	1784	1756	1729	1702	1676	1649	1624	1598	1573	1548	1523	3	5	8	10	13	
0.7	0	1523	1499	1475	1451	1428	1405	1382	1359	1337	1315	1294	2	5	7	9	11	
0.8	0	1294	1272	1251	1230	1210	1190	1170	1150	1131	1111	1092	2	4	6	8	10	
0.9	0	1092	1074	1055	1037	1019	1002	0985	0967	0951	0934	0918	2	3	5	7	9	
1.0	-1	9175	9014	8855	8698	8543	8391	8241	8094	7948	7805	7664	15	30	45	60	76	
1.1	-1	7664	7525	7388	7253	7120	6990	6861	6735	6610	6487	6367	13	26	39	52	65	
1.2	-1	6367	6248	6131	6016	5903	5791	5682	5574	5468	5363	5261	11	22	33	44	55	
1.3	-1	5261	5160	5061	4963	4867	4773	4680	4589	4499	4411	4324	9	19	28	37	47	
1.4	-1	4324	4239	4156	4073	3993	3913	3835	3758	3683	3609	3536	8	16	24	32	39	
1.5	-1	3536	3465	3395	3326	3258	3192	3127	3063	3000	2938	2878	7	13	20	26	33	
1.6	-1	2878	2818	2760	2702	2646	2591	2537	2484	2431	2380	2330	5	11	16	22	27	
1.7	-1	2330	2281	2232	2185	2139	2093	2048	2004	1961	1919	1878	5	9	14	18	23	
1.8	-1	1878	1837	1797	1758	1720	1683	1646	1610	1575	1540	1506	4	7	11	15	19	
1.9	-1	1506	1473	1441	1409	1377	1347	1317	1287	1259	1231	1203	3	6	9	12	15	
2.0	-1	1203	1176	1149	1124	1098	1073	1049	1025	1002	0979	0957	3	5	8	10	13	
2.1	-2	9566	9347	9133	8923	8718	8517	8320	8128	7940	7756	7575	21	42	63	84	105	
2.2	-2	7575	7399	7227	7058	6893	6731	6573	6419	6268	6120	5975	19	38	56	75	94	
2.3	-2	5975	5834	5696	5561	5429	5299	5173	5050	4929	4811	4696	17	34	51	68	84	
2.4	-2	4696	4583	4473	4365	4260	4157	4056	3958	3862	3768	3677	15	30	45	60	76	
2.5	-2	3677	3587	3500	3414	3331	3249	3170	3092	3016	2942	2869	14	27	41	54	68	
2.6	-2	2869	2798	2729	2662	2596	2531	2468	2407	2347	2289	2232	12	24	36	48	60	
2.7	-2	2232	2176	2121	2068	2016	1966	1916	1868	1821	1775	1730	11	22	32	43	54	
2.8	-2	1730	1687	1644	1602	1562	1522	1483	1446	1409	1373	1338	9	17	26	34	43	
2.9	-2	1338	1304	1270	1238	1206	1175	1145	1116	1087	1059	1032	8	15	23	30	38	
3.0	-2	1032	1005	0979	0954	0929	0905	8817	8588	8365	8148	7936	7	14	21	28	35	
3.1	-3	7936	7729	7528	7331	7140	6954	6772	6595	6422	6254	6090	6	12	18	24	30	
3.2	-3	6090	5930	5774	5622	5474	5330	5190	5053	4919	4789	4663	5	11	16	21	27	
3.3	-3	4663	4539	4419	4302	4188	4077	3969	3863	3761	3660	3563	4	8	12	17	21	
3.4	-3	3563	3468	3376	3286	3198	3112	3029	2948	2869	2793	2718	4	7	11	15	18	
3.5	-3	2718	2645	2574	2505	2437	2372	2308	2246	2186	2127	2069	3	6	9	12	15	
3.6	-3	2069	2014	1959	1906	1855	1805	1756	1708	1662	1617	1573	3	5	8	11	13	
3.7	-3	1573	1531	1489	1449	1409	1371	1334	1298	1262	1228	1195	2	4	6	8	10	
3.8	-3	1195	1162	1130	1100	1070	1040	1012	0984	0957	0931	0906	2	3	5	7	9	
3.9	-4	9059	8811	8570	8335	8107	7885	7669	7459	7254	7055	6862	23	47	70	94	117	
4.0	-4	6862	6673	6490	6312	6139	5970	5806	5646	5491	5340	5193	20	41	61	82	102	
4.1	-4	5193	5050	4911	4775	4644	4516	4391	4270	4153	4038	3927	18	36	54	71	89	
4.2	-4	3927	3818	3713	3610	3510	3414	3319	3227	3138	3051	2967	16	31	47	62	78	
4.3	-4	2967	2885	2805	2728	2652	2579	2507	2438	2370	2305	2241	14	27	41	54	68	
4.4	-4	2241	2179	2118	2060	2002	1947	1893	1840	1789	1740	1691	12	24	35	47	59	
4.5	-4	1691	1645	1599	1554	1511	1469	1429	1389	1350	1313	1276	10	21	31	41	51	
4.6	-4	1276	1241	1206	1173	1140	1109	1078	1048	1019	0990	0963	9	18	27	36	45	
4.7	-5	9630	9362	9102	8849	8603	8364	8131	7905	7686	7472	7264	8	16	23	31	39	
4.8	-5	7264	7062	6866	6675	6490	6309	6134	5963	5797	5636	5480	7	14	20	27	34	
4.9	-5	5480	5327	5179	5035	4895	4759	4627	4498	4373	4252	4134	6	12	18	24	29	
	-5						4759	4627	4498	4373	4252	4134	5	10	15	20	26	
	-5						1469	1429	1389	1350	1313	1276	4	9	13	18	22	
	-5						1109	1078	1048	1019	0990	0963	4	8	12	15	19	
	-5						8364	8131	7905	7686	7472	7264	3	7	10	13	17	
	-5						6309	6134	5963	5797	5636	5480	3	6	9	12	15	
	-5						4759	4627	4498	4373	4252	4134	25	51	76	101	127	
	-5						1469	1429	1389	1350	1313	1276	22	44	66	88	110	
	-5						1109	1078	1048	1019	0990	0963	19	38	57	76	96	
	-5						8364	8131	7905	7686	7472	7264	17	33	50	66	83	
	-5						6309	6134	5963	5797	5636	5480	14	29	43	58	72	
	-5						4759	4627	4498	4373	4252	4134	13	25	38	50	63	

Student Linear-Loss Function, 40 Degrees of Freedom

L 40

EXP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0.0	0	4066	4C16	3967	3918	3869	3821	3773	3726	3679	3632	3586	5	10	14	19	24					
0.1	0	3586	3540	3495	3450	3405	3361	3317	3273	3230	3188	3145	4	9	13	18	22					
0.2	0	3145	3103	3062	3021	2980	2939	2899	2860	2821	2782	2743	4	8	12	16	20					
0.3	0	2743	2705	2667	2630	2593	2557	2520	2484	2449	2414	2379	4	7	11	15	18					
0.4	0	2379	2345	2311	2277	2244	2211	2178	2146	2114	2083	2051	3	7	10	13	16					
0.5	0	2051	2021	1990	1960	1930	1901	1872	1843	1815	1786	1759	3	6	9	12	15					
0.6	0	1759	1731	1704	1677	1651	1625	1599	1574	1548	1523	1499	3	5	8	10	13					
0.7	0	1499	1475	1451	1427	1404	1381	1358	1336	1313	1292	1270	2	5	7	9	11					
0.8	0	1270	1249	1228	1207	1187	1166	1147	1127	1108	1089	1070	2	4	6	8	10					
0.9	0	1070	1051	1033	1015	0997	0980	0962	0945	0929	0912	0896	2	3	5	7	9					
1.0	-1	8957	8797	8639	8483	8329	8178	8029	7883	7738	7596	7456	16	31	47	62	78					
	-1						8178						14	29	43	58	72					
1.1	-1	7456	7318	7182	7049	6917	6788	6660	6535	6411	6290	6170	13	27	40	53	67					
	-1						6788						12	25	37	49	62					
1.2	-1	6170	6053	5937	5823	5711	5601	5492	5386	5281	5178	5076	11	23	34	46	57					
	-1						5601						10	21	31	42	52					
1.3	-1	5076	4977	4879	4782	4688	4595	4503	4413	4325	4238	4153	10	19	29	39	48					
	-1						4595						9	18	27	35	44					
1.4	-1	4153	4069	3986	3905	3826	3748	3671	3596	3522	3449	3377	8	16	24	32	40					
	-1						3748						7	15	22	30	37					
1.5	-1	3377	3307	3239	3171	3105	3040	2976	2913	2851	2791	2732	7	14	20	27	34					
	-1						3040						6	12	18	25	31					
1.6	-1	2732	2673	2616	2560	2505	2452	2399	2347	2296	2246	2197	6	11	17	22	28					
	-1						2452						5	10	15	20	25					
1.7	-1	2197	2149	2102	2056	2011	1966	1923	1880	1839	1798	1758	5	9	14	18	23					
	-1						1966						4	8	13	17	21					
1.8	-1	1758	1718	1680	1642	1605	1569	1533	1499	1464	1431	1398	4	8	11	15	19					
	-1						1569						3	7	10	14	17					
1.9	-1	1398	1366	1335	1304	1274	1245	1216	1188	1160	1133	1107	3	6	9	12	15					
	-1						1245						3	6	8	11	14					
2.0	-1	1107	1081	1056	1031	1007	0983	9597	9370	9148	8930	8718	2	5	7	10	12					
	-2						0983						22	44	67	89	111					
2.1	-2	8718	8509	8306	8107	7912	7722	7536	7354	7176	7001	6831	20	40	60	80	100					
	-2						7722						18	36	53	71	89					
2.2	-2	6831	6665	6502	6343	6188	6036	5888	5743	5601	5463	5327	16	32	48	64	80					
	-2						6036						14	28	43	57	71					
2.3	-2	5327	5195	5066	4940	4817	4696	4579	4464	4352	4242	4135	13	25	38	50	63					
	-2						4696						11	22	34	45	56					
2.4	-2	4135	4031	3929	3829	3732	3637	3544	3454	3366	3279	3195	10	20	30	40	50					
	-2						3637						9	18	27	35	44					
2.5	-2	3195	3113	3033	2955	2879	2804	2732	2661	2592	2524	2458	8	16	23	31	39					
	-2						2804						7	14	21	28	35					
2.6	-2	2458	2394	2331	2270	2211	2153	2096	2041	1987	1934	1883	6	12	18	24	31					
	-2						2153						5	11	16	22	27					
2.7	-2	1883	1833	1785	1737	1691	1646	1602	1559	1517	1477	1437	5	9	14	19	24					
	-2						1646						4	8	13	17	21					
2.8	-2	1437	1398	1361	1324	1288	1253	1219	1186	1154	1123	1092	4	7	11	15	18					
	-2						1253						3	6	10	13	16					
2.9	-2	1092	1062	1033	1005	0977	0951	9246	8992	8744	8503	8269	3	6	8	11	14					
	-3						0951						25	50	74	99	124					
3.0	-3	8269	8040	7818	7601	7391	7185	6986	6791	6602	6418	6239	22	43	65	87	108					
	-3						7185						19	38	57	76	95					
3.1	-3	6239	6064	5894	5729	5568	5412	5260	5111	4967	4827	4691	17	33	50	66	83					
	-3						5412						14	29	43	58	72					
3.2	-3	4691	4558	4429	4303	4181	4062	3947	3835	3725	3619	3516	13	25	38	50	63					
	-3						4062						11	22	33	44	55					
3.3	-3	3516	3415	3317	3222	3130	3040	2953	2868	2785	2705	2627	10	19	29	38	48					
	-3						3040						8	17	25	33	41					
3.4	-3	2627	2551	2477	2405	2336	2268	2202	2138	2076	2016	1957	7	14	22	29	36					
	-3						2268						6	12	19	25	31					
3.5	-3	1957	1900	1844	1790	1738	1687	1638	1590	1543	1498	1454	5	11	16	22	27					
	-3						1687						5	9	14	19	23					
3.6	-3	1454	1411	1369	1329	1290	1252	1215	1179	1144	1110	1077	4	8	12	16	20					
	-3						1252						3	7	10	14	17					
3.7	-3	1077	1045	1014	0984	0955	0926	8988	8720	8460	8207	7962	3	6	9	12	15					
	-4						0926						26	52	78	104	130					
3.8	-4	7962	7724	7493	7269	7051	6839	6634	6435	6242	6054	5872	22	45	67	90	112					
	-4						6839						19	39	58	77	97					
3.9	-4	5872	5695	5523	5357	5195	5038	4886	4739	4595	4456	4321	17	33	50	67	83					
	-4						5038						14	29	43	57	72					
4.0	-4	4321	4190	4063	3940	3820	3704	3591	3482	3376	3273	3174	12	25	37	49	62					
	-4						3704						11	21	32	42	53					
4.1	-4	3174	3077	2983	2892	2803	2718	2635	2554	2476	2400	2326	9	18	27	36	46					
	-4						2718						8	16	23	31	39					
4.2	-4	2326	2255	2186	2119	2054	1991	1929	1870	1812	1757	1702	7	13	20	27	34					
	-4						1991						6	12	17	23	29					
4.3	-4	1702	1650	1599	1550	1502	1458	1411	1367	1325	1284	1244	5	10	15	20	25					
	-4						1458						4	8	13	17	21					
4.4	-4	1244	1205	1168	1132	1097	1063	1030	0998	0967	0937	0908	4	7	11	14	18					
	-4						1063						3	6	9	12	16					

