

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Departamento de Engenharia Industrial

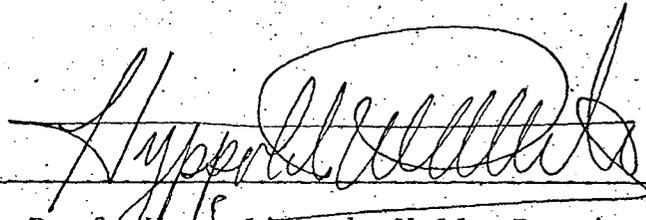
ANÁLISE DE RISCO EM
PROJETOS DE INVESTIMENTOS

Tese submetida à Universidade Federal
de Santa Catarina para a obtenção do
grau de Mestre em Ciências.

RONALDO VALENTE CANALI

maio - 1975

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia Industrial - Especialidade Gerência Industrial - e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação.



Prof. Hippolyto do Valle Pereira Filho
Integrador dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia.

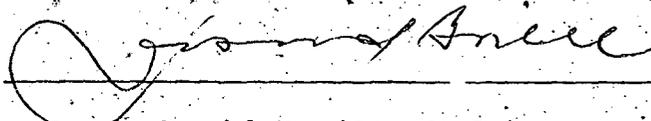
Apresentada perante a banca examinadora, composta dos professores:



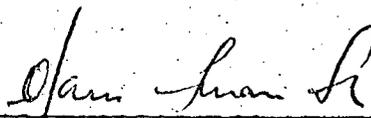
UFSC-BU



Prof. Raul Valentim da Silva, M.Sc.
Orientador Substituto



Prof. David Borilè, M.Sc.



Prof. Otávio Ferrari Filho, M.Sc.

A minha mulher

AGRADECIMENTOS

O autor manifesta os seus agradecimentos:

- Ao professor Raul Valentim da Silva, pelo incentivo e apoio.
- À CAPES, pelo apoio financeiro.
- Ao Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina.
- Aos colegas, professores do Departamento de Engenharia Industrial, aos funcionários e camaradas que, de uma forma ou de outra, contribuíram, anonimamente, para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

Página

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1	Importância das Decisões sobre Investimentos	1
1.2	Procedimentos para a Análise de Investimentos	3
1.3	Considerações sobre Certeza, Incerteza e Risco	4
1.4	Procedimentos para a Análise do Risco em Projetos de Investimentos	6
1.5	Escopo e Objetivos do Trabalho	8

CAPÍTULO II

2. MÉTODOS CONVENCIONAIS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

2.1	Introdução	9
2.2	Investimentos Mutuamente Exclusivos e Investimentos Independentes	10
2.3	Método do Valor Presente	12
2.3.1	Seleção de Alternativas de Investimentos pelo Método do Valor Presente	12
2.4	Método da Taxa Interna de Retorno	14
2.4.1	Seleção de Alternativas de Investimentos pelo Método da Taxa Interna de Retorno	16

2.5	Problemas que Decorrem da Utilização dos Métodos do Valor Presente e Taxa Interna de Retorno	16
2.5.1	Alternativas com Vidas Úteis Diferentes	17
2.5.2	Erro de Ordenação	17
2.5.3	Existência de Várias Taxas Internas de Retorno	19
2.6	Considerações Gerais	21

CAPÍTULO III

3. O RISCO EM PROJETOS DE INVESTIMENTOS

3.1	Introdução	22
3.2	Causas do Risco em Projetos de Investimentos	22
3.2.1	Possível Falta de Informações para as Previsões	23
3.2.2	O Tipo de Negócio Envolvido	24
3.2.3	Horizonte para Previsões	25
3.3	Outras fontes de Risco em Projetos de Investimentos	26
3.3.1	Número Insuficiente de Investimentos Similares	26
3.3.2	Tendenciosidade dos Dados e o Problema da Coleta	27
3.3.3	Modificação do Ambiente Econômico	27
3.3.4	Erros na Interpretação de Dados	27

3.3.5	Erros na Análise	27
3.3.6	Disponibilidade e Entusiasmo	28
3.3.7	Remuneração do Investimento	28
3.3.8	Obsolescência	28
3.4	Redução do Grau de Risco	29

CAPÍTULO IV

4. MÉTODOS PARA A QUANTIFICAÇÃO DO RISCO EM PROJETOS DE INVESTIMENTOS

4.1	Introdução	31
4.2	Método Analítico	32
4.2.1	Formulação do Modelo	33
4.2.2	Distribuição de Probabilidade do Valor Presente	35
4.2.3	Distribuição de Probabilidade da Taxa Interna de Retorno	37
4.3	Método da Simulação	39
4.3.1	Passos para o Método da Simulação	39
4.3.2	Levantamento da Distribuição de Probabilidade	40
4.4	Comparação e Observações Gerais	42

CAPÍTULO V

5. A OBTENÇÃO DAS DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES

5.1	Introdução	47
5.2	Considerações sobre as Principais Distribuições de Probabilidades	48
5.2.1	A Distribuição Normal	48
5.2.2	A Distribuição Beta	49
5.2.3	Outras Distribuições de Probabilidades	53
5.3	Determinação de Distribuições de Probabilidades Baseadas em Conhecimento Subjetivo	55
5.3.1	Estimativa por Intervalos	55
5.3.2	Estimativas de Parâmetros de uma Distribuição de Probabilidades	57
5.3.3	O Método Delphi	59
5.4	Outras Formas de Estimativas Subjetivas	60
5.5	Exemplos de Obtenção de um Consenso	63
5.6	Estimativas da Correlação entre Variáveis	67
5.7	Considerações Gerais	69

CAPÍTULO VI

6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
----	----------------------------	----

	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	73
--	-------------------------------	----

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1 Importância das Decisões sobre Investimentos

Seja qual for o objetivo de uma organização, as decisões mais importantes, cujos reflexos podem ser sentidos em todos os aspectos do negócio, são as que se referem a investimentos. Desde a análise ambiental, escolha dos segmentos, produtos, meios de produção, até a implantação efetiva de um empreendimento, estão implícitas as decisões sobre alternativas de investimentos.

Por investimento entende-se a alocação de capital em determinados empreendimentos cuja principal finalidade é a obtenção de lucros.

A "vida" ou o funcionamento de uma organização depende da alocação de capital em empreendimentos que resultem numa rentabilidade positiva a fim de maximizar os ganhos dos proprietários e prover fundos para a realização de novos investimentos. Esta dependência está diretamente vinculada ao fato de que a empresa deve partir do princípio da continuidade de suas operações ao longo dos anos e, para tanto, munir-se de armas gerenciais e administrativas para tornar a tarefa mais efetiva.

Outro aspecto que influi nas decisões sobre investimentos é o crescente tamanho das organizações exigindo volumes cada vez maiores de capital. A aplicação deste capital gerará uma série de benefícios que, aliados ao lucro, terão participação acentuada no desenvolvimento da organização e do meio ambiente (ecossistema) no

qual ela se encontra. A criação de novos empregos e o aumento do volume de impostos, bem como, os diversos efeitos indiretos de serviços, são exemplos desta dinâmica empresarial.

Basicamente, uma empresa forma o seu capital com recursos próprios e recursos de terceiros. Os recursos próprios são os dos proprietários, somados aos obtidos pelas vendas de seus produtos. Os recursos de terceiros, em linhas gerais, são aqueles obtidos no mercado financeiro e que completam a demanda de capital necessária para os objetivos da empresa.

Um outro fato importante é aquele caracterizado pelo reflexo da oferta e demanda de capital que se traduz pelo valor do dinheiro no tempo. Devido às expectativas de ganhos e aos efeitos inflacionários, o valor do dinheiro hoje será maior do que o seu valor no futuro e a organização deverá, obrigatoriamente, fazer com que o capital seja empregado produtivamente, alocando-o em empreendimentos que forneçam retorno adequado ou então em pesquisa e desenvolvimento onde a retribuição não é imediata, mas a médio ou longo prazo.

Então, ao tomar decisão relativa a investimentos, a alta administração deverá estar segura da importância que ela representa, tanto em termos de benefícios sociais como em lucros para os proprietários. E os procedimentos para a tomada de decisão deverão se basear não só em julgamentos pessoais mas, também, em métodos quantitativos, matemáticos e/ou estatísticos, que possibilitem maiores informações para identificação da melhor alternativa.

1.2 Procedimentos para a Análise de Investimentos

Os passos que devem ser seguidos para a análise dos investimentos a serem realizados pela empresa, consistem em:

- Levantamento das necessidades de investimentos.
- Estimativa das receitas e dos dispêndios que incorrerão em cada alternativa.
- Julgamento prévio da viabilidade técnica/econômica de cada alternativa.
- Aplicação de métodos de análise a fim de avaliar e selecionar quais as alternativas mais vantajosas.

Quanto ao Levantamento das necessidades, os investimentos poderão ser enquadrados nos seguintes tipos:

- Investimentos de Reposição
- Investimentos de Expansão
- Investimentos na Linha de Produtos
- Investimentos Estratégicos

Quanto à estimativa dos fluxos de caixa dos investimentos, as formas de serem realizadas, genericamente, seriam:

- Estatisticamente, quando há disponibilidade de dados históricos que permitam uma previsão para o futuro, através de métodos estatísticos.
- Subjetivamente, quando não existem dados históricos suficientes ou a obtenção dos mesmos apresenta um custo elevado. A estimativa é baseada no conhecimento empírico ou subjetivo do estimador.

Quanto à análise, os métodos que atualmente são utilizados, podem ser classificados em:

- Métodos que não consideram a variação de valor que o dinheiro sofre com o tempo. Exemplo: Tempo de Recuperação do Capital.
- Métodos que consideram a variação de valor que o dinheiro sofre com o tempo. Exemplo: Método do Valor Presente.

Outra forma de classificar os métodos para a análise de investimentos, poderia ser quanto as características de certeza, incerteza e risco. O risco é o assunto principal de estudo na presente dissertação.

1.3 Considerações sobre Certeza, Incerteza e Risco

Teoricamente, define-se Certeza, Incerteza e Risco de maneira distinta. Diz-se que há Certeza quando a ocorrência de um evento pode ser prevista com absoluta segurança. Incerteza existe quando a chance de ocorrer um determinado evento não pode ser prevista. Finalmente, o Risco existe quando as probabilidades de ocorrência podem ser estimadas. O Risco está associado ao conhecimento das probabilidades de ocorrência dos eventos através das distribuições probabilísticas constatadas.

No caso de projetos de investimentos, a estimativa dos fluxos de caixa, recebimentos e dispêndios, que ocorrerão num período, dependem de uma grande variedade de fatores como, por exemplo, o comportamento do mercado consumidor, a situação econômica, as mudanças tecnológicas e sociais, etc.. O procedimento usual para a análise de projetos de investimentos, considera esses fatores como determinísticos e as variações que poderão ocorrer

nos fluxos de caixa são tratadas como perfeitamente conhecidas.

Observa-se que ao estudar investimentos onde as variáveis componentes são abordadas com características de certeza, não se levam em conta as possíveis variações e a forma com que elas ocorrem. A consequência é que as informações que serviriam de base para uma decisão podem se tornar irreais e, por conseguinte, criar uma situação enganadora em relação ao investimento.

Os métodos tradicionalmente utilizados para a análise do risco em investimentos, não fornecem elementos necessários para permitir uma profunda visão do problema e nem identificam uma decisão efetiva. O resultado é simplesmente um número que carece de maior significado em relação a probabilidade de sua ocorrência.

Sendo o risco decorrente da associação de distribuições de probabilidades às diversas variáveis, estatística ou empiricamente, o investimento poderá ser encarado como um jogo onde o empresário tem condições de determinar a ocorrência dos eventos que influenciarão na sua decisão. Teoricamente, deveria ser obtida a função utilidade do empresário, melhor ainda a da empresa, que é a função que define o comportamento em relação ao risco. A partir do conhecimento das diversas variáveis e da função utilidade, a decisão poderia ser tomada em termos quantitativos com risco calculado. Porém, devido a dificuldade da determinação da função utilidade da empresa e da subjetividade do seu valor (cada pessoa teria a sua), ela não será usada neste estudo.

Considerando como ilustração o consumo de combustíveis derivados do petróleo, pode-se afirmar que o mercado para esses produtos será elevado ainda por muito tempo, e continuará sendo, caso não houver a possibilidade das reservas conhecidas se esgotarem

e, por outro lado, não ocorrer o envolvimento dos países produtores em guerras políticas, reduzindo quotas de fornecimento e aumentando o preço de venda. Surge inclusive um novo aspecto, a possibilidade de serem aproveitadas outras formas de obtenção de energéticos através de outros materiais, como o xisto betuminoso.

Verifica-se no exemplo acima que, apesar da certeza de um elevado mercado de consumo, existe uma série de outros fatores que tornam incerto o futuro deste mercado, fazendo com que os investidores tenham que assumir determinados riscos.

1.4 Procedimentos para a Análise do Risco em Projetos de Investimentos

Para fins deste estudo, não será considerada a necessidade de rígida separação dos casos de incerteza e risco no tocante a projetos de investimentos empresariais. Isto deve-se a excepcionalidade tanto daqueles casos que realmente se enquadrariam como totalmente incertos como daqueles em que as distribuições de probabilidades são conhecidas. Por esta razão, passar-se-á a usar, indistintamente a denominação de projetos de investimentos sob condições de risco. É evidente que certo grau de incerteza sempre existirá, o que se poderá fazer é procurar reduzir essas incertezas de alguma forma como será visto posteriormente.

Pode-se dividir os procedimentos para a análise de risco, colocando em primeiro lugar os que têm sido utilizados tradicionalmente, da seguinte maneira:

- Desconto Subjetivo para o Risco, ou seja, avaliar subjetivamente o risco envolvido e acrescentar um adicional à taxa de juros.

- Medida de Tempo de Recuperação do Capital, que consiste em quantificar o tempo para recuperar o capital investido e dar uma margem de risco (mais tempo) em função das incertezas associadas.
- Ajustamentos nos valores das grandezas consideradas. Por exemplo, estimar as vendas abaixo do valor dado pelas previsões em função das incertezas na comercialização, etc..
- Análise de sensibilidade, ou seja, estimar um intervalo possível de variação para cada variável do projeto e analisar qual delas afeta mais significativamente o projeto ao variar nesses intervalos.
- Redução da taxa de retorno: calcular a taxa de retorno do projeto e reduzi-la em função do risco associado ao projeto.
- Análise comparativa. Pesquisar outros projetos semelhantes, determinar os riscos e incorporá-los ao projeto proposto.

