

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC

**ANÁLISE DE RISCO EM INVESTIMENTOS IMOBILIÁRIOS
POR SIMULAÇÃO**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil.

PEDRO BECK DI BERNARDI

Florianópolis, Setembro de 2002

ANÁLISE DE RISCO EM INVESTIMENTOS IMOBILIÁRIOS POR SIMULAÇÃO

PEDRO BECK DI BERNARDI

Dissertação julgada adequada para obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

Prof. Dr. Jucilei Cordini – Coordenador do PPGEC

Prof. Dr.-Ing. Norberto Hochheim - Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr.-Ing. Norberto Hochheim - Moderador - ECV/UFSC

Dr. Silvio Aurélio de Castro Wille – UFPR

Dr. Rodrigo Bandeira de Mello – UNIVALI

Roberto de Oliveira, PhD. - ECV/UFSC

Dr. Nelson Casarotto Filho - UFSC

AGRADECIMENTOS

Agradeço o professor Norberto Hochheim, orientador desta dissertação, por todo empenho, conhecimento e compreensão. Atencioso e sempre muito ponderado, agora é um amigo. Desejo muita saúde a você.

Agradeço a comissão examinadora, Silvio Wille, Rodrigo Bandeira, Roberto de Oliveira e Nelson Casarotto por aceitarem participar da Banca de Defesa desta Dissertação, proporcionando sugestões que servirão para crescimento e aprendizado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, disponibilizando bolsa de estudo que tornou possível o desenvolvimento desta dissertação.

RESUMO

Este trabalho consiste em modelar o fluxo de caixa de investimentos de base imobiliária para analisar sua viabilidade econômica pela análise de risco proposta por HERTZ (1964), utilizando uma simulação lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo. A simulação lógica pelo Método de Monte Carlo pode auxiliar na previsão e quantificação do risco em investimentos imobiliários. Pela construção de milhares de combinações entre os fatores relevantes que influenciam o resultado final do investimento, e considerando suas curvas de probabilidades, é possível obter a distribuição das variáveis que representam o comportamento do modelo. Elabora-se um modelo de simulação com base nos desembolsos e ingressos monetários do fluxo de caixa, focando os elementos relativos aos ingressos monetários provenientes das vendas. A calibração do modelo proposto é realizado com um estudo de caso, observando se, a média dos resultados obtidos pela simulação corresponde aos seguidos na realidade. Para que isto seja viável, utiliza-se dos dados históricos de um empreendimento imobiliário já concluído e comercializado no litoral catarinense. O modelo é desenvolvido sobre uma planilha eletrônica onde são geradas 1.500 corridas utilizando como parâmetro variações sobre os dados reais.

Palavras-chave: Análise de risco; simulação; modelagem; investimentos imobiliários.

ABSTRACT

This work consists of modeling the cash flow which comes from the real estate market, and to analyze economic viability using the risk analysis proposed by HERTZ (1964), using a logical-mathematical simulation through the Monte Carlo method. The Monte Carlo logical simulation method can help to predict and quantify risk in real estate investments. By creating thousands of combinations from the relevant factors that influence the final result of the investment, and considering the probability curves available, it is possible to obtain a distribution of the variables that represent the behavior of the model. A simulation model will be created based upon the monetary income and outgoings of cash flow, focusing on the elements relative to monetary investment resulting from sales. The calibration of the proposed model is to be carried out as a case study, observing that, as the results are obtained through the simulation, they correspond to those seen in real life. For this to be viable, historical data has been used, which comes from a real estate deal, which has already taken place on the coast of the state of Santa Catarina. The model has been developed on a spreadsheet where 1,500 run were generated using variations in real data as a parameter.

Key-Words: Risk analysis; simulation; modeling; real estate investment.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Sorteio de números aleatórios	48
TABELA 2 – Exemplo de informações para estimar as vendas por estratos	69
TABELA 3– Exemplo de Tabela de Frequência do Valor Presente Líquido (VPL)	74
TABELA 4 - Quantidade real de unidades vendidas no mês.....	80
TABELA 5 - Informações sobre as vendas utilizadas na simulação proposta.....	82
TABELA 6 – Resumo das informações utilizadas na simulação proposta.....	89
TABELA 7 – Resultados do fluxo de caixa real	91
TABELA 8 – Tabela de Frequência do VPL simulado após 1500 corridas	91
TABELA 9 – Tabela de Frequência do VPR simulado após 1500 corridas.....	92
TABELA 10 – Tabela de Frequência do VPD simulado após 1500 corridas.....	93
TABELA 11 - Comparação dos resultados reais com os resultados da simulação	94