ANEXO 4

**SÉRIE HISTÓRICA ORIGINAL DO PREÇO CIF
MÉDIO DE IMPORTAÇÃO DO PETRÓLEO,
NO PERÍODO ABRIL DE 1986 - DEZEMBRO DE 1993**

**Série Histórica Original do Preço CIF Médio de Importação do Petróleo
(US\$/barril), no Período abril de 1986-dezembro de 1993**

Data	Preço CIF Médio de Importação do Petróleo (US\$/barril)	Data	Preço CIF Médio de Importação do Petróleo (US\$/barril)	Data	Preço CIF Médio de Importação do Petróleo (US\$/barril)
		janeiro de 1989	15,40	janeiro de 1992	17,01
		fevereiro	17,21	fevereiro	17,45
		março	17,45	março	17,34
abril de 1986	15,19	abril	18,81	abril	17,78
maio	15,14	maio	19,98	maio	19,01
junho	12,68	junho	18,61	junho	20,02
julho	10,50	julho	18,51	julho	20,76
agosto	9,70	agosto	18,23	agosto	19,96
setembro	12,34	setembro	17,96	setembro	19,24
outubro	13,45	outubro	18,53	outubro	19,69
novembro	13,76	novembro	18,87	novembro	19,06
dezembro	14,68	dezembro	18,81	dezembro	17,93
janeiro de 1987	17,23	janeiro de 1990	20,10	janeiro de 1993	17,46
fevereiro	18,08	fevereiro	20,03	fevereiro	17,35
março	19,47	março	19,60	março	17,98
abril	18,60	abril	18,38	abril	17,87
maio	19,59	maio	16,94	maio	17,33
junho	19,67	junho	16,79	junho	17,33
julho	20,23	julho	15,71	julho	16,31
agosto	20,06	agosto	20,39	agosto	15,98
setembro	19,77	setembro	28,57	setembro	15,68
outubro	19,81	outubro	34,13	outubro	14,69
novembro	19,83	novembro	33,11	novembro	14,58
dezembro	19,56	dezembro	31,04	dezembro	12,75
janeiro de 1988	19,38	janeiro de 1991	26,55		
fevereiro	18,15	fevereiro	22,61		
março	17,32	março	19,21		
abril	16,68	abril	19,22		
maio	16,83	maio	20,19		
junho	17,02	junho	18,88		
julho	15,97	julho	18,27		
agosto	15,44	agosto	19,04		
setembro	15,21	setembro	21,00		
outubro	13,52	outubro	20,37		
novembro	12,54	novembro	21,15		
dezembro	13,11	dezembro	19,64		

Fonte: Departamento Comercial da Petrobrás S.A., novembro de 1994

ANEXO 5

**DATAS DOS MARCOS HISTÓRICOS, PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO
DOS VALORES ORIGINAIS E SÉRIE HISTÓRICA MODIFICADA DO
PREÇO CIF MÉDIO DE IMPORTAÇÃO DO PETRÓLEO,
NO PERÍODO ABRIL DE 1986 - DEZEMBRO DE 1993**

**Datas dos Marcos Históricos e
Proposta de Substituição dos Valores Originais**

Datas dos Marcos Históricos	Substituição
junho de 1986	Média entre abril e maio de 1986
julho de 1986	Idem do valor modificado de junho de 1986
setembro de 1986	Média entre outubro e novembro de 1986
agosto de 1986	Idem do valor modificado de setembro de 1986
novembro de 1988	Média entre setembro, outubro, dezembro de 1988, e janeiro de 1989
setembro de 1990	Média entre maio, junho, julho e agosto de 1990
outubro de 1990	Idem do valor modificado de setembro de 1990
novembro de 1990	Idem do valor modificado de setembro de 1990
fevereiro de 1991	Média entre março, abril, maio e junho de 1991
janeiro de 1991	Idem do valor modificado de fevereiro de 1991
dezembro de 1990	Idem do valor modificado de fevereiro de 1991
dezembro de 1993	Média entre agosto, setembro, outubro e novembro de 1993

**Série Histórica Modificada do Preço CIF Médio de
Importação do Petróleo (US\$/barril), Período abril de 1986-dezembro de 1993**

Data	Preço CIF Médio de Importação de Petróleo (US\$/barril)	Data	Preço CIF Médio de Importação de Petróleo (US\$/barril)	Data	Preço CIF Médio de Importação de Petróleo (US\$/barril)
		janeiro de 1989	15,40	janeiro de 1992	17,01
		fevereiro	17,21	fevereiro	17,45
		março	17,45	março	17,34
abril de 1986	15,19	abril	18,81	abril	17,78
maio	15,14	maio	19,98	maio	19,01
junho	15,17	junho	18,61	junho	20,02
julho	15,17	julho	18,51	julho	20,76
agosto	13,61	agosto	18,23	agosto	19,96
setembro	13,61	setembro	17,96	setembro	19,24
outubro	13,45	outubro	18,53	outubro	19,69
novembro	13,76	novembro	18,87	novembro	19,06
dezembro	14,68	dezembro	18,81	dezembro	17,93
janeiro de 1987	17,23	janeiro de 1990	20,10	janeiro de 1993	17,46
fevereiro	18,08	fevereiro	20,03	fevereiro	17,35
março	19,47	março	19,60	março	17,98
abril	18,60	abril	18,38	abril	17,87
maio	19,59	maio	16,94	maio	17,33
junho	19,67	junho	16,79	junho	17,33
julho	20,23	julho	15,71	julho	16,31
agosto	20,06	agosto	20,39	agosto	15,98
setembro	19,77	setembro	17,46	setembro	15,68
outubro	19,81	outubro	17,46	outubro	14,69
novembro	19,83	novembro	17,46	novembro	14,58
dezembro	19,56	dezembro	19,38	dezembro	15,23
janeiro de 1988	19,38	janeiro de 1991	19,38		
fevereiro	18,15	fevereiro	19,38		
março	17,32	março	19,21		
abril	16,68	abril	19,22		
maio	16,83	maio	20,19		
junho	17,02	junho	18,88		
julho	15,97	julho	18,27		
agosto	15,44	agosto	19,04		
setembro	15,21	setembro	21,00		
outubro	13,52	outubro	20,37		
novembro	14,31	novembro	21,15		
dezembro	13,11	dezembro	19,64		