Dos procedimentos acima mencionados, somente a análise de sensibilidade fornece elementos que auxiliarão no estudo posterior. Através dela, pode-se caracterizar o efeito que a variação de uma ou mais variáveis causará na escolha da alternativa de investimento. A partir do conhecimento das variáveis mais "sensíveis", poderá ser associada a cada uma delas uma distribuição de probabilidade para, posteriormente, proceder-se à análise de risco propriamente dita.

Em segundo lugar, viriam os métodos de análise de risco

que estão atualmente sendo divulgados e utilizados. Existem, basicamente, dois métodos, o primeiro é conhecido como analítico ou de Hillier (36) e o segundo por método de simulação ou de Hertz (32).

Os procedimentos para análise de risco levam em conta os fatores que afetam as variáveis que compõem os fluxos de caixa de investimentos, associando uma medida que defina o comportamento das mesmas sob essas condições de risco.

1.5 Escopo e Objetivos do Trabalho

O objetivo principal do presente trabalho é a apresentação dos métodos modernos de análise de risco em projetos de investimentos, tecendo comentários quanto ao funcionamento e aplicação dos mesmos, suas vantagens, desvantagens e procedimentos para sua utilização.

No capítulo II são apresentados os dois métodos mais utilizados, atualmente, para análise de investimentos sob condições de certeza, que servirão de base para o desenvolvimento e formulação do estudo do risco. São, também, feitos comentários sobre problemas que decorrem da utilização dos mesmos.

No capítulo III são apresentados os aspectos qualitativos do risco em projetos de investimentos.

No capítulo IV são descritos os métodos para a quantificação do risco, suas teorias e aplicações.

No capítulo V são mostrados métodos para a elaboração de distribuições de probabilidades subjetivas para serem utilizadas na análise do risco.

CAPÍTULO II

2. MÉTODOS CONVENCIONAIS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

2.1 Introdução

No capítulo anterior procurou-se mostrar a importância e a necessidade de se analisar metodicamente as decisões sobre investimentos.

Os métodos utilizados para a análise de investimentos, sob "condições de certeza", são bastante conhecidos. Porém, ainda assim, ocorrem situações que levam a uma análise incorreta, prejudicando a decisão a ser tomada.

Há, também, um outro aspecto a ser analisado que é o "horizonte de previsões", ou seja, o tempo, ou período de tempo, considerado para a estimativa dos fluxos de caixa de cada investimento estudado ou confrontado. Ocorre que as previsões dos fluxos de caixa se os períodos forem sendo ampliados, sofrerão efeitos crescentes de incertezas.

Pode-se, por exemplo, após a aplicação dos métodos, proceder a uma análise de sensibilidade a fim de verificar quais as variáveis cuja variação exerce maior influência na decisão final. Porém, em geral, não se pode determinar com precisão qual a probabilidade de ocorrência dos diversos valores dessas variáveis.

Para melhor apreciação dos métodos convencionais de análise de investimentos, far-se-á uma revisão daqueles que são mais utilizados e que levam em consideração o valor do dinheiro no tem

po: o método do valor presente e o método da taxa interna de retorno.

2.2 Investimentos Mutuamente Exclusivos e Investimentos Independentes

Ao se confrontar projetos de investimentos é necessário que se conheça as características de cada um quanto à natureza dos fluxos de caixa.

Diz-se que dois ou mais projetos de investimentos são mutuamente exclusivos quando não há possibilidade de implantá-los conjuntamente, seja por razões técnicas, físicas, temporais ou mesmo financeiras. Um exemplo de projetos mutuamente exclusivos seria o de confrontar-se duas alternativas de projetos de construção de uma ponte em aço ou de concreto.

Embora não se tenha encontrado qualquer referência na bibliografia pesquisada, é importante que se faça uma divisão mais precisa entre projetos mutuamente exclusivos, com relação às razões de exclusividade, desta forma, ter-se-ia projetos mutuamente exclusivos por limitação de capital ou por limitações físicas, tecnológicas ou temporais.

Os projetos mutuamente exclusivos por limitação de capital seriam aqueles onde não existem recursos para a realização de mais do que uma alternativa para um projeto. Porém, esta poderia ser uma situação temporária, ou seja, não ficaria excluída a possibilidade de se investir nos projetos rejeitados em outra época, desde que sejam obtidos os recursos necessários.

Os projetos de investimentos mutuamente exclusivos "pu

ros", seriam aqueles cuja exclusão decorre de razões físicas. Esta é a definição que se subteme na maioria das vezes, porém em tese, não fica excluída a possibilidade de em outra época mudar o projeto.

São apresentadas a seguir duas definições que serão utilizadas no presente trabalho:

- por projetos de investimento mutuamente exclusivos entende-se como sendo aqueles projetos cuja implantação de um deles exclui a possibilidade de implantação dos demais;
- por projetos de investimento independentes entende-se aqueles que são independentes entre si. Ou seja, as variáveis componentes do fluxo de caixa de um dos projetos são independentes das variáveis dos demais projetos. As estimativas dessas variáveis são valores independentes.

No presente trabalho, os investimentos estudados serão considerados mutuamente exclusivos e, excepcionalmente, independentes.

O caso de investimentos que não são mutuamente exclusivos constitui a área conhecida como "portfolio selection" ou "seleção de carteiras de investimento" e não será tratada neste trabalho.

2.3 Método do Valor Presente

O valor presente $P(i)$ de um investimento é definido como sendo:

$$P(i) = \sum_{j=0}^n \frac{X_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

onde, i = taxa mínima de atratividade;

X_j = fluxo de caixa líquido no final do j -ésimo período;

X_0 = investimento inicial;

n = número de períodos.

O fator de $(1+i)^{-j}$ é conhecido como fator de desconto e encontra-se tabelado em diversas obras.

A idéia básica do método do valor presente é o desconto de todos os fluxos de caixa a uma mesma data inicial.

Como um dos objetivos da aplicação de capital em projetos de investimentos é a obtenção de lucros, é evidente que o método visa escolher o projeto que apresente o maior valor presente. Então, todo o investimento cujo valor presente for $P(i) > 0$ é recomendável pois aumenta o valor atual do dinheiro alocado no empreendimento acima da alternativa mínima, ou seja, à taxa "i", os fluxos de caixa descontados a data presente são maiores que o investimento inicial.

2.3.1 Seleção de Alternativas de Investimentos pelo Método do Valor Presente

O procedimento para a seleção de investimentos pelo método do valor presente consiste em efetuar o cálculo para cada projeto isoladamente e selecionar aquele que apresentar o maior valor presente.

Exemplificando, considerem-se duas propostas de in

vestimento A e B cujos fluxos de caixa estão relacionados a seguir:

		Cr\$ 1,00			
I T E N S		I N V E S T I M E N T O S			
		A		B	
		Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Inv. Inicial	X_0	1.000	---	1.000	---
Custos Variáveis	Y_j	500	3.000	500	500
Custos Fixos	Y'_j	500	3.000	500	500
Receitas	Z_j	2.000	10.000	3.000	3.000
Taxa Mínima de Atratividade	i	50%		50%	
Vida Útil do Investimento	n	2		2	

O valor presente dos fluxos de caixa dos investimentos A e B será obtido através da fórmula abaixo:

$$P(i) = X_0 + \sum_{j=1}^Z \frac{(Z_j - Y_j - Y'_j)}{(i + 1)^j} \quad (2)$$

onde, $(Z_j - Y_j - Y'_j)$ é o fluxo de caixa líquido no final do período j , sendo $j = 1, 2$.

Logo, o valor presente do investimento A será:

$$P_A(50\%) = \underline{\underline{1.440,00}}$$

e, para o investimento B:

$$P_B(50\%) = \underline{\underline{1.220,00}}$$

Consequentemente, $P_A(i) > P_B(i)$ e o investimento A deverá ser o recomendado para a sua realização.

Considerando as condições acima, ou seja, mesma vida, investimentos mutuamente exclusivos e taxa mínima de atratividade conhecida, o método do valor presente é satisfatório para a avaliação e seleção de projetos de investimentos.

O problema da determinação da taxa mínima de atratividade tem sido objeto de diversos estudos. Neste trabalho não serão feitos comentários quanto à determinação do valor dessa taxa.

2.4 Método da Taxa Interna de Retorno

A taxa interna de retorno de um investimento é a taxa de juros que, quando aplicada para descontar os fluxos de caixa para o valor presente, iguala-o a zero. A taxa interna de retorno é, portanto o valor "r" da taxa de juros "i" para a qual o valor presente se anula. Ou seja:

$$\sum_{j=0}^n \frac{X_j}{(1+r)^j} = 0 \quad (3)$$

Uma definição mais geral da taxa interna de retorno poderá ser dada, considerando as taxas de juros como variáveis conforme o período.

$$X_0 + \frac{X_1}{(1+r_1)} + \frac{X_2}{(1+r_1)(1+r_2)} + \dots + \frac{X_n}{(1+r_1)\dots(1+r_n)} = 0 \quad \dots (4)$$

Onde, r_j , ($j = 1, \dots, n$), representa o conjunto de taxas de retorno por período que reduzem a zero a soma dos fluxos de caixa líquidos descontados ao valor presente.

No caso particular da equação (3), tem-se:

$$r_1 = r_2 = \dots = r_n = r$$

A taxa interna de retorno é também conhecida por eficiência marginal do capital, índice de lucratividade ou método do investimento (77) (76).

Observa-se que para o investimento ser aceito, sua taxa interna deveria ser superior ao custo do capital que seria uma medida da taxa mínima de atratividade e que representaria a remuneração mínima admitida pelo detentor do capital. Chamando-se esta taxa de α , se $r \geq \alpha$ recomenda-se o investimento uma vez que a taxa interna de retorno será maior ou igual a taxa mínima de atratividade.

Embora existam autores que considerem os métodos da taxa interna de retorno e o do valor presente como não equivalentes, também existem os que discordam desta afirmação, alegando que quando bem aplicados levam ao mesmo resultado, no sentido de selecionar a melhor proposta. Para maior detalhamento, ver trabalhos citados na bibliografia (15) (16) (44) (55) (58) (75) (79) (80).

2.4.1 Seleção de Alternativas de Investimentos pelo Método da Taxa Interna de Retorno

O procedimento para a seleção de porpostas de investimento consiste no cálculo individual da taxa interna de retorno e na posterior comparação selecionado aquele que apresentar a maior taxa dentre aqueles que superem a taxa mínima de atratividade.

Tomando-se como exemplo o fluxo de caixa do item 2.3.1, tem-se:

$$X_0 + \sum_{j=1}^n \frac{(Z_j - Y_j - Y'_j)}{(1 + i)^j} = 0 \quad (5)$$

Efetuando-se os cálculos, chega-se aos seguintes resultados:

Para o investimento A, $r_A = 1,562$ e, para o investimento B, $r_B = 1,732$.

Logo, como $r_B > r_A$ o investimento B será preferível ao investimento A. Esta conclusão se contrapõe àquela obtida com a utilização do Método do Valor Presente.

2.5 Problemas que Decorrem da Utilização dos Métodos do Valor Presente e Taxa Interna de Retorno

Para que os métodos acima possam ser melhor entendidos e aplicados torna-se necessário o conhecimento de problemas que poderão ocorrer.

2.5.1 Alternativas com Vidas Úteis Diferentes

Pode ocorrer que duas ou mais alternativas de investimentos confrontadas, tenham vidas úteis diferentes. Para compará-las, utilizando-se qualquer um dos métodos anteriormente definidos, deve-se analisá-los com base em vidas úteis comparáveis.

De modo geral, dois procedimentos têm sido divulgados e são utilizados para colocar as alternativas em bases comparáveis (29) (16).

O primeiro procedimento consiste em adotar-se um "período de estudo" que seja um múltiplo comum das vidas das alternativas em confronto.

O segundo procedimento, para a elaboração de estudo econômico que envolvem alternativas com vidas diferentes, resume-se na atribuição de um valor residual para a alternativa de vida mais longa no final da vida da alternativa de menor duração.

2.5.2 Erro de Ordenação

No exemplo abordado anteriormente, item 2.3.1, nota-se que $P_A > P_B$, i.e., o valor presente do investimento A é maior que o do investimento B, e $r_B > r_A$, i.e., a taxa interna de retorno do investimento B é maior do que a de A.

A principal razão da ocorrência desta discrepância de ordenação é devida ao fato de que as propostas de investimento analisadas são mutuamente exclusivas, devendo ser analisada a taxa de retorno incremental. Nestes casos, a empresa deverá estar decidida a investir os incrementos adicionais de capital sempre que cada incremento seja justificado por um retorno suficiente.

A metodologia, normalmente utilizada para a solução deste problema, consiste no emprego de qualquer um dos métodos para o cálculo do retorno do investimento incremental.

A título de ilustração, suponha-se dois investimentos iniciais A e B sendo $A < B$ e, com vidas úteis iguais. Considerando uma taxa mínima de atratividade "a", a comparação com base na taxa interna de retorno seria feita conforme os passos apresentados abaixo:

1º Passo — Calcular a taxa interna de retorno "i" da proposta com investimento inicial A;

2º Passo — Comparar "i" com "a", caso $i < a$ a proposta é rejeitada; se $i > a$ a alternativa pode ser considerada para comparação com B.

3º Passo — Calcular a taxa interna de retorno do investimento incremental requerido por B como substituto de A; este cálculo pode ser efetuado de duas formas, a primeira seria encontrar a taxa i' cujo valor presente do fluxo de caixa líquido da diferença entre as alternativas seja igual a zero ou seja, a taxa i' cujo valor presente das duas alternativas seja igual. A segunda seria calcular a taxa i' cujo custo anual das duas alternativas seja igual. Caso $i' > a$, para o investimento incremental, então a alternativa B é a melhor escolha econômica.

Teoricamente, essa taxa de retorno do investimento incremental é a taxa de retorno sobre o custos de Fisher ou taxa fisheriana, (2) (69). Observa-se que nem sempre os autores cometam a procedência dessa taxa (26) (4).

