
Análise de Risco
na
Avaliação de Investimentos

Bertolo, L.A.

ABSTRACT

Este *texto* foi preparado com o propósito de apresentar a metodologia e uso da técnica de simulação de Monte Carlo aplicada na avaliação de projetos de investimento para analisar e estimar o risco. A primeira parte deste *texto* destaca a importância da análise de risco na avaliação de investimentos. A segunda parte apresenta os vários estágios da aplicação do processo de análise de risco. A terceira parte examina a interpretação dos resultados gerados pela aplicação da análise de risco incluindo critérios de decisão em investimentos e várias medidas do risco baseadas no conceito de valor esperado. A parte final esboça algumas conclusões a respeito da utilidade e limitações da análise de risco em avaliações de investimentos.

CONTEÚDOS

I. INTRODUÇÃO.....	1
II. O PROCESSO DE ANÁLISE DE RISCO.....	2
O que é análise de risco?	2
Modelo de previsão	3
Risco variáveis	5
Distribuições de Probabilidade.....	7
Definindo incerteza	7
Configurando limites de intervalos.....	7
Probabilidade de alocação	9
Variáveis Correlacionadas	11
O problema da correlação	11
Solução Prática	12
Rodando a Simulação	14
Análise dos resultados	15
III. INTERPRETANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE DE RISCO...	18
Critério de decisão de investimento.....	18
A taxa de desconto e o prêmio de risco.....	18
Critérios de Decisão.....	19
Medidas de risco.....	22
Valor Esperado.....	22
Custo de incerteza.....	23
Índice de perda esperado.....	24
Coefficiente de variação.....	25
Condições de exigibilidades limitadas.....	25
IV. CONCLUSÃO	27

I. INTRODUÇÃO

O propósito da avaliação de investimentos é estimar as chances econômicas de um projeto de investimento proposto. Ela é uma metodologia para se calcular os retornos esperados baseados nas projeções dos fluxos de caixa de muitas variáveis do projeto, frequentemente inter-relacionadas. O risco surge da incerteza envolvendo estas variáveis do projeto. A avaliação do risco do projeto depende, portanto, por um lado da nossa habilidade em identificar e entender a natureza da incerteza envolvendo as principais variáveis do projeto, e por outro lado, em termos das ferramentas e metodologias para processar suas implicações no risco sobre o retorno do projeto.

Incerteza no projeto

A primeira tarefa na avaliação de um projeto é estimar os valores futuros das variáveis do projeto. Geralmente, utilizamos informações a respeito de um evento específico do passado para prever um resultado futuro possível do mesmo ou de um evento similar. A abordagem usualmente empregada na avaliação de investimentos é calcular uma “melhor estimativa” baseada nos dados disponíveis e usá-la como entrada do modelo de avaliação. Estas estimativas de valor único são geralmente a moda¹ (o resultado mais provável), a média, ou uma estimativa conservadora².

Ao selecionar um valor único portanto, um intervalo de outros resultados prováveis para cada variável do projeto (dados que são frequentemente de importância vital às decisões de investimentos, porquanto são ligados aos aspectos de risco do projeto) não são incluídos na análise. Manter valores únicos completos como entradas é implicitamente assumido e que os valores usados na avaliação são certos. O resultado do projeto é, portanto, apresentado também como uma certeza, com nenhuma variância possível, ou margem de erro associada a ele.

Ao reconhecer o fato que os valores projetados não são certos, um relatório de avaliação geralmente suplementado a incluir a análise de cenários e de testes de sensibilidade. A análise de sensibilidade, na sua forma mais simples, envolve variação no valor de uma variável a fim de testar seu impacto no resultado final. É portanto usada para identificar as variáveis altamente sensíveis, as mais importantes do projeto.

A análise de cenário remedia uma das desvantagens da análise de sensibilidade³ permitindo a mudança simultânea dos valores para várias variáveis principais do projeto enquanto se constrói um cenário alternativo para o projeto. Cenários pessimistas e otimistas são geralmente apresentados.

As análises de sensibilidade e cenário compensam em grande extensão as limitações analíticas de ter que ajustar um elenco de possibilidades de números únicos. Entretanto, apesar de úteis, ambos os testes são estáticos e particularmente arbitrários em sua natureza.

Usar as análises de cenário e sensibilidade na análise de risco em avaliação de investimentos, conduz a sua conclusão lógica. A simulação de Monte Carlo adiciona a dimensão da análise dinâmica à avaliação do projeto tornando-se possível construir cenários aleatórios que são consistentes com as hipóteses principais do analista sobre o risco. Uma aplicação de análise de risco utiliza uma riqueza de informação, na forma de dados objetivos ou opinião de especialistas, para descrever quantitativamente a incerteza envolvendo as principais

¹ Mesmo que se use o valor mais provável de cada variável do projeto não significa que o resultado derivado do projeto também será o resultado mais provável (Ver Reutlinger, 1970, páginas 25-26).

² Um valor abaixo da estimativa mais provável para uma variável cujo impacto no fluxo de caixa do projeto é positivo (tal como quantidade vendida) ou um valor acima da estimativa mais provável para uma variável cujo impacto no fluxo de caixa líquido do projeto é negativo (tal como o custo da folha de pagamento).

³ Variar o valor de somente uma variável do projeto pode criar um cenário não realístico porque a variável pode estar correlacionada com outras variáveis de entrada.

variáveis do projeto como distribuições de probabilidade, e calcular de uma maneira consistente seu possível impacto sobre o retorno esperado do projeto.

As saídas de uma análise de risco não são valores únicos mas uma distribuição de probabilidades de todos os retornos esperados possíveis. O investidor prospectivo está, portanto, de posse de um completo perfil risco/retorno do projeto, mostrando todos os resultados possíveis que poderiam resultar da decisão de apostar o seu dinheiro num projeto de investimento particular.

Os programas de computador de análise de risco são meras ferramentas para superar as limitações de processamento que estão contidas nas decisões de investimento a serem tomadas somente com projeções de valores únicos (ou “certeza equivalente”). Uma das razões do porque a análise de risco não fora, até recentemente, aplicada frequentemente é que os micros computadores não eram poderosos o suficiente para manipularem as necessidades demandadas pela simulação de Monte Carlo e porque um modelo de computador sob medida para avaliação de projetos teve que ser desenvolvido para cada caso como parte inseparável da aplicação de análise de risco.

Isto, pelo contrário, foi mais caro e consumia mais tempo, especialmente considerando que ela tivesse sido desenvolvida num *main-frame* ou mini computadores, usando frequentemente linguagens de computação de baixo nível. Entretanto, com o rápido salto atingido na tecnologia dos micros computadores, ambos em hardware e software, agora é possível desenvolver programas de análise de risco, que possam ser aplicados genericamente, e com facilidade, para qualquer modelo de avaliação de investimentos.

A análise de risco não é um substituto da metodologia de análise de investimentos normal mas em vez disto uma ferramenta que eleva a categoria dos seus resultados. Um bom modelo de análise é uma necessidade básica para configurar uma simulação significativa. A análise de risco suporta a decisão de investimento dando ao investidor uma medida da variância associada com a avaliação estimada do retorno do projeto.

Por ser essencialmente uma ferramenta de tomada de decisão, a análise de risco tem muitas aplicações e funções que estendem suas utilidades para além das decisões puras de análise de investimentos. Ela pode também ser desenvolvida num poderoso dispositivo de tomada de decisão no mercado, administração estratégica, economia, orçamento financeiro, administração da produção e muitos outros campos em que as relações estão baseadas em variáveis incertas e são modeladas para facilitar e ganhar conhecimento do processo de tomada de decisão.

II. O PROCESSO DE ANÁLISE DE RISCO

O que é análise de risco?

Análise de risco, ou “simulação probabilística” baseada na técnica de simulação de Monte Carlo é a metodologia pela qual a incerteza envolvendo as principais variáveis projetadas num modelo de previsão é processada para estimar o impacto do risco sobre os resultados projetados. É uma técnica pela qual um modelo matemático é submetido a várias simulações, geralmente com a ajuda de um computador. Durante o processo de simulação, cenários sucessivos são construídos usando valores de entrada para as variáveis incertas principais do projeto que foram selecionadas das distribuições de probabilidades de valores múltiplos.

A simulação é controlada de modo que a seleção aleatória dos valores das distribuições de probabilidade especificadas não viole a existência das relações de correlações suspeitas ou conhecidas entre as variáveis do projeto. Os resultados são are coletados e analisados estatisticamente até se chegar a uma distribuição de probabilidade dos resultados potenciais do projeto e estimar várias medidas do risco do projeto.

O processo de análise de risco pode ser desdobrado nos seguintes estágios como mostrado na Figura 1.