ANEXO 6

**SÉRIES HISTÓRICAS DO IBOVESPA, DÓLAR
NO PARALELO E PREÇO CIF MÉDIO
DE IMPORTAÇÃO DO PETRÓLEO**

Período	IBOVESPA Cotação	IBOVESPA Retorno (%)	Dólar Paralelo Cotação	Dólar Paralelo Retorno (%)	CIF Médio Cotação	CIF Médio Retorno (%)	IBOVESPA Real (Razão (%))	IBOVESPA Real (Diferença (%))	Índice Dólar (jan 80 =1.00)	IBOVESPA Real Cotação
dez/79	5,54E-03		49		24,04					
jan/80	6,39E-03	15,35	48,5	-1,02	27,41	14,02	16,54	16,37	1,00E+00	6,39E-03
fev/80	7,13E-03	11,80	49	1,03	28,37	3,50	10,46	10,57	1,01E+00	7,06E-03
mar/80	7,85E-03	10,06	50	2,04	29,27	3,17	7,86	8,02	1,03E+00	7,61E-03
abr/80	8,24E-03	5,07	53,5	7,00	29,35	0,27	-1,80	-1,93	1,10E+00	7,47E-03
mai/80	9,21E-03	11,74	55	2,80	30,35	3,41	8,69	8,94	1,13E+00	8,12E-03
jun/80	9,45E-03	2,56	60	9,09	30,77	1,38	-5,98	-6,53	1,24E+00	7,64E-03
jul/80	1,12E-02	18,44	59	-1,67	31,37	1,95	20,45	20,10	1,22E+00	9,20E-03
ago/80	1,09E-02	-2,78	66	11,86	31,41	0,13	-13,09	-14,64	1,36E+00	7,99E-03
set/80	1,09E-02	0,18	70	6,06	32,67	4,01	-5,54	-5,88	1,44E+00	7,55E-03
out/80	9,91E-03	-9,09	71	1,43	33,11	1,35	-10,37	-10,52	1,46E+00	6,77E-03
nov/80	9,12E-03	-7,93	70	-1,41	32,98	-0,39	-6,62	-6,52	1,44E+00	6,32E-03
dez/80	8,07E-03	-11,54	69	-1,43	32,97	-0,03	-10,26	-10,11	1,42E+00	5,67E-03
jan/81	8,78E-03	8,79	69,5	0,72	33,18	0,64	8,00	8,06	1,43E+00	6,13E-03
fev/81	8,82E-03	0,49	71,87	3,41	35,33	6,48	-2,62	-2,92	1,48E+00	5,95E-03
mar/81	8,11E-03	-8,07	78,5	9,22	37,47	6,06	-15,84	-17,30	1,62E+00	5,01E-03
abr/81	7,94E-03	-2,10	94	19,75	38,43	2,56	-18,24	-21,84	1,94E+00	4,10E-03
mai/81	8,86E-03	11,59	94,5	0,53	37,55	-2,29	11,00	11,06	1,95E+00	4,55E-03
jun/81	1,02E-02	14,92	91,4	-3,28	36,38	-3,12	18,82	18,20	1,88E+00	5,40E-03
jul/81	1,05E-02	3,51	120	31,29	37,18	2,14	-21,16	-27,78	2,47E+00	4,26E-03
ago/81	1,15E-02	9,31	125,5	4,58	37,09	-0,19	4,52	4,73	2,59E+00	4,45E-03
set/81	1,12E-02	-2,88	128	0,40	36,17	-2,48	-3,27	-3,28	2,60E+00	4,31E-03
out/81	1,53E-02	36,87	137	8,73	37,56	3,84	25,88	28,14	2,62E+00	5,42E-03
nov/81	1,89E-02	23,73	165	20,44	36,3	-3,35	2,73	3,29	3,40E+00	5,57E-03
dez/81	1,71E-02	-9,63	181	-2,42	36,68	1,05	-7,39	-7,21	3,32E+00	5,16E-03
jan/82	2,00E-02	16,95	178	10,56	36,39	-0,79	5,78	6,39	3,67E+00	5,46E-03
fev/82	2,33E-02	16,23	190	6,74	36,25	-0,38	8,89	9,49	3,92E+00	5,94E-03
mar/82	2,57E-02	10,45	210	10,53	35,93	-0,88	-0,07	-0,08	4,33E+00	5,94E-03
abr/82	2,49E-02	-3,19	220	4,76	35,28	-1,81	-7,59	-7,95	4,54E+00	5,49E-03
mai/82	2,93E-02	17,66	209	-5,00	34,67	-1,73	23,86	22,66	4,31E+00	6,79E-03
jun/82	3,27E-02	11,73	217	3,83	34,6	-0,20	7,61	7,90	4,47E+00	7,31E-03
jul/82	3,16E-02	-3,31	265	22,12	34,87	0,78	-20,82	-25,43	5,46E+00	5,79E-03
ago/82	3,06E-02	-3,10	290	9,43	34,52	-1,00	-11,45	-12,53	5,98E+00	5,13E-03
set/82	3,02E-02	-1,35	380	24,14	35,19	1,94	-20,53	-25,49	7,42E+00	4,07E-03
out/82	2,78E-02	-7,93	380	5,56	35,46	0,77	-12,77	-13,48	7,84E+00	3,55E-03
nov/82	2,83E-02	1,59	390	2,83	34,94	-1,47	-1,02	-1,04	8,04E+00	3,52E-03
dez/82	2,62E-02	-7,29	450	15,38	35,03	0,26	-19,65	-22,67	9,28E+00	2,83E-03
jan/83	3,33E-02	26,96	500	11,11	34,71	-0,91	14,26	15,85	1,03E+01	3,23E-03
fev/83	4,24E-02	27,27	630	26,00	33,64	-3,08	1,01	1,27	1,30E+01	3,26E-03
mar/83	4,73E-02	11,63	700	11,11	35,56	5,71	0,46	0,52	1,44E+01	3,26E-03
abr/83	5,64E-02	19,29	630	-10,00	32,46	-8,72	32,55	29,29	1,30E+01	4,34E-03
mai/83	5,32E-02	-5,75	750	19,05	30,96	-4,62	-20,83	-24,80	1,55E+01	3,44E-03
jun/83	6,08E-02	14,27	900	20,00	30,82	-0,13	-4,78	-5,73	1,86E+01	3,27E-03
jul/83	6,48E-02	6,40	920	2,22	29,7	-3,95	4,09	4,18	1,90E+01	3,41E-03
ago/83	6,17E-02	-4,63	1180	28,26	30,85	3,87	-25,64	-32,89	2,43E+01	2,53E-03
set/83	7,76E-02	25,88	1190	0,85	31,49	2,07	24,82	25,03	2,45E+01	3,16E-03
out/83	1,06E-01	36,90	1250	5,04	31,26	-0,73	30,33	31,86	2,58E+01	4,12E-03
nov/83	1,50E-01	41,56	1150	-8,00	31,06	-0,64	53,87	49,56	2,37E+01	6,34E-03
dez/83	2,03E-01	35,28	1375	19,57	31,11	0,16	13,14	15,72	2,84E+01	7,18E-03
jan/84	2,88E-01	41,54	1340	-2,55	31,01	-0,32	45,24	44,09	2,76E+01	1,04E-02
fev/84	2,27E-01	-21,28	1480	10,45	30,82	-0,61	-28,73	-31,73	3,05E+01	7,43E-03

Período	IBOVESPA Cotação	IBOVESPA Retomo (%)	Dólar Paralelo Cotação	Dólar Paralelo Retomo (%)	CIF Médio Cotação	CIF Médio Retomo (%)	IBOVESPA Real (Razão %)	IBOVESPA Real (Diferença %)	Índice Dólar (jan 80 =1.00)	IBOVESPA Real Cotação
mar/84	2,52E-01	10,98	1430	-3,38	31,13	1,01	14,88	14,36	2,95E+01	8,53E-03
abr/84	3,13E-01	24,53	1500	4,90	31,11	-0,06	18,72	19,64	3,09E+01	1,01E-02
mai/84	4,11E-01	31,27	1730	15,33	31,14	0,10	13,82	15,94	3,57E+01	1,15E-02
jun/84	4,04E-01	-1,75	1770	2,31	30,73	-1,32	-3,97	-4,06	3,65E+01	1,11E-02
jul/84	3,81E-01	-5,80	2000	12,99	31,19	1,50	-16,63	-18,79	4,12E+01	9,23E-03
ago/84	4,36E-01	14,55	2550	27,50	31,2	0,03	-10,16	-12,95	5,26E+01	8,29E-03
set/84	5,15E-01	18,20	2900	13,73	30,8	-1,28	3,94	4,48	5,98E+01	8,62E-03
out/84	5,73E-01	11,15	2900	0,00	30,84	0,13	11,15	11,15	5,98E+01	9,58E-03
nov/84	9,11E-01	58,99	3300	13,79	30,71	-0,42	39,72	45,19	6,80E+01	1,34E-02
dez/84	1,15E+00	26,18	3900	18,18	29,96	-2,44	6,77	8,00	8,04E+01	1,43E-02
jan/85	1,32E+00	14,66	3950	1,28	30,36	1,34	13,21	13,38	8,14E+01	1,62E-02
fev/85	1,23E+00	-6,92	4800	21,52	30,18	-0,59	-23,40	-28,44	9,90E+01	1,24E-02
mar/85	1,29E+00	5,22	5200	8,33	30,07	-0,36	-2,87	-3,11	1,07E+02	1,20E-02
abr/85	1,21E+00	-6,56	5650	8,65	30,14	0,23	-14,01	-15,22	1,16E+02	1,04E-02
mai/85	1,68E+00	38,99	6500	15,04	29,64	-1,66	20,82	23,95	1,34E+02	1,25E-02
jun/85	2,41E+00	43,92	7350	13,08	29,66	0,07	27,28	30,84	1,52E+02	1,59E-02
jul/85	2,91E+00	20,42	8850	20,41	29,6	-0,20	0,01	0,01	1,82E+02	1,59E-02
ago/85	4,05E+00	39,27	9500	7,34	29,42	-0,61	29,74	31,92	1,96E+02	2,07E-02
set/85	5,45E+00	34,65	10000	5,26	29,52	0,34	27,82	28,39	2,08E+02	2,64E-02
out/85	6,76E+00	24,15	10800	8,00	29,4	-0,41	14,98	16,15	2,23E+02	3,04E-02
nov/85	7,58E+00	12,13	13000	20,37	29,26	-0,48	-8,84	-8,24	2,68E+02	2,83E-02
dez/85	6,56E+00	-13,57	16000	23,08	29,96	2,39	-29,77	-36,64	3,30E+02	1,99E-02
jan/86	6,65E+00	1,38	15200	-5,00	27,12	-9,48	6,72	6,38	3,13E+02	2,12E-02
fev/86	8,24E+00	24,01	19700	29,61	22,94	-15,41	-4,31	-5,59	4,06E+02	2,03E-02
mar/86	1,20E+01	45,72	17,5	0,00	18,58	-19,01	45,72	45,72	3,61E+02	3,33E-02
abr/86	1,81E+01	51,04	20,2	15,43	15,19	-18,25	30,85	35,61	4,16E+02	4,36E-02
mai/86	1,72E+01	-5,15	20,5	1,49	15,14	-0,33	-6,54	-6,63	4,23E+02	4,07E-02
jun/86	1,63E+01	-5,14	21	2,44	12,68	-16,25	-7,40	-7,58	4,33E+02	3,77E-02
jul/86	1,58E+01	-3,06	22,8	8,57	10,5	-17,19	-10,72	-11,63	4,70E+02	3,37E-02
ago/86	1,41E+01	-11,12	25,6	12,28	9,7	-7,62	-20,84	-23,40	5,28E+02	2,66E-02
set/86	1,15E+01	-17,94	24,4	-4,69	12,84	32,37	-13,91	-13,25	5,03E+02	2,29E-02
out/86	1,03E+01	-10,99	28,3	15,98	13,45	4,75	-23,26	-26,97	5,84E+02	1,76E-02
nov/86	1,12E+01	9,40	28,5	0,71	13,76	2,30	8,63	8,69	5,88E+02	1,91E-02
dez/86	8,92E+00	-20,59	27,2	-4,56	14,68	6,69	-16,80	-16,03	5,61E+02	1,59E-02
jan/87	7,73E+00	-13,37	26,1	-4,04	17,23	17,37	-9,72	-9,33	5,38E+02	1,44E-02
fev/87	6,14E+00	-20,52	32	22,61	18,08	4,93	-35,17	-43,13	6,60E+02	9,31E-03
mar/87	6,43E+00	4,62	30	-6,25	19,47	7,69	11,60	10,87	6,19E+02	1,04E-02
abr/87	7,48E+00	16,34	33,5	11,67	19,6	0,67	4,18	4,67	6,91E+02	1,08E-02
mai/87	7,66E+00	2,47	37,5	11,94	19,59	-0,05	-8,46	-9,47	7,73E+02	9,91E-03
jun/87	8,68E+00	13,34	54	44,00	19,67	0,41	-21,29	-30,66	1,11E+03	7,80E-03
jul/87	1,15E+01	32,82	57,8	7,04	20,23	2,85	24,09	25,78	1,19E+03	9,68E-03
ago/87	1,38E+01	19,26	59	2,08	20,06	-0,84	16,83	17,18	1,22E+03	1,13E-02
set/87	1,27E+01	-7,80	65,3	10,68	19,77	-1,45	-16,70	-18,48	1,35E+03	9,42E-03
out/87	1,37E+01	8,40	68,5	4,90	19,81	0,20	3,33	3,50	1,41E+03	9,73E-03
nov/87	1,19E+01	-13,69	77,3	12,85	19,83	0,10	-23,52	-26,54	1,59E+03	7,44E-03
dez/87	1,26E+01	6,54	93,5	20,96	19,56	-1,36	-11,92	-14,42	1,93E+03	6,56E-03
jan/88	1,63E+01	28,74	98	4,81	19,38	-0,92	22,83	23,93	2,02E+03	8,05E-03
fev/88	2,25E+01	38,47	125	27,55	18,15	-6,35	8,56	10,92	2,58E+03	8,74E-03
mar/88	3,02E+01	34,23	150	20,00	17,32	-4,57	11,86	14,23	3,09E+03	9,78E-03
abr/88	4,46E+01	47,59	185	23,33	16,68	-3,70	19,66	24,25	3,81E+03	1,17E-02
mai/88	5,42E+01	21,36	225	21,62	16,83	0,90	-0,21	-0,26	4,64E+03	1,17E-02
jun/88	6,46E+01	19,25	275	22,22	17,02	1,13	-2,43	-2,97	5,67E+03	1,14E-02

