

A simulação de Monte Carlo como instrumento para a análise econômico-financeira em investimentos de risco - O caso de uma decisão de investimento na abertura de uma filial para revenda de equipamentos pesados no Estado do Ceará

Erivelton MENESES RODRIGUES (ESTÁCIO-FIC) - erivelton.rodrigues123@hotmail.com

Rosângela Venâncio Nunes (GESLOG-UFC/FATE) - angelnunes@gmail.com

Nayana de Almeida Adriano (FIC) - nayanaadriano@hotmail.com

Resumo:

O mundo globalizado dos negócios, onde o sistema econômico sofre mutações constantes, tem forçado as empresas e seus agentes de decisão buscarem ferramentas matemáticas/estatísticas que apoiem o processo decisório. Neste contexto, o presente artigo objetiva apresentar a aplicabilidade da Simulação de Monte Carlo - SMC na geração de cenários aleatórios com base em premissas estocásticas de forma a imitar um sistema real, permitindo aos agentes de decisão inferências sobre os resultados reais de um projeto de investimento. Utilizou-se um estudo de caso de investimento para abertura de uma filial de revenda de equipamentos pesados no estado do Ceará. As premissas foram definidas em intervalos de valores, a simulação foi feita n vezes necessários para uma afirmação estatística de 95% de confiança, utilizando-se um sistema simulador desenvolvido em Excel e VBA (Visual Basic for Aplicacion). A distribuição de frequência dos resultados gerados pela simulação mostrou seguir uma distribuição normal de probabilidade, sendo possível através da função densidade normal de Gauss o cálculo do risco do investimento e a análise estatística inferencial dos resultados, demonstrando ser, a SMC, importante ferramenta da contabilometria para apoio a tomada de decisão em projetos de investimento.

Palavras-chave: *Decisão, Investimento, Viabilidade, Simulação, Monte Carlo.*

Área temática: *Aplicação de Modelos Quantitativos na Gestão de Custos*

A simulação de Monte Carlo como instrumento para a análise econômico-financeira em investimentos de risco - O caso de uma decisão de investimento na abertura de uma filial para revenda de equipamentos pesados no Estado do Ceará

Resumo

O mundo globalizado dos negócios, onde o sistema econômico sofre mutações constantes, tem forçado as empresas e seus agentes de decisão buscarem ferramentas matemáticas/estatísticas que apoiem o processo decisório. Neste contexto, o presente artigo objetiva apresentar a aplicabilidade da Simulação de Monte Carlo - SMC na geração de cenários aleatórios com base em premissas estocásticas de forma a imitar um sistema real, permitindo aos agentes de decisão inferências sobre os resultados reais de um projeto de investimento. Utilizou-se um estudo de caso de investimento para abertura de uma filial de revenda de equipamentos pesados no estado do Ceará. As premissas foram definidas em intervalos de valores, a simulação fora feita n vezes necessários para uma afirmação estatística de 95% de confiança, utilizando-se um sistema simulador desenvolvido em *Excel* e *VBA (Visual Basic for Aplicacion)*. A distribuição de frequência dos resultados gerados pela simulação mostrou seguir uma distribuição normal de probabilidade, sendo possível através da função densidade normal de Gauss o cálculo do risco do investimento e a análise estatística inferencial dos resultados, demonstrando ser, a SMC, importante ferramenta da contabilometria para apoio a tomada de decisão em projetos de investimento.

Palavras-chave: Decisão, Investimento, Viabilidade, Simulação, Monte Carlo.

Área Temática: Aplicação de Modelos Quantitativos na Gestão de Custos

1 Introdução

Decisão pode ser considerada uma escolha de pelo menos uma entre duas ou mais alternativas possíveis. O processo de escolha da alternativa ou das alternativas pode ser tomado simplesmente pela intuição do decisor ou este se utilizar de sofisticadas técnicas de avaliação qualitativa e ou quantitativa. Para este último, faz-se necessário o uso de ferramentas e modelos matemáticos e estatísticos.

Para Luecke (2007) os “líderes em geral tomam decisões ruins porque não tem todas as informações de que precisam e porque o futuro é cheio de incertezas”.

Este estudo parte da busca para solução do seguinte problema: qual a contribuição da Simulação de Monte Carlo para mensuração e avaliação de risco econômico-financeiro em decisões de investimento quando da existência de incertezas de geração de fluxo de caixa livre futuro? Considerando que a grande maioria das decisões empresariais é tomada em um contexto econômico, envolvendo investimento de capital em ambientes de incertezas e possibilidades, a contabilometria dispõe de técnicas e modelos matemáticos e estatísticos que em conjunto com a tecnologia de informação podem subsidiar decisões que envolvam mensuração de valores futuros de ativos e a rentabilidade sobre os investimentos com base na expectativa de geração de caixa livre futuro. No intuito de atingir seu propósito este artigo tomou os seguintes objetivos específicos:

- Conceituar a Teoria da Decisão e o processo de tomada de decisão;

- Conceituar e apresentar os aspectos históricos e a aplicabilidade da Simulação de Monte Carlo como ferramenta da contabilometria no campo empresarial;
- Conceituar risco e sua mensuração quantitativa.
- Conceituar e analisar o método de avaliação de investimentos pelo fluxo de caixa descontado;
- Apresentar o cálculo e a conceituação da distribuição normal de Gauss e sua aplicação ao processo de estimação de cenários probabilísticos para decisões de investimento;

O processo dinâmico empresarial demanda decisões eficazes para otimizar seus resultados e diminuir os riscos associados às incertezas de alcance do objetivo desejado. Embora o sucesso ou fracasso de uma empresa dependa de muitos fatores diferentes, a habilidade de seus executivos de avaliar e selecionar investimentos lucrativos são, certamente, um elemento-chave.

O presente estudo restringe-se as decisões tomadas pelo *staff* das empresas que naturalmente apresentam impactos mais significativos para a organização, podendo levá-la à liderança de mercado, por exemplo, ou em casos mais extremos, a sua descontinuidade. As decisões de investimentos pelo método de mensuração dos fluxos de caixa livres futuros estão associadas às incertezas e subjetividades das premissas estabelecidas ao projeto de investimento para mensuração desses fluxos de caixa, sendo conseqüentemente seus efeitos refletidos nos resultados reais do empreendimento avaliado.