A taxa fisheriana é definida como sendo a raiz

r_{A-B} , da equação abaixo:

$$\sum_{j=0}^n (X_{jA} - X_{jB}) (1 + i)^{-j} = 0 \quad (6)$$

Onde X_{jA} e X_{jB} representam os fluxos de caixa líquidos no final dos períodos $j = 0, 1, 2, \dots, n$, dos investimentos A e B respectivamente. Quando a taxa "i" for tal que a equação acima se verifica, tem-se $i = r_{A-B}$.

Quando o número de alternativas for maior do que dois, procede-se o cálculo para cada par de alternativas, na ordem sucessivamente crescente dos investimentos iniciais.

2.5.3 Existência de Várias Taxas Internas de Retorno

A existência de "mais do que uma taxa interna de retorno", foi inicialmente apresentada por Lorie e Savage no célebre artigo "Three Problems in Rationing Capital" (49).

As razões para ocorrência deste aparente paradoxo foram citadas, como sendo:

- a) assim como o custo do capital da empresa se aproxima de zero, o valor presente da proposta de investimento aproxima-se da soma algébrica dos fluxos de caixa líquidos e será negativo se a soma for negativa;
- b) assim como o custo do capital aumenta, o valor presente do fluxo de caixa final retirado do projeto diminui em importância relativa aos

fluxos anteriores, e esta diminuição pode tornar o valor presente do projeto inteiro positivo;

- c) se o custo do capital continuar a aumentar, o significado dos futuros fluxos de caixa tende a diminuir, causando ao valor presente do investimento uma aproximação ao investimento inicial como limite.

Ao final do mesmo artigo, os autores comentam que devido a esse problema, "a taxa interna de retorno para julgar a aceitabilidade de propostas de investimentos, como tem sido apresentada em trabalhos publicados é ambigua e anômala".

O exemplo utilizado por Lorie e Savage para a demonstração do problema é conhecido na literatura como o exemplo da "bomba de óleo".

Posteriormente, vários artigos foram publicados, porém, sem apresentar uma razão lógica quanto ao paradoxal problema.

Solomon (75), demonstrou uma solução particular para o problema, analisada posteriormente por Kirshenbaun (44). A solução proposta por Solomon foi a de descontar os fluxos de caixas líquidos a uma taxa de retorno, ou custo do capital. Ou seja, aplicar o método do valor presente com uma taxa de juros igual ao custo do capital.

A existência de mais do que uma taxa interna de retorno foi encarada com uma das causas para a não equivalência do método do valor presente com o da taxa interna de retorno. Relativamente à análise de risco, a discussão quanto a esse problema

não é relevante . Para maiores informações os interessados poderão dirigir-se aos documentos referenciados na bibliografia (79) (80).

2.6 Considerações Gerais

Ao se aplicar os métodos anteriormente apresentados é necessário que se conheça a taxa mínima de atratividade com a qual os fluxos de caixa serão descontados ou para que sejam comparados com a taxa interna de retorno; o mesmo se observa para o desconto ou o método do valor presente.

As estimativas dos fluxos de caixa, devem ser elaboradas com o maior rigor possível, evitando-se distorções que possam gerar problemas e comprometer a análise.

A aplicação de um dos métodos, ou de ambos, é um dos elementos para a seleção de projetos de investimentos, não devendo portanto, serem negligenciados outros aspectos externos e estratégicos da empresa.

A conclusão que se chega, após as extensas e intensas análises é que ambos os métodos apresentados são válidos não havendo portanto, "um melhor do que o outro".

Conforme foi visto, cada método apresentado tem os seus pontos fortes e seus pontos fracos, sendo preciso conhecê-los quando forem utilizados.

CAPÍTULO III

3. O RISCO EM PROJETOS DE INVESTIMENTOS

3.1 Introdução

No capítulo anterior foram apresentados os métodos do valor presente e da taxa interna de retorno e os problemas inerentes à utilização dos mesmos.

No presente capítulo serão feitos comentários sobre os aspectos qualitativos do risco em projetos de investimentos.

A partir de uma ampla pesquisa bibliográfica procurou-se definir quais são os elementos envolvidos e quais são os riscos ao se alocar capital num determinado empreendimento.

3.2 Causas do Risco em Projetos de Investimentos

As causas do risco em projetos de investimentos são as mais diversas possíveis. Na bibliografia pesquisada não se encontrou nenhuma classificação quanto aos tipos de riscos. Pode-se concluir que devido a enorme variedade de fatores que afetam às variáveis que compõem os fluxos de caixa, não seria tarefa fácil sistematizar as causas das incertezas em investimentos.

De modo geral, existem quatro aspectos que são encontrados em quase todas as situações e que influem no risco (8):

- possível falta de informação para as previsões;
- tipo de negócio envolvido;

- o tipo de equipamento e o tipo físico da empresa, ou seja, o nível de sofisticação dos equipamentos e de suas instalações;
- o tempo, ou o horizonte de previsões considerado para as estimativas.

3.2.1 Possível Falta de Informações para as Previsões

Na estimativa dos fluxos de caixa de projetos de investimentos nem sempre é possível dispor de informações suficientes que permitam prever, com o devido grau de confiança, o valor futuro das variáveis do projeto.

Pode-se caracterizar as mudanças que ocorrem no meio ambiente como sendo as grandes responsáveis pela necessidade de planejamento, desenvolvimento e implantação de um projeto e, também, pelas incertezas inerentes ao processo.

Realmente, o ponto crucial de todo o estudo de investimento é a estimativa dos valores das variáveis que compõem os fluxos de caixa. Além da dificuldade da obtenção de dados quantitativos e confiáveis existe o problema da incerteza caracterizada pelas mudanças políticas, sociais, tecnológicas, demográficas, econômicas, legais e ecológicas.

Atualmente, existe uma grande preocupação com o desenvolvimento de métodos e técnicas para a quantificação dos riscos e dos valores das variáveis associadas ao projeto.

Observa-se que os métodos tradicionais de previsão não são suficientes para uma avaliação do desenvolvimento futuro do projeto. A inovação e outros fatores envolvidos necessi

tam de outras técnicas de previsão. As técnicas que, atualmente, estão sendo desenvolvidas baseiam-se, principalmente, na hipótese de que é possível, através de métodos estatísticos, quantificar sob a forma de distribuições probabilísticas o conhecimento subjetivo de técnicos que atuam no setor. Existem, inclusive, opiniões de que os "métodos subjetivos" apresentam vantagens que justificam a sua utilização em substituição aos métodos tradicionais (85) (91).

A precisão das estimativas depende em grande parte da maneira como elas forem elaboradas e, também, da "consistência" da sua avaliação. Sanadas estas deficiências, os erros de previsão, devido à falta de experiência dos estimadores, são os responsáveis por uma grande parcela do risco nos projetos de investimentos.

3.2.2 O Tipo de Negócio Envolvido

Alguns tipos de empreendimentos são notoriamente mais arriscados que outros. As causas são as mais diversas possíveis e variam desde a possibilidade de altos ganhos até as mudanças ambientais.

Difícilmente poder-se-ia fazer alguma comparação simples entre riscos de diferentes ramos de negócio, mas sempre existirão aqueles que são mais arriscados que outros.

Ao se estudar propostas de investimentos, a vida passada do tipo de negócio deverá ser levada em conta para uma melhor avaliação da situação e toda uma análise estratégica a fim de tirar vantagens diferenciais do negócio, com o mínimo de risco e o máximo de lucros, dentro do economicamente possível.

Outro fator que merece ser destacado é o tipo de equipamento e o processo utilizado. Como exemplo, citam-se os casos das indústrias têxteis e o de máquinas eletrônicas de processamento de dados, onde a obsolescência dos equipamentos, devido às constantes inovações, ocorre antes do final da vida física do equipamento.

Este tipo de risco obriga a busca do retorno do capital investido o mais rapidamente possível.

Para superar este risco pode e deve ser levado em consideração o método do tempo de recuperação do investimento.

3.2.3 Horizonte para Previsões

As constantes modificações dos sistemas econômicos fazem com que ocorram variações tanto nos aspectos relativos à concorrência como nos custos e nas receitas das empresas. Como decorrência, o tempo a ser utilizado para a estimativa dos fluxos de caixa será de importância vital.

É correto afirmar-se que à medida que o tempo for prolongado, as incertezas irão se acumulando até o ponto de total desconhecimento. Então, o tempo deverá ser considerado atentamente e evitar as falácias referentes à redução ou o prolongamento do mesmo para favorecer a viabilidade.

3.3 Outras Fontes de Risco em Projetos de Investimentos

Conforme foi comentado no item anterior, dificilmente se ria possível fazer-se uma lista abrangente das fontes de risco em projetos de investimentos.

No item anterior foram mostrados exemplos de causa de risco. Agora serão apresentados outros aspectos mais específicos conforme orientação dada por Canada (9), os quais embora não englobando todos os tipos, formam a lista mais extensa. As fontes de risco em decisões de investimentos poderiam, então, serem descritas como segue:

- . número insuficiente de investimentos similares;
- . tendenciosidade dos dados e o problema da coleta;
- . mudanças no ambiente externo;
- . erros na interpretação dos dados;
- . erros na análise;
- . disponibilidade e entusiasmo;
- . remuneração do investimento; e
- . obsolescência .

3.3.1 Número Insuficiente de Investimentos Similares

Normalmente, poder-se-ia dizer que a empresa dispõe somente de um número limitado de investimentos similares e que não são suficientes para fornecer elementos que estabeleçam valores médios com grau aceitável de confiança para a elaboração das estimativas. Este tipo de risco acentua-se nos casos em que o investimento, em valor, supera as garantias da empresa.

3.3.2 Tendenciosidade dos Dados e o Problema da Coleta

O otimismo na realidade de um investimento poderá levar o responsável pelas estimativas a valorizar ou desvalorizar irrealisticamente certos parâmetros essenciais, que poderão resultar num fluxo de caixa incorreto e tendencioso. A consequência é que o resultado da análise não será digno de confiança e causará graves perdas para a empresa.

3.3.3 Modificação do Ambiente Econômico

Na elaboração das estimativas das variáveis do fluxo de caixa considera-se, em princípio, os valores passados. Porém, esses valores muitas vezes não correspondem a uma realidade futura e se não forem devidamente ajustados; o projeto sofrerá o risco de não corresponder às expectativas.

3.3.4 Erros na Interpretação dos Dados

O grande número de fatores que afetam às variáveis dos projetos de investimentos são os causadores de erros de interpretação de dados quando, principalmente, não foram considerados em toda a sua complexidade.

3.3.5 Erros na Análise

Os erros de análise ocorrem quando se utilizam processos tecnológicos em desenvolvimento ou não perfeitamente estudados. Da mesma forma, podem ocorrer erros quanto aos aspectos

operacionais e/ou financeiros.

3.3.6 Disponibilidade e Entusiasmo

A performance de um projeto de investimento depende do conhecimento, da experiência, da dedicação e da habilidade administrativa dos seus responsáveis. Geralmente, dependendo da complexidade, não existe disponibilidade de especialistas nas diversas áreas e, conseqüentemente, certos projetos poderão sofrer profundos problemas e não terão o mesmo sucesso que outros favorecidos por esse fator.

Existe então um risco devido a não disponibilidade de pessoal qualificado para a administração do projeto, tanto na sua parte de análise, como na execução e no acompanhamento.

3.3.7 Remuneração do Investimento

A remuneração do investimento a ser estudado é um dos fatores mais importantes para a decisão de implantação do projeto. Muitas vezes é necessário que o retorno do capital investido seja obtido o mais rapidamente possível, uma vez que as inovações tecnológicas podem provocar uma drástica redução do valor residual do equipamento e, também, da sua vida útil esperada, calculada em termos econômicos.

3.3.8 Obsolescência

As constantes modificações tecnológicas que ocorrem no atual estágio da economia em busca de uma maior produtivi

dade e com custos mais baixos, se transformam num risco bastante acentuado para os investimentos na empresa.

Os equipamentos, as instalações, os produtos, ..., etc. exigem mudanças, muitas vezes radicais, para manter a eficiência das operações, devido a rápida obsolescência física ou operacional.

3.4 Redução do Grau de Risco

Uma das formas de redução do risco em projetos de investimentos é o aumento do nível das informações adicionais.

A contratação de consultoria externa especializada é uma das formas mais empregadas para o fornecimento de informações relativas às mais diferentes variáveis de mercado.

A própria existência de um grande número de empresas de consultoria confirma o pensamento de que a concentração de informações especializadas contribuem para um melhor acerto das previsões.

A criação de órgãos de informação dentro da própria empresa não encontra, muitas vezes, justificativas econômicas, devido ao seu alto custo de manutenção e do prazo relativamente longo para a avaliação dos resultados. E, também, em alguns casos, como por exemplo na pesquisa de mercado, a medida em que o volume de informações for aumentando, os custos de obtenção seriam acrescidos de forma a não mais justificar o próprio investimento.

Observa-se que a utilização das informações nos diversos sistemas da empresa pode reduzir o seu custo.

A conclusão que se pode tirar a respeito da redução dos

riscos nos projetos de investimentos é que a importância e o volume do investimento a ser realizado, deverá ser o termo de medida entre o nível e o custo das informações a serem obtidas.

Uma das formas de levantamento do risco de uma previsão, exemplificando, é o uso de "intervalos", ou seja, "o valor que a variável, em análise, pode assumir dentro dos limites prováveis de ocorrência", ou seja, é uma medida do desconhecimento que se tem dos valores que essa variável pode assumir.

CAPÍTULO IV

4. MÉTODOS PARA A QUANTIFICAÇÃO DO RISCO EM PROJETOS DE INVESTIMENTOS

4.1 Introdução

No capítulo anterior procurou-se mostrar quais são os elementos que influenciam com maior intensidade no comportamento das variáveis que compõem os fluxos de caixa dos projetos de investimentos. Viu-se que a bibliografia existente sobre o assunto não fornece muitos elementos que permitam uma listagem abrangente dos diversos fatores. Viu-se, também, que cada projeto deve ser analisado individualmente e o balanceamento entre o volume de informações e custos deverá ser feito em função da importância e do porte do investimento em questão.

No presente capítulo serão expostos os métodos de quantificação do risco em projetos de investimentos.

Após pesquisada exhaustivamente a bibliografia, chegou-se à conclusão que existem dois métodos básicos para a análise de risco. O primeiro, em relação à data de sua publicação, é o de Hillier (36), também chamado de método analítico; o segundo é o método de Hertz (32) ou de simulação.

Posteriormente, diversos outros trabalhos foram publicados e serão, também, sempre que necessário, comentados.