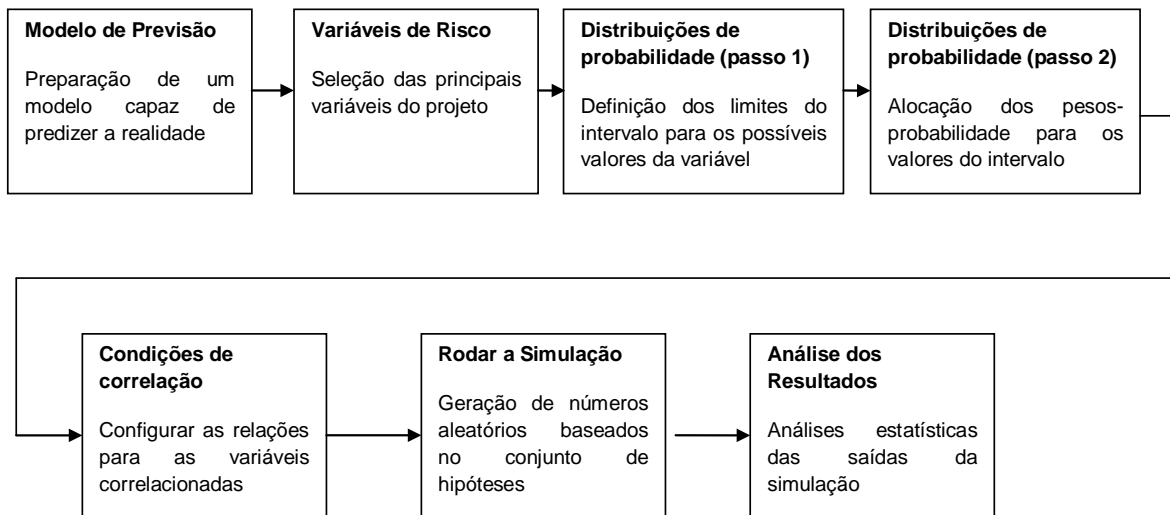
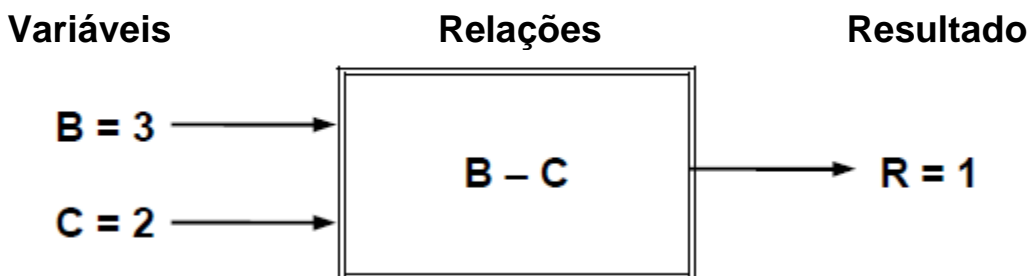


Figura 1 – Processo de análise de risco.

Modelo de Previsão

O primeiro estágio da aplicação de uma análise de risco é simplesmente a exigência de um modelo robusto capaz de prever corretamente se alimentado com os dados corretos. Isto envolve a criação de um modelo de previsão (geralmente usando um computador), que defina as relações matemáticas entre as variáveis numéricas que estão relacionadas à previsão do futuro. É um conjunto de formulas que processam várias das variáveis de entrada para se chegar a um resultado. Um dos modelos mais simples possíveis é uma relação simples entre duas variáveis. Por exemplo, se B=Benefícios e C=Custos, então talvez o modelo de avaliação de investimentos mais simples seja:



Um bom modelo é aquele que inclui todas as variáveis relevantes (e exclui todas aquelas não relevantes) e postula as corretas relações entre elas.

Considere o modelo de previsão da Figura 2 que é uma demonstração de fluxo de caixa muito simples contendo projeções de somente um ano⁴. Ele resulta da fórmula do modelo (o fluxo de caixa líquido) depende de dos valores das outras variáveis, os valores gerados pelas fórmulas e relações entre elas. O modelo é constituído de cinco variáveis e cinco fórmulas.

Note que existem formulas que processam o resultado de outras fórmulas tão bem quanto simples variáveis de entrada (por exemplo a fórmula F4). Estaremos usando este simples modelo de avaliação para ilustrar o processo de análise de risco.

⁴ Um fluxo de caixa de um ano, melhor que uma demonstração de fluxo de caixa completamente projetada, é usado de modo a demonstrar tão simplesmente quanto possível os estágios de uma aplicação de análise de risco. É assumido que o projeto seja arriscado onde não há de antemão investimento de capital ou valores residuais (por exemplo produzir e vender tortas de maçãs num grande evento tal como os Jogos Olímpicos).

Modelo de Previsão

	\$	Variáveis	Fórmulas
Preço de Venda	12	V1	
Volume de Vendas	100	V2	
Entradas de Caixa	1.200		$F1 = V1 \times V2$
Materiais	300		$F2 = V2 \times V4$
Salários	400		$F3 = V2 \times V5$
Despesas	200	V3	
Saídas de Caixa	900		$F4 = F2 + F3 + V3$
Fluxo de Caixa Líquido	300		$F5 = F1 - F4$
Hipóteses Relevantes			
Custo por unidade de Material	3,00	V4	
Salário por unidade	4,00	V5	

Figura 2 – Modelo de Previsão

Variáveis de risco

O segundo estágio exige a seleção das “Variáveis de risco” do modelo. Uma variável de risco é definida como aquele que é crítica à viabilidade do projeto no sentido de que um pequeno desvio do seu valor projetado is ambos, provável e potencialmente, perigoso ao valor do projeto. Para selecionar as variáveis de risco aplicamos as análises de sensibilidade e incerteza.

Análise de sensibilidade é usada nas análises de risco para identificar as variáveis mais importantes num modelo de avaliação de projeto. Ela mede a correspondência do resultado do projeto vis-à-vis a uma variação (geralmente um desvio porcentual fixo) no valor de uma dada variável do projeto.

O problema com a análise de sensibilidade quando ela é aplicada na prática é que não existem regras tão abrangentes nas quais uma variação no valor de uma variável é testada pelo seu impacto no resultado projetado. Por exemplo, um acréscimo de 10% nos custos do trabalho pode ser muito provável ocorrer enquanto um acréscimo de 10% na receita de vendas pode ser muito improvável. O teste de sensibilidade aplicado uniformemente sobre várias variáveis do projeto não leva em conta quão realístico ou não realístico é a variação projetada no valor de uma variável de projeto testada.

Para que a análise de sensibilidade conduza a resultados significativos, o impacto da incerteza deverá ser incorporado no teste. A análise da incerteza é uma realização de algum entendimento do tipo e da magnitude da incerteza envolvendo as variáveis a serem testadas, e usando-os para selecionar as variáveis de risco. Por exemplo, pode ser encontrado que um pequeno desvio no preço de compra de uma dada peça de máquina no ano 0 seja muito significativo ao retorno do projeto. A chance, entretanto, de mesmo tal pequeno desvio acontecer poderá ser extremamente estreita se o fornecedor estiver contratualmente obrigado e limitado por garantias ao fornecedor do preço contratado. O risco associado com esta variável é, portanto, insignificante muito embora o resultado do projeto seja muito sensível a ela. Reciprocamente, uma variável de projeto com alta incerteza poderá não ser incluída na análise probabilística a menos que o seu impacto no resultado do projeto, dentro das margens de incerteza esperado, seja significativo.

A razão para se incluir somente as variáveis mais cruciais numa aplicação de análises de risco é dobrada. Primeiro, quanto maior o número de distribuições de probabilidade empregadas numa simulação randômica, maior a chance de gerar cenários inconsistentes devido a dificuldade nas relações de configuração e monitoramento para variáveis correlacionadas (ver variáveis correlacionadas abaixo).

Segundo, o custo (em termos de tempo e dinheiro) necessário para definir as distribuições de probabilidade e as condições de correlações precisas para muitas variáveis com um pequeno impacto possível nos resultados provavelmente pesa mais do que qualquer outro benefício a ser derivado. Daí então, melhor do que estender a largura das análises para cobrir um grande número de variáveis de projeto, é mais produtivo focar a atenção e recursos disponíveis em adicionar mais profundidade às hipóteses com respeito às poucas variáveis incertas mais sensíveis de um projeto.

No nosso modelo simples de avaliação (Figura 3) identificamos três variáveis de risco. O preço e volume das vendas, porque estes são esperados serem determinados pelas condições de oferta e demanda no momento que o projeto operará, e o custo unitário dos materiais, porque o preço das maçãs, o material principal a ser usado, poderá variar substancialmente e, novamente, depende das condições de mercado no momento da compra. Todas as três variáveis quando testadas dentro de suas respectivas margens de incertezas, encontrou-se afetarem o resultado do projeto significativamente.

Análise de Sensibilidade e Incerteza

	\$	Variáveis de risco
Preço de Venda	12	← V1
Volume de Vendas	100	← V2
Entradas de Caixa	1.200	
Materiais	300	
Salários	400	
Despesas	200	
Saídas de Caixa	900	
Fluxo de Caixa Líquido	300	
<u>Hipóteses Relevantes</u>		
Custo por unidade de Material	3,00	← V4
Salário por unidade	4,00	

Figura 3 – Análises de Sensibilidade e de Incerteza

Distribuições de probabilidades

Definindo incerteza

Embora o futuro seja, por definição, “incerto”, podemos ainda antecipar os resultados dos eventos futuros. Podemos muito precisamente prever, por exemplo, o momento exato de um eclipse solar em alguma parte do mundo, para um dia particular do ano. Podemos fazer isto porque temos colhido milhões de observações do evento que confirmam a precisão da predição. Por outro lado, é muito difícil para nós projetar com grande precisão a taxa de inflação geral do próximo ano ou a taxa de ocupação a ser atingida por um novo hotel projetado no primeiro ano de sua operação.

Existem muitos fatores que governam nossas habilidades para projetarmos precisamente um evento futuro. Estes se relacionam à complexidade do sistema determinando o resultado de uma variável e das fontes de incerteza que ela depende. Nossa habilidade estreitar as margens de incerteza ao projetarmos depende, portanto, do nosso entendimento da natureza e nível de incerteza a respeito da variável em questão e da qualidade e quantidade de informação disponível no momento da avaliação. Frequentemente, tal informação está embutida na experiência da pessoa fazendo a previsão. É muito raramente possível, ou realmente custoso, conduzir análises estatísticas sobre um conjunto de dados objetivos para propósitos de estimar o valor futuro de uma variável usada na avaliação de um projeto⁵.