Sob o ponto de vista metodológico, assumindo a classificação proposta por Silva e Menezes (2001), o trabalho se classifica como de natureza aplicada, em face de sua corrente utilidade em avaliação de investimentos sobre condições de riscos. Outro ponto que corrobora a essa classificação é o fato deste trabalho apresentar a aplicabilidade de seu tema num estudo de caso real e de sucesso. O método utilizado foi o raciocínio dedutivo, haja vista ter sido trabalhado técnicas de simulação e modelos matemáticos que através de premissas estabelecidas ao sistema, foi possível deduzir logicamente uma conclusão. Secundariamente, pode-se classificar como indutivo, refletindo a subjetividade da atribuição das premissas, uma vez que o trabalho abordou estimativas de fluxo de caixa futuro. A experiência e o conhecimento do problema por parte dos agentes de decisão fora incluso no estudo de caso. Quanto à forma a pesquisa é puramente quantitativa já que se tratou de um experimento de associação de valores numéricos as premissas do projeto. Estas, podendo assumir qualquer valor no intervalo lhes atribuído dentro de uma sequência contínua. Quanto aos objetivos, a pesquisa é de nível exploratório, pois teve por finalidade esclarecer conceitos e idéias envolvendo estudos bibliográficos e estudo de caso, referente ao tema em questão. Seguiu-se também por uma análise exploratória dos dados simulados através de modelos matemáticos e procedimentos estatísticos corroborando na conclusão do trabalho. Foi fortalecido pelo estudo de caso em demonstração dos conceitos expostos.

Este artigo apresenta os conceitos da Teoria da Decisão, descreve as características da Simulação de Monte Carlo, em seguida apresenta os conceitos básicos de risco e distribuição de probabilidade normal e os principais aspectos da avaliação de investimento de método de fluxo de caixa descontado. Por fim, é apresentado um estudo de caso para demonstrar uma aplicação real dos conceitos teóricos, seguido das conclusões finais.

2 Referencial teórico

As bases teóricas deste trabalho estão relacionadas com: teoria da decisão, simulação e o Método de Monte Carlo, Conceitos básicos de risco, distribuição de probabilidade normal e avaliação de investimento pelo método de fluxo de caixa descontado.

2.1 Teoria da decisão

Pode-se conceituar decisão como a escolha que alguém realiza, dentre, no mínimo, duas alternativas possíveis, utilizando o meio que julgar ser o melhor disponível para atingir um determinado objetivo, conforme definição proposta por Antunes *et al* (2004).

Gomes (2007) denomina como Teoria da Decisão o estudo dos paradigmas subjacentes à tomada de decisão e seus fundamentos analíticos.

Antunes *et al* (2004) explica que “a Teoria da decisão é entendida como um conjunto de conceitos e técnicas interdisciplinar, que permite estruturar e analisar um problema de maneira lógica e que em face às informações disponíveis permiti a melhor decisão possível.”

Os passos para uma boa decisão, preconizado pelo consenso dos estudiosos da Teoria da Decisão, descritas por Gomes (2007), aqui em resumo, sem perda do conteúdo original, abrange as etapas (não necessariamente na ordem aqui descrita):

1. Ter certeza do verdadeiro problema a ser resolvido;
2. Abordar o problema de forma lógica e estruturada, distanciando-se do envolvimento emocional e das armadilhas psicológicas;
3. Obter todas as informações relevantes;
4. Identificar claramente o que efetivamente é importante, o núcleo da decisão;
5. Considerar os aspectos morais e éticos envolvidos na decisão;
6. Gerar alternativas viáveis quanto possível;
7. Listar os objetivos da tomada de decisão, tanto quantitativos como qualitativos;
8. Para cada objetivo, listar os critérios de avaliação;
9. Listar e explicar as consequências de cada alternativa com relação aos critérios de decisão, atribuindo probabilidades de ocorrência;
10. Retro-alimentar o sistema de decisão quando um fato novo e relevante surgir;
11. Praticar a empatia tanto em relação a quem tomará a decisão quanto a quem viverá as consequências;
12. Produzir recomendações objetivas e claras para quem tomará a decisão.

Essas doze etapas constituem-se na estruturação do problema, na identificação das alternativas possíveis e viáveis, nas possibilidades de decisão, na análise da decisão tomada e suas consequências e por último na síntese da decisão. Assim a Teoria da Decisão visa estabelecer um método lógico, sistêmico e científico de apoio ao processo decisório que para Antunes *et al* (2004) influenciarão o administrador na escolha do curso da ação.

As decisões podem ser tomadas tanto no ambiente de certezas, quando o tomador da decisão poderá ter certeza dos efeitos das alternativas possíveis de escolha ou em ambientes de incertezas, por faltar ao decisor conhecimento exato dos efeitos das alternativas da decisão, momento em se configura o fenômeno das possibilidades, dos impactos incertos das possíveis decisões no objeto estudado e/ou no sistema em qual este está inserido e/ou em sistemas subjacentes compondo o todo que o problema se insere se um fato “a” ou “b” ocorrer. É nesse sistema complexo e de incertezas, nesse mundo de possibilidades que desfrutamos da

sensibilidade do apoio dos instrumentos teóricos aplicados a decisão. Insere-se a Teoria da decisão ferramentas e modelos matemáticos e probabilísticos, a exemplo da simulação de Monte Carlo – SMC, que com base nas informações oferecidas e o apoio dos sistemas de informações é possível criar uma antevisão de um estado futuro decorrente de uma alternativa escolhida.

2.1 Simulação e o Método de Monte Carlo

Ensina-nos Timan (2010) que “a simulação é geralmente usada para resolver problemas muito complexos de opções reais que envolvem fontes de incertezas múltiplas e interativas”. Corrobora a esse preceito, Lustosa et al (2004) afirmando que “a simulação é utilizada em problemas decisórios de várias naturezas, e é especialmente útil em situações que envolvem análise de riscos.”

Para Ross (2010) “a simulação é conhecida como um método empírico que determina probabilidades por meio de experimentos.”

A Simulação de Monte Carlo remota a Segunda Guerra Mundial, através do Projeto Manhattan (bomba atômica), por John Von Neumann, Matemático húngaro-americano, cujo projeto consistia na simulação direta de problemas probabilísticos relacionados com a difusão aleatória das partículas de nêutrons quando submetidas a um processo de fissão nuclear. Seu nome foi cunhado pelo cientista Metrololis pela similaridade que a simulação estatística tinha com os jogos de azar ocorridos nas roletas do cassino de Monte Carlo, na Capital do principado de Mônaco (LUSTOSA ET AL, 2004).