No decorrer da exposição serão feitos vários comentários sobre esses métodos relativamente às deduções, vantagens, desvantagens e aplicações.

4.2 Método Analítico

O método analítico proposto por Hillier (36), utiliza as propriedades das distribuições de probabilidades para a obtenção das distribuições do Valor Presente, da Taxa Interna de Retorno e do Custo Anual.

Na sua concepção, o método analítico parte da suposição de que as variáveis que compõem os fluxos de caixa de um projeto de investimento são aleatórias com distribuição normal. A justificativa da "normalidade" é feita com base no Teorema do Limite Central. Nos casos onde o teorema não for aplicável, Hillier (37.p.446) demonstra que:

"..... a única consequência da não normalidade é que sem o conhecimento das distribuições das medidas, (variáveis do fluxo de caixa, etc.) não poderão ser feitas considerações probabilísticas precisas".

Para a formulação do problema, além da suposição de variáveis aleatórias distribuídas normalmente, são feitas as seguintes considerações:

- 1º) todos os fluxos de caixa são mutuamente independentes;
- 2º) todos os fluxos de caixa são perfeitamente correlacionados;
- 3º) alguns dos fluxos de caixa são correlacionados, enquanto outros são independentes.

Posteriormente, em outra publicação (38), a análise foi estendida para investimentos interrelacionados, determinando a

distribuição de probabilidades do valor presente para cada combinação possível.

4.2.1 Formulação do Modelo

Seja X_j , a variável aleatória com distribuição normal que representa o fluxo de caixa líquido de um projeto de investimento, ao final de cada período j , ($j = 0, 1, \dots, n$).

Sejam μ_j e σ_j , o valor esperado ou média e o desvio padrão, respectivamente, da distribuição de X_j .

Observa-se que para a utilização da distribuição normal de X_j , Hillier argumenta, pelo Teorema do Limite Central, que a distribuição real de X_j , em alguns períodos, poderá ser diferente da distribuição normal sem afetar significativamente o resultado final.

O procedimento consiste então em estimar o valor esperado de cada variável, do fluxo de caixa, e o desvio padrão, uma vez que esses dois parâmetros caracterizam a distribuição normal.

4.2.2 Distribuição de Probabilidade do Valor Presente

Por definição, o valor presente de um investimento é dado por:

$$P = \sum_{j=0}^n \frac{X_j}{(1 + i)^j} \quad (7)$$

Seja X_j uma variável aleatória com distribuição normal, P também será uma variável aleatória com distribuição normal, com valor esperado dado por:

$$E [P] = E \left[\sum_{j=0}^n \frac{X_j}{(1+i)^j} \right]$$

ou,

$$E [P] = \sum_{j=0}^n \frac{E [X_j]}{(1+i)^j} \quad (8)$$

fazendo,

$$E [P] = \mu_p \quad e,$$

$$E [X_j] = \mu_j$$

tem-se:

$$\mu_p = \sum_{j=0}^n \frac{\mu_j}{(1+i)^j} \quad (9)$$

Seja a média da distribuição P dada por (9), a variância $V [P] = \sigma_p^2$ será deduzida a seguir.

Sejam X_0, X_1, \dots, X_n um conjunto de variáveis aleatórias que representam os fluxos de caixa cujas médias e variâncias são dadas por $\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_n$ e $\sigma_0^2, \sigma_1^2, \dots, \sigma_n^2$ respectivamente.

Seja P dado pela equação (7) e μ_p pela equação (9) então:

$$P - \mu_p = (X_0 - \mu_0) + \dots + \frac{X_n - \mu_n}{(1+i)^n}$$

Elevando-se ao quadrado

$$(P - \mu_p)^2 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{X_j - \mu_j}{(1+i)^j} \right)^2 \quad (10)$$

O valor esperado da expressão acima é:

$$E (P - \mu_p)^2 = \sum_{j=1}^n E \left(\frac{X_j - \mu_j}{(1+i)^j} \right)^2 \quad (11)$$

Como $E (X_j - \mu_j)^2 = \sigma_j^2$ e $E (P - \mu_p)^2 = \sigma_p^2$ a equação (11) se reduz a:

$$\sigma_p^2 = \sum_{j=1}^n \frac{\sigma_j^2}{(1+i)^{2j}} \quad (12)$$

Então a distribuição do valor presente P será uma normal, com os parâmetros μ_p e σ_p^2 dados pelas expressões (9) e (12) respectivamente.

No segundo caso, onde X_0, X_1, \dots, X_n são perfeitamente correlacionadas, tem-se por dedução análoga que P será uma variável aleatória com distribuição normal, cujas média e desvio padrão são dados, respectivamente por:

$$\mu_p \text{ e } \sigma_p = \sum_{j=0}^n \frac{\sigma_j}{(1+i)^j} \quad (13)$$

No terceiro caso, onde são combinados os dois anteriores, considera-se que "frequentemente" alguns dos fluxos de caixa são perfeitamente correlacionados enquanto que os demais são

"razoavelmente" independentes.

Sejam $Y_j, Z_{j1}, Z_{j2}, \dots, Z_{jm}$, as variáveis aleatórias distribuídas normalmente que representam os fluxos de caixa. O fluxo de caixa líquido será dado por:

$$X_j = Y_j + Z_{j1} + Z_{j2} + \dots + Z_{jm} \quad (14)$$

Onde, $Y_j, Z_{j1}, \dots, Z_{jm}$ são independentes e, $Z_{ok}, Z_{1k}, \dots, Z_{nk}$, são perfeitamente correlacionadas para $k = 1, 2, \dots, m$. Então, o fluxo de caixa líquido para cada período consiste de um fluxo de caixa independente mais "m" fluxos de caixa os quais são individualmente perfeitos correlacionados com os fluxos de caixa correspondentes nos outros períodos.

Supondo as condições de normalidade das variáveis aleatórias X_j , segue, por consequência, que o valor presente terá uma distribuição normal, com média:

$$\mu_p = \sum_{j=0}^n \frac{\mu_j}{(1+i)^j}$$

Como,

$$\mu_j = E(X_j) = E\left(Y_j + \sum_{k=1}^m Z_{jk}\right) \text{ para } j = 0, 1, \dots, n.$$

Então,

$$\mu_p = \sum_{j=0}^n \frac{E(Y_j) + \sum_{k=1}^m E(Z_{jk})}{(1+i)^j} \quad (15)$$

e com variância dada por:

$$\sigma^2_P = \sum_{j=0}^n \frac{V [Y_j]}{(1+i)^{2j}} + \sum_{k=1}^m \left(\sum_{j=0}^n \frac{\sqrt{V [X_{jk}]}}{(1+i)^j} \right)^2 \quad (16)$$

Verifica-se da última expressão que se $m = 0$, tem-se o caso de independência entre as variáveis X_j e, se $m = 1$ e $Y_j = 0$, tem-se a correlação perfeita.

A expressão acima, reflete o caso mais geral, dentro das suposições feitas anteriormente. Porém, um caso ainda mais geral, observando as condições de normalidade, seria aquele em que as variáveis aleatórias estivessem situadas entre a completa correlação e a independência.

Porém, o próprio autor (36) sustenta que "ainda não parece realístico esperar que analistas de investimentos desenvolvam estimativas dignas de confiança para covariâncias". Inobstante o argumento, Hillier desenvolveu procedimento para o caso de se trabalhar com covariâncias (38).

4.2.3 Distribuição de Probabilidades da Taxa Interna de Retorno

O procedimento para se obter a distribuição de probabilidades da taxa interna de retorno, consiste em encontrar-se a distribuição do valor presente para vários valores da taxa de juros e, posteriormente, a distribuição acumulada da taxa interna de retorno. Seleciona-se um valor arbitrário da taxa de juros "i", acha-se a distribuição de P. Calcula-se a probabilidade condicional de $P < 0$ para um dado "i", ou seja, é a probabilidade de $r < i$,

então;

$$P_r(r < i) = P_r(P < 0/i) \quad (17)$$

A partir daí o processo é repetitivo; para se obter a distribuição acumulada de "r", repete-se o cálculo para diversos valores de "i".

No caso de confronto de propostas de investimentos mutuamente exclusivas, o procedimento para a obtenção da distribuição de probabilidades do investimento incremental é relativamente simples.

Sejam A, B e C respectivamente, os investimentos com maior valor presente, menor valor presente e investimento incremental. Seja $r(C)$ a taxa interna de retorno do investimento incremental.

Então, os valores presentes obedecem à relação:

$$P(C) = P(A) - P(B) \quad (18)$$

P(C) tem distribuição normal com valor esperado:

$$E \{P(C)\} = E \{P(A)\} - E \{P(B)\} \quad (19)$$

E variância,

$$V \{P(C)\} = V \{P(A)\} - V \{P(B)\} \quad (20)$$

Então,

$$P_r \{r(C) < i\} = P_r \{P(C) < 0/i\} \quad (21)$$

A expressão acima fornece a função distribuição a cumulada de $r(C)$ repetindo-se os cálculos de:

$P_r \{P(C) < 0/i\}$ para diversos valores de i .

4.3 Método da Simulação

O método da simulação proposto por Hertz (32) é conhecido também por "Análise de Risco".

O procedimento para a utilização do método da simulação é relativamente simples e no exemplo formulado as variáveis são independentes entre si, não havendo nenhuma restrição quanto a possibilidade de haver dependência entre elas.

4.3.1 Passos para o Método da Simulação

Para o método da simulação ser utilizado são necessários, em linhas gerais, três passos:

- 1º) estimativa do "intervalo" de valores para cada uma das variáveis que determinam os fluxos de caixa do projeto; por exemplo, preço de venda, quantidade das vendas, etc.. E, para cada variável, levantar valores e associá-las a uma probabilidade de ocorrência;

- 2º) gerar valores aleatórios dentro da distribuição de cada variável e calcular o valor presente ou a taxa interna de retorno;
- 3º) repetir diversas vezes o 2º passo e tabular a distribuição de frequências para o critério que estiver sendo utilizado, seja ele o método do valor presente ou o da taxa interna de retorno.

Então, após a montagem da distribuição de frequências, o "analista" terá à sua disposição um eficiente meio de análise, pois terá conhecimento das probabilidades de ocorrência do valor presente ou da taxa interna de retorno.

4.3.2 Levantamento da Distribuição de Probabilidade

De acordo com o exposto no Capítulo I, o levantamento da distribuição de probabilidades de uma dada variável pode ser feito basicamente de duas formas:

- Estatisticamente: quando existe um grande número de ocorrências anteriores que permitam obter-se uma distribuição com bases históricas e, posteriormente, usá-la para previsões futuras.
- Subjetivamente: quando existem pessoas com grande conhecimento empírico do comportamento das variáveis. Através de assessoramento e discussões com essas pessoas, pode-se montar distribuições de probabilidades para as diversas va

riáveis.

Na apresentação do artigo de Hertz, são feitas estimativas, com base subjetiva, de nove variáveis para um modelo que inclui as seguintes variáveis:

- Tamanho do mercado
- Preço de venda
- Taxa de crescimento do mercado
- Fatia do mercado
- Investimento total
- Vida útil
- Valor residual
- Custos operacionais
- Custos fixos.

As quatro primeiras variáveis são referentes a análise de mercado, enquanto as demais a custos diversos.

Após a definição das variáveis, é feita uma estimativa do valor esperado, média, ou da moda de cada uma delas. Em seguida, é feito o cálculo da taxa interna de retorno. Posteriormente, são feitas duas novas estimativas: "a mais pessimista e a mais otimista"; novamente é feito o cálculo da taxa interna de retorno para essas duas estimativas.

Com as três estimativas, a mais provável, a mais pessimista e a mais otimista, o analista tem condições de calcular a taxa interna de retorno ou o valor presente dos projetos de investimentos em confronto.

A partir daí poder-se-ia primeiramente considerar as variáveis mais sensíveis, ou seja, aquelas que provocam as maiores variações no resultado final para efeitos de análise de risco ou então, partir para a construção das distribuições de probabilidades de todas as variáveis dos fluxos de caixa dentro dos critérios do valor presente ou taxa interna de retorno.

4.4 Comparação e Observações Gerais

Nos itens anteriores, procurou-se apresentar os dois métodos básicos de análise de risco em projetos de investimentos.

Embora, em princípio, sendo a simulação uma técnica numérica utilizada para o estudo de modelos controláveis, tais como sistemas reais industriais, não substitui as técnicas analíticas que fornecem as soluções exatas para um determinado modelo. Porém, no caso de projetos de investimento, a formulação de um modelo analítico seria uma tarefa complexa devido a existência de variáveis do fluxo de caixa cujas distribuições nem sempre são do mesmo tipo. O método analítico apresentado, explora somente o caso onde X_j tem distribuição normal.

Mesmo nesse caso, a equação $P_r \{r < i\} = P_r \{P < 0/i\}$, nem sempre é válida, uma vez que a taxa "r" deverá estar contida no intervalo $-1 \leq i \leq \infty$, para que haja uma justificativa econômica. Sendo "r" uma taxa de juros deverá, também, obedecer ao requisito $-1 \leq r \leq \infty$ (4).

Pelo exposto, conclui-se que existe uma probabilidade de "r" não ser válido. Para que este problema seja solucionado, ou seja, "melhorar" a probabilidade da equação $P_r \{r < i\} = P_r \{P < 0/i\}$

ser "quase" verdadeira seria assumir que todos os X_j tenham pequenas variâncias comparativamente com suas médias, desta forma a probabilidade de X_j ser negativa para $j \geq 1$ é muito pequena.

No caso do estudo das correlações entre as variáveis, o tratamento matemático para o levantamento das distribuições e o cálculo das referidas correlações seria demasiadamente penoso para ser aplicado e entendido pelos analistas e pelos tomadores de decisão.

No método da simulação, a flexibilidade operacional é bem maior, embora exija um cuidado mais acentuado na elaboração das distribuições de probabilidades das variáveis que irão constituir o fluxo de caixa. Essa é a maior dificuldade do método.

Nos artigos pesquisados o tratamento utilizado para a formação das distribuições de probabilidades das variáveis do fluxo de caixa tem sido o de construí-las a partir do conhecimento subjetivo de especialistas, porém não se encontrou um procedimento geral para a obtenção dessas distribuições, o que motivou uma pesquisa adicional que será apresentada no próximo capítulo.