Ao definir a incerteza que envolve uma dada variável de projeto, devem-se alargar as margens de incerteza para levar em conta a falta de dados suficientes ou erros inerentes contidos na base dados usadas na tomada de decisão. Embora seja quase impossível projetar precisamente o valor real que uma variável possa assumir algumas vezes no futuro, poderá ser bem possível incluir o valor verdadeiro dentro dos limites de uma distribuição de probabilidades suficientemente larga. O analista poderá fazer uso dos dados disponíveis e da

⁵ Onde for possível, a precisão da predição será maior sob as seguintes condições:

- quanto maior a similaridade dos dados usados para a variável a ser projetada
- quanto maior a amostra de dados
- quanto mais baixa variação de valores nos dados usados
- quanto mais curto o período de extrapolação da base dados.

opinião de *experts* para definir um intervalo de valores e probabilidades que sejam capazes de capturar o resultado do futuro evento em questão.

A preparação de uma distribuição de probabilidades para a variável de projeto selecionada envolve a montagem de um intervalo de valores e pesos de probabilidade de alocação para eles. Embora nos referimos a estes dois estágios em sequência, deve ser enfatizado que na prática a definição de uma distribuição de probabilidades é um processo iterativo. Intervalos de valores são especificados tendo em mente um perfil de probabilidade particular, embora a definição de um intervalo de valores para uma variável de risco, frequentemente, influencia a decisão a respeito da alocação das probabilidades.

Configurando os limites do intervalo

O nível de variação possível para cada variável de risco identificada é especificado pela montagem dos limites (valores mínimos e máximos). Assim, um intervalo de valores possíveis para cada variável de risco é definido como aquele conjunto que limita o redor do valor que uma variável de projeto pode assumir.

A definição dos limites do intervalo de valores para as variáveis de projeto pode parecer ser uma tarefa difícil para aqueles que estejam aplicando análise de risco pela primeira vez. Entretanto, ela não será mais difícil que a missão de estimar o melhor valor único. Em avaliações determinísticas, os valores prováveis que uma variável de projeto pode assumir têm ainda de ser considerados, antes de selecionar um para usar como entrada na avaliação.

Então, se uma avaliação pensada da estimativa de valor único, a maior parte dos trabalhos preparatórios para configurar os limites do intervalo para uma distribuição de probabilidades para aquela variável já deve ter sido feita. Na prática, o problema enfrentado na tentativa de definir as distribuições de probabilidade para as análises de risco, subsequentemente à finalização de um cenário caso base, é a realização de que nenhum pensamento e pesquisa suficiente levarão à estimativa do valor único na primeira vez.

Quando os dados estão disponíveis, a definição dos limites do intervalo para as variáveis do projeto é um processo simples de ser feito processando os dados para se chegar a uma distribuição de probabilidades. Por exemplo, olhando para as observações históricas de um evento é possível organizar a informação na forma de uma distribuição de frequências. Isto pode ser derivado agrupando o número de ocorrências de cada resultado aos intervalos de valores consecutivos. A distribuição de probabilidades de tal caso é a distribuição de frequências por si só, com as frequências expressas em termos relativos ao invés de termos absolutos (valores indo de 0 a 1 onde a soma total deve ser igual a 1). Este processo está ilustrado na Figura 4.

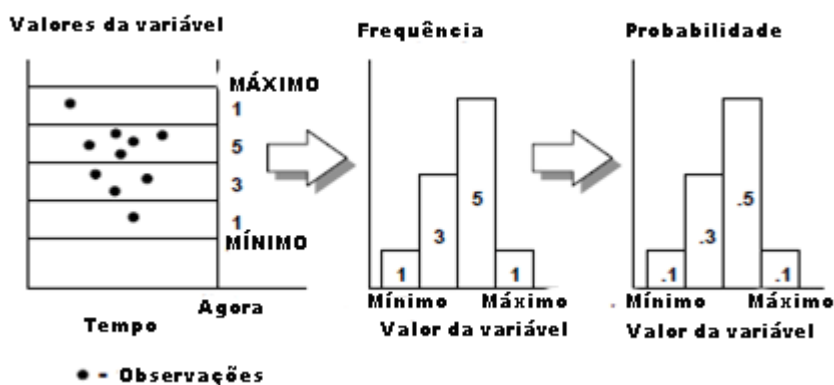


Figura 4 - Da frequência à distribuição de probabilidade

É raramente possível ter, ou se permitir ao custo da compra de informação quantitativa que serão capazes para a definição de intervalo de valores e a alocação dos pesos de probabilidade para uma variável de risco com critérios totalmente objetivos. É usualmente necessário confiar no julgamento e fatores subjetivos para determinar os valores mais prováveis de uma variável na avaliação do projeto. Numa tal situação o método sugerido is inspecionar a opinião dos *experts* (ou na ausência de pessoas *experts* que possam ter algum sentimento inteligível do assunto).

O analista poderá tentar colher respostas à questão “quais são os valores considerados a serem os mais altos e mais baixos possíveis para uma dada variável de risco?”. Se a distribuição de probabilidades a ser anexada ao conjunto dos valores no intervalo (ver probabilidade de alocação abaixo) é aquela que concentra probabilidade em direção aos valores centrais do intervalo (por exemplo a distribuição de probabilidades normal), pode ser melhor optar para os limites mais largos dos intervalos mencionados. Se, por outro lado, a distribuição de probabilidades a ser usada é aquela que aloca probabilidades iguais através dos limites de intervalo considerado (por exemplo, a distribuição de probabilidades uniforme) considerar então um limite de intervalo mais provável ou mesmo mais estreito pode ser mais apropriado.

Na análise final a definição dos limites de intervalo recai num bom julgamento do analista. Ele será capaz de entender e justificar as escolhas feitas. Poderá se tornar aparente, entretanto, que a decisão da definição de um intervalo de valores não seja independente da decisão a respeito da alocação de probabilidade.

Probabilidade de alocação

Cada valor dentro dos limites do intervalo definido tem uma chance igual de ocorrência. As distribuições de probabilidade são usadas para regularem a chance da seleção de valores dentro dos intervalos definidos.

A necessidade de empregar distribuições de probabilidade vem do fato que uma tentativa está sendo feita para projetar um evento futuro, não porque a análise de risco está sendo aplicada. A avaliação de investimento convencional usa um tipo particular de distribuição de probabilidades para todas as variáveis de projeto incluídas no modelo de avaliação. Ela é chamada de distribuição de probabilidade determinística e é aquela que assume todas as probabilidades com um mesmo valor único.

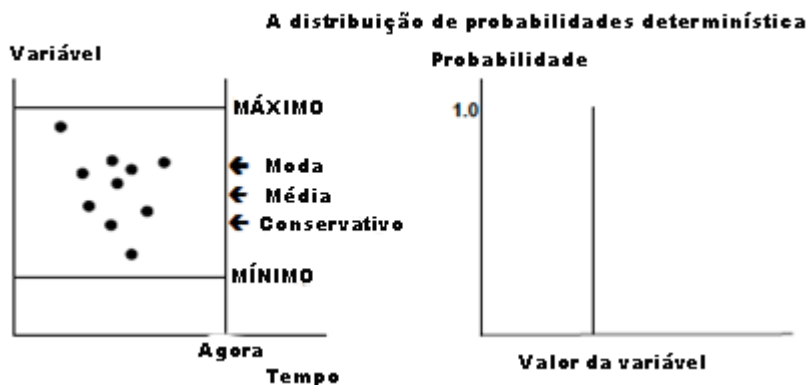


Figura 5 – Projeção dos resultados de um evento futuro: estimativa de valor único

Na avaliação dos dados disponíveis para uma variável de projeto, como ilustrado no exemplo da Figura 5, o analista está restrito a selecionar somente um dentre os muitos resultados possíveis, ou calcular uma medida sumária (seja ela a moda, a média, ou apenas uma estimativa conservativa). A hipótese então que tem que ser feita é aquela em que o valor selecionado é certo de ocorrer (atribuindo uma probabilidade de 1 à melhor estimativa de valor inço escolhida). Desde que esta distribuição de probabilidades tenha somente um resultado, o resultado da avaliação modelo pode ser determinado num único cálculo (ou apenas uma execução da simulação). Daí então, a avaliação convencional de um projeto é algumas vezes referida como análise determinística.

Na aplicação de análises de risco, a informação contida nas distribuições de probabilidade de múltiplos valores é utilizada. O fato de que a análise de risco usa múltiplos valores ao contrário da distribuição de probabilidade determinística para as variáveis de risco ao alimentar o modelo de avaliação com os dados é que distingue a simulação da abordagem determinística (ou convencional) ao se avaliar o projeto. Algumas das distribuições de probabilidade usadas na aplicação de análise de risco estão ilustradas in Figura 6.

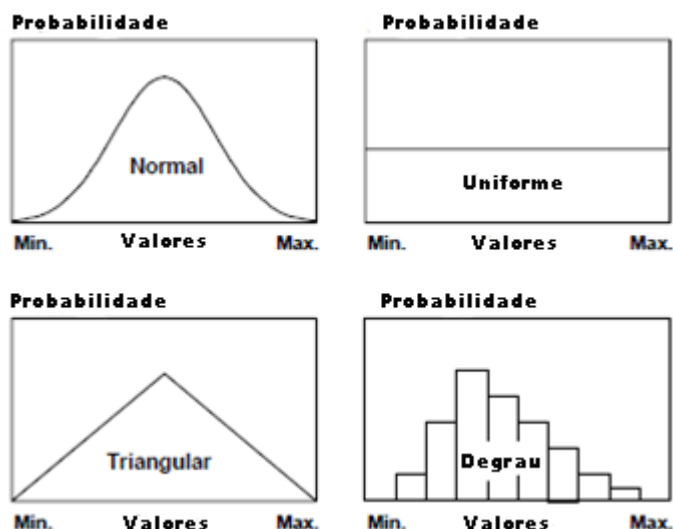


Figura 6 – Distribuições de probabilidade de múltiplos valores

A alocação de pesos de probabilidade aos valores dentro dos limites, mínimo e máximo, do intervalo envolve a seleção de um perfil de distribuição de probabilidades adequado ou anexação específica de pesos de probabilidades aos valores (ou intervalos dentro do intervalo).