Lustosa et al (2004) definem que “o Método de Monte Carlo, consiste numa técnica que utiliza a geração de números aleatórios para atribuir valores às variáveis do sistema que se deseja investigar.”

Desta forma, o Método de Monte Carlo é uma técnica utilizada para simular fenômenos probabilísticos por meio da geração de números randômicos atribuídos as variáveis independentes simulando cenários e possíveis resultados, também aleatórios, das variáveis dependentes e posterior cálculo da probabilidade de determinado valor esperado.

Nos dias de hoje, graças aos recursos de *softwares*, os métodos de simulação são geralmente usados em diversas áreas, tanto para simulações em ambientes físicos com em problemas matemáticos.

Este trabalho adota a abordagem matemática por ser possível através de funções contabilométricas determinar os valores das variáveis envolvidas e construir um raciocínio lógico numérico sobre os relacionamentos existentes entre as variáveis de entrada e saída que compõe o sistema estudado.

No que concerne este trabalho o Método de Monte Carlo consistirá na geração de números aleatórios entre dois extremos (mínimo e máximo) para as variáveis $X_1 = Margem\ bruta\ de\ vendas$, $X_2 = Taxa\ de\ crescimento\ de\ vendas$, $X_3 = Inflação$ e $X_4 = Custo\ de\ Oportunidade$, que serão testadas contra um modelo estocástico, uma distribuição de probabilidades a um determinado risco do projeto de investimento. Cada interação do modelo será considerada como um evento probabilístico, uma amostra, fornecendo uma estimativa da TIR e do *payback*, variáveis decisórias, dependentes do projeto, assim com o erro da estimativa, o qual será inversamente proporcional ao número de interações.

A essência da Simulação de Monte Carlos é:

- a) Estabelecer uma distribuição de probabilidade (modelo) à qual responde as variáveis aleatórias (TIR e *payback*) para o risco analisado;
- b) Simular eventos (realizar interações) em n vezes dessas variáveis, tamanho suficientemente grande que reflita a confiança desejada;
- c) Analisar estatisticamente os resultados obtidos;

O que se pretende na SMC, aplicado a análise econômico-financeira de projeto de investimento é a análise quantitativa que se tenta traduzir em termos efetivamente numéricos dos resultados simulados e a inferência dos resultados reais possíveis e conseqüentemente os riscos associados a essa estimação, trazendo informações relevantes ao processo decisório relativo ao investimento.

2.3 Conceitos básicos de risco

As decisões de investimentos nas empresas geralmente estão associadas a eventos ausentes de total certeza com relação aos resultados estimados. Isso acontece em virtude de estarem esses resultados voltados ao futuro e pautados em premissas definidas e/ou muitas vezes arbitradas pela gestão da empresa, carregando consigo o elemento subjetivo, o que torna nas palavras de Assaf (2003), imprescindível que se introduza a variável incerteza como um dos mais significativos aspectos de estudo.

Titman (2010) comenta que na prática as decisões de investimento acontecem em um mundo de resultados futuros incertos, onde há mais coisas que podem acontecer do que coisas que vão acontecer, o que por ele afirmado torna a análise do investimento consideravelmente mais complexa.

As incertezas quando possíveis de serem associadas quantitativamente a uma distribuição de probabilidades da estimação dos resultados, Assaf (2003) transcreve que “a decisão financeira está sendo tomada em situação de risco.”

Assim pode-se entender como risco em projetos de investimentos, um ou mais eventos ou condições incertas que se ocorrerem, poderão implicar na não realização do resultado esperado.

Segundo Damodaram (2002), “o risco que uma empresa tem quando faz um investimento poderá ser oriundas de diversas e distintas fontes”. O risco do próprio investimento, competição, mudanças no setor, questões internacionais e fatores macroeconômicos influenciarão conjunto ou isoladamente os resultados esperados. Este trabalho parte do princípio que estes riscos estão associados às premissas definidas ao projeto (parâmetros) e, portanto refletido na taxa resultante de risco total medido pela distribuição de probabilidade ligada as frequências dos resultados estimados quando comparados ao desejado.

Admitindo-se que os fluxos de caixa esperados seguem uma distribuição normal, pode-se determinar através da SMC a probabilidade de o investimento apresentar um valor para a TIR e/ou para o *payback* inferior ao desejado. Portanto, sendo possível mensurar quantitativamente seu risco.

A distribuição da TIR e do *payback* é caracterizada pela sua variância ou desvio-padrão, quanto maior for os desvios dos valores estimados em relação aos valores esperados maior será sua variância, e, portanto, maior será seu risco. É equiprovável que essas variações, em valores modulares, poderão ocorrer tanto para cima com para baixo do valor desejado. Portanto, em caso de distribuições normais de probabilidade o investidor não terá que se preocupar com a curva de frequência estatística, afirma Damodaram (2002).

Assim o investimento poderá ser argumentado, além de sua função utilidade pela mensuração da probabilidade do valor desejado não ocorrer.

2.4 A distribuição de probabilidade normal

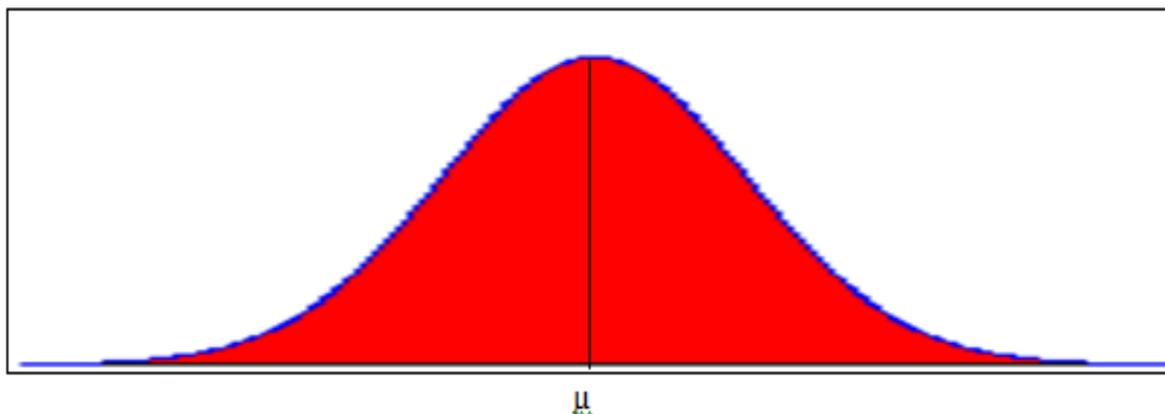
Uma distribuição normal pode ser descrita somente em função de sua média (μ) e seu desvio-padrão (σ). Estes parâmetros poderão ser estimados em função da média amostral (\bar{x}) e desvio-padrão amostral (s_x).