Outro aspecto importante é que na maioria dos artigos pesquisados constatou-se preferência mais acentuada pelo método da simulação com tratamento subjetivo das estimativas das distribuições. Em alguns deles, a forma da distribuição é conhecida (63) (67) ou atribuída, enquanto que em outros a forma da distribuição não obedece às distribuições conhecidas (20) (21) (45).

No método da simulação o tratamento dado às estimativas das dependências ou correlações entre variáveis é mais simples e tem sido utilizado em estudos realizados por empresas e bancos (33) (34) (63). Mesmo a incorporação de modelos econômicos ou econômicos

tricos, tais como curvas de oferta e procura, adapta-se melhor a este método do que ao analítico.

No modelo de Hillier (36) existe uma grande simplificação que reduz a sua adaptabilidade, ou seja, a necessidade de separar os elementos dos fluxos de caixa em dois conjuntos formados por variáveis perfeitamente correlacionadas e variáveis independentes, dificultando a aplicação prática do modelo. Mas a maior dificuldade é sem dúvida quanto ao cômputo das distribuições, além da complexidade da formulação do modelo, especialmente quando um grande número de projetos está sendo considerado.

Dentre os modelos analisados, citam-se os de Canada e Wadsworth (9), Horowitz (39), Wess e Quigley (34) e Bussey e Stevens (6) além de outros estudos práticos (6) (20) (21) (53) (45) (63).

A tendência de utilização dos métodos de análise de risco pela técnica da simulação tem sido maior, embora, eventualmente, os custos computacionais possam ser maiores, além de dificuldades quanto ao cálculo de variâncias e correlações.

Quanto às técnicas de simulação, a de Monte Carlo tem tido maior preferência, basicamente, por sua simplicidade. De modo geral a dificuldade recai na elaboração dos modelos e das distribuições de probabilidades, no método analítico acrescenta-se o tratamento matemático (estatístico).

Ao se utilizar, por exemplo, o método analítico a simplificação maior consiste em adotar um único tipo de distribuição, como a normal, porém dependendo do número de variáveis e de projetos em consideração, os custos de cálculo poderão ser muito elevados em função do tempo que demandaria da parte computacional. Os

cálculos para a elaboração dos fluxos de caixa líquidos de um projeto se resumem em multiplicações entre preços e quantidades, exigindo o trabalho com a computação de produtos de variáveis aleatórias, que tanto podem ser dependentes como independentes. No caso de variáveis dependentes é necessário proceder o cálculo das correlações.

Somente como exemplo, considerem-se x e y duas variáveis aleatórias independentes representando, preços e quantidades, respectivamente. Sejam $E(x) = X$ e $E(y) = Y$, os valores esperados de x e y e sejam $V(x)$ e $V(y)$ as respectivas variâncias. A variância do produto será dada por:

$$V(xy) = X^2 V(x) + Y^2 V(y) + V(x) V(y) \quad (22)$$

No caso do produto de três variáveis aleatórias independentes x , y e z , sendo $E(z) = Z$ e $V(z)$ o valor esperado e a variância de z , ter-se-ia:

$$V(xyz) = (XYZ)^2 \left[\frac{V(x)}{X^2} + \frac{V(y)}{Y^2} + \frac{V(z)}{Z^2} + \frac{V(x) V(y)}{X^2 Y^2} + \frac{V(y) V(z)}{Y^2 Z^2} + \frac{V(x) V(z)}{X^2 Z^2} + \frac{V(x) V(y) V(z)}{X^2 Y^2 Z^2} \right] \quad (23)$$

Se as variáveis do projeto forem aleatórias e não necessariamente independentes, ter-se-ia, exemplificando para duas variáveis x e y , o seguinte cálculo para a variância do produto. Seja:

$$E \{ (\Delta x)^i \Delta(x)^j \} = E_{ij}$$

onde, $\Delta x = x - X$, $E(x) = X$,

$\Delta y = y - Y$ e $E(y) = Y$,

Então:

$$V(xy) = X^2 V(y) + Y^2 V(x) + 2XY E_{11} + 2X E_{12} + \\ + 2Y E_{21} + E_{22} - E_{11}^2 \quad (24)$$

Onde,

$$E_{22} - E_{11}^2 = V(\Delta x \Delta y)$$

Pelo exemplo acima fica caracterizada a complexidade dos cálculos no método analítico, acentuando-se as dificuldades à medida em que as variáveis forem em maior número.

No método da simulação, embora o problema da computação também exista, o cálculo do valor presente e/ou taxa interna de retorno é feito diretamente a partir dos valores gerados aleatoriamente das distribuições de probabilidades de cada variável reduzindo significativamente o tempo para obtenção dos resultados. Ainda que o número de projetos em consideração seja grande, a simulação apresenta-se computacionalmente mais vantajosa que o cálculo analítico.

CAPÍTULO V

5. A OBTENÇÃO DAS DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES

5.1 Introdução

No capítulo anterior foram apresentados os métodos básicos de análise de risco em projetos de investimentos. Procurou-se caracterizar a utilização de um deles considerando as vantagens com relação à aplicação prática. Viu-se que o método da simulação usando, principalmente, a técnica de Monte Carlo, tem sido o mais utilizado e realmente apresenta vantagens com relação ao método analítico.

A sugestão de se utilizar um ou outro método não deve implicar no abandono do estudo de novos métodos e de outras técnicas de análise de risco. O que se tem por objetivo é simplesmente sugerir a utilização de um dos métodos tendo em vista o atual estágio das aplicações.

Verificou-se que no método da simulação a determinação da distribuição de probabilidades de cada variável é o principal problema para a sua utilização. Constatou-se, também, que de modo geral os pesquisadores tem preferido o uso de probabilidades subjetivas obtidas a partir do conhecimento de especialistas quanto ao comportamento aleatório das variáveis componentes dos fluxos de caixa. Porém, não foram encontrados, naqueles estudos, procedimentos que permitissem a montagem dessas atribuições o que motivou pesquisas adicionais.

A determinação das distribuições de probabilidades, ante

riormente referidas, deve ser feita de forma a expressar coerente e racionalmente o conhecimento subjetivo (intuitivo ou baseado em experiência efetiva) de um ou mais especialistas sobre o comportamento probabilístico de uma variável aleatória. Então, como se poderia obter o máximo proveito dessas informações? Será que o comportamento de um grupo de estimadores difere de uma única pessoa? Quais os níveis de risco ou conservadorismo assumidos por um grupo de pessoas?

No presente capítulo serão apresentadas formas de obtenção de distribuições de probabilidades de variáveis aleatórias. Não se pretende com isto recomendar a utilização de uma dessas formas, mas apresentá-las e comentá-las. Conforme afirmou-se, na bibliografia pesquisada, referente à análise de risco em projetos de investimentos, não foram encontradas formas de obtê-las. E, em pesquisa adicional, não se localizou um procedimento geral para a obtenção dessas informações baseadas no conhecimento subjetivo.

5.2 Considerações sobre as Principais Distribuições de Probabilidades

5.2.1 A Distribuição Normal

O procedimento que se julga ser o mais simples consiste na suposição de que todas as variáveis aleatórias que representam um fluxo de caixa líquido de um projeto se comportem segundo uma mesma distribuição de probabilidades, como nos modelos de Hillier (36) e Mao (53) em que todas as variáveis são distribuídas normalmente.

Restaria, então, estimar a média e o desvio padrão e a distribuição ficaria perfeitamente conhecida, uma vez que a distribuição normal é definida por:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (25)$$

5.2.2 A Distribuição Beta

A distribuição Beta utilizada na estimativa da duração das atividades de uma rede PERT, é também algumas vezes usada para variáveis de projetos de investimentos (63) (85).

Neste procedimento, o estimador faz três estimativas para cada fluxo de caixa: a mais otimista, a mais pessimista e a mais provável. Estas três estimativas correspondem ao "limite inferior, limite superior e à moda, respectivamente, da distribuição de probabilidades do fluxo de caixa correspondente". Chamando de a, b e m essas três estimativas, a média da distribuição é dada por:

$$\mu_{\beta} = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (26)$$

E a variância é expressa por:

$$\sigma_{\beta}^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 \quad (27)$$

Sendo representada graficamente pela figura 1 da página 50.