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Gráfico de simulação do valor presente líquido	53
FIGURA 2 – Simulação para planejamento de investimento	55
FIGURA 3 – Mecanismo de transações financeiras protótipo	56
FIGURA 4- Etapas utilizadas para a formulação do modelo de simulação proposto	58
FIGURA 5 – Esquema resumido do modelo proposto com as principais variáveis	61
FIGURA 6 – Variáveis do modelo de simulação proposto.....	63
FIGURA 7 – Fluxograma simplificado do processo de simulação proposto.....	65
FIGURA 8 – Fluxograma do processo de simulação proposto.....	67
FIGURA 9– Fluxo das informações no fluxo de caixa do modelo proposto.....	73
FIGURA 10– Exemplo do histograma da variável VPL por classe	75
FIGURA 11 – Exemplo do gráfico evolução da estabilização do VPL.....	75
FIGURA 12- Etapas utilizadas na aplicação do modelo de simulação proposto	77
FIGURA 13 – Quantidade real de unidades vendidas no mês	81
FIGURA 14 – Evolução mensal acumulada das vendas reais	81
FIGURA 15 – Evolução dos preços contratados durante período de comercialização	83
FIGURAS 16 e 17 – Evolução dos preços nominais contratados por bloco durante período de comercialização	84
FIGURA 18– Evolução dos preços a vista comercializados durante o período.....	84
FIGURA 19 – Dispersão da quantidade de reforços	86
FIGURA 20 – Dispersão da quantidade de parcelas mensais	87
FIGURA 21 – Evolução dos percentuais do ato durante o período	87
FIGURA 22 – Dispersão do percentual unitário da variável reforço	88
FIGURA 23 – Histogramas após 1500 corridas.....	94

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 PROBLEMÁTICA DO TRABALHO	11
1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	12
1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	12
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 INVESTIMENTOS IMOBILIÁRIOS.....	15
2.1 DEFINIÇÕES DE INVESTIMENTO	15
2.2 INVESTIMENTOS DE BASE IMOBILIÁRIA.....	16
2.3 A NECESSIDADE DE ANALISAR INVESTIMENTOS	17
2.4 ANÁLISE ECONÔMICA E ANÁLISE FINANCEIRA DE INVESTIMENTOS.....	19
2.5 ANÁLISE DO RISCO EM INVESTIMENTOS	20
2.5.1 Histórico do risco	22
2.6 TÉCNICAS CONVENCIONAIS PARA QUANTIFICAR O RISCO	24
3 SIMULAÇÃO LÓGICA DE SISTEMAS ECONÔMICOS	25
3.1 CONSTRUÇÃO DE MODELOS	25
3.1.1 Introdução	25
3.1.2 Tipos de modelos	26
3.1.3 A modelagem na simulação	27
3.1.4 As variáveis de um modelo.....	28
3.2 SIMULAÇÃO.....	29
3.2.1 Introdução à simulação de sistemas econômicos.....	29
3.2.2 Definições de simulação	31
3.2.3 Tipos de modelos de Simulação.....	32
3.2.3.1 Simulação Física	33
3.2.3.2 Simulação Simbólica	33
3.2.4 Fases do Estudo da Simulação	35
3.2.5 Técnicas de Modelagem	38
3.3 MÉTODO DE MONTE CARLO	39
3.3.1 Introdução ao Método de Monte Carlo	39
3.3.2 Histórico do Método de Monte Carlo.....	41
3.3.3 Números aleatórios.....	43

3.3.4 Geração de números aleatórios	43
3.3.5 Número de repetições do experimento	44
3.3.6 Teorema do Limite Central.....	46
3.3.7 Programa de computador.....	46
3.3.8 Processamento do Método de Monte Carlo.....	47
3.4 ANÁLISE DO RISCO EM INVESTIMENTOS POR SIMULAÇÃO PELO MÉTODO DE MONTE CARLO.....	49
3.5 EXEMPLOS DE MODELOS GENÉRICOS DE SIMULAÇÃO LÓGICA.....	52
4 FORMULAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO PROPOSTO	58
4.1 ELABORAÇÃO DO MODELO	59
4.1.1 Definição do problema	59
4.1.2 Identificação das variáveis do modelo proposto	60
4.1.3 Identificação das variáveis estocásticas.....	62
4.1.4 Fluxograma do processo de simulação proposto	64
4.1.5 Relações de dependência entre as variáveis	68
4.1.6 Estimativa da variável mês de comercialização.....	68
4.1.7 Formulação do modelo matemático	70
4.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO.....	72
4.2.1 Definição do programa de computador a utilizar.....	72
4.2.2 O Layout do fluxo de informações.....	73
4.2.3 Organização e apresentação dos resultados.....	74
4.3 LIMITAÇÕES DO MODELO	75
5 CALIBRAÇÃO DO MODELO PROPOSTO.....	77
5.1 COLETA DE INFORMAÇÕES E DADOS	78
5.2 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS	79
5.2.1 Mês de comercialização das unidades.....	80
5.2.2 Preços comercializados	82
5.2.3 Percentual de vendas a vista	85
5.2.4 Quantidade dos reforços	85
5.2.5 Desembolsos monetários	86
5.2.6 Quantidade de parcelas mensais	86
5.2.7 Percentual do ato.....	87
5.2.8 Percentual unitário dos reforços.....	88