Para Tan (2001) “a probabilidade tornou-se um ramo importante da matemática, com diversas aplicações em virtualmente de toda a esfera do esforço humano onde o elemento de incerteza está presente”.

A função densidade de probabilidade normalmente distribuída é dada por:

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

A função densidade é uma curva em forma de sino simétrica em relação à μ , Ross (2010, 244).

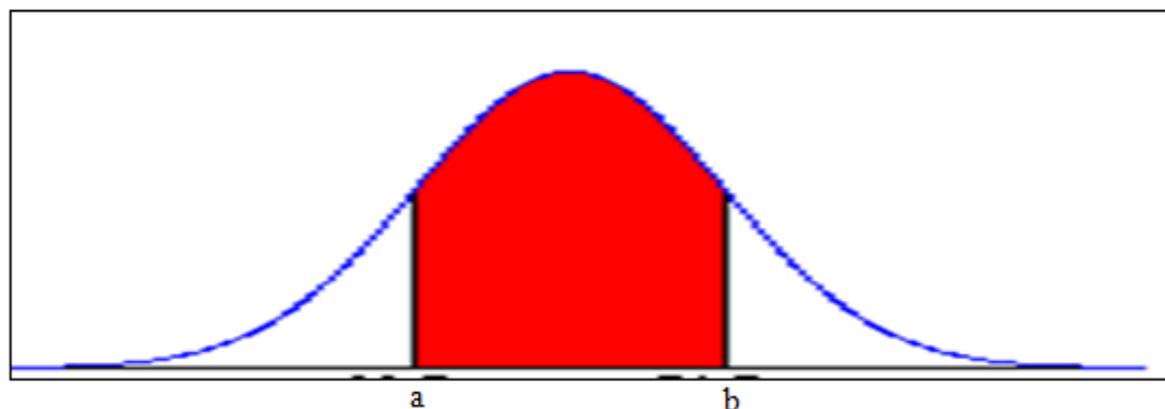


Fonte: Desenvolvida pelos autores

Figura 1 – Curva normal de probabilidade.

Como se trata de distribuição de probabilidade contínua, a área que fica entre a curva e o eixo das abscissas representa a probabilidade.

A probabilidade de ocorrer um evento entre os pontos **a** e **b** é calculada pela integral definida da função entre os pontos **a** e **b**, representada pela área sombreada no gráfico seguinte.



Fonte: Desenvolvida pelos autores

Figura 2 – Curva normal de probabilidade.

$$P(a \leq x \leq b) = \int_a^b f(x)dx,$$

Atribui-se ao matemático francês Abraham DeMoivre a introdução da distribuição normal em trabalhos para obter aproximações probabilísticas associadas a variáveis aleatórias binômias com parâmetro n grande (ROSS, 2010).

Astrônomos e outros cientistas observaram, não sem certa surpresa, que mensurações repetidas de uma mesma quantidade tendiam a variar, e quando se coletava grande número dessas mensurações, dispondo-as numa distribuição de frequência, elas se apresentam repetidamente com uma forma de sino. A distribuição normal costuma designar-se também pelo nome de distribuição Gaussiana, em razão da contribuição de Karl F. Gauss (1777-1855) à sua teoria matemática (STEVENSON, 1981).

Segundo Stevenson (1981), “as distribuições normais ocupam posição proeminente tanto na estatística teórica como na aplicada.”

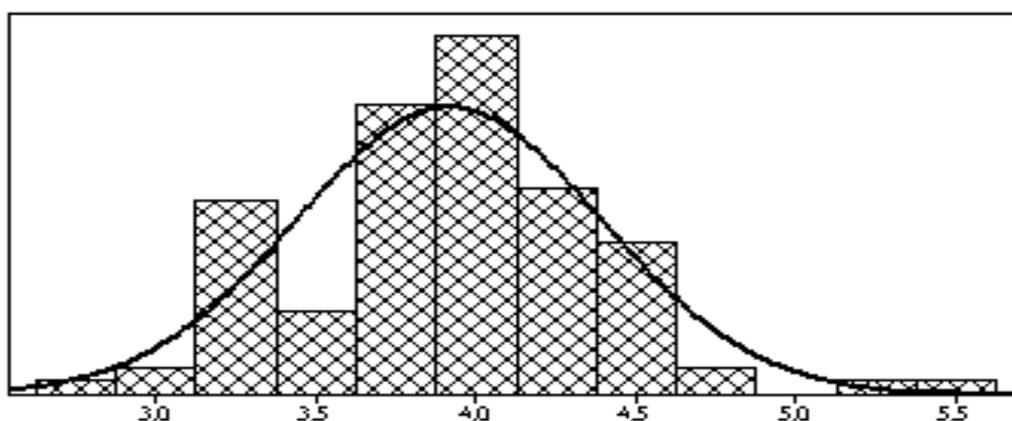
É consenso na literatura estatística que as distribuições de frequências observadas de muitos fenômenos empíricos naturais e físicos tendem a se apresentar aproximadamente normais. Este fato está associado a um teorema probabilístico conhecido como Teorema do Limite Central, um dos mais importantes na teoria da probabilidade (ROSS, 2010).

O Teorema do Limite Central, descrito por Stevenson (2010) preconiza que se a população sob amostragem tem distribuição normal, a distribuição das médias amostrais também será normal para todos os tamanhos de amostra. E se a população básica é não-normal, a distribuição de médias amostrais será aproximadamente normal para grandes amostras.

Se uma variável tem distribuição normal, cerca de 68% de seus valores cairão no intervalo de um desvio padrão; 95,5% no intervalo de dois desvios padrões e cerca de 99,7% dentro de três desvios padrões. Isso é verdade para todas as distribuições normais, conforme Stevenson (1981).

A probabilidade de observar um valor acima ou abaixo da média será determinada pela área da curva compreendida entre um destes dois valores e a média.