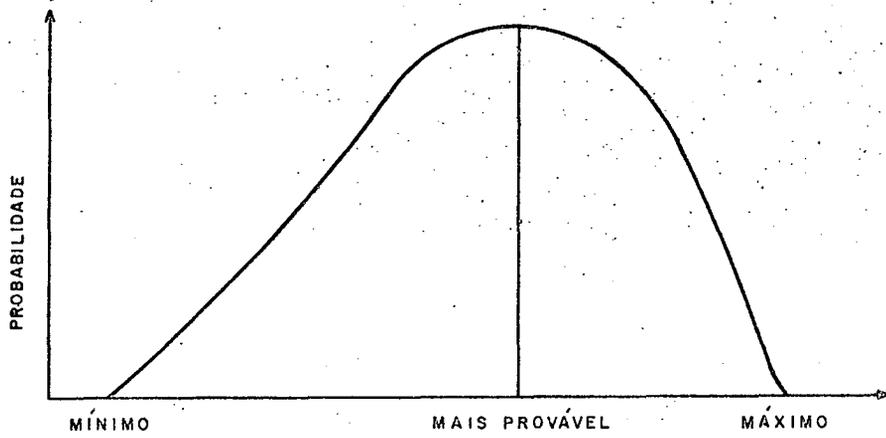


FIG. 1 DISTRIBUIÇÃO BETA

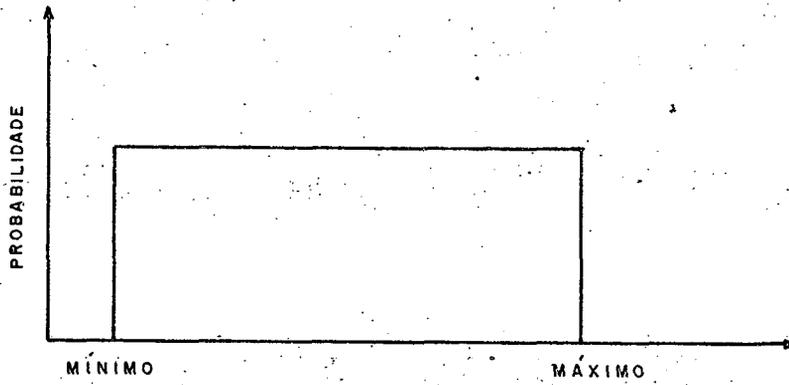


FIG. 2 DISTRIBUIÇÃO UNIFORME

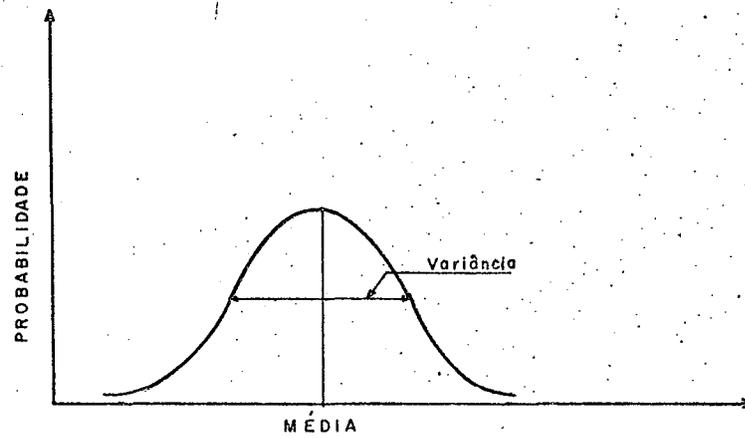


FIG. 3 DISTRIBUIÇÃO NORMAL

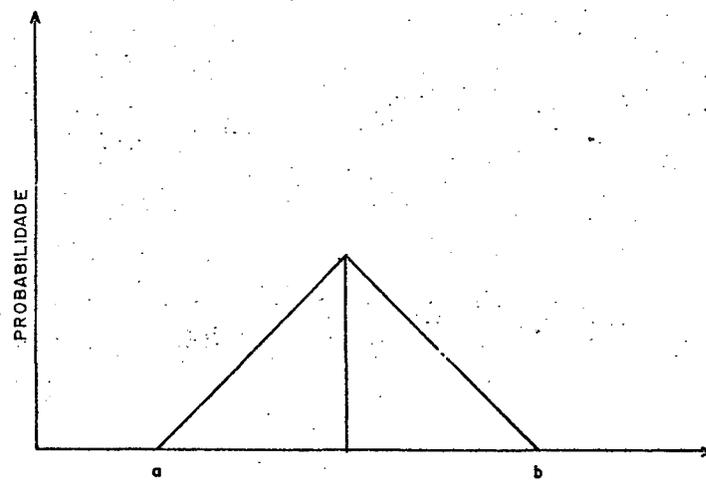


FIG. 4 DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR

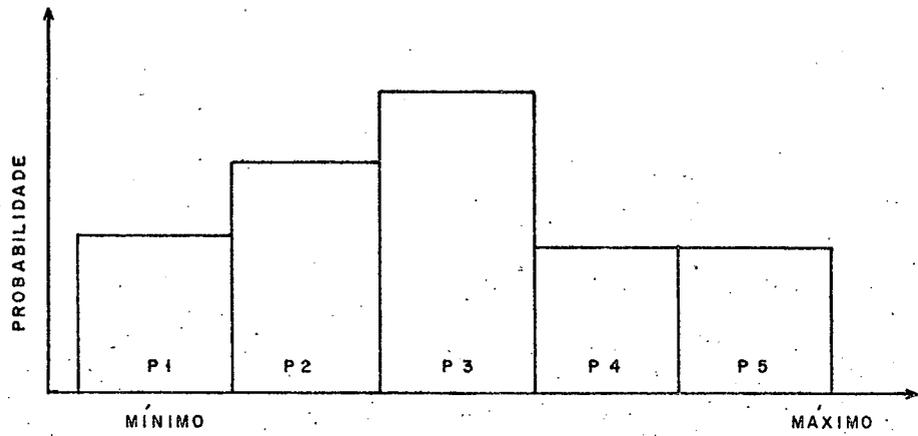


FIG. 5 DISTRIBUIÇÃO STEP RECTANGULAR

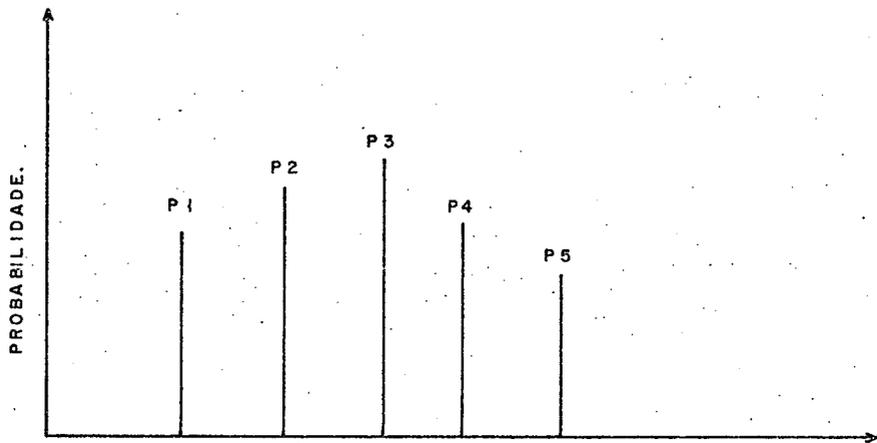


FIG. 6 DISTRIBUIÇÃO DISCRETA

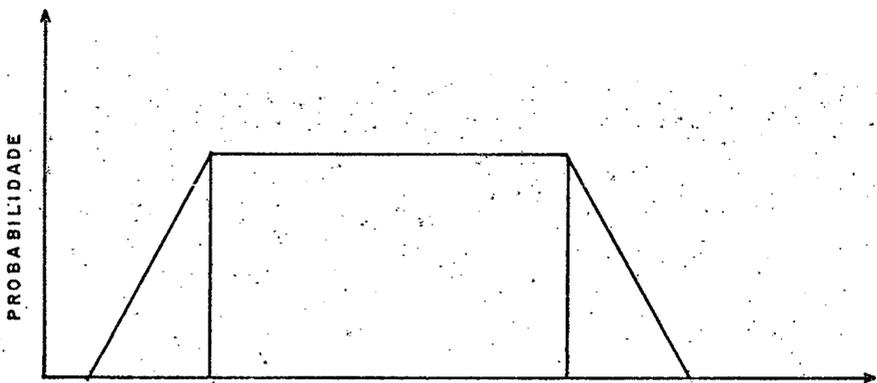


FIG. 7 DISTRIBUIÇÃO TRAPEZOIDAL

5.2.3 Outras Distribuições de Probabilidades

Neste item procurar-se-á definir outras distribuições já consagradas em estatística, as quais apresentam aspectos interessantes para a aplicação em análise de risco.

Das diversas distribuições de probabilidades, com expressão analítica definida, existem algumas, cujas características possibilitam o uso em muitas situações como, por exemplo, a distribuição uniforme. O uso desta distribuição, poderá ser justificado devido às suas características de aleatoriedade. Segundo Leite (47): "A estatística matemática mostra que conhecendo apenas os campos de variação das variáveis, tem-se o grau máximo de desinformação ou incerteza. Por este fato, segundo M.M.W. Chan, pode-se usar um conceito tomado da Termodinâmica e desenvolvido pela Teoria da Informação, o da entropia, para encontrar uma tal distribuição de probabilidades: especificamente, escolhe-se a distribuição de probabilidades que maximiza a entropia; uma medida para a incerteza ou aleatoriedade".

O critério consiste na escolha da distribuição de probabilidades que seja a mais aleatória possível no intervalo dado. Com esse critério determina-se que a melhor distribuição quando o campo de variação é finito, é a uniforme, isto é:

$$F(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{com } a \leq x \leq b \\ 0, & \text{em qualquer outro caso} \end{cases} \quad (28)$$

Por outro lado, se o intervalo for muito grande, com a condição adicional de que o desvio padrão seja finito, ter-

se-ã uma curva normal de distribuição de probabilidades; vista em 5.2.1. (figuras 2 e 3 das páginas 50 e 51).

No estudo de Leite (47), foi considerada ainda uma terceira distribuição, a triangular, definida como:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x < a \\ \frac{2(x - a)}{(b - a)^2} & \text{para } a \leq x \leq a + \frac{b-a}{2} \\ \frac{2(b - x)}{(b - a)^2} & \text{para } a + \frac{b-a}{2} \leq x \leq b \\ 0 & \text{para } x > b \end{cases} \quad (29)$$

Onde "a" e "b" representam os limites do intervalo (ver figura 4 da página 51).

A distribuição triangular é um caso particular da distribuição trapezoidal e reflete, simplesmente, o fato de que o estimador é induzido a atribuir uma menor probabilidade nos extremos do intervalo de variação. Essa é uma forma conveniente uma vez que a probabilidade decresce linearmente de um valor da melhor estimativa para os valores extremos do intervalo.

A distribuição triangular, também foi utilizada para o estudo do risco em projetos de investimentos rodoviários por Pouliquen (63). Nesse estudo, foram utilizadas as distribuições retangular em degraus (step rectangular), discreta, uniforme, beta, trapezoidal e normal, para caracterizar as variáveis aleatórias do projeto. (ver figuras 5, 6 e 7 da página 52).

A caracterização das variáveis aleatórias de um projeto de investimentos através de uma distribuição de forma co

nhecida, facilita a simulação do modelo.

De modo geral, supõe-se que cada variável comporta-se segundo algum tipo conhecido de distribuição.

No entender do autor da presente dissertação, o argumento acima é válido, porém viu-se que é praticamente impossível obter a verdadeira distribuição de probabilidades de cada variável. O objetivo da análise de risco não é encontrar a distribuição exata, mas sim aquela que represente o melhor julgamento do estimador. Desta forma, não é necessário encontrar a distribuição analiticamente definida e "verdadeira" de cada uma das variáveis que compõem os fluxos de caixa.

5.3 Determinação de Distribuições de Probabilidades Baseadas em Conhecimento Subjetivo

5.3.1 Estimativa por Intervalos

O procedimento para a determinação de uma distribuição de probabilidades por intervalos, consiste no assessoramento direto ao estimador de forma a se reduzir gradativamente os intervalos com as probabilidades associadas; ou seja, através de rodadas sucessivas de debates procurando concentrar as respostas dentro de parâmetros consistentes.

O "expert" é solicitado a fazer a estimativa de uma variável, como por exemplo, as vendas de um produto para o próximo ano. Os passos a serem seguidos poderiam ser os seguintes:

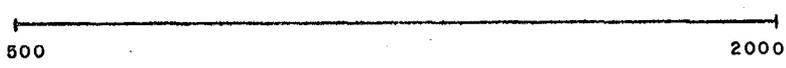


FIG. (A)



FIG. (B)

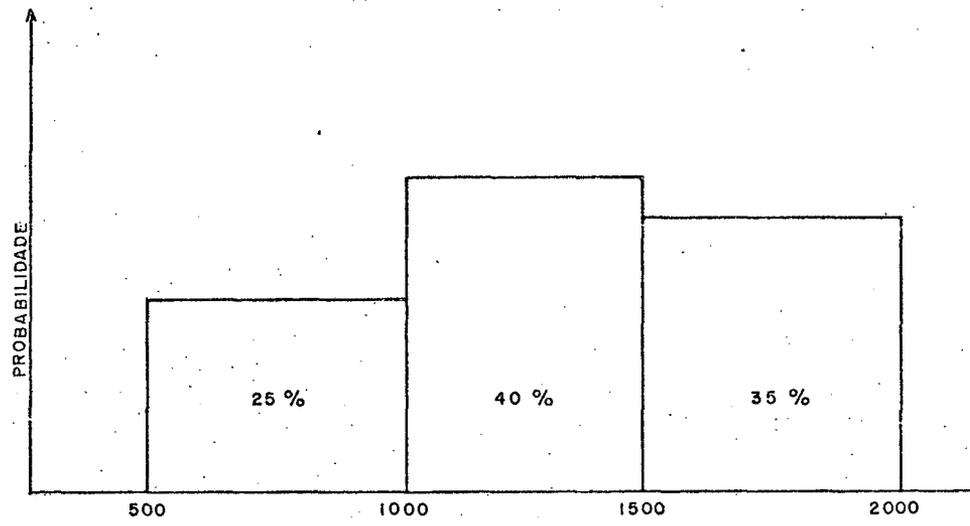


FIG. (C)

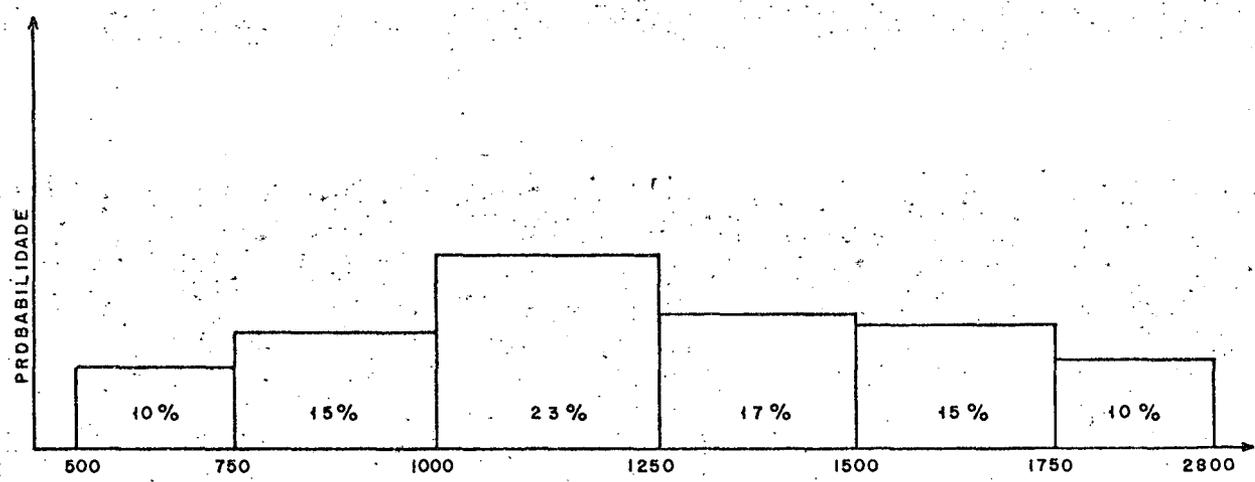


FIG. (D)

- a) estimar o menor e o maior valor possível das vendas para o próximo ano (figura A);
- b) colocar os valores—"menor e maior" numa escala horizontal e dividi-la em tanto intervalos quanto o bom senso e as condições permitirem, por exemplo, três intervalos (figura B);
- c) obter a estimativa da probabilidade de ocorrência para cada intervalo (figura C);
- d) fracionar o intervalo e, novamente, estimar as possibilidades de ocorrência (figura D); e,
- e) ajustar e adaptar as probabilidades associadas aos intervalos até se chegar a níveis de confiança e consistência aceitáveis.

Nos estudos de risco feitos por Pouliquen (63) e Reutlinger (67) encontram-se exemplos de aplicação do procedimento acima descrito.

5.3.2 Estimativas de Parâmetros de uma Distribuição de Probabilidades

A estimativa dos parâmetros que definem uma distribuição de probabilidade contínua tem sido utilizada com relativo êxito, em análise de risco de projetos de investimentos (45).

O procedimento para a determinação de uma distribuição de probabilidade contínua depende da quantidade e da disponibilidade de dados. Uma vez resolvida essa dificuldade seguem os seguintes passos:

- a) estimar o valor mais alto possível, ou seja a-

quele cuja probabilidade de ser ultrapassado não exceda a, no máximo, 1%.

- b) o valor mais baixo possível, ou seja, aquele que, em média, será ultrapassado em 99% das vezes;
- c) a moda, ou a probabilidade do valor mais provável de ocorrência da variável ser ultrapassado; é a probabilidade de outros valores serem maiores ou menores do que o valor mais provável;
- d) estimativa da mediana ou do valor médio do conjunto ordenado dos valores ou a média aritmética dos valores centrais;
- e) a probabilidade de ocorrer um valor menor do que o valor médio entre o menor valor possível e a moda, isto é, $F\left(\frac{\text{moda} - \text{min}}{2}\right)$, onde F é a função de distribuição acumulada; e
- f) a probabilidade de ocorrer um valor maior do que o valor médio entre o maior valor possível e a moda, ou a probabilidade de ocorrer um valor maior do que $\left(\frac{\text{max} - \text{moda}}{2}\right)$, que é igual a $1 - F\left(\frac{\text{max} - \text{moda}}{2}\right)$.

A explicação lógica sobre o apresentado acima reside no fato de que o maior e o menor valor estimado delimitam o domínio da variável aleatória representativa do fluxo de caixa e, portanto, para a distribuição de probabilidades.

A moda ou o valor que ocorre com maior frequência, informa o ponto de máximo da curva da distribuição. A mediana,

quando utilizada em conjunto com a moda, indica a grande assimetria da curva em relação ao centro da distribuição.

A probabilidade de um valor ser menor ou maior do que a moda, auxilia na determinação do grau de assimetria e os valores restantes servem de informação sobre a medida de assimetria da distribuição.

5.3.3 O Método Delphi

O método Delphi, desenvolvido pela RAND Corporation sob o nome de Projeto DELPHI, tem por objetivo obter o melhor consenso das opiniões de um grupo de técnicos (7) (20).

O método consiste na obtenção do consenso através de aplicações de baterias de questionários intercaladas com o controle do retorno das opiniões, ou seja, quanto ao consenso sobre as probabilidades de ocorrência de uma ou de um conjunto de variáveis aleatórias.

Este procedimento apresenta três características importantes: anonimato, realimentação controlada e uma resposta estatística do grupo.

A seguir apresenta-se uma versão sintética do método.

A primeira etapa do processo consiste na reunião do maior número de informações sobre o assunto.

Em seguida, a definição dos objetivos, montagem dos questionários e a escolha do grupo.

Os questionários contendo, além das perguntas, as

condições para as respostas, são distribuídos ao grupo. Cada respondente pode reunir as informações que achar necessário.

Os questionários são devolvidos ao "controle" o qual, após análise das informações, distribui uma nova rodada de questionários, onde são solicitadas respostas sobre o intervalo de confiança que cada um atribui as suas estimativas. Exemplo: 10%, 50% e 90%.

Os questionários voltam ao "controle". São analisadas as respostas e, através de um novo questionário, acrescentando mais informações, incluindo determinadas correlações, é feita uma nova rodada.