As distribuições de probabilidade são usadas para expressarem quantitativamente as crenças e expectativas dos *experts* a respeito do resultado de um evento futuro particular. Pessoas que têm esta expertise estão usualmente numa posição de julgamento que um destes dispositivos expresse melhor seu conhecimento acerca do assunto. Podemos distinguir entre duas categorias básicas de distribuições de probabilidades.

Primeiro, existem vários tipos de distribuições simétricas. Por exemplo, a normal, as distribuições de probabilidade uniforme e triangular, para alocar probabilidade simetricamente através do intervalo definido, mas com grau de concentração variando em direção aos valores médios. Um perfil de variabilidade de muitas variáveis de projeto pode ser usualmente descrito adequadamente através do uso de tal distribuição simétrica. As distribuições simétricas são mais apropriadas em situações em que o resultado final da variável de projeto é provável ser determinada pela influência mutua das forças contrárias igualmente importantes em ambos os lados dos limites definidos de intervalo; como, por exemplo, o preço de um produto quando determinado num ambiente de mercado competitivo (tais como os preços de vendas das tortas de maçãs no nosso exemplo simples).

A segunda categoria de distribuições de probabilidade são as distribuições degrau e assimétricas (oblíquas). Com uma distribuição degrau pode-se definir um intervalo dando a cada uma os seus próprios pesos de probabilidade de uma maneira como degrau (como ilustrado na Figura 6). A distribuição degrau é particularmente útil se a opinião dos *experts* for abundante. É muito sutil em situações onde uma rigidez lateral existir no sistema que determina o resultado da variável de projeto. Tal situação pode surgir onde um valor extremo dentro do intervalo definido é o resultado mais provável⁶.

Variáveis Correlacionadas

Identificar e anexar distribuições de probabilidade apropriadas às variáveis de risco é fundamental numa aplicação de análise de risco. Tendo completado estes dois passos e com a ajuda de um programa de

⁶ Por exemplo, a taxa de inflação projetada de um país para um ano particular pode ser somente 2% com probabilidade muito baixa de cair ainda mais; ainda é considerado muito provável que a taxa de inflação cresça até 7%, se medidas econômicas populares que podem causar pressões inflacionárias na economia.

computador confiável⁷ é tecnicamente possível avançar para o estágio de simulação no qual o computador constrói vários cenários do projeto baseados na simulação randômica valores de entrada gerados de distribuições de probabilidade especificadas (ver rodar Simulação abaixo). Entretanto, prosseguir imediatamente a uma simulação seria correto somente se nenhuma correlação significativa existisse entre quaisquer das variáveis de risco selecionadas.

O problema da correlação

Duas ou mais variáveis são ditas estarem correlacionadas se elas tenderem a variarem juntas de uma maneira simétrica. Não é incomum ter tais relações num conjunto de variáveis de risco. Por exemplo, os níveis dos custos operacionais que em larga extensão monitorariam os preços de venda, ou os preços de um produto, usualmente se esperariam ter um efeito inverso no volume das vendas. A natureza precisa de tais relações é frequentemente desconhecida, e pode não ser especificada com grande quantidade de precisão quando for simplesmente uma conjectura do que pode acontecer no futuro.

A existência de variáveis correlacionadas entre as variáveis de risco do projeto podem, entretanto, distorcer os resultados da análise de risco. A razão para isto é que a seleção de valores de entrada das distribuições de probabilidade anexada a cada variável seja simulação puramente randômica. É, portanto, possível que as entradas resultantes geradas para alguns cenários violem uma relação sistemática que deve existir entre duas ou mais variáveis. Para dar um exemplo, suponha que o preço de mercado e a quantidade sejam ambos incluídos como variáveis de risco numa aplicação de análise de risco. É razoável esperar alguma covariância negativa entre as duas variáveis (isto é, quando o preço for alto é mais provável a quantidade assumir um valor baixo valor e vice versa). Sem restringir a simulação randômica de geração dos valores das correspondentes distribuições de probabilidade definida para as duas variáveis, é quase certo que alguns dos cenários gerados não se ajustem a esta expectativa do analista os quais resultariam em cenários não realísticos onde o preço e a quantidade sejam ambos altos ou ambos baixos.

A existência de vários cenários inconsistentes numa amostra de execução de simulações significa que os resultados da análise de risco estariam em certa forma induzidas ou fora do alvo. Antes de prosseguir ao estágio de execução da simulação, é, portanto, imperativo considerar se tais relações existem entre as variáveis de risco definidas e, onde necessário, fornecer tais restrições ao modelo que a possibilidade de gerar cenários que violem estas correlações seja diminuída. Com efeito, estabelecendo condições de correlação restringe a simulação randômica de seleção de valores para as variáveis correlacionadas de modo que elas estejam confinadas dentro da direção e de limites de suas dependências características esperadas.

Solução prática

Uma maneira de se tratar com um problema de correlação numa aplicação de análise de risco é usar o coeficiente de correlação como uma indicação, ou *proxy*, da relação entre as duas variáveis de risco. O analista portanto indica a direção da relação projetada e na estimativa (frequentemente um palpite razoável) da extensão da associação entre as duas variáveis correlacionadas do projeto. O propósito do exercício é manter o controle do modelo de gerar cenários grosseiramente inconsistentes ao invés de anexar aqueles com alta precisão estatística. É, portanto, suficiente assumir que a relação seja linear e que ela é expressa na fórmula:

$$Y = a + bX + e$$

onde:

Y = Variável dependente

X = Variável independente

⁷ 'RiskMaster' by Master Solutions é um dos tais pacotes de software. É um software suplemento que funciona com o Lotus 1-2-3 e Microsoft Excel para fornecer a capacidade de análise de risco. O programa foi originalmente desenvolvido pelo autor para a Harvard University Program in Investment Appraisal e Management (PIAM) e aplica os conceitos apresentados neste paper.

- a (intercepto = O mínimo valor de Y (se a relação for positiva) ou
= O máximo valor de Y (se a relação for negativa),
- b (inclinação) = $\frac{(\text{Máximo valor de Y} - \text{Mínimo valor de Y})}{(\text{Máximo valor de X} - \text{Mínimo valor de X})}$
- e (fator erro) = distribuição normal de erros independentemente

É importante perceber que o uso do coeficiente de correlação sugerido aqui é simplesmente aquele de um dispositivo pelo qual o analista possa expressar uma relação suspeita entre duas variáveis de risco. A tarefa do programa de computador é tentar aderir, tanto quanto possível, àquelas condições⁸. O objeto da análise de correlação é controlar os valores da variável dependente de modo que uma consistência seja mantida com seu contador de valores da variável independente.

A equação de regressão forma parte da hipótese que regula esta relação durante um processo de simulação. Como mostrado na explicação acima da fórmula, o intercepto e a inclinação, os dois parâmetros de uma regressão linear, são implicitamente definidas no momento que os valores mínimos e máximos possíveis para as duas variáveis correlacionadas sejam especificados. Dadas estas hipóteses o analista somente tem para definir uma polaridade da relação (se é positivo ou negativo) e o coeficiente de correlação (r) que é um valor de 0 até 1⁹.

No nosso exemplo simples uma relação negativa é imposta no modelo. Isto intenciona a conter uma possibilidade de quantidade vendida respondendo positivamente (na mesma direção) a uma variação do preço. Preço (V1) é a variável independente e Volume de vendas (V2) é a variável dependente. As duas variáveis são assumidas serem negativamente correlacionadas por um coeficiente (r) de -0.8. O modelo de simulação completo incluindo as configurações para correlações está ilustrado na Figura 7.




Modelo de Simulação			
\$			
Preço de Venda	X	12	← V1 
Volume de Vendas	Y	100	← V2 
Entradas de Caixa		1.200	
Materiais		300	
Salários		400	
Despesas		200	
Saídas de Caixa		900	
Fluxo de Caixa Líquido		<u>300</u>	
Hipóteses Relevantes			
Custo por unidade de Material		3,00	← V4 
Salário por unidade		4,00	

Figura 7 – Modelo de simulação

O diagrama de dispersão na Figura 8 plota os conjuntos de valores gerados durante a simulação (200 execuções) das nossas duas simples variáveis correlacionadas (Preço de venda e Volume de vendas). O modelo de simulação incluído uma condição para correlação negativa e um coeficiente de correlação de -0.8. Os limites de intervalo de valores possíveis para a variável independente (vendas preço) foram adotados de 8 a

⁸ A análise de correlação é usualmente empregada para analisar um conjunto de dados para facilitar a predição da variável dependente dos valores reais (ou hipotéticos) da variável independente onde a equação de regressão e o coeficiente de correlação são as saídas de tais análises. Na aplicação de análise de risco descrita aqui estas são meramente entradas, embora a saída sejam dados gerados para a variável dependente durante o processo de simulação.

⁹ A aplicação descrita das correlações para uma simulação de Monte Carlo se refere ao método que é empregada pelo autor no 'RiskMaster' para tratar com o problema de correlação.

16 e para a variável dependente (volume de vendas) em 70 até 130¹⁰. Assim, o intercepto e a inclinação da linha de regressão são:

$$a \text{ (intercepto)} = 130$$

$$b \text{ (inclinação)} = \frac{(130-70)}{(16-8)} = -7,5$$

onde :

a é o máximo valor de Y devida a relação ser negativa

b é expresso como um número negativo devido à relação entre as duas variáveis ser negativa.