Para exemplificar, supomos simular n interações que resulte numa distribuição de fluxos de caixa e que o *payback* médio dessa distribuição seja 4 anos e seu desvio-padrão seja 0,5 anos e queiramos determinar qual a probabilidade do *payback* ser acima do esperado, situação indesejada para o investidor. A figura 4 demonstra a distribuição.



Fonte: Desenvolvida pelos autores

Figura 4 – Curva de distribuição normal do *payback*.

Assim considerando que o alvo de 05 anos está a 02 desvios padrões da média, o que representa 95,5% da área da curva, a probabilidade do *payback* vir a ser acima de 05 anos é de 4,5% (100%-95,5%).

Nas palavras de Stevenson (1981) a média passa a servir como ponto de referência (origem) e o desvio padrão como unidade de medida. Este conceito assume papel fundamental quando se utiliza distribuições de probabilidade normal na mensuração de fluxos de caixas futuros facilitando a construção do algoritmo para cálculo do risco desses fluxos.

2.5 Avaliação de investimento pelo método de fluxo de caixa descontado

O critério do fluxo de caixa descontado está fundamentado no conceito de que o valor de um investimento está diretamente relacionado aos montantes e ao cronograma nos quais os fluxos de caixa estarão disponíveis para distribuição.

Para Damodaran (2002) o valor de qualquer ativo (investimento) é medido em função do que ele gera de fluxo de caixa, quando estes fluxos de caixa ocorrem e o nível de incerteza associada a eles.

Pelo critério de avaliação do Fluxo de Caixa Descontado o projeto de investimento é visto como gerador de fluxos futuros de caixa – *FFC*, e seu valor é obtido pelo valor presente desses fluxos, dada uma taxa de desconto que reflita o custo de oportunidade e o risco associado à distribuição desses fluxos, calculado segundo o Modelo Contabilométrico abaixo:

$$V_p(FFC) = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+WACC)^t}$$

Sendo:

FC_t : Fluxo de caixa gerado pelo projeto no período t projetado;

WACC: (Sigla em inglês para Weighed Average Cost of Capital) como parâmetro apropriado para calcular a taxa de desconto a ser aplicada aos fluxos de caixa do projeto. O WACC considera os diversos componentes de financiamento, utilizados pelo projeto para financiar sua operação, incluindo recursos de terceiros e capital próprio, e é calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$WACC = \frac{TCT \cdot K_t \cdot (1 - IR)}{(TCT + TCP)} + \frac{TCP \cdot K_p}{(TCT + TCP)}$$

Onde:

TCT : Total de Capital de Terceiros;

TCP : Total de Capital Próprio;

IR : Alíquota do Imposto de Renda;

K_t : Custo do Capital de Terceiros;

K_p : Custo do Capital Próprio.

O modelo contabilométrico para obtenção do valor presente dos fluxos de caixas futuros gerados traz consigo importantes parâmetros decisórios que para Assaf (2003) reflete a expectativa dos investidores com relação ao desempenho econômico esperado e seu grau de aversão ao risco.

Dois importantes indicadores derivam do fluxo de caixa gerado pelo projeto de investimento que neste trabalho classificamos de variáveis dependentes decisórias, trata-se da TIR (Taxa Interna de Retorno) e do *Payback* (tempo de retorno do investimento).

A Taxa Interna de Retorno corresponde à taxa que remunera o investimento igualando em determinado momento os fluxos de caixas gerados aos investimentos realizados, conforme fórmula contabilométrica:

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + WACC)^t} - I = 0$$

Em geral a regra que se adota para decisão em investimento é se a TIR for maior que o WACC ou a Taxa de Oportunidade, deve-se aceitar o investimento.

Já o *Payback*, Segundo Assaf (2003), consiste na determinação do tempo necessário para que o dispêndio de capital (valor do investimento) seja recuperado.

A literatura financeira apresenta duas formas de apuração do *Payback*, a primeira é o chamado *Payback* Simples, apurado sem a consideração do custo do dinheiro no tempo. O segundo, trata-se do *Payback* Descontado, calculado levando em consideração o custo de oportunidade. Neste trabalho, será considerado o *Payback* Descontado.

3 Estudo de caso

O estudo de caso deste artigo trata, por meio de uma abordagem contabilométrica tomando mão da Simulação de Monte Carlo (SMC) e a análise estatística com o uso do Excel e do sistema estatístico MINITAB assistir a decisão de investimento na abertura de uma filial para revenda de equipamentos pesados no estado do Ceará.

3.1 Apresentação do problema

Considerando o aquecimento do mercado de vendas de equipamentos pesados no estado do Ceará, A *Sales Motors Company*, revenda de máquinas e equipamentos pesados, sediada em Fortaleza-CE, após pesquisa de mercado, identifica a possibilidade de crescimento de suas vendas naquela região. Frente a esta oportunidade, resolve criar um projeto de implantação de uma filial em outro ponto da cidade para atender a demanda.

Com a perspectiva de que nos próximos 05 anos o mercado de Construção Pesada (segmento de seus principais clientes), em face aos investimentos do Governo Federal em conjunto ao Estadual, permanecerá em alta.

Para subsidiar sua decisão de investimento, a Diretoria da empresa, solicita uma análise econômico-financeira do projeto. Estima-se que o investimento inicial será na ordem de R\$ 812 mil. Para sua decisão, a favor do investimento, define que o tempo mínimo esperado de retorno do investimento, medido pelo *payback descontado* é de 05 anos.

Outro indicador que a Empresa levará em consideração, quando de sua decisão, é a Taxa Interna de Retorno - *TIR* oferecida pelo projeto.

A *TIR* desejada é de 10% a.a. Por reconhecer que os modelos determinísticos de análise de investimento, não exprimem o conforto desejado para subsidiar sua decisão, resolve através de sua equipe multidisciplinar, com experiência no assunto, fazer simulações dos possíveis resultados do projeto.

A Diretoria assim define que em face à perspectiva de maximização da função utilidade da nova filial, assume o risco de até 10% sobre a inferência dos resultados reais do projeto se apresentar abaixo do esperado. Portanto, se o risco máximo do *Payback* e da *TIR*, variáveis dependentes decisórias, ficarem em até 10% de o projeto atingir o desejado, a

decisão da Diretoria da empresa será positiva em prosseguir com a implantação do projeto, caso contrário não executará o projeto.