Período	IBOVESPA Cotação	IBOVESPA Retorno (%)	Dólar Paralelo Cotação	Dólar Paralelo Retorno (%)	CIF Médio Cotação	CIF Médio Retorno (%)	IBOVESPA Real (Razão (%))	IBOVESPA Real (Diferença (%))	Índice Dólar (jan 80 =1.00)	IBOVESPA Real Cotação
jul/88	7,18E+01	11,15	356	29,45	15,97	-8,17	-14,14	-18,31	7,34E+03	9,78E-03
ago/88	7,01E+01	-2,39	480	34,83	15,44	-153,00	-27,60	-37,22	9,90E+03	7,08E-03
set/88	1,19E+02	69,53	540	12,50	15,21	-1,49	50,69	57,03	1,11E+04	1,07E-02
out/88	1,62E+02	36,16	780	44,44	13,52	-11,11	-5,74	-8,28	1,61E+04	1,01E-02
nov/88	2,16E+02	33,53	970	24,36	12,54	-7,25	7,37	9,17	2,00E+04	1,08E-02
dez/88	2,42E+02	12,20	1230	26,80	13,11	4,55	-11,52	-14,61	2,54E+04	9,56E-03
jan/89	3,37E+02	38,94	1,6	6,67	15,4	17,47	30,25	32,27	3,30E+04	1,02E-02
fev/89	4,21E+02	25,05	1,7	6,25	17,21	11,75	17,69	18,80	3,51E+04	1,20E-02
mar/89	6,01E+02	42,73	1,9	11,76	17,45	1,39	27,71	30,97	3,92E+04	1,53E-02
abr/89	9,51E+02	58,23	2,43	27,89	18,81	7,79	23,72	30,34	5,01E+04	1,90E-02
mai/89	1,16E+03	22,44	3,1	27,57	19,98	6,22	-4,02	-5,13	6,39E+04	1,82E-02
jun/89	9,46E+02	-18,78	3,4	8,68	18,61	-8,66	-25,94	-28,45	7,01E+04	1,35E-02
jul/89	1,02E+03	7,56	3,8	11,76	18,51	-0,54	-3,76	-4,21	7,84E+04	1,30E-02
ago/89	1,43E+03	40,91	4,67	22,89	18,23	-1,51	14,66	18,01	9,63E+04	1,49E-02
set/89	1,75E+03	22,36	7,4	58,46	17,96	-1,48	-22,78	-36,10	1,53E+05	1,15E-02
out/89	2,96E+03	68,75	11,5	55,41	18,53	3,17	8,59	13,35	2,37E+05	1,25E-02
nov/89	3,16E+03	6,80	13,7	19,13	18,87	1,83	-10,35	-12,33	2,82E+05	1,12E-02
dez/89	4,39E+03	38,94	26	89,78	18,81	-0,32	-26,79	-50,84	5,36E+05	8,19E-03
jan/90	9,10E+03	107,05	37	42,31	20,1	6,86	45,50	64,75	7,63E+05	1,19E-02
fev/90	1,49E+04	63,58	64	72,97	20,03	-0,35	-5,43	-9,39	1,32E+06	1,13E-02
mar/90	1,45E+04	-2,32	60	-6,25	19,6	-2,15	4,19	3,93	1,24E+06	1,17E-02
abr/90	1,26E+04	-13,47	73	21,67	18,38	-6,22	-28,88	-35,14	1,51E+06	8,35E-03
mai/90	1,45E+04	15,58	87	19,18	16,94	-7,83	-3,02	-3,60	1,79E+06	8,10E-03
jun/90	1,53E+04	5,44	87	0,00	16,79	-0,89	5,44	5,44	1,79E+06	8,54E-03
jul/90	2,40E+04	56,61	81	-6,90	15,71	-6,43	68,21	63,51	1,67E+06	1,44E-02
ago/90	2,81E+04	17,20	81,5	0,62	20,39	29,79	16,48	16,58	1,68E+06	1,67E-02
set/90	2,36E+04	-16,13	89	9,20	28,57	40,12	-23,19	-25,33	1,84E+06	1,29E-02
out/90	2,03E+04	-13,75	113,5	27,53	34,13	19,46	-32,37	-41,28	2,34E+06	8,69E-03
nov/90	2,37E+04	16,46	166	46,26	33,11	-2,99	-20,37	-29,79	3,42E+06	6,92E-03
dez/90	2,50E+04	5,39	185	11,45	31,04	-6,25	-5,44	-6,06	3,81E+06	6,55E-03
jan/91	3,24E+04	29,58	235	27,03	26,55	-14,47	2,01	2,56	4,85E+06	6,66E-03
fev/91	6,17E+04	90,58	251	6,81	22,61	-14,84	78,44	63,78	5,18E+06	1,19E-02
mar/91	6,40E+04	3,73	268	5,98	19,21	-15,04	-2,12	-2,24	5,48E+06	1,17E-02
abr/91	6,87E+04	7,41	296	11,28	19,22	0,05	-3,48	-3,87	6,10E+06	1,13E-02
mai/91	8,03E+04	16,81	318	7,43	20,19	5,05	8,73	9,37	6,56E+06	1,22E-02
jun/91	1,26E+05	56,42	346,5	8,96	18,88	-6,49	43,56	47,46	7,14E+06	1,76E-02
jul/91	1,47E+05	17,02	391	12,84	18,27	-3,23	3,70	4,18	8,06E+06	1,82E-02
ago/91	1,89E+05	28,86	440	12,53	19,04	4,21	14,51	16,33	9,07E+06	2,09E-02
set/91	2,50E+05	31,84	550	25,00	21	10,29	5,47	6,84	1,13E+07	2,20E-02
out/91	2,84E+05	13,60	830	50,91	20,37	-3,00	-24,73	-37,31	1,71E+07	1,66E-02
nov/91	3,18E+05	12,27	900	8,43	21,15	3,83	3,53	3,83	1,86E+07	1,72E-02
dez/91	4,41E+05	38,37	1130	25,56	19,64	-7,14	10,21	12,82	2,33E+07	1,89E-02
jan/92	8,94E+05	103,02	1210	7,08	17,01	-13,39	89,60	95,94	2,49E+07	3,58E-02
fev/92	1,19E+06	33,07	1600	32,23	17,45	2,59	0,84	0,84	3,30E+07	3,61E-02
mar/92	1,58E+06	32,92	2000	25,00	17,34	-0,63	6,34	7,92	4,12E+07	3,84E-02
abr/92	2,16E+06	36,39	2600	30,00	17,78	2,54	4,92	6,39	5,36E+07	4,03E-02
mai/92	2,53E+06	17,38	2990	15,00	19,01	6,92	2,07	2,38	6,16E+07	4,11E-02
jun/92	2,36E+06	-6,98	3730	24,75	20,02	5,31	-25,43	-31,73	7,69E+07	3,06E-02
jul/92	2,57E+06	8,88	4670	25,20	20,78	3,70	-13,04	-16,32	9,63E+07	2,66E-02
ago/92	2,87E+06	11,90	5720	22,48	19,96	-3,85	-8,64	-10,59	1,18E+08	2,43E-02
set/92	3,69E+06	28,65	7200	25,87	19,24	-3,61	2,20	2,77	1,48E+08	2,49E-02
out/92	4,07E+06	10,32	8500	18,06	19,69	2,34	-6,55	-7,73	1,75E+08	2,32E-02

Período	IBOVESPA Cotação	IBOVESPA Retorno (%)	Dólar Paralelo Cotação	Dólar Paralelo Retorno (%)	CIF Médio Cotação	CIF Médio Retorno (%)	IBOVESPA Real (Razão %)	IBOVESPA Real (Diferença %)	Índice Dólar (jan 80 =1.00)	IBOVESPA Real Cotação
nov/92	4,21E+08	3,43	10900	28,24	19,06	-3,20	-19,34	-24,80	2,25E+08	1,87E-02
dez/92	5,19E+08	23,24	14700	34,88	17,93	-5,93	-8,62	-11,82	3,03E+08	1,71E-02
jan/93	8,82E+08	65,95	16900	14,87	17,46	-2,62	44,34	50,98	3,48E+08	2,47E-02
fev/93	1,10E+07	27,22	21600	27,81	17,35	-0,63	-0,46	-0,59	4,45E+08	2,48E-02
mar/93	1,69E+07	51,11	28200	30,56	17,98	3,63	15,75	20,56	5,81E+08	2,85E-02
abr/93	2,16E+07	30,29	36400	29,08	17,87	-0,61	0,94	1,21	7,51E+08	2,88E-02
mai/93	2,95E+07	36,65	46000	26,37	17,33	-3,02	8,14	10,28	9,48E+08	3,11E-02
jun/93	4,62E+07	56,68	59000	28,26	17,33	0,00	22,15	28,42	1,22E+09	3,80E-02
jul/93	5,96E+07	29,01	78000	32,20	16,31	-5,89	-2,42	-3,19	1,61E+09	3,71E-02
ago/93	7,87E+07	31,96	103500	32,69	15,98	-2,02	-0,55	-0,73	2,13E+09	3,69E-02
set/93	1,29E+08	63,50	129000	24,64	15,68	-1,88	31,18	38,86	2,66E+09	4,84E-02
out/93	1,69E+08	31,48	174000	34,88	14,69	-6,31	-2,53	-3,41	3,59E+09	4,71E-02
nov/93	2,39E+08	41,51	236500	35,92	14,58	-0,75	4,11	5,59	4,88E+09	4,91E-02
dez/93	3,16E+08	32,21	325000	37,42	12,75	-12,55	-3,79	-5,21	6,70E+09	4,72E-02

Obs.1: O mês de março de 1986 não possui variação na cotação do dólar no paralelo devido ao Plano Cruzado.

Obs.2: Para o mês de março de 1986, devido ao corte de zeros, o retorno real de mercado foi obtido em relação ao início do mês, cuja cotação foi de 1,5.

Obs.3: Para o cálculo do índice da cotação do dólar no paralelo, foram corrigidas as cotações entre março de 1986 e janeiro de 1989, e a partir de então, por 1.000 e 1.000.000, respectivamente.

ANEXO 7

**RESULTADOS DAS CORRELAÇÕES
ENTRE O PREÇO/RETORNO CIF
MÉDIO DE IMPORTAÇÃO DO PETRÓLEO E A
COTAÇÃO/RETORNO REAL DO IBOVESPA**

**Correlação entre o Preço CIF Médio
de Importação (US\$/barril), e o Retorno Real do IBOVESPA (% a.m.)**

Resultados / Períodos	Janeiro1980- Março 1986	Abril 1986- Dezembro 1989	Janeiro 1990- Dezembro 1993
Coeficiente de Correlação	-0,2655	-0,0771	-0,3182
Coeficiente de Determinação (%)	7,05	0,59	10,12
Teste F da Correlação	5,538	0,257	5,02
Teste F tabelado	3,99	4,07	4,06
P-Value (%)	2,13	61,47	2,75

(*) Os resultados para o período abril 1986-dezembro 1989 não são estatisticamente significativos.