Enfim, são feitas tantas rodadas quantas forem necessárias até se chegar a um consenso "controlado e corrigido" das opiniões em termos de valores e, conforme o caso, das probabilidades de ocorrência.

Este método, para análise de investimentos, ou seja, para a montagem dos fluxos de caixa de um projeto, pode ser utilizado sem maiores problemas. Sugere-se que seja tema a ser desenvolvido em outra dissertação.

5.4 Outras Formas de Estimativas Subjetivas

Conforme observado anteriormente, a tendência de se utilizar estimativas subjetivas, em análise de risco, é muito grande. Os motivos podem ser divididos em dois:

- a) melhor estimativa das variáveis;
- b) facilidade do método da simulação.

É importante frisar que as estimativas podem ser feitas basicamente de duas formas: com base no conhecimento de um especialista ou através de um grupo de especialistas. Tanto de uma quanto de outra forma, deve haver coerência e consistência.

Experiências realizadas por Winkler (90) e Wallach (87) mostram que um grupo, comparativamente com um indivíduo, tende a assumir maiores riscos. Porém, o próprio Wallach diz que ainda são necessárias muitas pesquisas para que se possa afirmar com convicção que o grupo tende a tomar decisões com maior risco do que um indivíduo.

Para a análise de risco em projetos de investimentos, o levantamento das distribuições de probabilidades deve refletir uma opinião ou conjunto de opiniões entre "experts". Desta forma, poderia se sugerir um grupo reduzido de pessoas participando de uma reunião para a elaboração das distribuições das variáveis. O tamanho do grupo deverá, também, ser dimensionado de tal forma que possa ser avaliado e apoiado tecnicamente.

Winkler (88), (89) e (90), Eisemberg e Gale (22), Roberts (70), Smith (74), Norton (61) e DeGroot (18) apresentam métodos para a elaboração de estimativas subjetivas tanto para se chegar a uma distribuição de probabilidades para um indivíduo quanto para a formação de um consenso em torno de um grupo no qual cada um dos participantes teria a sua própria distribuição para a variável em questão.

Winkler (90) apresenta algumas sugestões metodológicas para a quantificação de julgamentos. Segundo ele "a teoria personalística da probabilidade, prescreve que uma pessoa deverá usar avaliações pessoais de probabilidades em tomada de decisão e

essas avaliações deverão corresponder aos seus julgamentos".

Em outro estudo Winkler (89) apresenta métodos bayesianos para a obtenção de uma distribuição subjetiva "a priori" e comenta sobre problemas de avaliação que surgem quando uma pessoa tenta expressar uma distribuição de probabilidades "a priori" de forma quantitativa. Os resultados indicaram que é possível se questionar uma pessoa para o levantamento de distribuições subjetivas "a priori", embora dependa de apoio técnico para a obtenção das mesmas.

Winkler (88) apresenta, também, métodos para combinar distribuições fornecidas por especialistas e definir uma única distribuição de probabilidades para uma análise bayesiana formal. Para procedimentos bayesianos, julgamentos quantificados sobre incerteza são indispensáveis para os métodos de decisão e inferência estatística. Se uma pessoa que decide tem pouco conhecimento a respeito de uma variável, ela poderá consultar um grupo de assessores especializados no assunto e obter julgamentos quantificados sob a forma de distribuições subjetivas de probabilidades.

Smith (74) utiliza procedimento desenvolvido por Kendall (41) para classificar um conjunto de objetos de acordo com um determinado critério e medir a qualidade desse critério, como um método para formar distribuições subjetivas em análise de risco de projetos de investimentos.

Esse procedimento adotado por Smith foi criticado, posteriormente, por Morrison (59) e Green (30) em favor dos métodos de Winkler (89) que são, respectivamente, Função de Distribuição Acumulada, Futuras Amostras Hipotéticas, Informação Amostral Equivalente e a Função Densidade de Probabilidade.

A Função de Distribuição Acumulada, consiste na obtenção dos "factiles" por meio de subdivisões sucessivas ou por perguntas diretas e montagem da curva.

Na técnica das Amostras Hipotéticas, o procedimento consiste na consideração dos efeitos da evidência amostral sobre as probabilidades individuais.

A informação Amostral Equivalente busca expressar julgamentos sob a forma de uma amostra equivalente "a priori". A análise é feita utilizando-se o teorema de Bayes.

A Função Densidade de Probabilidade é obtida através das estimativas ou tentativas de determinação dos pontos da mesma através de perguntas diretas aos especialistas sobre as densidades (frequências) relativas e as áreas (probabilidades). Após a determinação dos pontos é feito o ajuste da curva.

Em síntese, é possível obter-se a distribuição subjetiva de probabilidades de um grupo de pessoas a partir de cada pessoa deste grupo. Porém, depende do assessoramento técnico, o qual seria responsável pela orientação dos debates e, também, pela técnica de interrogação, ou seja, da obtenção das estimativas sob a forma de uma distribuição.

5.5 Exemplos de Obtenção de um Consenso

Winkler (88) propõe dois métodos para a obtenção de um consenso de opiniões entre "k" especialistas, são eles o "Weighted-Average" e o "Natural-Conjugate".

Eisemberg (22) apresenta o "Pari-Mutual-Method" e DeGroot (18), uma variante dos métodos acima.

Como exemplo, abordar-se-á o primeiro, ou seja, o Weighted-Average.

Sejam k especialistas, E_1, E_2, \dots, E_k . Considere-se que cada um deles tenha sua própria distribuição de probabilidades para a estimativa de uma distribuição de parâmetro θ . Sejam, $f_i(\theta)$ a distribuição de E_i , $f(\theta)$ a distribuição final do grupo e D aquele que deseja a obtenção da $f(\theta)$.

O "Weighted-Average Method" parte do princípio de que a soma dos pesos p_i , atribuídos por D aos E_k , é igual a 1 (um) e $f(\theta)$ uma distribuição normal.

Então, a função $f(\theta)$ será dada por,

$$f(\theta) = \sum_{i=1}^k p_i f_i(\theta) \quad (30)$$

Sendo, $p_i \geq 0$ e $\sum_{i=1}^k p_i = 1$.

A função $f(\theta)$ é também chamada de "Opinion Pool" (18).

A dificuldade, conforme se observa, quanto ao uso do método está na escolha dos pesos p_i . Estes pesos representam a qualidade do "expert" segundo o julgamento de D . Por decorrência do próprio método trata-se também de uma séria deficiência de ser solucionada pois, eventualmente, os próprios p_i atribuídos por D , deveriam ser obtidos através de métodos semelhantes o que geraria um "problema sem saída".

Retornando ao método, a qualidade dos p_i poderá ser obtida ou avaliada a partir da experiência de cada especialista do grupo, confianças nas previsões, etc..

São analisados quatro casos:

- a) o mais conservador possível, ou seja, pesos iguais para todos os indivíduos do grupo: $p_i = 1/k$; neste caso os especialistas são ponderados por D como tendo a mesma experiência não havendo, portanto, motivos para que existam grandes diferenças entre eles. Então, $f(\theta)$ será dada pela média dos $f_i(\theta)$:

$$f(\theta) = \sum_{i=1}^k \frac{1}{k} f_i(\theta) \quad (31)$$

- b) pesos proporcionais a uma escala ordenada: os "experts" são avaliados de 1 até k, dependendo da experiência de cada um, onde a mais alta avaliação corresponde ao melhor. São atribuídos pesos $S / \sum_{i=1}^k s_i$, para os E_i .

Exemplificando:

Sejam E_1, E_2, E_3 e E_4 quatro especialistas que formam o grupo que sob a coordenação de D vai fornecer a $f(\theta)$ para determinada variável. No julgamento de D, os especialistas são avaliados na seguinte ordem: E_2, E_4, E_1 e E_3 , com pesos 4, 3, 2 e 1 respectivamente. A $f(\theta)$ seria obtida da seguinte forma:

$$f(\theta) = \frac{4}{10} f_2(\theta) + \frac{3}{10} f_4(\theta) + \frac{2}{10} f_1(\theta) + \frac{1}{10} f_3(\theta) \dots \quad (32)$$

sendo que cada $f_i(\theta)$ é levantado individualmente através de um dos métodos apresentados anteriormente.

c) pesos proporcionais a uma auto-avaliação: cada um dos E_i procura se avaliar dentro de uma escala que varia de 1 até "C". Onde 1 é a mais baixa avaliação e "C" a maior. Atribui-se a cada um E_i um peso proporcional a sua avaliação, tal que a constante de proporcionalidade seja determinada de forma que a soma dos pesos seja igual a 1.

Exemplo: Suponha que os "experts" E_1, E_2, E_3 e E_4 são solicitados para fornecer uma distribuição tendo cada um deles apresentado sua $f_i(\theta)$. Pede-se que cada um faça sua auto-avaliação em relação ao conhecimento da variável em questão: seja a ordem de avaliação a seguinte: 1 o valor mais baixo e 10 o mais alto. Imagine que E_1 se auto-avaleie no nível 4, E_2 no 5, E_3 no 7 e E_4 no 1, então: $4+5+7+1 = 17$, logo,

$$f(\theta) = \frac{4}{17} f_1(\theta) + \frac{5}{17} f_2(\theta) + \frac{7}{17} f_3(\theta) + \frac{1}{17} f_4(\theta) \dots (33)$$

d) pesos com base em alguma comparação entre distribuições previamente obtidas e resultados reais.

O importante na obtenção de um consenso é a participação do grupo e do responsável pela decisão, o qual irá fazer o julgamento final dos pesos; ou seja, eventualmente, pode ser utilizado algum outro critério de ponderação para a determinação do consenso.

5.6 Estimativa da Correlação entre Variáveis

Na determinação das correlações entre as variáveis de um fluxo de caixa, observa-se que a sua importância reside na dependência funcional entre grande número delas. Muitas das variáveis são correlacionadas entre si. Outro ponto a ser observado é o próprio raciocínio intuitivo que o empresário ou "expert" manifesta sobre o comportamento de uma variável, ou seja, é sempre condicionado ao comportamento de uma série de variáveis aleatórias interligadas e interagindo entre si. Então, é necessário que seja formalizado um procedimento para estimar as correlações, principalmente para as variáveis mais sensíveis do projeto.

Hillier (38) e Weagle(85) apresentam a seguinte técnica para a estimativa do coeficiente de correlação $\rho(x_1, x_2)$ entre duas variáveis x_1 e x_2 , com variâncias σ_1^2 e σ_2^2 e comportando-se segundo uma distribuição normal.

Seja a expectância condicional expressa por:

$$E(x_2/x_1) = E(x_2) + \rho_{x_1 x_2} \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \left[x_1 - E(x_1) \right] \right) \quad (34)$$

Padronizando a formula (33) tem-se,

$$E(x_2/x_1) - E(x_2) = \rho_{x_1 x_2} \left[\frac{x_1 - E(x_1)}{\sigma_1} \right] \quad (35)$$

A expressão (34) permite a determinação da correlação entre as variáveis através das estimativas das médias e das probabilidades condicionais.

Ao se utilizar covariâncias ou coeficientes de correlação, no método analítico, cresce ainda mais a dificuldade de aplicação do mesmo (9) (7).

No caso do método da simulação é possível montar-se distribuições conjuntas, ou seja, indicando a dependência entre variáveis de maneira explícita ou implícita. Normalmente, os autores têm dado preferência a estimativas implícitas das correlações, ou seja, não formalmente computadas.

Embora as estimativas das correlações sejam de importância fundamental para uma boa análise, existem dificuldades sérias quanto a determinação das mesmas. Trata-se, portanto, de um desafio a ser desenvolvido e solucionado. A dificuldade de se avaliar subjetivamente correlações entre variáveis decorre da pouca familiaridade com relação ao seu uso. Muitas vezes, as correlações são dificilmente avaliadas, os efeitos que uma variável exerce sobre outra nem sempre são identificáveis como, por exemplo, quando se trata de especificações ou de detalhamentos técnicos de um projeto.

Acredita-se que com estudos detalhados das variáveis de um projeto, e um bom assessoramento técnico, as correlações poderão ser identificados tornando, desta forma, a análise mais realista.

Pouliquen (63) apresenta uma listagem de fatores que poderão servir de guias para a estimativa das correlações entre variáveis de um projeto de investimento, sob condições de risco, analisado pelo método da simulação.

5.7 Considerações Gerais

Dean (14) faz o seguinte comentário a respeito da avaliação das incertezas e riscos na análise financeira de um projeto : "Ajustamentos para incertezas poderão ser considerados como nada mais do que uma adivinhação. Talvez sejam. Mas, mesmo assim, são adivinhações ou estimativas que devem ser feitas explícita ou implicitamente. Falhas na aplicação de ajustamentos probabilísticos não habilitam o administrador a evitar o problema, ele simplesmente transfere o ato de estimar de uma forma, para alguma outra, durante o processo de decisão".

Então, é importante a colocação do julgamento quantitativo e qualitativo para a avaliação do comportamento das variáveis aleatórias que correspondem aos fluxos de caixa de um projeto de investimento. Quanto mais informações, quantificadas e analisadas, considerando às limitações de custo, com base subjetiva ou amostral, melhor será o resultado.

O julgamento subjetivo, determinado sob a forma de distribuições de probabilidades, é de grande valia para o estudo do risco ainda facilitado pela existência de diversos métodos para quantificar esse julgamento.

CAPÍTULO VI

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os métodos de análise de investimentos, é possível selecionar alguns deles, utilizá-los para a seleção de projetos e incorporar uma medida — a distribuição de probabilidades — para a avaliação do risco.

Na pesquisa bibliográfica realizada, os métodos da Taxa Interna de Retorno e do Valor Presente são os que apresentam as condições essenciais para a análise e seleção de investimento. Porém, existem grandes divergências entre os autores, motivando discussões bastante profundas e extensas quanto a definição de qual seria o mais apropriado e, também, em que condições poderiam ser utilizados.

Evidentemente, pelo exposto na presente dissertação, o Método do Valor Presente apresenta vantagens sobre o da Taxa Interna de Retorno. Entretanto, a importância não reside, somente, no fato da aplicação de um método com relação ao outro, mas sim no conhecimento profundo das condições de aplicabilidade de cada método e nas suas vantagens e desvantagens.

Ao se escolher um dos métodos, procurar utilizá-lo de acordo com as limitações já citadas e justificar, não somente a escolha do métodos mas, também, todas as considerações sobre o resultado e a forma como foi aplicado.