3.2 As premissas – Informações de Entrada

As premissas adotadas pelo projeto com parâmetros intervalares entre um valor mínimo e um valor máximo de uma distribuição probabilística para a estimativa econômico-financeira do projeto foram:

CÓDIGO	PREMISSA	VR MÍNIMO	VR MÁXIMO
X ₁	Margem Bruta (LB/VL)	11%	13%
X ₂	Taxa de crescimento de vendas (a.a)	7%	5%
X ₃	Inflação (medida pelo IPCA)	4%	6%
X ₄	Custo de Oportunidade	10%	12%

Fonte: Departamento de Controladoria - Sales Motors Company.

Quadro1: Premissas Estocásticas

Sendo que X₁, Margem bruta do negócio, obtida pela razão entre o lucro bruto operacional e as vendas líquidas de impostos, tendo sua distribuição prevista entre os valores mínimos e máximos de uma série histórica dos últimos 36 meses. X₂, Taxa de crescimento de vendas, prevista pelo conhecimento empírico da equipe de vendas da empresa refletindo o comportamento histórico do Mercado. X₃, inflação, prevista pelo IPCA – Índice de Preços ao Consumidor Amplo, indicador de inflação oficial do governo divulgado pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. E por último, X₄, Custo de Oportunidade, taxa mínima de atratividade para remuneração do investimento, definida pela Diretoria da Empresa, refletindo a remuneração líquida de Imposto de Renda de uma aplicação em Renda Fixa oferecida pelo mercado bancário.

As vendas foram previstas considerando uma demanda inicial anuais de 29 equipamentos e uma taxa de crescimento prevista randomicamente, extraída do intervalo dotado para a variável independente X₂.

Os impostos incidentes sobre vendas foram previstos em 17% da venda bruta, correspondendo ao ICMS. Não há incidência de PIS e COFINS sobre as vendas, por se tratar de venda de equipamentos automotivos, classificados pela Lei 10.485/2002, como item com tributação definitiva na fonte – Produtos Monofásicos.

Os Custos das Mercadorias Vendidas (CMV) são previstos por suposição do inverso da previsão intervalar na variável X₁. Assim poderá ocorrer no intervalo fechado de 89% (100%-11%) a 87% (100%-13%) da venda líquida de impostos - VL. Essa variação na relação CMV/VL, reflete a variação da margem bruta praticada, justificada pelo poder de negociação da área comercial sobre o preço de venda, mantendo fixo o Custo Unitário da Mercadoria Vendida.

A título de estimular sua força de venda na cobertura do Mercado, a Empresa define para este projeto, que remunerará seus consultores de vendas em 0,5% sobre o Valor Bruto Vendido.

O prazo máximo praticado pela Empresa é de 60 dias, contados após emissão do documento fiscal que acobertará a saída da mercadoria. Historicamente, 80% de suas vendas

são efetuadas à vista, fruto de financiamentos oriundos de parceiros bancários e instituições financeiras que bancam seus clientes através de operações de Leasing Financeiro e FINAME. Assim, 20% de sua venda é por ela mesma financiada a seus clientes. Adotará para o projeto a mesma sistemática de vendas. A previsão para Despesas com Devedores Duvidosos (inadimplência) é de 0,5% da Venda a Prazo.

As despesas fixas, entendidas aquelas sem correlação com o volume de vendas e necessárias a custear a atividade da administração do negócio, fora prevista para o primeiro ano em R\$ 744 mil, englobando as despesas com alugueis de imóveis, veículos e equipamentos em geral, despesas com pessoal, IPTU, telefonia, água, luz, vigilância, zeladoria, material de expediente, serviços contábeis e assessorias. É previsto no projeto que a cada ano essas despesas sofrerão ajustes inflacionários a título de atualização monetária, portanto havendo na linha de tempo do projeto variação das despesas fixas pela projeção aleatória intervalar da variável X_3 .

O investimento inicial previsto de R\$ 812 mil será no seu total disponibilizado na data zero (data inicial) do projeto. 55% serão para capital de giro a título de custeio do período de carência do projeto, estimado em 6(seis) meses. O restante será destinado para compra de máquinas e ferramentas de oficina (21%), suporte ao pós venda, móveis e utensílios (7%), equipamentos de informática (4%) e 12% destinado ao pagamento da reforma e adequação do prédio para início das atividades.

As despesas de depreciação e amortização foram previstas pelo método linear considerando a legislação fiscal vigente. As taxas anuais de depreciação utilizadas foram: 10% para móveis e utensílios, 10% para máquinas e ferramentas de oficina, 20% para equipamentos de informática e 4% para benfeitorias em imóveis de terceiros.

4 A Simulação

Para simulação foi utilizado um simulador desenvolvido em Excel e VBA. Os resultados são gerados aleatoriamente e registrados na planilha n vezes necessários para um nível de confiança estatística de 95%, o que significa que os resultados gerados pela simulação estarão em 95% das vezes dentro do intervalo para da média populacional. O erro padrão estimado foi de 3%, implicando que o número real ficará oscilando 3% para mais ou para menos da média amostral.

As informações de saída da simulação foram à distribuição amostral da *TIR* e do *PAYBACK*. Gráficos da distribuição de frequência dos resultados, análise estatística descritiva e inferencial e o cálculo de risco dos valores esperados completam a simulação, proporcionando a Diretoria da Empresa subsídio à tomada de decisão quanto ao investimento no projeto de expansão de vendas com a implantação na nova filial. A figura 4 representa a distribuição dos resultados simulados.