**Correlação entre o Retorno do Preço CIF Médio
de Importação (% a.m.), e o IBOVESPA Real**

Resultados / Períodos	Janeiro1980- Março 1986	Abril 1986- Dezembro 1989	Janeiro 1990- Dezembro 1993
Coeficiente de Correlação	-0,391	-0,280	-0,071
Coeficiente de Determinação (%)	15,29	7,82	0,50
Teste F da Correlação	13,18	3,65	0,22
Teste F tabelado	3,99	4,07	4,06
P-Value (%)	0,052	6,29	63,38

(*) Somente os resultados do período janeiro 1980-março 1986 são estatisticamente significativos.

**Correlação entre o Retorno do Preço CIF Médio
de Importação (% a.m.), e o Retorno Real do IBOVESPA (% a.m.)**

Resultados / Períodos	Janeiro1980- Março 1986	Abril 1986- Dezembro 1989	Janeiro 1990- Dezembro 1993
Coeficiente de Correlação	-0,2014	-0,016	-0,2607
Coeficiente de Determinação (%)	4,06	0,03	6,80
Teste F da Correlação	3,09	0,1099	3,354
Teste F tabelado	3,99	4,07	4,06
P-Value (%)	8,32	91,70	7,35

(*) Os resultados desta correlação não são estatisticamente significativos.

ANEXO 8

RETORNOS REAIS DE MERCADO
ASSOCIADOS À VARIAÇÃO DE UM
DESVIO-PADRÃO EM RELAÇÃO À
MÉDIA DOS PREÇOS CIF MÉDIOS
DE IMPORTAÇÃO DO PETRÓLEO

**Média e Desvio-Padrão do Preço CIF Médio de Importação (US\$/barril),
Retorno Real de Mercado para Valores Abaixo e Acima de Um Desvio-Padrão
em Relação à Média do Preço CIF Médio de Importação (% a.a.), e Tamanho da
Amostra, para os Diversos Períodos Considerados**

Período	MÉDIA DO CIF MÉDIO DE IMPORTAÇÃO (US\$/barril)	DESVIO- PADRÃO DO CIF MÉDIO DE IMPORTAÇÃO (US\$/ barril)	RETORNO REAL DE MERCADO (% a.a.) (1)	TAMANHO DA AMOSTRA	RETORNO REAL DE MERCADO (% a.a.) (2)	TAMANHO DA AMOSTRA
janeiro 1980 - dezembro 1993	24,49	7,83	28,30	23	-44,57	34
abril 1986- dezembro 1993	17,82	2,89	-98,72	13	79,46	5
janeiro 1990- dezembro 1993	19,01	3,26	181,44	4	164,83	4
janeiro 1980- março 1986/ janeiro 1990- dezembro 1993	27,27	7,22	62,13	34	-29,18	25

1. Valores abaixo de um desvio-padrão em relação à média do preço CIF médio de importação

2. Valores acima de um desvio-padrão em relação à média do preço CIF médio de importação

(*) Os períodos não foram considerados significativos, pois apontaram retornos reais anuais de mercado negativos, e/ou apresentaram correlação positiva entre o preço CIF médio de importação e o retorno real anual de mercado, e/ou possuem uma amostra pouco representativa.

(**) Os valores da média e desvio-padrão do preço CIF médio de importação excluem dados distantes três desvios-padrão em relação à média.

ANEXO 9

RETORNOS REAIS DE MERCADO
ASSOCIADOS À VARIAÇÃO DE
MEIO DESVIO-PADRÃO EM RELAÇÃO
À MÉDIA DOS PREÇOS CIF MÉDIOS
DE IMPORTAÇÃO DO PETRÓLEO

Média e Desvio-Padrão do Preço CIF Médio de Importação (US\$/barril), Retorno Real de Mercado para Valores Abaixo e Acima de Meio Desvio-Padrão em Relação à Média do Preço CIF Médio de Importação (% a.a.), e Tamanho da Amostra, para os Diversos Períodos Considerados

PERÍODO	MÉDIA DO CIF MÉDIO DE IMPORTAÇÃO (US\$/barril)	DESVIO-PADRÃO DO CIF MÉDIO DE IMPORTAÇÃO (US\$/ barril)	RETORNO REAL DE MERCADO (% a.a.) (1)	TAMANHO DA AMOSTRA	RETORNO REAL DE MERCADO (% a.a.) (2)	TAMANHO DA AMOSTRA
janeiro1980-dezembro 1993	24,49	7,83	37,11	73	12,66	75
abril 1986-dezembro 1993	17,82	2,89	28,30	23	-18,11	32
janeiro 1990-dezembro 1993	19,01	3,26	206,28	14	17,97	8
janeiro 1980-março 1986/ janeiro 1990-dezembro 1993	27,27	7,22	87,87	42	6,62	49

1. Valores abaixo de meio desvio-padrão em relação à média do preço CIF médio de importação

2. Valores acima de meio desvio-padrão em relação à média do preço CIF médio de importação

(*) Os períodos considerados significativos são aqueles que apontaram retornos reais anuais de mercado positivos, e/ou possuem uma amostra representativa.

(**) Os valores da média e desvio-padrão do preço CIF médio de importação excluem dados distantes três desvios-padrão em relação à média.

Média e Desvio-Padrão do Preço CIF Médio de Importação (US\$/barril), Retorno Real de Mercado para Valores Distantes Meio Desvio-Padrão em Relação à Média do Preço CIF Médio de Importação (% a.a.), e Tamanho da Amostra, para os Diversos Períodos Considerados

PERÍODO	MÉDIA DO CIF MÉDIO DE IMPORTAÇÃO (US\$/ barril)	DESVIO-PADRÃO DO CIF MÉDIO DE IMPORTAÇÃO (US\$/ barril)	RETORNO REAL DE MERCADO (% a.a.) (1)	TAMANHO DA AMOSTRA
janeiro1980-dezembro 1993	24,49	7,83	147,09	15
janeiro 1980-março 1986/ janeiro 1990-dezembro 1993	27,27	7,22	31,28	30

1. Valores distantes meio desvio-padrão em relação à média do preço CIF médio de importação

(*) Só foram calculados valores de períodos considerados significativos, apresentados pela tabela anterior.

(**) Os valores da média e desvio-padrão do preço CIF médio de importação excluem dados distantes três desvios-padrão em relação à média.

ANEXO 10

**MODELO 1 DA PLANILHA PARA
A DETERMINAÇÃO DA TMA ASSOCIADA
AO RISCO TOTAL DO PROJETO**

Nome do Projeto	Modelo 1
Tipo do Projeto	Desenvolvimento
Tecnologia de Exploração	Terrestre
Lâmina D'Água (metros)	-
Vida do Projeto (anos)	22
Grupo de Petróleos Nacionais	VII

Avaliador	Boris
Data	09/01/95

I. Dados de Entrada Preliminares

I.a. Preço Prospectivo do Petróleo Nacional (US\$/barril)

Cenário 1	17,68
Cenário 2	15,65
Cenário 3	19,71

I.b. Retorno Real Anual Prospectivo de Mercado (%)

Cenário 1	31,28
Cenário 2	87,87
Cenário 3	6,62

I.c. Variabilidade nas Estimativas (%)

Custos de Investimento Prospectivos	40
Previsão de Produção	45

I.d. Dados dos Fluxos de Caixa do Projeto por Cenário

I.d.1. Cenário 1

Período	Invest.	Prev. Prod.	Rec. Oper.	Custo Oper.	Rec. Não Oper.	Projeto
0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	32357	0	0,00	0,00	0,00	-32357,00
2	75500	0	0,00	0,00	0,00	-75500,00
3	0	9726,4	62766,40	9312,00	0,00	53454,40
4	0	9562,9	61711,31	9053,00	0,00	52658,31
5	0	9632,1	62157,87	9086,00	0,00	53071,87
6	0	9657,2	62319,84	9071,00	0,00	53248,84
7	0	9160,3	59113,25	8478,00	0,00	50635,25
8	0	8789,2	56718,47	8048,00	0,00	48670,47
9	0	8933,9	57652,24	8185,00	0,00	49467,24
10	0	8940,2	57692,90	8175,00	0,00	49517,90
11	0	8871	57246,34	8092,00	0,00	49154,34
12	0	8833,3	57003,05	8039,00	0,00	48964,05
13	0	8889,9	57368,30	8083,00	0,00	49285,30
14	0	8946,5	57733,55	8134,00	0,00	49599,55
15	0	8795,5	56759,12	7971,00	0,00	48788,12
16	0	8688,6	56069,27	7858,00	0,00	48211,27
17	0	8594,2	55460,09	7758,00	0,00	47702,09
18	0	8512,5	54932,87	7668,00	0,00	47264,87
19	0	8437	54445,65	7588,00	0,00	46857,65
20	0	8367,8	53999,09	7517,00	0,00	46482,09
21	0	8304,9	53593,18	7453,00	0,00	46140,18
22	0	8254,6	53268,58	7396,00	0,00	45872,58
TOTAL	107857	177898	1148011,37	162965,00	0,00	877189,37

TIR = 42,90%

Obs. 1: Investimentos, receitas operacionais, custos operacionais e receitas não operacionais em milhares de dólares.

Obs. 2: Previsão de produção de óleo equivalente em barris por dia.

I.d.2. Cenário 2

Período	Invest.	Prev. Prod.	Rec. Oper.	Custo Oper.	Rec. Não Oper.	Projeto
0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	32357	0	0,00	0,00	0,00	-32357,00
2	75500	0	0,00	0,00	0,00	-75500,00
3	0	9726,4	55548,27	9312,00	0,00	46236,27
4	0	9562,9	54614,51	9053,00	0,00	45561,51
5	0	9632,1	55009,71	9086,00	0,00	45923,71
6	0	9657,2	55153,06	9071,00	0,00	46082,06
7	0	9160,3	52315,22	8478,00	0,00	43837,22
8	0	8789,2	50195,84	8048,00	0,00	42147,84
9	0	8933,9	51022,24	8185,00	0,00	42837,24
10	0	8940,2	51058,22	8175,00	0,00	42883,22
11	0	8871	50663,01	8092,00	0,00	42571,01
12	0	8833,3	50447,70	8039,00	0,00	42408,70
13	0	8889,9	50770,95	8083,00	0,00	42687,95
14	0	8946,5	51094,20	8134,00	0,00	42960,20
15	0	8795,5	50231,82	7971,00	0,00	42260,82
16	0	8688,6	49621,31	7858,00	0,00	41763,31
17	0	8594,2	49082,18	7758,00	0,00	41324,18
18	0	8512,5	48615,59	7668,00	0,00	40947,59
19	0	8437	48184,40	7588,00	0,00	40596,40
20	0	8367,8	47789,19	7517,00	0,00	40272,19
21	0	8304,9	47429,96	7453,00	0,00	39976,96
22	0	8254,6	47142,70	7396,00	0,00	39746,70
TOTAL	107857	177898	1015990,07	162965,00	0,00	745168,07

TIR = 37,51%

Obs. 1: Investimentos, receitas operacionais, custos operacionais e receitas não operacionais em milhares de dólares.

Obs. 2: Previsão de produção de óleo equivalente em barris por dia.