5.2.9 Juros do financiamento próprio	88
5.2.10 Taxa de desconto do fluxo de caixa (TMA)	89
5.2.11 Resumo das informações utilizadas na simulação	89
5.3 EXECUÇÃO DA SIMULAÇÃO PROPOSTA EM PLANILHA ELETRÔNICA.....	90
5.3.1 Comparação dos resultados	90
5.3.2 Resultados do fluxo de caixa real.....	90
5.3.3 Resultados do fluxo de caixa simulado	91
5.3.4 Análise dos resultados	94
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	96
6.1 CONCLUSÕES	96
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	98
REFERENCIAS	99
APÊNDICES	104

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA DO TRABALHO

A necessidade de aplicar capital em projetos que ofereçam rendimento é o cerne do sistema capitalista. Considerando que o capital é escasso e limitado, a necessidade de uma análise prévia da viabilidade econômica torna-se obrigatória no processo de decisão. Esta deve oferecer informações capazes de orientar o investidor sobre as chances de investimento oferecer rendimento, segundo suas estratégias e interesses, antes da aplicação do capital no próprio investimento.

Em investimentos de base imobiliária a análise prévia da viabilidade econômica não se vira a outro rumo. Muito mais quando o empresário opta pelas premissas da Lei 4.591/64, lei da Incorporação Imobiliária. Esta lei impõe determinadas responsabilidades ao empresário/incorporador como: vender as unidades imobiliárias num certo preço, concluir e entregar a obra no prazo determinado, sem a alteração do valor acordado inicialmente.

Recentemente, alterações nesta legislação aumentaram as limitações e restrições com relação ao empresário. Uma das principais mudanças (voltadas aos aspectos financeiros) é a Afetação Patrimonial que não permite o empresário alocar recursos monetários de uma obra à outra. Mesmo que ainda seja cedo para especular sobre suas repercussões, sabemos antes de tudo que será necessário planejar e organizar mais e melhor as finanças destes empreendimentos.

Nos últimos anos os noticiários mostram grande mortalidade das empresas deste setor, além da falência da maior construtora do país em agosto/1997 (ENCOL) ainda repercutindo no mercado imobiliário.

As razões dos fracassos na construção civis não estão ligadas à incompetência técnica daqueles que operam na atividade, mas predominantemente na incapacidade de gestão. Segundo Wass (1972) (apud BALARINE 1990, p. 115), a falta de experiência e a incapacidade gerencial são responsáveis por 90% das falências entre construtores norte-americanos

Atualmente, com inflação em patamares bem menores e com baixos rendimentos nas aplicações bancárias - estágio obtido posteriormente à implantação do Real (julho/1994) - pequenos percentuais fazem a diferença na rentabilidade do investimento ao longo de um

período, reforçando a necessidade em aprimorar técnicas de análise da viabilidade em investimentos.

1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

Como objetivo geral este trabalho busca desenvolver um modelo de simulação capaz de analisar a viabilidade econômica em projetos de investimentos de base imobiliária, quantificando o risco pela simulação do fluxo de caixa do empreendimento, por meio do método numérico de Monte Carlo.

Como objetivos específicos têm-se:

- a) Construir o modelo proposto em planilha eletrônica sem auxílio de programas de simulação específicos;
- b) Desenvolver o modelo centrado-se às oscilações nas quantidades de venda e às variáveis relacionadas aos ingressos monetários;
- c) Calibrar o modelo proposto num estudo de caso.

1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

As definições quanto ao futuro jamais serão exatas. Porém, há possibilidade de se obter informações sobre os dados de entrada que poderão auxiliar na determinação dos limites de variação e suas probabilidades. Perr, (apud CASAROTTO, 1995), eleva a importância da previsão do fluxo de caixa em projetos de investimento ao ponto máximo, ligando diretamente à sobrevivência das empresas de construção.

A simulação pelo Método de Monte Carlo pode auxiliar na previsão e na quantificação do risco em investimentos (HERTZ, 1964), (MEIER; NEWWELL; PAZER, 1969), (SHIMIZU, 1975), (ABREU, STEPHAN, 1982), (SALIBY, 1989), (ANDRADE, 1989) (LOESCH; HEIN, 1999) e (BARBOSA, 2000).