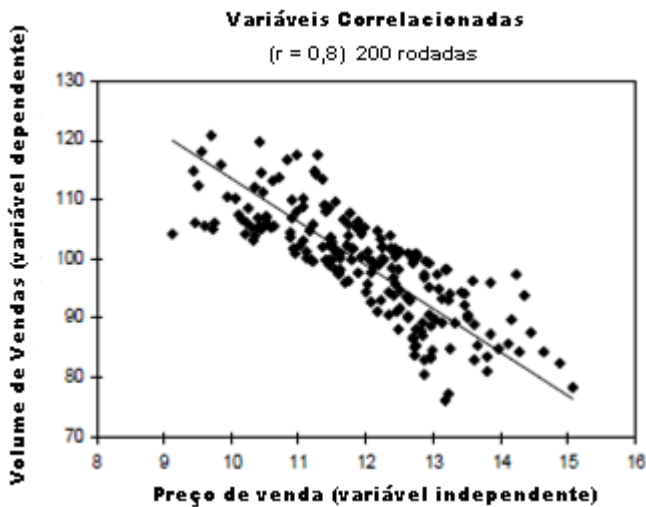


Figura 8 – Diagrama de dispersão

Execução da simulação

O estágio de execução da simulação é a parte do processo da análise de risco em que o computador pega o comando. Uma vez que todas as hipóteses, incluindo as condições de correlação, tenham sido configuradas resta somente processar o modelo repetidamente (cada re-cálculo é uma execução) até os resultados suficientes serem colhidos para comporem uma amostra representativa do número quase infinito de combinações possíveis. Uma amostra de tamanho entre 200 e 500 simulações rodadas poderá ser suficiente para se atingir isto.

Durante uma simulação os valores das “variáveis de risco” são selecionados aleatoriamente dentro de intervalos específicos e de acordo com o conjunto de distribuições de probabilidade e condições de correlação. Os resultados do modelo (que é o valor presente líquido do projeto, a taxa interna de retorno ou no nosso exemplo simples o “Fluxo de Caixa Livre”) são assim calculados e armazenados seguindo cada execução. Isto está ilustrado na Figura 9 em que as execuções da simulação são representadas como quadros sucessivos do modelo. Exceto por coincidência, cada execução gera um resultado diferente porque os valores de entrada para as variáveis de risco são selecionados aleatoriamente das suas distribuições de probabilidade anexadas. O resultado de cada execução é calculado e armazenado para as análises estatísticas (o estágio final da análise de risco).

¹⁰ É assumido que a chance de ocorrência de valores dentro dos limites definidos de intervalo para as duas variáveis é descrito por uma distribuição de probabilidades normal.

Simulação rodada 1




	\$	2		
 ⇒ Preço de Venda	12	\$	3	...etc
 ⇒ Volume de Vendas	100	9	\$	
Entradas de Caixa	1.200	110	11	
Materiais	300	990	102	
Salários	400	440	1.122	
Despesas	200	400	357	
Saídas de Caixa	900	200	400	<u>Resultados</u>
Fluxo de Caixa Líquido	300	1.040	200	300
		-50	957	-50
Hipóteses Relevantes			165	165
 ⇒ Custo por unidade de Material	3,00			...etc
Salário por unidade	4,00			
Salário por unidade		4,00		
Salário por unidade		4,00	3,50	
			4,00	

Figura 9 – Rodando a Simulação

Análise dos resultados

O estágio final no processo de análise de risco é a análise e interpretação dos resultados colhidos durante o estágio de execução da simulação. Cada execução representa a probabilidade de ocorrência igual a:

$$p = \frac{1}{n}$$

onde:

p = probabilidade-peso para uma única rodada

n = tamanho da amostra

Daí então, a probabilidade do resultado do projeto ficar abaixo de certo valor é simplesmente o número de resultados tendo um valor inferior vezes o peso de probabilidade de uma execução¹¹. Classificando os dados em ordem ascendente torna possível plotar uma distribuição de probabilidades acumulada de todos possível resultados. Com isto, pode-se observar o grau de probabilidade que deve ser esperado para o resultado do projeto ficar acima ou abaixo de qualquer valor dado. O risco do projeto é então retratado na posição e forma da distribuição de probabilidades acumulada dos retornos do projeto.

A Figura 10 plota os resultados do nosso exemplo simples seguindo um processo de simulação envolvendo 200 execuções. A probabilidade de se obter uma perda empresa arriscada é somente cerca de 10%.

¹¹ Por exemplo, se 400 execuções forem geradas então a probabilidade-peso é $1/400=0,0025$. Se 100 execuções tiverem um VPL de menos do que 0 então a probabilidade para o VPL negativo é $100 \times 0,0025=25\%$.

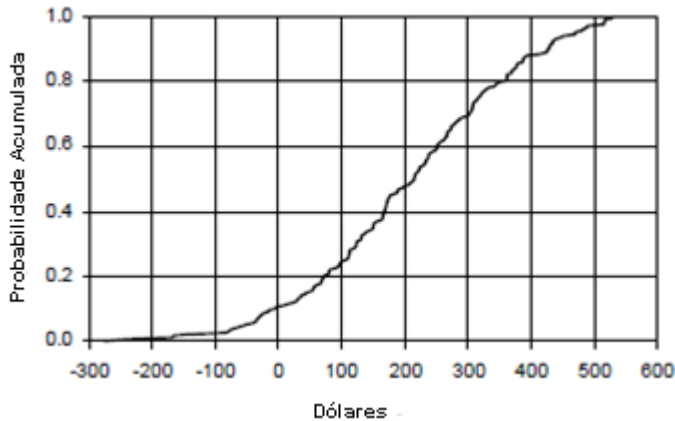


Figura 10 – Distribuições dos resultados (fluxo de caixa líquido)

É útil algumas vezes comparar o perfil de risco de um investimento de várias perspectivas. Na Figura 11 os resultados de análise de risco, mostrando a distribuição de probabilidade acumulada dos valores presentes líquidos para o banqueiro, proprietário e visão econômica de certo projeto, são comparados. A probabilidade de se ter um valor presente líquido abaixo zero para o caso da visão econômica é aproximadamente 0,4, embora aquela do proprietário seja menor que 0,2. Da visão do banqueiro (ou perspective do investimento total) o projeto parece inteiramente seguro quando as três apresentarem cerca de 95% de probabilidade de que gerará um VPL positivo¹².

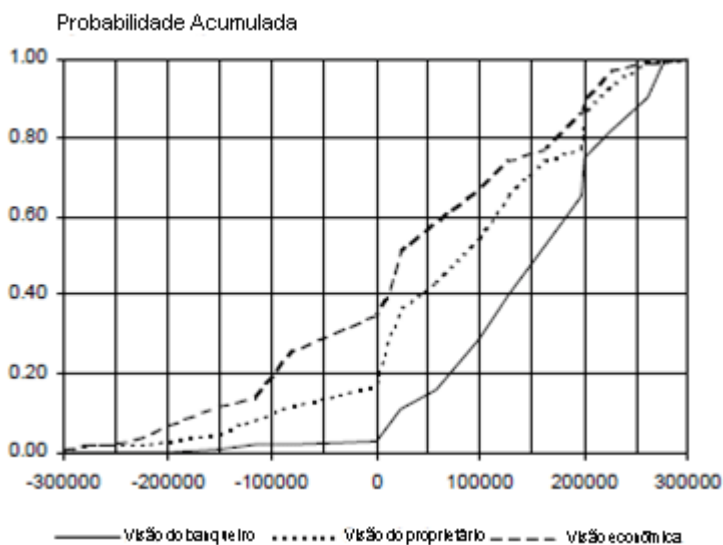


Figura 11 – Distribuição do valor presente líquido (de diferentes perspectivas do projeto)

¹² Um projeto de investimento pode ser avaliado de diferentes pontos de vista. Numa avaliação financeira a principal diferença entre a visão de Banqueiros e Proprietários é aquela que o último inclui os fluxos financeiros do financiamento da dívida (dívidas são tomadas como entradas de caixa e pagamentos dos juros e principal como as saídas de fluxos de caixa). Da perspective da economia usa-se preços econômicos ao invés de preços financeiros ajustados aos impostos e subsídios e excluídos as dívidas porque elas não representam recursos reais. Para uma exposição clara da avaliação do investimento de perspectivas diferentes ver Jenkins e Harberger (1991, páginas.3:10-3:20).

III. INTERPRETANDO OS RESULTADOS DA ANÁLISE DE RISCO

O produto bruto de uma análise de risco é uma série de resultados que são organizados e apresentados na forma de uma distribuição de probabilidades dos resultados possíveis do projeto. Isto por si só é um quadro muito útil do perfil risco/retorno do projeto o qual pode melhorar a decisão de investimento. Entretanto, os resultados da análise de risco aumentam a interpretação algum assunto com relação ao uso do critério do valor presente líquido. Eles podem também tornar possível várias outras medidas de risco que estendem ainda mais a utilidade da análise de risco na avaliação do investimento.

Critério de decisão de investimento

A regra básica de decisão para um projeto avaliação usando valores de certeza equivalente como entradas e descontados a uma taxa ajustada ao risco é simplesmente aceitar ou rejeitar o projeto dependendo de se o seu VPL for positivo ou negativo, respectivamente. Similarmente, quando escolher entre projetos alternativos (mutuamente exclusivos), a regra de decisão é selecionar aquele com o maior VPL, estabelecido que seja positivo. Os critérios de investimentos para uma distribuição de VPLs gerados através da aplicação da análise de risco não são sempre tão claros quanto este. Olhemos para dois assuntos básicos que têm a ver com a análise de risco quando usada em conjunção com o critério VPL; a escolha da taxa de desconto e o uso do critério de decisão.