I.d.3. Cenário 3

Período	Invest.	Prev. Prod.	Rec. Oper.	Custo Oper.	Rec. Não Oper.	Projeto
0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	32357	0	0,00	0,00	0,00	-32357,00
2	75500	0	0,00	0,00	0,00	-75500,00
3	0	9726,4	69984,54	9312,00	0,00	60672,54
4	0	9562,9	68808,11	9053,00	0,00	59755,11
5	0	9632,1	69306,02	9086,00	0,00	60220,02
6	0	9657,2	69486,62	9071,00	0,00	60415,62
7	0	9160,3	65911,27	8478,00	0,00	57433,27
8	0	8789,2	63241,09	8048,00	0,00	55193,09
9	0	8933,9	64282,25	8185,00	0,00	56097,25
10	0	8940,2	64327,58	8175,00	0,00	56152,58
11	0	8871	63829,67	8092,00	0,00	55737,67
12	0	8833,3	63558,40	8039,00	0,00	55519,40
13	0	8889,9	63965,66	8083,00	0,00	55882,66
14	0	8946,5	64372,91	8134,00	0,00	56238,91
15	0	8795,5	63286,42	7971,00	0,00	55315,42
16	0	8688,6	62517,24	7858,00	0,00	54659,24
17	0	8594,2	61838,00	7758,00	0,00	54080,00
18	0	8512,5	61250,14	7668,00	0,00	53582,14
19	0	8437	60706,90	7588,00	0,00	53118,90
20	0	8367,8	60208,98	7517,00	0,00	52691,98
21	0	8304,9	59756,40	7453,00	0,00	52303,40
22	0	8254,6	59394,47	7396,00	0,00	51998,47
TOTAL	107857	177898,0	1280032,68	162965,00	0,00	1009210,68

TIR = 48,15%

Obs.1: Investimentos, receitas operacionais, custos operacionais e receitas não operacionais em milhares de dólares.

Obs. 2: Previsão de produção de óleo equivalente em barris por dia.

II. Cálculo da TMA Ajustada ao Mercado

II.1. Parâmetros do Projeto

Cenário	Prob (Pc)	Ra	Pc . Ra	Ra - E(Ra)	(Ra - E(Ra)) ²	Pc(Ra - E(Ra)) ²
1	0,33	42,90	14,30	0,05	0,00	0,00
2	0,33	37,51	12,50	-5,34	28,51	9,50
3	0,33	48,15	16,05	5,29	28,02	9,34

$$E(Ra) = 42,85$$

$$Var(Ra) = 18,85$$

$$DP(Ra) = 4,34$$

II.2. Parâmetros de Mercado

Cenário	Prob(Pc)	Rm	Pc . Rm	Rm - E(Rm)	(Rm - E(Rm)) ²	Pc(Rm - E(Rm)) ²
1	0,33	31,28	10,43	-10,64	113,28	37,76
2	0,33	87,87	29,29	45,95	2111,10	703,70
3	0,33	6,62	2,21	-35,30	1246,33	415,44

$$E(Rm) = 41,92$$

$$Var(Rm) = 1156,90$$

$$DP(Rm) = 34,01$$

II.3. Covariância do Projeto

Cenário	Prob (Pc)	(Ra-E(Ra))(Rm-E(Rm))	[(Ra-E(Ra))(Rm-E(Rm))]Pc
1	0,33	-0,50	-0,17
2	0,33	-245,35	-81,78
3	0,33	-186,87	-62,29

$$Cov(Ra,Rm) = -144,24$$

$$BETA = -0,1247$$

$$Rf = 6,17\%$$

$$TMA \text{ Mercado } 1,71\% \quad TMA \text{ Ajustada ao Risco de Mercado}$$

$$Prêmio \text{ do Projeto } 41,14\% \quad Prêmio \text{ do Projeto em Relação ao Risco de Mercado}$$

III. Cálculo da TMA Ajustada ao Mercado e à Liquidez

III.1. Duração das Anuidades

III.1.1. Custos de Investimento

Período	Invest.	Fat. de Desconto	Invest. Atualizado	Invest. Atual. Ponderado
0	0	1	0	0
1	-1	1,02	-0,98	-0,98
2	-1	1,03	-0,97	-1,93
3	0	1,05	0,00	0,00
4	0	1,07	0,00	0,00
5	0	1,09	0,00	0,00
6	0	1,11	0,00	0,00
7	0	1,13	0,00	0,00
8	0	1,15	0,00	0,00
9	0	1,17	0,00	0,00
10	0	1,19	0,00	0,00
11	0	1,21	0,00	0,00
12	0	1,23	0,00	0,00
13	0	1,25	0,00	0,00
14	0	1,27	0,00	0,00
15	0	1,29	0,00	0,00
16	0	1,31	0,00	0,00
17	0	1,33	0,00	0,00
18	0	1,36	0,00	0,00
19	0	1,38	0,00	0,00
20	0	1,40	0,00	0,00
21	0	1,43	0,00	0,00
22	0	1,45	0,00	0,00

Somatório = -1,95 -2,92

Dc = 1,50

III.1.2. Receitas Líquidas

Período	Rec. Líq.	Fat. de Desconto	Rec. Líq. Atualizada	Rec. Líq. Atual. Ponderada
0	0	1,00	0,00	0,00
1	0	1,02	0,00	0,00
2	0	1,03	0,00	0,00
3	1	1,05	0,95	2,85
4	1	1,07	0,93	3,74
5	1	1,09	0,92	4,59
6	1	1,11	0,90	5,42
7	1	1,13	0,89	6,22
8	1	1,15	0,87	6,98
9	1	1,17	0,86	7,72
10	1	1,19	0,84	8,44
11	1	1,21	0,83	9,13
12	1	1,23	0,82	9,79
13	1	1,25	0,80	10,43
14	1	1,27	0,79	11,04
15	1	1,29	0,78	11,63
16	1	1,31	0,76	12,19
17	1	1,33	0,75	12,74
18	1	1,36	0,74	13,26
19	1	1,38	0,72	13,76
20	1	1,40	0,71	14,24
21	1	1,43	0,70	14,70
22	1	1,45	0,69	15,14

Somatório = 16,25 194,01

DR = 11,94

Dr,n = 10,44

III.2. Duração do Projeto

III.2.1. Custos de Investimento

Período	Invest.	Fat. de Desconto	Invest. Atualizado	Invest. Atual. Ponderado
0	0	1,00	0,00	0,00
1	-32357	1,02	-31812,25	-31812,25
2	-75500	1,03	-72979,24	-145958,49
3	0	1,05	0,00	0,00
4	0	1,07	0,00	0,00
5	0	1,09	0,00	0,00
6	0	1,11	0,00	0,00
7	0	1,13	0,00	0,00
8	0	1,15	0,00	0,00
9	0	1,17	0,00	0,00
10	0	1,19	0,00	0,00
11	0	1,21	0,00	0,00
12	0	1,23	0,00	0,00
13	0	1,25	0,00	0,00
14	0	1,27	0,00	0,00
15	0	1,29	0,00	0,00
16	0	1,31	0,00	0,00
17	0	1,33	0,00	0,00
18	0	1,36	0,00	0,00
19	0	1,38	0,00	0,00
20	0	1,40	0,00	0,00
21	0	1,43	0,00	0,00
22	0	1,45	0,00	0,00

Somatório = -104791,50 -177770,74

Dc = 1,70

III.2.2. Receitas Líquidas

Período	Rec. Líq.	Fat. de Desconto	Rec. Líq. Atualizada	Rec. Líq. Atual. Ponderada
0	0,00	1,00	0,00	0,00
1	0,00	1,02	0,00	0,00
2	0,00	1,03	0,00	0,00
3	53454,40	1,05	50799,81	152399,43
4	52658,31	1,07	49200,75	196802,98
5	53071,87	1,09	48752,33	243761,65
6	53248,84	1,11	48091,40	288548,37
7	50635,25	1,13	44961,04	314727,28
8	48670,47	1,15	42488,86	339910,90
9	49467,24	1,17	42457,41	382116,71
10	49517,90	1,19	41785,37	417853,66
11	49154,34	1,21	40780,27	448582,93
12	48964,05	1,23	39938,50	479262,01
13	49285,30	1,25	39523,74	513808,63
14	49599,55	1,27	39106,11	547485,49
15	48788,12	1,29	37818,74	567281,16
16	48211,27	1,31	36742,43	587878,80
17	47702,09	1,33	35742,33	607619,57
18	47264,87	1,36	34818,50	626732,97
19	46857,65	1,38	33937,38	644810,21
20	46482,09	1,40	33098,60	661972,02
21	46140,18	1,43	32302,01	678342,15
22	45872,58	1,45	31574,00	694628,04

Somatório = 803919,56 9394524,98

$D_R = 11,69$

$D_{i,n} = 9,99$

TMA Mercado + Liquidez	1,51%
ERRO	11,76%
% TMA Mercado	88,24%

Fazer Nova Iteração

III.3. Duração do Projeto (2a. Iteração)

III.3.1. Custos de Investimento

Período	Invest.	Fat. de Desconto	Invest. Atualizado	Invest. Atual. Ponderado
0	0	1,00	0,00	0,00
1	-32357	1,02	-31875,37	-31875,37
2	-75500	1,03	-73269,10	-146538,19
3	0	1,05	0,00	0,00
4	0	1,06	0,00	0,00
5	0	1,08	0,00	0,00
6	0	1,09	0,00	0,00
7	0	1,11	0,00	0,00
8	0	1,13	0,00	0,00
9	0	1,14	0,00	0,00
10	0	1,16	0,00	0,00
11	0	1,18	0,00	0,00
12	0	1,20	0,00	0,00
13	0	1,22	0,00	0,00
14	0	1,23	0,00	0,00
15	0	1,25	0,00	0,00
16	0	1,27	0,00	0,00
17	0	1,29	0,00	0,00
18	0	1,31	0,00	0,00
19	0	1,33	0,00	0,00
20	0	1,35	0,00	0,00
21	0	1,37	0,00	0,00
22	0	1,39	0,00	0,00

Somatório = -105144,46 -178413,56

Dc = 1,70

III.3.2. Receitas Líquidas

Período	Rec. Líq.	Fat. de Desconto.	Rec. Líq. Atual.	Rec. Líq. Atual. Ponderada
0	0,00	1,00	0,00	0,00
1	0,00	1,02	0,00	0,00
2	0,00	1,03	0,00	0,00
3	53454,40	1,05	51102,76	153308,27
4	52658,31	1,06	49592,35	198369,38
5	53071,87	1,08	49237,85	246189,25
6	53248,84	1,09	48666,69	292000,15
7	50635,25	1,11	45589,15	319124,08
8	48670,47	1,13	43167,91	345343,29
9	49467,24	1,14	43221,53	388993,81
10	49517,90	1,16	42621,78	426217,84
11	49154,34	1,18	41679,09	458469,96
12	48964,05	1,20	40899,75	490796,99
13	49285,30	1,22	40555,30	527218,96
14	49599,55	1,23	40206,38	562889,29
15	48788,12	1,25	38959,93	584399,01
16	48211,27	1,27	37926,23	606819,67
17	47702,09	1,29	36967,10	628440,77
18	47264,87	1,31	36083,06	649495,10
19	46857,65	1,33	35239,71	669554,58
20	46482,09	1,35	34436,93	688738,64
21	46140,18	1,37	33674,80	707170,87
22	45872,58	1,39	32981,16	725585,52