Através da construção de milhares de combinações entre os fatores relevantes que influenciam o resultado final do investimento e considerando suas curvas de probabilidades é

possível obter a distribuição das variáveis que representam o comportamento do modelo¹ e observar a probabilidade de ocorrência do intervalo desejado.

Não há técnica simples, amplamente aceita, para lidar efetivamente com o risco e incerteza nas análises prévias em investimentos de capital.

Conhecendo esta dificuldade, é visto em Lima (1991, p. 51) que tudo estará sujeito a crítica, tanto pelas especulações previstas nas informações no cenário esperado para o andamento das variáveis como da inevitável simplificação do modelo.

A simulação não minimiza os riscos inerentes sobre as dificuldades aqui expostas. A simulação tem como objetivo principal gerar informações que auxiliam o empresário na decisão em investir. Todos os problemas externos aumentam as incertezas. Sobre estes ambientes crescentes de incertezas, a simulação pode fornecer informações relativas à decisão de investir, oferecendo mais qualidade na decisão do investidor, e não mais qualidade ao investimento.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado da seguinte maneira:

O Capítulo 01, Introdução, apresenta a proposta desejada descrevendo a problemática do trabalho e os objetivos.

O Capítulo 02, Análise de Investimentos Imobiliários, descreve e caracteriza o tipo de investimento imobiliário analisado, os elementos no comportamento das vendas considerados, definições de investimento, os motivos pelos quais investimentos são analisados, as definições de risco utilizadas e os métodos usuais para quantificá-lo.

O Capítulo 03, Simulação Lógica de Sistemas Econômicos, apresenta uma revisão bibliográfica sobre assuntos relacionados às simulações lógicas utilizando o método numérico de Monte Carlo. Dar-se-á suporte teórico à formulação do modelo de simulação proposto. Abordam-se aspectos da Pesquisa Operacional, da Simulação, Método de Monte Carlo e da Análise do Risco em Investimentos por Simulação pelo método de Monte Carlo.

O Capítulo 04, Formulação do Modelo de Simulação Proposto, desenvolve o modelo proposto. É dividido em duas partes. A primeira elabora o modelo descrevendo as variáveis, as

¹ Em investimentos estas variáveis podem ser representadas pelo valor presente líquido (VPL) ou taxa interna de

relações matemáticas e de dependência. A segunda parte constrói o modelo num programa de computador, especificamente numa planilha eletrônica.

Por último, as limitações do modelo são apresentadas.

O Capítulo 05, Calibração do Modelo Proposto, executa a simulação por intermédio de um estudo de caso, possibilitando analisar sua calibração. São realizadas 1500 corridas. Os resultados obtidos na simulação são comparados aos resultados reais.

O Capítulo 06, Conclusões e Recomendações, apresentam as conclusões do presente trabalho além de sugestões para trabalhos futuros.

2 INVESTIMENTOS IMOBILIÁRIOS

O objetivo deste capítulo é descrever e caracterizar o tipo de investimento imobiliário estudado nesta dissertação, os elementos no comportamento das vendas considerados, definições de investimento, os motivos pelos quais investimentos são analisados, as definições de risco utilizadas e os métodos usuais para quantificá-lo.

2.1 DEFINIÇÕES DE INVESTIMENTO

A Análise de Investimento é um exame do investimento do ponto de vista econômico financeiro. Podemos definir ‘investimento’ como qualquer aplicação de recurso de capital com vistas à obtenção de um fluxo de benefícios, ao longo de determinado período futuro. Do ponto de vista financeiro, o investimento corresponde a uma “imobilização” de recursos no sentido de que estes são aplicados com o objetivo de permanecer investidos na atividade selecionada por um período de tempo relativamente longo (HOLANDA, 1975, p.259).

Para Sandroni (1996, p. 248), investimento é:

a aplicação de recursos (dinheiro ou títulos) em empreendimentos que renderão juros ou lucros, em geral, em longo prazo. Num sentido amplo, o termo aplica-se tanto à compra de equipamentos, máquinas e imóveis para a instalação de unidades produtivas, quanto à compra de títulos financeiros (letras de câmbio, ações, entre outros).

Nestes termos, investimento é toda aplicação de dinheiro com expectativa de lucro. O investimento em sentido estrito, em economia, significa a aplicação de capital em meios que levam ao crescimento da capacidade produtiva (instalações, máquinas).

Em Frankenberg (1999) observa-se uma interessante evolução nos termos financeiros pessoais para se chegar a um investimento:

1. Sobra pode ser considerada como o saldo não usado pela receita mensal. São os restos;
2. Economia é quando estivermos fazendo sobrar com consciência, no caso de comprar produtos similares mais baratos, deixar ou comprar menos. Assim, estamos economizando;
3. Poupar é guardar o dinheiro (economizado ou sobrado) para imprevistos e emergências (guardando sob uma remuneração com atualização monetária);

- Investimento é o tratamento consciente das economias, investindo em pequenas aplicações, para que o dinheiro não fique parado no cofre. Deve render, ou pelo menos, andar junto com a inflação, a chamada correção monetária. Poderá ser uma das fontes de renda para sua aposentadoria.