A taxa de desconto e o prêmio de risco

Numa avaliação determinística do projeto o risco é usualmente contabilizado incluindo um prêmio de risco na taxa de desconto que é usada para a avaliação do projeto. A magnitude deste prêmio de risco é basicamente a diferença entre o retorno usualmente exigido pelos investidores ao incorporarem projetos similares e a taxa livre de risco. A derivação do prêmio de risco, particularmente países com mercados de capitais subdesenvolvidos, é subjetivo e, frequentemente, ao contrário arbitrários. Brealy e Myers (R. Brealy e S. Myers 1991, página 228) arguíram que a taxa de desconto mais apropriada para se usar numa avaliação de projeto sujeita à análises de risco é a taxa de juros livre de risco porque qualquer outra taxa de desconto “pré julgaria [o nível de] risco” de um projeto. Outra escola de pensamento sustenta que a taxa de desconto deverá incluir um prêmio para o risco sistemático (ou de mercado) mas não para o risco não sistemático (ou do projeto).

Não é o propósito deste artigo analisar e discutir as várias escolas de pensamento sobre o assunto. Contudo, o autor acredita que a taxa de desconto mais apropriada é aquela que é usada na avaliação determinística. Com a aplicação da análise de risco e o cuidado de se considerar o componente risco das variáveis principais de um projeto e sua relação, pode ser possível estabelecer uma base mais legítima no que tange a avaliação de risco do projeto. Entretanto, ser capaz de apreciar o nível e o formato do risco envolvido num projeto, por si só, não significa que possamos eliminar ou mesmo reduzir o risco do projeto¹³. Nem isto significa que o projeto se pareça com algo menos (ou mais) arriscado ao mundo exterior. A taxa livre de risco seria, portanto, mais inapropriada porque ela configuraria um padrão para o projeto que está abaixo do normal.

O nível de retorno, ou hurdle, que o projeto exige devolver para ser considerado valioso não varia simplesmente porque, como resultado da análise de risco ou qualquer outra ferramenta, o investidor ganha uma melhor sensibilidade do que constitui o risco do projeto. Enfim, as taxa de desconto não mudam quando as análises de sensibilidade ou cenário forem aplicadas. Análise de risco usando o método de Monte Carlo não é fundamentalmente diferente da análise de cenário. A única diferença é que (baseada nas hipóteses do usuário) o computador, ao invés de o analista, constrói os cenários gerados na análise.

¹³ É possível, obviamente, reduzir o risco através da reformulação do projeto e/ou relocá-lo através o design de contratos especiais entre as várias partes que podem ser capazes de melhor absorverem ou tratarem certo com vários of risco. Realmente, esta é uma das áreas mais promissoras na qual uma ferramenta de análise de risco pode ser de valor tremendo. Ver, por exemplo, Lessard (1988) ou Glenday (1989).

Critério de decisão

Usando a taxa de desconto que leve em conta o risco, critério de decisão de investimento normalmente usado na análise determinística mantém sua validade e comparabilidade. O valor esperado da distribuição de probabilidades dos VPLs (ver Medidas do risco abaixo) gerado usando a mesma taxa de desconto que aquela usada na avaliação convencional é um indicador sumário do valor do projeto que está diretamente comparável (e deverá realmente ser similar) ao VPL figure atingida na avaliação determinística do mesmo projeto. Através do valor esperado da distribuição VPL, portanto, o critério de decisão de avaliação de investimento ainda manterá a sua aplicabilidade.

Entretanto, como a análise de risco apresenta ao tomador de decisão com um aspecto adicional do projeto - o perfil risco/retorno - a decisão de investimento pode ser revisada de acordo. A decisão final é portanto subjetiva e repousa em grande parte nas atitudes do investidor diante do risco.

A regra geral is a escolher o projeto com a distribuição de probabilidades de retorno que melhor se ajuste à sua predisposição pessoal diante do risco. O “amante do risco” muito provavelmente escolherá investir em projetos com retornos relativamente altos, mostrando menos importância ao risco envolvido. O “avesso ao risco” muito provavelmente escolherá investir em projetos com retornos relativamente modestos mas seguros.

Entretanto, assumindo comportamento “racional” metade dos tomadores de decisão deverão seguir casos que deverão ser examinados. Os casos 1, 2 e 3 envolvem um critério de decisão de investir num único projeto. Os casos 4 e 5 relacionam o critério de decisão de se investir procurando entre alternativa de projetos (mutuamente exclusivos).

Em cada caso examinado, ambas as distribuições de probabilidade acumuladas e não acumuladas estão ilustradas para propósitos de comparação. A distribuição de probabilidades acumulada dos retornos de um projeto é mais útil para decisões envolvendo alternativas de projetos embora a distribuição não acumulada seja melhor para indicar a moda da distribuição e para entendimento dos conceitos relacionados ao valor esperado.

Caso 1: O ponto mínimo da distribuição de probabilidade dos retornos do projeto é superior àquele do VPL zero (Figura 12).

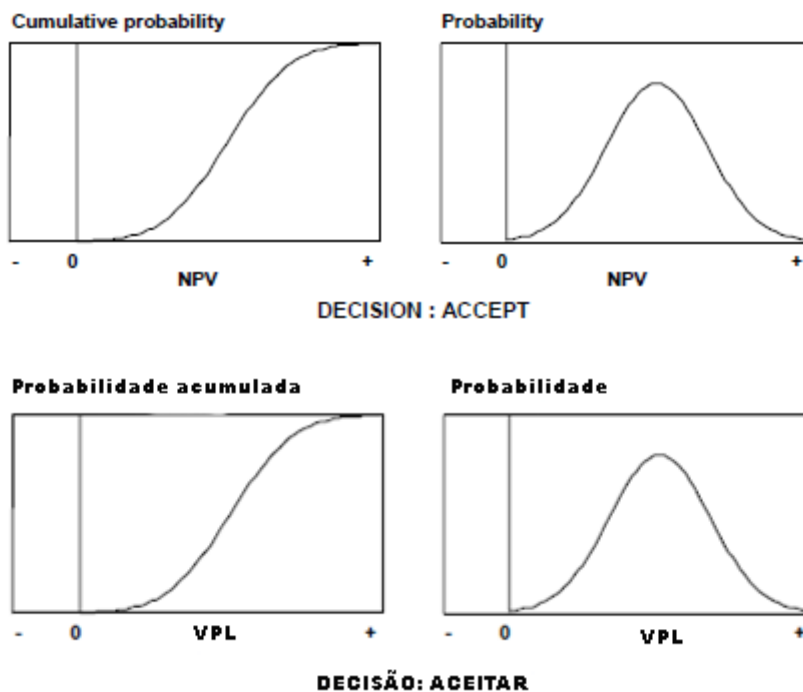
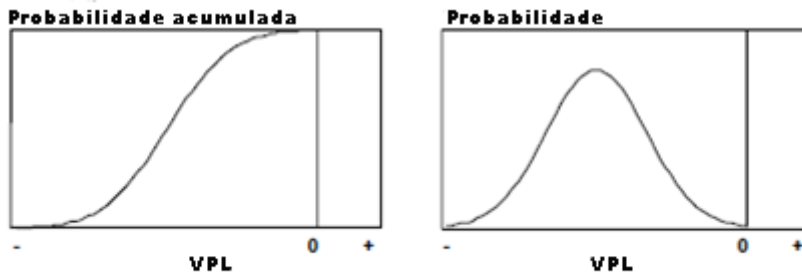


Figura 12 – Caso 1: Probabilidade dos VPL negativos

Como o projeto mostra um VPL positivo mesmo sob “pior” dos cases (i.e. nenhuma probabilidade para retorno negativo) então claramente o projeto deverá ser aceito.

Caso 2: O ponto máximo da distribuição de probabilidades dos retornos do projeto é inferior àquele de VPL zero (Figura 13).

Como projeto mostra um VPL negativo mesmo sob “melhor” dos casos (nenhuma probabilidade para retorno positivo) então claramente o projeto deverá ser rejeitado.

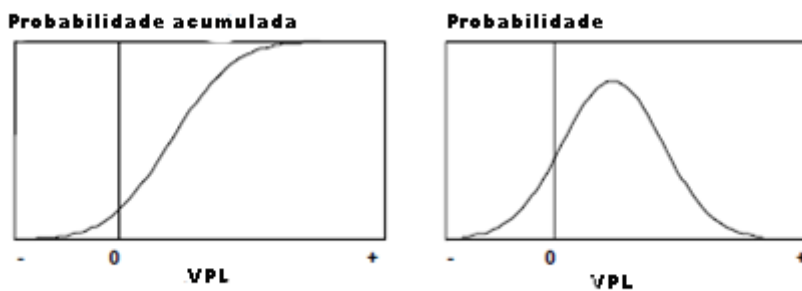


DECISÃO: REJEITAR

Figura 13 – Probabilidade dos VPL positivos

Caso 3: O ponto máximo da distribuição de probabilidades dos retornos do projeto é superior e o ponto mínimo é inferior àquele Valor Presente Líquido zero (a curva intercepta o ponto de VPL zero - Figura 14).

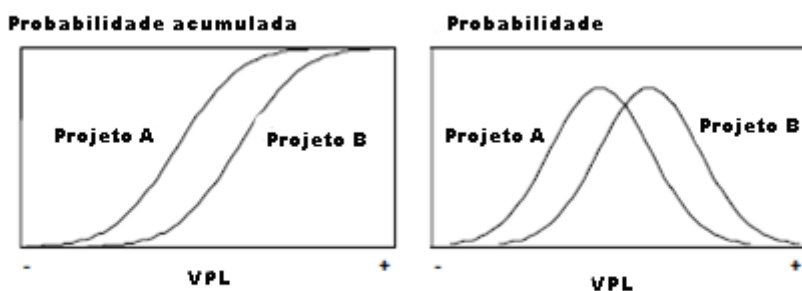
O projeto mostra alguma probabilidade de ser positivo como também alguma probabilidade de ser negativo; portanto a decisão recai na predisposição ao risco do investidor.