Foi simulado 42 vezes (tamanho da amostra), número de vezes necessário para um intervalo de confiança desejado de 95% (número z igual a 1,96 na planilha). Segundo Stevenson (1981), “pelo Teorema do Limite Central, mesmo a distribuição sendo não-normal, será aproximadamente normal, desde que a mostra seja grande”. A literatura estatística traz como regra prática que a amostra deve consistir de 30 ou mais observações.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2			Cálculo da Amostra...					
3			Número Z.....:	1,96				
4			Desvio-Padrão.....:	0,33		SIMULAR		
5			Margem de Erro.....:	0,10				
6			Número de simulações:	42				
7				42				
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								

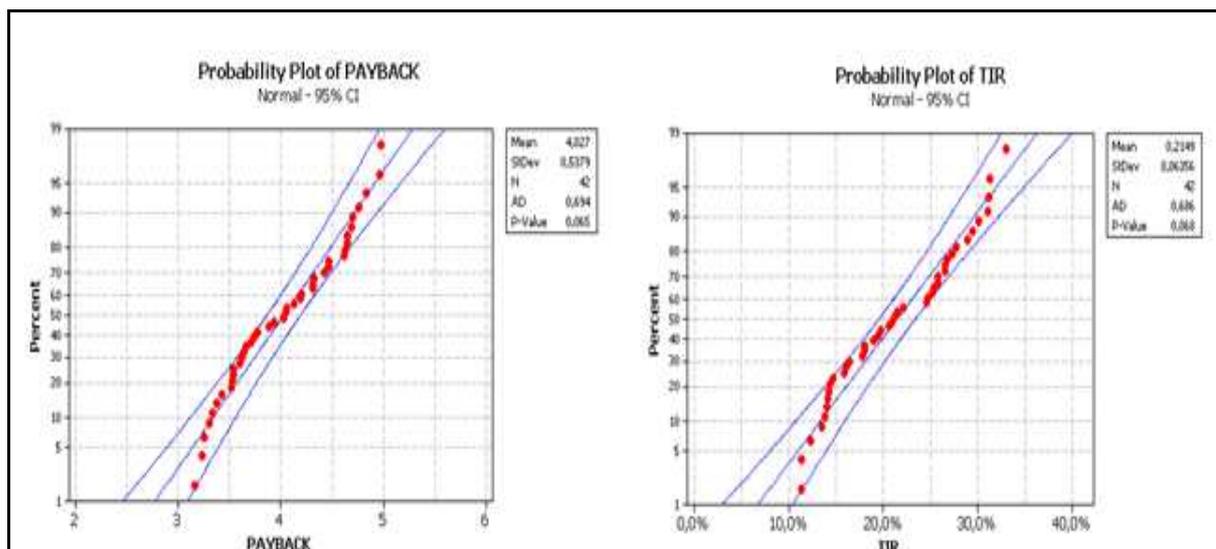
	TIR			PAY-BACK		
EVENTO	Y = OBSERVADO	Y^ = ESPERADO	(Y-Y^)^2	Y = OBSERVADO	Y^ = ESPERADO	(Y-Y^)^2
1	20,6%	10,0%	0,011321462	4,06	5,00	0,891571412
2	18,0%	10,0%	0,006477213	4,32	5,00	0,458938689
3	14,4%	10,0%	0,001902665	4,65	5,00	0,123749753
4	26,8%	10,0%	0,028203109	3,59	5,00	1,977287546
5	30,1%	10,0%	0,040569628	3,37	5,00	2,659774186
6	13,5%	10,0%	0,001240755	4,76	5,00	0,056447401
7	31,2%	10,0%	0,044833434	3,24	5,00	3,113050822
8	19,5%	10,0%	0,008940538	4,19	5,00	0,656513501
9	26,6%	10,0%	0,027495269	3,54	5,00	2,134114673
10	18,1%	10,0%	0,006518018	4,31	5,00	0,476470195
11	17,8%	10,0%	0,006091039	4,31	5,00	0,477692866
12	25,3%	10,0%	0,023256342	3,71	5,00	1,669222408
13	13,8%	10,0%	0,001481652	4,69	5,00	0,096368567
14	19,7%	10,0%	0,009437372	4,13	5,00	0,762657569
15	29,5%	10,0%	0,038004318	3,33	5,00	2,781281399
16	31,1%	10,0%	0,044339619	3,30	5,00	2,898531152
17	33,0%	10,0%	0,053017136	3,16	5,00	3,389859332

Fonte: Desenvolvida pelos autores

Figura 4: tabela de saída de dados pela SMC

Para confirmar se a distribuição de frequência dos resultados simulados segue uma distribuição normal de probabilidade foi feito com a ajuda do sistema estatístico MINITAB o teste de Anderson Darling. As hipóteses para o teste são: H_0 (hipótese nula) os dados segue um distribuição normal; H_1 (hipótese Alternativa) os dados não seguem uma distribuição normal. Se o valor-p for menor que 0,05 deve se concluir que os dados não seguem uma distribuição normal.

Se, após a análise, a decisão é aceitar a H_0 , a implicação é que, por serem os dados simulados normalmente distribuídos, o passo possível seguinte será o cálculo do risco das variáveis de decisão (*PayBack*, *TIR*) atingirem níveis não desejados, através da integração da função densidade normal $P(a \leq x \leq b) = \int_a^b f(x)dx$, sendo $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}[(x-\mu)/\sigma]^2}$, usando os parâmetros populacionais média (μ) e desvio-padrão (σ) da distribuição. A figura 5 abaixo mostra o teste estatístico de Anderson Darling graficamente, tanto para o *PayBack* como para a *TIR*.



Fonte: Desenvolvida pelos autores

Figura 5 - Teste estatístico de Anderson Darling graficamente para o *PayBack* e para a *TIR*.

O teste estatístico demonstrou que uma distribuição normal parece ajustar-se razoavelmente bem aos dados amostrais do *PayBack* (valor-p = 0,065 > 0,05) e da *TIR* (valor-p = 0,068 > 0,05).

A média e desvio-padrão populacional caracterizam cada distribuição: *PayBack* ($\mu = 4,03$; $\sigma = 0,54$) e *TIR* ($\mu = 0,21$; $\sigma = 0,06$).