Em Aurélio (1985) as definições de poupar, economia e investir, são conceituados da seguinte forma. **Poupar** seria como “gastar com moderação ou economia, ser tolerante”, assim como **economia** seria uma “contenção de gastos, que controla as despesas, gastar com prudência. Ciência que trata dos fenômenos tocantes à produção, distribuição, acumulação e consumo de bens materiais”. **Investir** seria “aplicar ou empregar capitais”.

A denominação utilizada de *investimento* seria o comprometimento de recursos monetários feitos na esperança de se obter benefícios num determinado período de tempo (SMIDT, 1978, p. 04).

2.2 INVESTIMENTOS DE BASE IMOBILIÁRIA

Os investimentos imobiliários caracterizam-se pela concepção, organização, construção e comercialização de um produto por um agente.

O produto imobiliário é o próprio empreendimento imobiliário regido pela Lei 4.591/64, lei da Incorporação Imobiliária. Também conhecida como ‘preço fechado’, é uma antiga e difundida legislação aplicada² no Brasil para promover a construção de empreendimentos residenciais multifamiliares e comerciais. Este sistema impõe determinadas responsabilidades ao empresário/incorporador como: vender as unidades imobiliárias num certo preço, concluir e entregar a obra no prazo determinado, sem a alteração do valor acordado inicialmente.

O empresário assume então o preço acordado e havendo alteração no custo para maior, se as vendas não se comportarem como o esperado ou se as receitas não atingirem níveis satisfatórios, o empresário deve assumir tal prejuízo monetário mantendo a qualidade e o prazo de conclusão do empreendimento.

² Necessária quando o empresário vende as unidades do empreendimento sem a obra estar concluída.

Quanto à legislação, algumas novidades surgem no mercado brasileiro caracterizando outros tipos de investimentos imobiliários. Como exemplo, a criação dos Fundos Imobiliários (FI) em 1993 e a criação do Sistema Financeiro Imobiliário (SFI) em novembro/1997. Não absorvidos em grande escala pelo mercado brasileiro, ainda predomina a Lei das Incorporações Imobiliárias.

Os produtos imobiliários são em geral de longa maturação, caracterizam-se por sua posição fixa e são geralmente únicos³.

O comportamento das vendas será o fator que receberá mais ênfase nesta dissertação. É representado pela combinação do montante financeiro gerado (faturamento total ou receita total) e sua disponibilização no fluxo de caixa determinada pela velocidade com que as vendas ocorrem e pela forma dos pagamentos equivalentes. O comportamento das vendas varia então:

- a) Conforme o preço comercializado;
- b) Conforme o nível de parcelamento acordado;
- c) Conforme a data (ou mês) que a venda foi efetuada.

Este conjunto de variáveis pertinentes ao comportamento das vendas pode ser denominado de Cenários de Vendas e diferenciado pelo valor presente (VP).

As vendas dependem de uma complexidade de fatores externos e internos e se torna tão difícil de prevê-las na medida em que estes fatores se expandem ou escapam do controle da empresa. Assim, “ocorre que nem sempre o planejamento das vendas fica completamente sob controle da empresa, pois quem decide é o mercado” (CHIAVENATO, 1990, p. 64). Por isto a necessidade de estudá-lo para minimizar ao máximo as incertezas que cercam as vendas.

2.3 A NECESSIDADE DE ANALISAR INVESTIMENTOS

Suponhamos que vivamos num mundo de recursos ilimitados de capital. Nesse tal mundo idealizado, não haveria a necessidade do estudo em investimentos. Todas as propostas de aplicação de fundos seriam aceitáveis desde que se obedecesse a um simples critério: a renda total deve exceder o total gasto (FLEISCHER, 1973, p. 01). Mas sabemos que os recursos são

³ Mais características do ramo da construção civil e produtos imobiliários ver: Casarotto (1995), Otero (2000), Junior (1998, 1998, 1993, 1991), Ilha (2000), Ganzo (2001) e Freitas (2001).

limitados, pois se um indivíduo tentar captar um empréstimo de 01 bilhão num banco receberá uma resposta negativa. O mercado contém o crédito de cada empresa dentro de certos limites, e não basta estar disposto a pagar as taxas de juros de mercado para se obter qualquer volume de empréstimo (SIMONSEN, 1988, p. 301).