Somatório =

822809,49

9669125,44

 $D_R =$

11,75

 $D_{i,n} =$

10,05

TMA Mercado + Liquidez	1,54%
ERRO	1,99%
% TMA Mercado	90,00%

Fazer Nova Iteração

III.4. Duração do Projeto (3a. Iteração)

III.4.1. Custos de Investimento

Período	Invest.	Fat. de Desconto	Invest. Atualizado	Invest. Atual. Ponderado
0	0	1,00	0,00	0,00
1	-32357	1,02	-31865,91	-31865,91
2	-75500	1,03	-73225,61	-146451,23
3	0	1,05	0,00	0,00
4	0	1,06	0,00	0,00
5	0	1,08	0,00	0,00
6	0	1,10	0,00	0,00
7	0	1,11	0,00	0,00
8	0	1,13	0,00	0,00
9	0	1,15	0,00	0,00
10	0	1,17	0,00	0,00
11	0	1,18	0,00	0,00
12	0	1,20	0,00	0,00
13	0	1,22	0,00	0,00
14	0	1,24	0,00	0,00
15	0	1,26	0,00	0,00
16	0	1,28	0,00	0,00
17	0	1,30	0,00	0,00
18	0	1,32	0,00	0,00
19	0	1,34	0,00	0,00
20	0	1,36	0,00	0,00
21	0	1,38	0,00	0,00
22	0	1,40	0,00	0,00

Somatório = -105091,52 -178317,13

Dc = 1,70

III.4.2. Receitas Líquidas

Período	Rec. Líq.	Fat. de Desconto.	Rec. Líq. Atual.	Rec. Líq. Atual. Ponderada
0	0,00	1,00	0,00	0,00
1	0,00	1,02	0,00	0,00
2	0,00	1,03	0,00	0,00
3	53454,40	1,05	51057,27	153171,81
4	52658,31	1,06	49533,50	198134,00
5	53071,87	1,08	49164,83	245824,15
6	53248,84	1,10	48580,10	291480,59
7	50635,25	1,11	45494,53	318461,71
8	48670,47	1,13	43065,53	344524,23
9	49467,24	1,15	43106,23	387956,05
10	49517,90	1,17	42495,46	424954,62
11	49154,34	1,18	41543,23	456975,50
12	48964,05	1,20	40754,33	489051,97
13	49285,30	1,22	40399,12	525188,53
14	49599,55	1,24	40039,65	560555,08
15	48788,12	1,26	38786,86	581802,89
16	48211,27	1,28	37746,54	603944,66
17	47702,09	1,30	36781,04	625277,69
18	47264,87	1,32	35890,79	646034,27
19	46857,65	1,34	35041,54	665789,21
20	46482,09	1,36	34233,11	684662,14
21	46140,18	1,38	33465,55	702776,64
22	45872,58	1,40	32766,49	720862,88

Somatório = 819945,70 9627428,64

$D_R = 11,74$

$D_{i,n} = 10,04$

TMA Mercado + Liquidez	1,54%
ERRO	0,29%
% TMA Mercado	89,74%

TMA Ajustada ao Risco de Mercado e Liquidez

IV. Cálculo da TMA Ajustada a Perdas e à Estimação

Período	Invest.	Desv. Padr. Inv.	Rec. Oper.	Desv. Padr. Rec. Op.	Fat. Desc.
0	109853	43941,2	0,00	0,00	1,00
1	0	0	62766,40	28244,88	1,06
2	0	0	61711,31	27770,09	1,13
3	0	0	62157,87	27971,04	1,20
4	0	0	62319,84	28043,93	1,27
5	0	0	59113,25	26600,96	1,35
6	0	0	56718,47	25523,31	1,43
7	0	0	57652,24	25943,51	1,52
8	0	0	57692,90	25961,80	1,61
9	0	0	57246,34	25760,85	1,71
10	0	0	57003,05	25651,37	1,82
11	0	0	57368,30	25815,74	1,93
12	0	0	57733,55	25980,10	2,05
13	0	0	56759,12	25541,60	2,18
14	0	0	56069,27	25231,17	2,31
15	0	0	55460,09	24957,04	2,45
16	0	0	54932,87	24719,79	2,61
17	0	0	54445,65	24500,54	2,77
18	0	0	53999,09	24299,59	2,94
19	0	0	53593,18	24116,93	3,12
20	0	0	53268,58	23970,86	3,31

Período	D. P. Desc. Inv.	D. P. Desc. Rec.Líq.	Var. Desc. Inv.	Var. Desc. Rec. Líq.	Projeto
0	43941,20	0,00	1930829057,44	0,00	-109853,00
1	0,00	26603,45	0,00	707743509,36	53454,40
2	0,00	24636,19	0,00	606942063,80	52658,31
3	0,00	23372,39	0,00	546268727,79	53071,87
4	0,00	22071,49	0,00	487150542,34	53248,84
5	0,00	19719,15	0,00	388844981,59	50635,25
6	0,00	17820,75	0,00	317579282,82	48670,47
7	0,00	17061,45	0,00	291093165,42	49467,24
8	0,00	16081,27	0,00	258607233,88	49517,90
9	0,00	15029,48	0,00	225885172,44	49154,34
10	0,00	14095,89	0,00	198694063,40	48964,05
11	0,00	13361,79	0,00	178537334,84	49285,30
12	0,00	12665,40	0,00	160412421,14	49599,55
13	0,00	11728,02	0,00	137546357,03	48788,12
14	0,00	10912,19	0,00	119075934,82	48211,27
15	0,00	10166,37	0,00	103355042,38	47702,09
16	0,00	9484,53	0,00	89956256,11	47264,87
17	0,00	8854,11	0,00	78395220,48	46857,65
18	0,00	8271,16	0,00	68412023,46	46482,09
19	0,00	7731,92	0,00	59782632,23	46140,18
20	0,00	7238,48	0,00	52395579,71	45872,58

Desvio Padrão = 212278,76

Média = 455680,76

D =	2,15
N(D) =	0,005628
VEIP =	1194,70
Méd. - VEIP =	454486,06
VPL@TAXA =	454486,06
TMA Perdas	0,20%
% TMA Mercado	11,51%
TMA Total	1,74%
Prêmio	41,11%

TMA Incr. Ajustada ao Risco de Perdas

TMA Ajustada ao Risco Total do Projeto

ANEXO 11

**MODELO 2 DA PLANILHA PARA
A DETERMINAÇÃO DA TMA ASSOCIADA
AO RISCO TOTAL DO PROJETO**

Nome do Projeto	Modelo 2
Tipo do Projeto	Nova Descoberta
Tecnologia de Exploração	Águas Rasas
Lâmina D'Água (metros)	59
Vida do Projeto (anos)	15
Grupo de Petróleos Nacionais	Média
Avaliador	Boris
Data	09/01/95

I. Dados de Entrada Preliminares

I.a. Preço Prospectivo do Petróleo Nacional (US\$/barril)

Cenário 1	15,84
Cenário 2	14,02
Cenário 3	17,66

I.b. Retorno Real Anual Prospectivo de Mercado (%)

Cenário 1	31,28
Cenário 2	87,87
Cenário 3	6,62

I.c. Variabilidade nas Estimativas (%)

Custos de Investimento Prospectivo	100
Previsão de Produção	100

I.d. Dados dos Fluxos de Caixa do Projeto por Cenário

I.d.1. Cenário 1

Período	Invest.	Prev. Prod.	Rec. Oper.	Custo Oper.	Rec. Não Oper.	Projeto
0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
3	6430	0	0,00	0,00	0,00	-6430,00
4	90010	0	0,00	0,00	0,00	-90010,00
5	4910	3092,9	17881,91	8810,00	0,00	4161,91
6	610	8543,3	49393,94	12370,00	0,00	36413,94
7	0	8159,3	47173,81	12550,00	0,00	34623,81
8	0	7053,1	40778,20	12610,00	0,00	28168,20
9	0	6156,8	35596,15	12670,00	0,00	22926,15
10	0	5403,3	31239,72	12730,00	0,00	18509,72
11	0	4758,9	27514,06	12770,00	0,00	14744,06
12	0	4195,2	24254,97	12770,00	0,00	11484,97
13	0	3689,7	21332,37	12740,00	0,00	8592,37
14	0	3235,2	18704,63	12680,00	0,00	6024,63
15	0	2824,8	16331,86	12600,00	0,00	3731,86
16	0	2460,4	14225,05	12510,00	0,00	1715,05
17	7240	0	0,00	0,00	28800,00	21560,00
TOTAL	109200	59572,9	344426,68	147810,00	28800,00	116216,68

TIR = 17,62%

Obs. 1: Investimentos, receitas operacionais, custos operacionais e receitas não operacionais em milhares de dólares.

Obs. 2: Previsão de produção de óleo equivalente em barris por dia.

I.d.2. Cenário 2

Período	Invest.	Prev. Prod.	Rec. Oper.	Custo Oper.	Rec. Não Oper.	Projeto
0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
3	6430	0	0,00	0,00	0,00	-6430,00
4	90010	0	0,00	0,00	0,00	-90010,00
5	4910	3092,9	15825,49	8810,00	0,00	2105,49
6	610	8543,3	43713,64	12370,00	0,00	30733,64
7	0	8159,3	41748,82	12550,00	0,00	29198,82
8	0	7053,1	36088,71	12610,00	0,00	23478,71
9	0	6156,8	31502,60	12670,00	0,00	18832,60
10	0	5403,3	27647,15	12730,00	0,00	14917,15
11	0	4758,9	24349,94	12770,00	0,00	11579,94
12	0	4195,2	21465,65	12770,00	0,00	8695,65
13	0	3689,7	18879,15	12740,00	0,00	6139,15
14	0	3235,2	16553,60	12680,00	0,00	3873,60
15	0	2824,8	14453,70	12600,00	0,00	1853,70
16	0	2460,4	12589,17	12510,00	0,00	79,17
17	7240	0	0,00	0,00	28800,00	21560,00
TOTAL	109200	59572,9	304817,61	147810,00	28800,00	76607,61

TIR = 12,21%

Obs. 1: Investimentos, receitas operacionais, custos operacionais e receitas não operacionais em milhares de dólares.

Obs. 2: Previsão de produção de óleo equivalente em barris por dia.

I.d.3. Cenário 3

Período	Invest.	Prev. Prod.	Rec. Oper.	Custo Oper.	Rec. Não Oper.	Projeto
0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0	0	0,00	0,00	0,00	0,0
2	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
3	6430	0	0,00	0,00	0,00	-6430,00
4	90010	0	0,00	0,00	0,00	-90010,00
5	4910	3092,9	19938,33	8810,00	0,00	6218,33
6	610	8543,3	55074,25	12370,00	0,00	42094,25
7	0	8159,3	52598,80	12550,00	0,00	40048,80
8	0	7053,1	45467,70	12610,00	0,00	32857,70
9	0	6156,8	39689,71	12670,00	0,00	27019,71
10	0	5403,3	34832,29	12730,00	0,00	22102,29
11	0	4758,9	30678,17	12770,00	0,00	17908,17
12	0	4195,2	27044,29	12770,00	0,00	14274,29
13	0	3689,7	23785,59	12740,00	0,00	11045,59
14	0	3235,2	20855,67	12680,00	0,00	8175,67
15	0	2824,8	18210,03	12600,00	0,00	5610,03
16	0	2460,4	15860,93	12510,00	0,00	3350,93
17	7240	0	0,00	0,00	28800,00	21560,00
TOTAL	109200	59572,9	384035,75	147810,00	28800,00	155825,75

TIR = 22,62%

Obs. 1: Investimentos, receitas operacionais, custos operacionais e receitas não operacionais em milhares de dólares.