DECISÃO: INTERMEDIÁRIA

Figura 14 – Caso 3: Probabilidade do VPL zero ser maior que 0 e menor que 1

Caso 4: Distribuições de probabilidade acumuladas de retornos do projeto não-interceptando para projetos mutuamente exclusivos (Figura 15).



DECISÃO: ESCOLHER O PROJETO B

Figura 15 – Caso 4: Projetos mutuamente exclusivos (dada a mesma probabilidade, um projeto sempre mostra um retorno maior)

Dada a mesma probabilidade, o retorno do projeto B é sempre maior que o retorno do projeto A. Alternativamente, dado um particular retorno, a probabilidade de que ela será atingida ou excedê-la é sempre maior no projeto B do que é no projeto A. Então, podemos deduzir a primeira regra de escolha entre projetos alternativos com análises de risco como:

Regra 1: Se as distribuições de probabilidade acumuladas dos retornos de dois projetos mutuamente exclusivos não interceptarem em qualquer ponto então sempre escolher o projeto cuja curva de distribuição probabilidade estiver mais à direita.

Caso 5: Distribuições de probabilidade acumuladas dos retornos do projeto mutuamente exclusivos interceptando (Figura 16). “Amantes” do risco serão atraídos pela possibilidade de retornos maiores e, portanto estarão inclinados a escolherem o projeto A. “Aversos” ao risco serão atraídos pela possibilidade de perdas inferiores e, portanto, estarão inclinados a escolherem o projeto B.

Regra 2: Se as distribuições de probabilidade acumuladas dos retornos de dois projetos mutuamente exclusivos interceptarem em qualquer ponto então a decisão reside na predisposição ao risco do investidor.

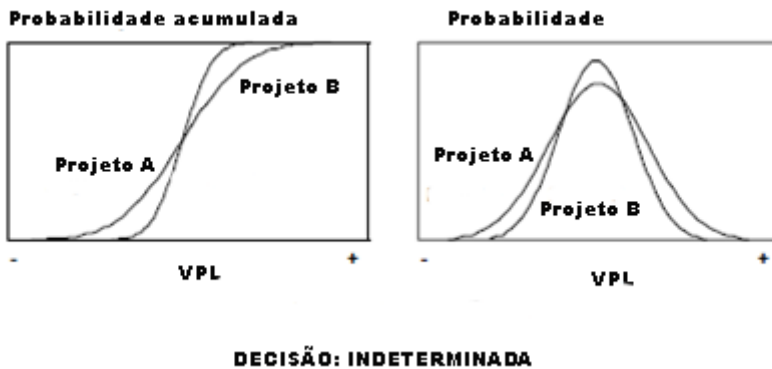


Figura 16 – Caso 5: Projetos mutuamente exclusivos (retornos altos versus baixas perdas)

(Nota: Com não distribuições de probabilidade acumuladas uma intersecção verdadeira é mais duro de detectar porque a probabilidade é representada espacialmente pela área total sob cada curva.)

Medidas do risco

Os resultados de uma aplicação de análises de risco conduzem por si só a análises adicionais e interpretação pelo uso de uma série de medidas que estão baseadas no conceito de valor esperado.

Valor esperado

A estatística, valor esperado, resume a informação contida dentro de uma distribuição de probabilidade. Ela é uma média ponderada dos valores de todos os resultados prováveis. Os pesos são as probabilidades anexadas a cada possível resultado. Na análise de risco quando aplicada num projeto de avaliação, o valor esperado, é a soma dos produtos dos retornos gerados pelo projeto e suas respectivas probabilidades¹⁴. Isto está ilustrado no exemplo simples de um projeto com quatro retornos possíveis e probabilidades:

<u>Retorno</u>		<u>Probabilidade</u>		<u>Valor Esperado</u>
-10	x	0,2	=	-2,0
-5	x	0,3	=	-1,5
10	x	0,4	=	4,0
15	x	0,1	=	1,5
Total				<u>2,0</u>

O valor esperado do projeto acima é 2,0. Isto é derivado multiplicando-se cada retorno pela sua respectiva probabilidade e somando-se os resultados. O total de todos os retornos negativos vezes suas respectivas probabilidades é a perda esperada do projeto. No exemplo acima isto monta -3,5 (que é a soma da “probabilidade ponderada” dos retornos negativos). O total de todos os retornos positivos vezes suas respectivas probabilidades é o ganho esperado do projeto. No exemplo acima isto monta 5,5 (que é a soma das

¹⁴ Se o processo de simulação gerar somente resultados únicos, então os pesos-probabilidade serão os mesmos para todos os resultados possíveis (1 dividido pelo tamanho da amostra - ver Análises dos resultados acima).

"probabilidades ponderadas" dos retornos positivos). O valor esperado é, obviamente, o total dos ganhos esperados e perdas esperadas.

A estatística do valor esperado, agrega num único número todas as informações que está descrita numa distribuição de probabilidades de valores múltiplos. Sendo uma medida sumária é, portanto, somente um grosso indicador do valor de um projeto.

Medidas de risco que empregam os conceitos de valor esperado são: o "custo de incerteza", o "índice perda esperada" e o "coeficiente de variação"; ela é também usada para analisar o risco sob condições de endividamento limitado.

Custo da incerteza

O custo da incerteza, ou o valor da informação como algumas vezes é chamado, é um conceito útil que ajuda determinar a quantia máxima de dinheiro que deveria ser preparada a pagar para se obter informação afim de reduzir a incerteza do projeto. Isto pode ser definido como o valor esperado dos ganhos antecipados possíveis seguindo a decisão rejeitar a projeto, ou o valor esperado das perdas que poderão ser incorridas seguindo a decisão de aceitar um projeto.

O ganho esperado antecipadamente de rejeitar um projeto é ilustrado no diagrama do lado direito da Figura 17 pela soma da possível positivo VPLs ponderados pelas suas respectivas probabilidades. Similarmente, a perda esperada de aceitar um projeto, indicada no diagrama do lado esquerdo, é a soma de todos os possíveis VPLs negativos ponderados pelas suas respectivas probabilidades.

Sendo capaz de estimar os benefícios esperados que são prováveis de resultarem da compra de mais informação, pode-se decidir se é útil adiar a decisão de aceitar ou rejeitar um projeto e procurar informações adicionais ou se tomar a decisão imediatamente. Como uma regra geral poder-se-á adiar a decisão de investimento se a redução possível no custo da incerteza for maior que o custo de conseguir mais informações (incluindo lucros antecipados se o projeto estiver atrasado).

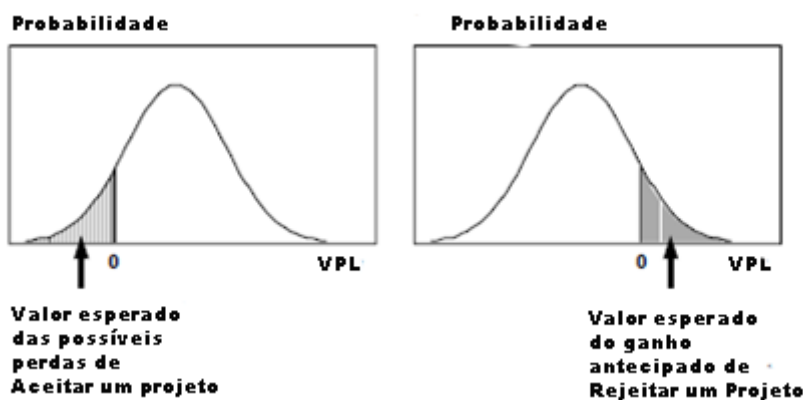


Figura 17 – Custo da incerteza

Índice de perda esperada

O índice de perda esperada (el) é uma medida indicando a magnitude da perda esperada relativa ao VPL esperado completo do projeto. Este é expresso na fórmula do valor absoluto da perda esperada dividido pela soma do ganho esperado e valor absoluto da perda esperada:

$$el = \frac{|Perda Esperada|}{Ganho Esperado + |Perda Esperada|}$$

Ele pode variar de 0, significando nenhuma perda esperada, até 1, que significa nenhum ganho esperado.

Diagramaticamente, isto é a probabilidade do retorno ponderado derivado da área sombreada à esquerda de VPL zero dividido pela probabilidade do retorno ponderado derivado da distribuição total enquanto os retornos negativos são tomados como positivo (ver Figura 18).

A projeto com uma distribuição de probabilidades dos retornos totalmente acima da marca de VPL zero computaria um valor *el* de 0, significando que o projeto não está completamente exposto ao risco. Por outro lado, um projeto com uma distribuição de probabilidades dos retornos completamente abaixo da marca de VPL zero resultaria num *el* de 1, significando que o projeto é totalmente exposto ao risco.

O índice não distingue, portanto, entre níveis de risco se as distribuições forem totalmente positivas ou totalmente negativas. Entretanto, dentro destes dois limites extremos o *índice el* poderá ser uma medida útil para resumir o nível de risco ao qual um projeto pode estar sujeito. No exemplo acima, o índice de perda esperada é $3,5 / (5,5 + 3,5)$ ou cerca de 0,39.

Outros métodos para determinação da exposição ao risco de uma distribuição de probabilidades dos retornos de um projeto são possíveis. Tal medida variaria dependendo de como se define o risco e na ênfase que se coloca nos seus principais componentes. O *índice el* é oferecido como um exemplo de como se pode usar os resultados da análise de risco para avaliar e resumir o risco inerente num projeto. O *índice el* define o risco ser um fator de ambos, a forma e posição, da distribuição de probabilidades dos retornos em relação a marca “cut-off” do VPL zero.