Com a evolução da concorrência e nestes novos tempos, a corrida ao capital tornou-se mais complexa, à medida que este se torna também mais escasso. O princípio da escassez é o fundamento da ciência econômica. Segundo Holanda (1975, p. 35), “somente porque os recursos são escassos frente às amplas e variadas necessidades a que devem atender, é que justifica a preocupação de utilizá-los de forma racional e eficiente”.

Esta complexidade força uma aplicação da análise de investimentos mais completa e eficiente para a mensuração e obtenção de lucro⁴. “É neste sentido que considerável atenção tem sido dada às técnicas de planejamento econômico como instrumento de administração (pública ou privada) que visam aumentar a eficiência, racionalidade e segurança das decisões, através da maximização do rendimento no uso de recursos escassos” (HOLANDA, 1975, p. 36).

Sendo então os recursos de uma economia limitados e escassos, a decisão “do que produzir”, “como produzir”, “quanto produzir” e “onde produzir” tem de ser tomada em bases racionais (NEVES, 1982, p. 09).

No Brasil, a estabilidade econômica pôs fim àquela loucura da era inflacionária. “O foco passou da defesa do valor para a busca da melhor rentabilidade, aos menores riscos. É um fenômeno parecido com o da Alemanha no fim dos anos 80, quando os investidores reduziram as aplicações em renda fixa e aumentaram em renda variável” (LUQUET, 2000, p. 01).

Entretanto, é falsa a idéia de que a análise de investimento de projetos se torne importante somente quando uma economia se desenvolve. Nas economias em desenvolvimento os recursos são ainda mais escassos e há mais alternativas de aplicação do que em economias desenvolvidas. A análise de projetos de investimentos é um instrumento que pode evitar aplicações ineficientes dos recursos disponíveis (NEVES, 1982, p. 09).

Numa época onde baixos percentuais fazem a diferença ao longo do tempo, as análises de investimentos ainda não são utilizadas em grande escala no Brasil. Segundo Thomas

⁴ Peters (1977, p. 08) prefere empregar “recompensa monetária” em lugar do termo lucro ou retorno, apoiando o declínio da significação do termo lucro. O termo lucro faria pensar numa percentagem específica que figura na última linha da demonstração contábil de lucros e perdas.

Raiss⁵ “o investidor brasileiro não gosta muito de gastar dinheiro com planejamento, valoriza mais a parte física [...] e isto tem afastado um pouco a atenção internacional”. Como consequência, pode-se utilizar os dados do SEBRAE onde 70% das empresas deixam de existir antes mesmo de completar o primeiro ano. Os recursos destinados a pesquisas nos EUA representam 2,5%, do PIB, enquanto no Brasil não ultrapassam 0,60%⁶.

Procuram-se então, rentáveis propostas de investimentos através de análises econômicas para determinar o potencial de rentabilidade de cada investimento. Estes estudos permitem medir “o valor dos recursos despendidos e dos benefícios recebidos do investimento, durante cada período de tempo futuro, considerando que estes podem ser estimados” (SMIDT, 1978, p. 04).

2.4 ANÁLISE ECONÔMICA E ANÁLISE FINANCEIRA DE INVESTIMENTOS

A Análise Econômica e a Análise Financeira andam tão ligadas que é comum encontrar, em qualquer meio, o uso de uma ao outra. De tão próximas, há quem não consiga expressar-se diferente sem a adoção dos dois termos juntos econômico-financeiro, “para fugir da falta de conhecimento mais rigoroso de como são estes diferentes”. (LIMA, 1995, p. 03).

Para Casarotto (1996), os critérios econômicos analisam a rentabilidade do investimento, enquanto os critérios financeiros objetivam a disponibilidade de recursos. Há ainda os critérios imponderáveis, que consideram os fatores não conversíveis em dinheiro.

Não diferente para Lima (1995, p. 03):

as decisões quando tratam de temas econômicos, trabalham sobre aspectos relacionados com a qualidade dos empreendimentos, tomados a partir de referencial que deverá conter os parâmetros de rentabilidade desejada pelo decisor [...], balizada em taxa de Atratividade que o decisor adota como orientação para suas decisões”,

Enquanto “as decisões quando tratam de termos financeiros, estão em busca de parâmetros que referenciam a equação de fontes para os recursos que os empreendimentos necessitam”. (LIMA, 1995, p. 03).

⁵ Thomas Raiss. Empresário com obras implantados em Belo Horizonte em que a maior parte do capital investido veio dos Estados Unidos. Entrevista para a revista Construção São Paulo, edição 2718, ano 2000 e Workshop Projeto e Planejamento de Obras: a Chave para Grandes Investimentos Internacionais, realizado no início de abril-2000 em São Paulo.