Defendemos a idéia de que ambos os métodos são válidos e podem ser utilizados para a análise propostas, observadas as res

trições de cada um.

Para a análise do risco em projetos de investimentos viu-se que existem dois métodos básicos, o analítico e o da simulação. Ou seja, ambos partem das distribuições de probabilidades das diversas variáveis que compõem os fluxos de caixa.

Os métodos tradicionalmente utilizados para consideração de risco, tais como: tempo de recuperação de capital, escolha de uma taxa de juros livre de risco e outros, não passam de simples especulações e, por consequência, não levam a resultados satisfatórios, pois se utilizam de estimativas não probabilísticas.

Quanto a utilização dos métodos, o da simulação apresenta condições mais adequadas com relação a sua operacionalidade. É mais rápido, pois seu uso em computador pode ser facilmente implantado, não exige cálculos demorados e complexos. O método da simulação apresenta, ainda, uma grande vantagem quanto ao emprego de distribuições determinadas a partir do julgamento subjetivo de pessoas ou grupos especializados.

No método analítico verifica-se três grandes limitações: mesma distribuição para todas as variáveis, dificuldade de cálculo e a complexidade quanto ao uso de correlação.

No método da simulação é possível o emprego de distribuições subjetivas, baseadas nos conhecimentos de um ou mais "experts". No método analítico não se pode usar essas distribuições.

Viu-se que existem diversas formas para a determinação das distribuições subjetivas de probabilidades; porém, não foi encontrado nenhum procedimento geral para obtê-las.

A conclusão que se chega é que o conhecimento subjetivo

pode ser levantado e avaliado sob a forma de distribuições de probabilidades contendo um grande volume de informações. Para obtê-las, devem ser considerados os critérios de coerência ou consistência evitando um julgamento tendencioso. Viu-se, também, que existem evidências de que o nível de risco das decisões tende a ser menos conservador à medida em que são analisadas por um grupo de pessoas em contrapartida à um indivíduo.

Finalmente, do estudo realizado, a análise de risco em projetos de investimento pode e deve ser utilizada. Dos métodos analisados, o do Valor Presente, cuja distribuição obtida através da simulação das distribuições dos fluxos de caixa com base em julgamento subjetivos, apresenta-se como o mais adequado.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. ADELSON, R.M. Criteria for capital investment an approach through decision theory. Operational Research Quarterly, 16(1):19-50, 1964.
2. ALCHIAN, A.A. The rate of interest, fischer's rate of return over costs and keynes' internal rate of return. The American Economic Review, 45:938-42, dec.1955.
3. BALDWIN, R.M. How to assess investment proposals. Harvard Business Review, 37:98-104, may/june 1959.
4. BERNHARD, R.M. Discount methods for expenditure evaluation - a classification of their assumptions. The Journal of Industrial Engineering, 13(1):19-27, jan/feb.1962.
5. BIERMAN, Jr.H. & HAUSMAN, W.H. The resolution of investment uncertainty through time. Management Science, 18(12):B-654-62, aug.1972.
6. BUSSEY, L.E. & STEWENS Jr., G.T. Net present value from complex cash flow streams by simulation. AIIE Transactions: 81-9, mar.1971.
7. CANADA, J.R. Intermediate economic analysis for management and engineering. New York, Prentice Hall, 1973.
8. CANADA, J.R. Decision and risk analysis a review and critique. The Journal of Industrial Engineering:37-40, 1972.

9. CANADA, J.R. & WADSWORTH, H.M. Methods for quantifying risk in economic analysis of capital projects. The Journal of Industrial Engineering, 19(1):32-7, jan.1968.
10. CARTER, E.E. What are the risks in the risk analysis? Harvard Business Review, 52:72-82, jul/aug.1972.
11. CLARKE, L.J. Simulation in capital investment decisions. The Journal of Industrial Engineering, 19(10):495-8, oct.1968.
12. CORD, J. A method for allocating funds to investment projects when returns are subject to uncertainty. Management Science, 10(2):335-41, jan.1964.
13. DEAN, J. Measuring the productivity of capital. Harvard Business Review, Capital Investment Series:21-31.
14. DEAN, J. Managerial economics. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1951.
15. DE FARO, C. On the internal rate of return criterion. The Engineering Economist, 19(3):165-94, 1974.
16. DE FARO, C. Cr terios quantitativos para avalia o e sele o de projetos de investimentos. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1971.
17. DE GARMO, P.E. & CANADA, J.R. Engineering economy. 5ed. New York, MacMillan, 1969.
18. DeGROOT, M:H. Reaching a consensus. Journal of the American Statistical Association, 69(345):118-21, mar.1974.

19. DUGUID, A.M. & LASKI, J.G. The financial attractiveness of a project a method of assessing it. Operational Research Quarterly, 15(4):317-28.
20. ECONOMOS, A.M. A financial simulation for risk analysis of a proposed subsidiary. Management Science, 15(12):B-675-82, aug.1968.
21. EILON, S. & FOWKES, T.R. Sampling procedures for risk simulation. Operational Research Quarterly, 24(2):241-52, 1973.
22. EISEMBERG, E. & GALE, D. Consensus of subjective probabilities: The pari - mutuel method. Annals of Mathematical Statistics, 30:165-8, mar.1959.
23. ENGLISH, J.M. New approaches to economic comparison for engineering projects. The Journal of Industrial Engineering, 12(6):375-8, mar/dec.1961.
24. ENGLISH, J.M. Economic comparison of projects incorporating a utility criterion in the rate of return. The Engineering Economist, 11:1-14, 1965.
25. FANNING, J.E. How to improve investment decisions (Keeping Informed). Harvard Business Review. Capital Investment Series:136-42.
26. FLEISCHER, G.A. Two major issues associated with the rate of return method for capital. Allocation: The ranking error and preliminary selection. The Journal of Industrial Engineering, 17(4):202-8.

27. FLEISCHER, G.A. Capital allocation theory - the study of investment decisions. New York, Meredith, 1969.
28. GOODMAN, L.A. On the exact variance of products. The Journal of the American Statistical Association:708-13, dec.1960.
29. GRANT, E.L. & IRESON, W.G. Principles of engineering economy. 5ed. New York, Ronald Press, 1970.
30. GREEN, P.E. Critique of ranking procedures and subjective probability distributions. Management Science, 14(4):B-244-59, dec.1967.
31. HASTIE, K.L. The determination of optimal investment policy. Management Science, 13(12):757-74, aug.1967.
32. HERTZ, D.B. Risk analysis in capital investments. Harvard Business Review, 42:95-106, jan/feb.1964.
33. HESPOS, R.F. & STRASSMANN, P.A. Stochastic decisions trees for the analysis of investment decisions. Management Science, 11(10):B-244-59, aug.1965.
34. HESS, S. & QUIGLEY, H.A. Analysis of risk in investments Using Mont Carlo techniques. Chemical Engineering Progress Symposium Series, 59(42):55-63, 1963.
35. HETRICK, J.C. Mathematical models in Capital Budgeting. Harvard Business Review. Capital Investment Series:112-127.
36. HILLIER, F.S. The derivation of probabilistic information for the evaluation of risk investments. Management Science, 9(3):443-57, 1963.

37. HILLIER, F.S. Supplement to the derivation of probabilistic informations for the evaluation of risk investments. Management Science, 11(3):485-7, 1965.
38. HILLIER, F.S. The evaluation of risk interrelated investments. Amsterdam, North Holland Publishing, 1969.
39. HOROWITZ, I. The plant investment decision revisited. The Journal of Industrial Engineering, 17(8):416-22, 1966.
40. KAPLAN, S. & BARISH, N.N. Decision - making allowing for uncertainty of future investments. Management Science, 13(10):569-77, 1967.
41. KENDALL, M.G. Ranks and Measures. Biometrika, 49(1/2):133-7, 1962.
42. KENDALL, M.G. & SMITH, B.B. On the method of paired comparisons. Biometrika, 31:324-45, 1940.
43. KING, J.R. Decision analysis by decision tree. Omega: 1(1):79-96, 1973.
44. KIRSHENBAUM, P.S. A resolution of multiple rate of return paradox. The Engineering Economist, 10:11-6, 1964.
45. KLAUSNER, R.F. The evaluation of risk in marine capital investments. The Engineering Economist, 14(4), 1969.
46. KRYANOWSKI, L. Monte Carlo simulation and capital expenditure decisions - A case study. The Engineering Economist, 18(1):31-48, 1972.
47. LEITE, L.A. Incerteza na análise de investimentos rodoviários. Rio de Janeiro, PUC, 1970. (Tese de Mestrado)

48. LERNER, E.M. & RAPPAPORT, A. Limit DCF in Capital Budgeting. Harvard Business Review, 46:133-9, sep/oct.1968.
49. LORIE, J.H. & SAVAGE, L.J. Three Problems in Rationing Capital. The Journal of Business, 28(4):229-39, 1955.
50. MAGEE, J.F. Decision trees for decision making. Harvard Business Review, 42:126-38, jul/aug.1964.
51. MAGEE, J.F. How to use decision trees for capital investments. Harvard Business Review, 42:79-96, sep/oct.1964.
52. MAGYAR, W.B. Economic evaluation of engineering projects. The Engineering Economist, 13(2):67-85.
53. MAO, J.C.T. An E-ST criterion for capital expenditure decisions. Journal of Business Finance, 3(2):20-5, 1971.
54. MAO, J.C.T. The internal rate of return as a ranking criterion. The Engineering Economist, (11):1-13.
55. MAO, J.C.T. An analysis of criteria for investment and financing decisions under certainty a comment. Management Science, 13:289-91, 1966.
56. MATTHEWS, J.B. How to Administer Capital Espending. Harvard Business Review. Capital Investment Series:8-20.
57. McLEAN, J.G. How to evaluate new capital investments. Harvard Business Review, 36:59-69, nov/dec.1958.
58. MERRET, A. & SYKES, A. Calculating the rate of return on capital projects. Journal of Industrial Economics: 98-115, 1960.

59. MORRINSON, D.G. Critique of: ranking procedures and subjective probability distributions. Management Science, 14(4), 1967.
60. NASLUND, B. & WHINSTON, A. A model of multi-period investment under uncertainty. Management Science, 8:184-200, jan.1962.
61. NORTON, J.H. The rate of subjective probability in evaluating new products ventures. Chemical Engineering Progress Symposium Series, 59(42):49-54, 1963.
62. PEGELS, C.C. A comparison of decision criteria for capital investment decisions. The Engineering Economist, 13(4): 211-20, 1967.
63. POULIQUEN, L.Y. Risk analysis in project appraisal. World Bank Staff Occasional Papers Number:11,1972.
64. RAVENSCROFT, E.A. Return on investment: Fit the Method to Your Need. Harvard Business Review. Capital Investment Series. Part.1:60-72.
65. RENSHAW, E. A note on the arithmetic of capital budgeting decisions. The Journal of Business, 30(3):193-204, jul.1957.
66. REUL, R.I. Profitability index for investments. Harvard Business Review, 35:116-32, jul/aug.1957.
67. REUTLINGER, S. Techniques for project appraisal under uncertainty. World Bank Staff Occasional Papers Number: 10,1972.
68. ROBERTS, H.V. Current problems in the economics of capital budgeting. The Journal of Business, 30:12-6, jan.1957.

69. ROBINSON, R. The rate of interest, fisher's rate of return over costs and keynes' internal rate of return: comment. The American Economic Review, 45:938-43, dec.1955.
70. ROBERTS, H.V. Probabilistic prediction. American Statistical Association Journal:50-62, mar.1965.
71. SANDERS, F. On subjective probability forecasting. Journal of Applied Metereology, 2(2):191-201, apr.1963.
72. SAWIER, J. Measurement and prediction, clinical and statistical. Psychological Bulletin, 66(3):178-200, 1966.
73. SCHLAIFER, R. Probability and statistics for business decisions. An introduction to managerial economics under uncertainty. New York, McGraw-Hill, 1959.
74. SMITH, L.H. Ranking-procedures and subjective probability distribution. Management Science, 14(4):B-236-49, dec.1967.
75. SOLOMON, E. The arithmetic of capital budgeting decisions. The Journal of Business, 29:124-9, apr.1956.
76. SOLOMON, Jr.M.B. Uncertainty and effect on capital investment analysis. Management Science, 12(8):334-9, apr.1966.
77. SOPER, C.S. The marginal efficiency of capital: A further note. The Economic Journal:174-7, mar.1959.
78. SWALM, R.O. Utility theory - insights into risk taking. Harvard Business Review, 44:123-6, nov/dec.1966.
79. TEICHROEW, D.; ROBICHEK, A.A. & MONTALBANO, M. An analysis of criteria for investment and financing decisions under certainty. Management Science, 12(3):151-79, nov.1965.

80. TEICHROEW, D.; ROBICHEK, A.A. & MONTALBANO, M. Mathematical analysis of rates of return under uncertainty. Management Science, 11(3):395-403, jan.1965.
81. THOMAS, D.G. Measuring the profitability of investment proposals. Journal of Business Finance, 3(3):58-63, 1971.
82. TILLES, S. Strategies for allocating funds. Harvard Business Review. Capital Investment Series. Part 2:8-16.
83. VAN HORNE, J.C. Capital budgeting under conditions of uncertainty as to project life. The Engineering Economist, 17(3):189-99, 1971.
84. VAN HORNE, J.C. Capital budgeting decisions involving combinations of risky investments. Management Science, 13(2):B-84-92, oct.1966.
85. WAGLE, B. A statistical analysis of risk in investment projects. Operational Research Quarterly, 18(1):13-33.
86. WALKER, R.G. The judgement factor in investment decisions. The Journal of Industrial Engineering, 19(10):495-8.
87. WALLACH, M.; KOGAN, N. & BEM, D.J. Group influence on individual risk taking. Journal of Abnormal and Social Psychology, 65(2):75-86, 1962.
88. WINKLER, R.L. The consensus of subjective probability distributions. Management Science, 15(2):B-61-75, oct.1968.
89. WINKLER, R.L. The assessment of priori distribution in bayesian analysis. American Statistical Association Journal: 776-800, sep.1967.

90. WINKLER, R.L. The quantification of judgement some methodological suggestions. Journal of the American Statistical Association, 62(23):1105-20, dec.1967.
91. WOODS, D.H. Improving estimates that involve uncertainty. Harvard Business Review. Capital Investment:17-24.