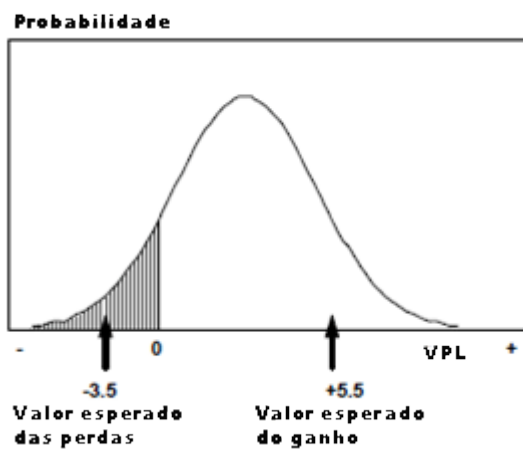


Figura 18 – Índice de perda esperada

Coefficiente de variação

O coeficiente de variação é também uma medida sumária útil do risco do projeto. É o desvio padrão dos retornos do projetado dividido pelo valor esperado. Assumindo um valor esperado positivo, quanto mais baixo for o coeficiente de variação menor será o risco do projeto.

Condições de responsabilidade limitada

A extensão da máxima perda possível sob condições de responsabilidade limitada é usualmente definida pelos contratos legais entre as várias partes envolvidas num projeto. Olhando para o investimento em termos do valor presente do patrimônio líquido dos proprietários não se pode perder mais do que o valor presente do seu capital de patrimônio líquido os proprietários das dívidas podem somente perder o valor presente do seu capital emprestado, os credores o valor presente do crédito estendido, e assim por diante.

Considere a distribuição de probabilidades dos retornos de um projeto como descrita na Figura 19.

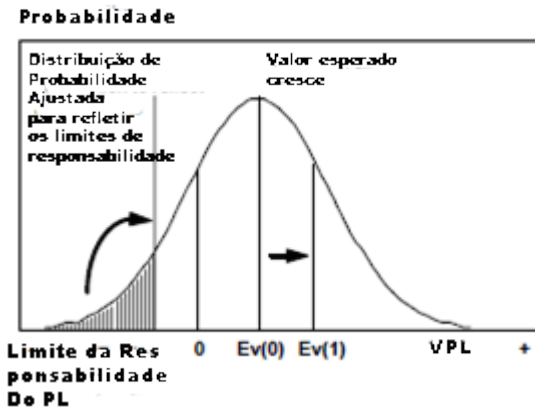


Figura 19 – Risco sob condições de responsabilidade limitada

Do ponto de vista do patrimônio líquido dos proprietários quanto mais a cauda da distribuição, que está distante do seu limite máximo de endividamento como definido pelo valor presente do capital dos proprietários investido no projeto, não é relevante. A probabilidade do projeto para gerar um retorno inferior àquele do máximo limite da responsabilidade é, portanto, reinstalando ao ponto do limite da responsabilidade limitada como mostrado no diagrama. Este ajuste também tem o efeito de erguer o valor esperado do projeto do ponto de vista do patrimônio líquido dos proprietários, de $Ev(0)$ até $Ev(1)$ ¹⁵.

IV. CONCLUSÃO

Análise de risco é uma ferramenta útil que se estende às profundezas da avaliação de projetos e melhora a decisão de investimento. Tendo praticado as técnicas por vários anos o autor pode relatar as seguintes vantagens específicas para a análise de risco:

1. Ela melhora a tomada de decisão sobre projetos marginais. Um projeto cujo VPL de valor único é pequeno pode ainda ser aceitável seguindo a análise de risco fundamentada de que sua chance completa de se atingir um retorno satisfatório são maiores que a probabilidade de se obter uma perda inaceitável. Da mesma forma, um projeto marginalmente positivo poderá ser rejeitado com base de ser excessivamente mais arriscado, ou um com um VPL inferior pode ser preferido a outro com um VPL superior por causa de um melhor perfil risco/retorno.
2. Ela protege novas idéias de projetos e ajuda a identificação de oportunidades de investimentos. Muito frequentemente um novo conceito de projeto formulado que necessita ser desenvolvido numa oportunidade de negócios. Antes de qualquer despesa real ser incorrida, colher informação para que um estudo da completa praticabilidade seja possível aplicar análises de risco ampliando as margens de incerteza para as principais variáveis do projeto para refletir a falta de dados. Um investimento substancial de recursos humanos e financeiros não é incorrido até que os potenciais investidores se convençam de que o perfil risco/retorno preliminar do projeto possa ser aceitável.
3. Ela destaca as áreas do projeto que precisam investigações adicionais e orienta a coleta de informações. Análise de risco pode conter os custos de investigação e campo de trabalho ajudando o melhoramento da precisão de um projeto relacionado às variáveis particulares do projeto. Se o custo de se obter tal informação for superior ao do benefício esperado provável para resultar na compra da informação (ver o Custo da incerteza acima), então a despesa não é justificada.
4. Ela ajuda a reformulação de projetos para se ajustarem às atitudes e exigências do investidor. Um projeto pode ser redesenhado para levar em consideração às predisposições particulares de risco do investidor.

¹⁵ Este tipo de análise deve ser útil em destacar a posição do risco relativo das partes particulares envolvidas num projeto.

5. Ela induz o reexame cuidadoso das estimativas de valores únicos na avaliação determinística. A dificuldade em especificar os limites do intervalo e distribuições de probabilidade para análise de risco frequentemente reside no fato que os valores projetados não são adequadamente pesquisados.

A necessidade de se definir e suportar hipóteses explícitas na aplicação da análise de risco, portanto, força o analista também a revisão crítica e revisar o cenário caso-base.

6. Ela ajuda reduzir as influências no projeto avaliação através da eliminação da necessidade de se lançar mão a estimativas conservativas como um meio de refletir as expectativas de riscos e predisposições do analista.

7. Ela facilita o uso compreensível dos *experts* que geralmente preferem expressar suas expertises em termos de uma distribuição de probabilidades ao invés de ter de comprimir e confinar sua opinião num único valor.

8. Ela conecta o *gap* de comunicação entre o analista e o tomador de decisão. A execução de análise de risco numa avaliação de projeto envolve a coleta de informação que em grande parte reflete o conhecimento adquirido e expertise dos executivos superiores numa organização. Obtendo da pessoa que tem a responsabilidade de aceitar ou rejeitar um projeto concordar com os intervalos e distribuições de probabilidade usados numa análise de risco análises o analista encontra um canal de comunicação inestimável pelo qual os lançamentos principais são identificados e resolvidos. O tomador de decisão por sua vez recebe com prazer suas complicações no processo de análise de risco como ele reconhece fazer um importante papel na administração da decisão que também melhora o seu/sua entendimento completo do método de avaliação.

9. Ela fornece um esquema para a avaliação das estimativas de resultados do projeto. Diferentemente da predição da avaliação determinística que quase sempre é refutado pelo resultado do projeto real, uma abordagem probabilística é uma metodologia que facilita os testes empíricos.

10. Ela fornece a informação necessária básica para facilitar uma alocação mais eficiente e administração do risco entre as várias partes envolvidas num projeto. Uma das várias fontes de risco tiver sido avaliada, o risco do projeto pode ser contratualmente alocado àquelas partes que são mais capazes de sustentá-lo e/ou gerenciá-lo. Além disso, ela é capaz de testar os acordos contratuais possíveis para a venda dos produtos ou a compra das entradas do projeto entre várias partes até uma formulação satisfatória do projeto a ser atingida.

11. Ela torna possível a identificação e medida da liquidez explícita e problemas de reembolso em termos de prazo e probabilidade de que estes devam ocorrer durante a vida do projeto. Isto torna possível se o fluxo de caixa líquido tornar-se importante ou outros indicadores de solvência incluídos num modelo de avaliação de projeto (por exemplo o índice de cobertura dos serviços de dívidas para cada ano) forem monitorados durante o processo de simulação.

Finalmente duas palavras de cautela:

Supervisionar as inter-relações significativas entre as variáveis do projeto que possam distorcer os resultados da análise de risco e conduzir à conclusão equivocada. O analista deverá tomar o devido cuidado em identificar as principais variáveis correlacionadas e adequadamente fornecer o impacto de tais correlações na simulação.

Análise de risco amplia a habilidade preditiva de modelos seguros da realidade. A precisão de suas previsões, portanto, podem somente ser tão boa quanto a capacidade preditiva do modelo empregado.

Referências

H. Bierman e S. Schmidt (1971), "The Capital Budgeting Decision" (McMillan Press, third edition).

R. Brealy e S. Myers (1991), "Principles of Corporate Finance" (McGraw Hill, fourth edition).

Graham Glenday (1989), Monte-Carlo Simulation Techniques in the Valuation of Truncated Distributions in the Context of Project Appraisal (Harvard Institute for International Development).

C. J. Hawkins e D. W. Pearce (1971), "Capital Investment Appraisal" (MacMillan Press).

David B. Hertz (1979), "Risk Analysis in Capital Investment", Harvard Business Review, 57(5), September-October.

David B. Hertz e Howard Thomas (1983), "Risk Analysis e its Applications" (John Wiley and sons).

David B. Hertz e Howard Thomas (1984), "Practical Risk Analysis" (John Wiley e sons).

Glenn Jenkins e Arnold Harberger (1991), "Cost-Benefit Analysis of Investment Decisions" (Harvard Institute for International Development).

Donald R Lessard (1988), "Risk-bearing e the choice of contract forms for oil exploration and Development", The Energy Journal, 5(1).

H. Levy e M. Sarnat (1978), "Capital Investment e Financial Decisions" (Prentice-Hall).

James T.S. Porterfield (1965), "Investment Decisions e Capital Costs" (Prentice-Hall).

Louis Y. Pouliquen (1970), "Risk Analysis in Project Appraisal" World Bank Staff Occasional Papers no.11 (The John Hopkins University Press).

Shlomo Reutlinger (1970), "Techniques for Project Appraisal under Uncertainty", World Bank Staff Occasional Papers no. 10 (The John Hopkins University Press).