⁶ Programa PEGN na GloboNews - 13/outubro/2000

2.5 ANÁLISE DO RISCO EM INVESTIMENTOS

As análises de investimentos podem ocorrer sobre duas formas, basicamente: uma considera que todos os dados de entrada sejam perfeitamente conhecidos; outra considera que os dados de entrada não são perfeitamente conhecidos. A qualidade da informação determina o ambiente que as decisões serão tomadas. Para Abreu e Stephan (1982, p. 95-97), estas podem estar sob absoluta certeza, incerteza ou risco, onde:

- a) Na situação de certeza “o resultado real corresponde sempre ao resultado esperado”;
- b) Na situação de incerteza “uma ação pode gerar vários resultados possíveis, mas cujas probabilidades não são conhecidas”;
- c) Na situação de risco “cada ação pode implicar uma série de resultados possíveis, cada qual podendo ocorrer conforme uma probabilidade conhecida”.

O objetivo principal da análise do risco é calcular as chances do projeto se tornar viável (NEVES, 1982, p. 169-175). Segundo Damodaran (1997, p. 55), “a idéia de que risco constitui um *negativo* e precisa ser recompensado é incontestável, embora o modelo exato para estimar o risco seja assunto para debate”.

Risco é normalmente definido como o grau estimado de incerteza, com respeito à realização de resultados futuros desejados. Quanto mais ampla for a faixa de valores possíveis para o retorno de um investimento, tanto maior será o grau de risco do investimento (ANDRADE, 1989, p. 261).

A busca pela diferenciação entre risco e incerteza, conforme Simonsen (1988, p.302), partiu da subjetividade, considerada como uma limitação que “advém da hipótese de que cada indivíduo atribua a cada investimento possível, certa distribuição de probabilidade”. Com este pensamento:

[...] há quem considere as distribuições de probabilidade subjetivas como uma espécie de categoria esotérica. Dentro dessa linha, muito inspirada por Frank Knigth, vários economistas se habituaram a diferenciar risco de incerteza⁷. O risco ocorreria quando houvesse uma distribuição objetiva de probabilidade. A incerteza, quando não houvesse bases suficiente para o conhecimento desta distribuição.

⁷ Neste sentido, para Balarine (1989, p. 43), “na verdade, o conceito de risco reporta-se ao ano de 1921, quando KNIGHT introduziu a idéia de que atividades e setores com risco mais elevados deveriam exigir retornos mais elevados [...]”; em Galdão e Fama (2000, p.02), “a diferenciação entre incerteza e risco, proposta pelo economista KNIGHT na década de 20, enfatiza a oposição qualitativo-quantitativa.”

Para Luce E Raiffa⁸ (apud ABREU; STEPHAN, 1982), o conceito de incerteza não pode ser definido de forma clara, mas distingue-se por três componentes básicos: “a incerteza ligada à imprevisibilidade dos parâmetros econômicos relevantes; ligados aos eventos políticos; ligadas à percepção do investidor”, isto é, a subjetividade.

Tal proposta persiste até hoje, onde o conceito de risco e incerteza se difere basicamente pela: quantidade e/ou qualidade da informação; e subjetividade. A bibliografia econômica aceita que o risco seja mensurado quando se tem os resultados possíveis e suas probabilidades, isto é, “quanto maior a variância, maior é o risco de um determinado investimento, é a distância de um valor esperado sobre as expectativas do decisor” (FERREIRA, 1995, p. 17). A incerteza é apurada sob ambiente de pouca ou nula informação.

Segundo Fleischer (1973), “na literatura da teoria da decisão se faz uma distinção semântica entre análise de risco e análise de incertezas, sendo a análise do risco os casos em que se podem fazer previsões acerca das probabilidades”. O autor denomina o futuro incerto como incerteza, e classifica o futuro mais provável pela análise do risco. Para os casos com “resultados futuros com probabilidade conhecidas [...] vemos o futuro como míopes”.

Para Weston e Brigham (2000, p. 156), “risco é definido no dicionário Webster como um perigo: exposição à perda ou ao dano. Assim, risco refere-se à possibilidade de que algum acontecimento desfavorável venha a ocorrer”, enquanto para Luquet (2000) “risco é a probabilidade de não se conseguir atingir os objetivos de investimentos”.

Em Gitman (1984, p. 202), o risco, em seu sentido geral, “é definido como a possibilidade de um prejuízo financeiro. Cada decisão financeira apresenta certas características de risco e retorno. E todas as principais decisões financeiras devem ser vistas em termos de expectativa de risco, expectativa de retorno, e do impacto de sua combinação sobre o preço da ação.”

Adota-se a denominação de risco de SANDRONI (1996, p.456) onde “risco é a situação em que, partindo-se de determinado conjunto de ações, vários resultados são possíveis e se conhecem as suas probabilidades de cada um vir a acontecer”.