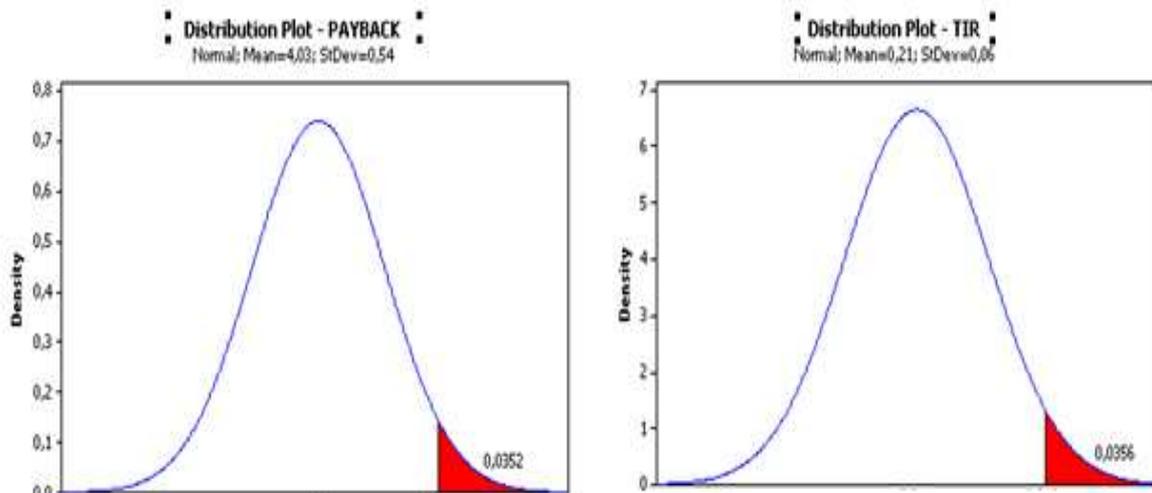
A função do Microsoft Excel, utilizada para facilitar o cálculo da probabilidade de risco do *PayBack* e da *TIR* atingirem níveis não desejados foi a DIS.NORM. Sintaxe DIS.NORM (x;média;desv_padrão;cumulativo), onde: **X** é o valor cuja distribuição se deseja obter; **Média** é a média aritmética da distribuição; **Desv_padrão** é o desvio padrão da distribuição e **Cumulativo** é um valor lógico que determina a forma da função.

Tabela1- Probabilidade de Risco

CODIGO	VAR DECISÓRIAS	RISCO	MÉDIA DIST	DESVP DIST	DIS.NORM PROB(RISCO)
Y1	TIR	Y1 < 10%	0,21	0,06	3,53%
Y2	PAYBACK	Y2 > 5	4,03	0,54	3,52%

Fonte: Desenvolvida pelos autores

Com a ajuda do MINITAB, considerando os parâmetros populacionais, média e desvio-padrão das variáveis de decisão extraída da simulação é demonstrado abaixo (área sombreada) a área da curva normal de ocorrência do risco.



Fonte: Desenvolvida pelos autores

Figura 6 - Curva normal de distribuição para PAYBACK e parta TIR

A análise estatística demonstrou que, considerando a amplitude máxima de variação para as variáveis dependentes X_1 , X_2 , X_3 e X_4 , ocorrerem no intervalo definido, é salutar afirmar que o risco da expectativa futura do Tempo de Retorno do Investimento – Payback ser acima de 05 anos é de 3,52% e a Taxa Interna de Retorno – TIR ser abaixo de 10% a.a é de 3,53%.

Assim considerando que o desvio máximo suportado pela Diretoria da Empresa seria de 10% do desejado, a análise econômico-financeira posiciona essa Diretoria positivamente quanto à decisão de execução do projeto de implantação da nova filial.

4 Considerações Finais

As preocupações financeiras moveram as empresas buscarem ferramentas apropriadas para previsões de cenários de forma a permitir uma antevisão dos resultados futuros de decisões presentes. A simulação tornou-se importante instrumento de apoio a decisão por tornar possível no momento presente à visão das possibilidades de resultados futuros, sua distribuição e seu risco, corroborando significativamente na avaliação de projetos de investimentos, contribuindo para decisões financeiras mais assertivas.

Nesse sentido, a SMC como ferramenta de apóia a decisão, em investimento de risco, justifica-se por esta possibilitar simulações matemáticas que imitam um sistema real, permitindo aos agentes de decisão avaliar os impactos das variáveis independentes, representada pelas premissas arbitradas ao projeto, nas variáveis dependentes, dito neste trabalho de variáveis decisórias, melhorando significativamente a qualidade de suas decisões.

Neste trabalho, pretendeu-se apresentar a aplicabilidade da SMC por meio de um estudo de caso real, tratando-se de uma decisão de investimento para abertura de uma nova filial de revenda de equipamentos pesados. Na aplicação considerou-se o comportamento das premissas dentro de um intervalo de valores, permitindo ao sistema de simulação desenvolvido pelos autores fazer n interações, de forma a permitir inferências estatísticas sobre os resultados reais do projeto subsidiando o processo de tomada de decisão da Diretoria da Empresa quanto a prosseguir com a execução do projeto. Este trabalho também mostrou através do teste estatístico de Anderson Darling ser razoável afirmar que a distribuição dos resultados simulados para as variáveis decisórias $y_1=TIR$ e $y_2=PayBack$ segue uma curva normal de Gauss, o que permitiu a aplicação da teoria matemática de Gauss no cálculo do risco de não acontecer os resultados desejados.

Com base nessas considerações, pode-se inferir que o objetivo proposto fora atingido. A SMC, portanto, mostrou-se ser um método útil para a estimação dos resultados de um projeto financeiro. Em sua extensão o Método se aplica também na avaliação de empresas através do fluxo de caixa futuro. Sendo assim, a SMC mostrou-se ferramenta importante de apoio a tomada de decisão em investimento de risco.

Referências

ASSAF NETO, Alexandre Assaf. **Finanças Corporativas e Valor**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

BRITO, P. **Análise e Viabilidade de Projetos de Investimentos**. 2ª ed., São Paulo: Editora Atlas, 2006.

DAMODARAM, A. **Finanças Corporativas Aplicadas: Manual do Usuário**. tradução de Jorge Ritter. Porto Alegre: Bookman, 2002.

GOMES, L. F. A. M. **Teoria da Decisão**. Thomson Learning: São Paulo, 2007.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisão em Cenários Complexos**. Thomson Learning: São Paulo, 2004.

LAPPONI, J.C. **Estatística usando Excel**. 4ª ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

LUECKE, R. **Tomando Decisões**. Tradução de Ryta Vinagre. Editora Record Ltda: Rio de Janeiro, 2007.

MARTELANC, R.; PASIN, R.; CAVALCANTE, F. **Avaliação de Empresas: Um guia para fusões e aquisições e gestão de valor**. São Paulo: Pearson Prebtice Hall, 2005.

SECURATO, J.R. **Decisões Financeiras em Condições de Risco**. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

STEVENSON, W. J. **Estatística Aplicada à Administração**. Tradução de Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Editora Harbra, 1981.

TAN, S.T. **Matemática Aplicada à Administração e Economia**. 5ª ed., São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

TITMAN, S.; MARTIN, J. D. **Avaliação de Projetos e Investimentos: Valuation**. Tradução de Heloísa Fontoura. São Paulo: Bookman, 2010.