Obs. 2: Previsão de produção de óleo equivalente em barris por dia.

II. Cálculo da TMA Ajustada ao Mercado

II.1. Parâmetros do Projeto

Cenário	Prob (Pc)	Ra	Pc . Ra	Ra - E(Ra)	(Ra - E(Ra)) ²	Pc(Ra - E(Ra)) ²
1	0,33	17,62	5,87	0,14	0,02	0,01
2	0,33	12,21	4,07	-5,27	27,82	9,27
3	0,33	22,62	7,54	5,14	26,40	8,80

$$E(Ra) = 17,48$$

$$Var(Ra) = 18,08$$

$$DP(Ra) = 4,25$$

II.2. Parâmetros de Mercado

Cenário	Prob(Pc)	Rm	Pc . Rm	Rm - E(Rm)	(Rm - E(Rm)) ²	Pc(Rm - E(Rm)) ²
1	0,33	31,28	10,43	-10,64	113,28	37,76
2	0,33	87,87	29,29	45,95	2111,10	703,70
3	0,33	6,62	2,21	-35,30	1246,33	415,44

$$E(Rm) = 41,92$$

$$Var(Rm) = 1156,90$$

$$DP(Rm) = 34,01$$

II.3. Covariância do Projeto

Cenário	Prob (Pc)	(Ra-E(Ra))(Rm-E(Rm))	[(Ra-E(Ra))(Rm-E(Rm))]Pc
1	0,33	-1,45	-0,48
2	0,33	-242,35	-80,78
3	0,33	-181,40	-60,47

$$Cov(Ra,Rm) = -141,73$$

$$BETA = -0,1225$$

$$Rf = 6,17\%$$

$$TMA Mercado = 1,79\%$$

$$Prêmio do Projeto = 15,69\%$$

TMA Ajustada ao Risco de Mercado

Prêmio do Projeto em Relação ao Risco de Mercado

III. Cálculo da TMA Ajustada ao Mercado e à Liquidez

III.1. Duração das Anuidades

III.1.1. Custos de Investimento

Período	Invest.	Fat. de Desconto	Invest. Atualizado	Invest. Atual. Ponderado
0	0	1	0,00	0,00
1	0	1,02	0,00	0,00
2	0	1,04	0,00	0,00
3	-1	1,05	-0,95	-2,84
4	-1	1,07	-0,93	-3,73
5	-1	1,09	-0,92	-4,58
6	-1	1,11	-0,90	-5,39
7	0	1,13	0,00	0,00
8	0	1,15	0,00	0,00
9	0	1,17	0,00	0,00
10	0	1,19	0,00	0,00
11	0	1,22	0,00	0,00
12	0	1,24	0,00	0,00
13	0	1,26	0,00	0,00
14	0	1,28	0,00	0,00
15	0	1,30	0,00	0,00
16	0	1,33	0,00	0,00
17	-1	1,35	-0,74	-12,57

Somatório = -4,43 -29,11

Dc = 6,57

III.1.2. Receitas Líquidas

Período	Rec. Líq.	Fat. de Desconto	Rec. Líq. Atualizada	Rec. Líq. Atual. Ponderada
0	0	1,00	0,00	0,00
1	0	1,02	0,00	0,00
2	0	1,04	0,00	0,00
3	0	1,05	0,00	0,00
4	0	1,07	0,00	0,00
5	1	1,09	0,92	4,58
6	1	1,11	0,90	5,39
7	1	1,13	0,88	6,18
8	1	1,15	0,87	6,94
9	1	1,17	0,85	7,67
10	1	1,19	0,84	8,37
11	1	1,22	0,82	9,05
12	1	1,24	0,81	9,70
13	1	1,26	0,79	10,32
14	1	1,28	0,78	10,92
15	1	1,30	0,77	11,50
16	1	1,33	0,75	12,05
17	1	1,35	0,74	12,57

Somatório = 10,72 115,25

DR = 10,75

Dr,n = 4,18

III.2. Duração do Projeto

III.2.1. Custos de Investimento

Período	Invest.	Fat. de Desconto	Invest. Atualizado	Invest. Atual. Ponderado
0	0	1,00	0,00	0,00
1	0	1,02	0,00	0,00
2	0	1,04	0,00	0,00
3	-6430	1,05	-6096,75	-18290,24
4	-90010	1,07	-83844,34	-335377,38
5	-4910	1,09	-4493,25	-22466,23
6	-610	1,11	-548,41	-3290,45
7	0	1,13	0,00	0,00
8	0	1,15	0,00	0,00
9	0	1,17	0,00	0,00
10	0	1,19	0,00	0,00
11	0	1,22	0,00	0,00
12	0	1,24	0,00	0,00
13	0	1,26	0,00	0,00
14	0	1,28	0,00	0,00
15	0	1,30	0,00	0,00
16	0	1,33	0,00	0,00
17	-7240	1,35	-5355,08	-91036,44

Somatório = -100337,83 -470460,75
Dc = 4,69

III.2.2. Receitas Líquidas

Período	Rec. Líq.	Fat. de Desconto	Rec. Líq. Atualizada	Rec. Líq. Atual. Ponderada
0	0,00	1,00	0,00	0,00
1	0,00	1,02	0,00	0,00
2	0,00	1,04	0,00	0,00
3	0,00	1,05	0,00	0,00
4	0,00	1,07	0,00	0,00
5	9071,91	1,09	8301,90	41509,50
6	37023,94	1,11	33285,66	199713,97
7	34623,81	1,13	30580,54	214063,76
8	28168,20	1,15	24441,35	195530,79
9	22926,15	1,17	19543,08	175887,71
10	18509,72	1,19	15500,92	155009,16
11	14744,06	1,22	12130,26	133432,91
12	11484,97	1,24	9282,80	111393,56
13	8592,37	1,26	6822,72	88695,40
14	6024,63	1,28	4699,71	65795,94
15	3731,86	1,30	2859,97	42899,61
16	1715,05	1,33	1291,24	20659,91
17	28800,00	1,35	21302,00	362133,92

Somatório = 190042,15 1806726,14

D_R = 9,51

D_{i,n} = 4,82

TMA Mercado + Liquidez	2,37%
ERRO	32,17%
% TMA Mercado	132,17%

Fazer Nova Iteração

III.3. Duração do Projeto (2a. Iteração)

III.3.1. Custos de Investimento

Período	Invest.	Fat. de Desconto	Invest. Atualizado	Invest. Atual. Ponderado
0	0	1,00	0	0
1	0	1,02	0	0
2	0	1,05	0	0
3	-6430	1,07	-5994,46	-17983,37
4	-90010	1,10	-81974	-327895,95
5	-4910	1,12	-4368,31	-21841,53
6	-610	1,15	-530,16	-3180,96
7	0	1,18	0	0
8	0	1,21	0	0
9	0	1,23	0	0
10	0	1,26	0	0
11	0	1,29	0	0
12	0	1,32	0	0
13	0	1,36	0	0
14	0	1,39	0	0
15	0	1,42	0	0
16	0	1,45	0	0
17	-7240	1,49	-4865,48	-82713,23

Somatório =

-97732,40

-453615,05

Dc =

4,64

III.3.2. Receitas Líquidas

Período	Rec. Líq.	Fat. de Desconto.	Rec. Líq. Atual.	Rec. Líq. Atual. Ponderada
0	0,00	1,00	0,00	0,00
1	0,00	1,02	0,00	0,00
2	0,00	1,05	0,00	0,00
3	0,00	1,07	0,00	0,00
4	0,00	1,10	0,00	0,00
5	9071,91	1,12	8071,06	40355,28
6	37023,94	1,15	32178,12	193068,69
7	34623,81	1,18	29396,74	205777,15
8	28168,20	1,21	23363,06	186904,48
9	22926,15	1,23	18575,83	167182,43
10	18509,72	1,26	14650,86	146508,58
11	14744,06	1,29	11400,57	125406,26
12	11484,97	1,32	8675,32	104103,88
13	8592,37	1,36	6340,38	82424,91
14	6024,63	1,39	4342,89	60800,49
15	3731,86	1,42	2627,97	39419,57
16	1715,05	1,45	1179,83	18877,20
17	28800,00	1,49	19354,41	329025,00

Somatório = 180157,02 1699853,94

D_R = 9,44

$D_{i,n}$ = 4,79

TMA Mercado + Liquidez	2,35%
ERRO	0,81%
% TMA Mercado	131,09%

TMA Ajustada ao Risco de Mercado e Liquidez

IV. Cálculo da TMA Ajustada a Perdas e à Estimação

Período	Invest.	Desv. Padr. Inv.	Rec. Oper.	Desv. Padr. Rec. Op.	Fat. Desc.
0	96836,73	96836,73	0,00	0,00	1,00
1	4910	4910	17881,91	17881,91	1,06
2	610	610	49393,94	49393,94	1,13
3	0	0	47173,81	47173,81	1,20
4	0	0	40778,20	40778,20	1,27
5	0	0	35596,15	35596,15	1,35
6	0	0	31239,72	31239,72	1,43
7	0	0	27514,06	27514,06	1,52
8	0	0	24254,97	24254,97	1,61
9	0	0	21332,37	21332,37	1,71
10	0	0	18704,63	18704,63	1,82
11	0	0	16331,86	16331,86	1,93
12	0	0	14225,05	14225,05	2,05
13	7240	7240	0,00	0,00	2,18

Período	D. P. Desc. Inv.	D. P. Desc. Rec. Liq.	Var. Desc. Inv.	Var. Desc. Rec. Liq.	Projeto
0	96836,73	0,00	9377352277,09	0,00	-96836,73
1	4624,66	16842,72	21387466,86	283677052,52	4161,91
2	541,16	43819,77	292854,84	1920171979,89	36413,94
3	0,00	39418,08	0,00	1553785206,65	34623,81
4	0,00	32093,78	0,00	1030010441,60	28168,20
5	0,00	26387,24	0,00	696286543,26	22926,15
6	0,00	21812,04	0,00	475764942,31	18509,72
7	0,00	18094,30	0,00	327403862,27	14744,06
8	0,00	15024,02	0,00	225721197,55	11484,97
9	0,00	12445,80	0,00	154897883,42	8592,37
10	0,00	10278,53	0,00	105648176,16	6024,63
11	0,00	8453,10	0,00	71454816,90	3731,86
12	0,00	6934,77	0,00	48091010,60	1715,05
13	3324,41	0,00	11051720,20	0,00	21560,00

Desvio Padrão = 242307,14

Média = 58208,71

m =	14
T =	34
Desv. Padr. Modificado =	337743,23
D* =	0,17
Ls*(D*) =	0,3354
VEIP* =	113279,08
Méd. - VEIP* =	-55070,37
VPL@TAXA =	-55070,37
TMA Perdas e Estimação	43,21%
% TMA Mercado	2414,18%
TMA Total	45,56%
Prêmio	-28,08%

TMA Incr. Ajustada ao Risco de Perdas e Estimação

TMA Ajustada ao Risco Total do Projeto