Adota-se a denominação de risco econômico conforme Vieira (1997) e Vieira e Studart (1997) onde risco econômico é definido pela probabilidade da relação benefício/custo⁹

⁸ LUCE, D. RAIFFA, H. Games and decisions, NY, John Wiley & Sons, 1958.

⁹ Podem assumir também as denominações ingresso/desembolsos ou entradas/saídas monetárias.

ser menor que a unidade, dada por $P[(B-C) < 0]$, ou seja, as chances do empreendimento não ser economicamente viável (não gerar rendimentos ou lucros monetários).

2.5.1 Histórico do risco

O objetivo deste item é desenvolver uma breve revisão bibliográfica sobre a evolução recente do pensamento do risco em análise de investimentos¹⁰.

Enquanto FLEISCHER (1973) cita o clássico texto de Arthur M. Wellington, “The Economic Theory of Railway Location”, publicado em 1887 como aquele que “tornou-se a gênese da análise dos efeitos econômicos das decisões de engenharia”, Simonsen (1988) relata que “a produção científica pioneira na corrida à análise do risco só ocorreu em 1921 quando Frank Knight publicou “Risk, Uncertainty and Profit”, e então, a incerteza e o risco passaram a preocupar os economistas”.

Para Simonsen (1988, p. 300), o estudo de Frank Knight não foi suficiente para a solução dos problemas sob condições de risco e incerteza.

Duas grandes formas convencionais do raciocínio se estabeleceram na primeira metade do século XX para enfrentar o problema do risco e da incerteza. A primeira partia da hipótese de que os empresários agissem em relação aos valores esperados da mesma maneira pela qual agiriam diante de previsões; cada empresário teria em mente uma certa distribuição de probabilidade quanto ao futuro dos parâmetros que lhe interessassem, e tomaria suas decisões exclusivamente com base nas médias dessa distribuições. A segunda apelava para o conceito de prêmio de risco: entre a taxa de rendimento interno esperada para cada investimento e a taxa de juros pura deveria interpor-se certa margem, destinada a compensar os riscos do empresário. Esse prêmio de risco seria traduzível em alguma percentagem por unidade de tempo, tal como a taxa de juro e eficiência marginal do capital. Essas formas convencionais deixam sem explicação a diversificação (SIMONSEN, 1988, p. 300).

Somente em 1952, Harry Markowitz propôs em seu clássico artigo ‘*Portfolio Selection*’ uma metodologia para o cálculo do risco através da diversificação, onde “a

¹⁰ Para uma completa análise sobre a história e o papel do risco na sociedade ver BERNSTEIN, P. *Desafio aos Deuses: a fascinante história do risco*. Rio de Janeiro: Campus, 1997. COSTA, F. *Desafio aos Economistas*. Resenha do livro Desafio aos Deuses de BERNSTEIN (1997). UNICAMP. 2001. Disponível em: <<http://www.eco.unicamp.br/artigos/artigo49.htm>>. Acesso em 20 out. 2003. SIQUEIRA, J. *Risco: da filosofia à administração*. Departamento de Administração USP. Extraído da Internet em 2001. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/convenit3/josiq.htm>>. Acesso em 20 out. 2003.

determinação do risco [...] envolveria a consideração da variabilidade [...] mais a covariância”¹¹ (BRUNI; FAMÁ; SIQUEIRA, 1998, p. 62). Assim, o investidor ajustaria combinações das alternativas disponíveis, com o objetivo de obter uma combinação ótima, construindo assim seu portfólio, maximizando o retorno na carteira de projetos e mantendo o risco a um nível aceitável.

Segundo Galdão e Fama (2000, p. 02), este estudo “permitiu que se atribuisse um número a um conceito tratado até então de forma predominantemente qualitativa”. Como consequência, para Balarine (1989, p. 43), “a Teoria de Finanças passaria a novo estágio”. Os estudos de Markowitz foram “complementados posteriormente por Lintner, W. Sharp e Tobin”¹², onde teve início o desenvolvimento de modelos matemáticos que visavam a otimização de retornos financeiros condicionados a uma minimização de variância ” (BEZERRA, 1991, p. 01).

Todas estas observações sugerem que o prêmio de risco necessário a convencer um empresário a embarcar numa inversão não depende apenas da dispersão relativa da distribuição de probabilidade imaginada para as taxas de rendimento, mas também o volume da inversão. Era ainda preciso construir uma teoria que explique como os indivíduos e as empresas se comportavam diante do risco, pois qual seria a taxa de rendimento de cada inversão e a taxa de juros. O prêmio do risco de um banqueiro a emprestar mil de um lado é bem menor para aquele que emprestaria bilhões. Uma das linhas mais interessantes desse problema consiste na teoria da escolha envolvendo risco, de Von Neuman e Morgenster (1953)¹³. Esta teoria induz à construção de índices cardinais de utilidade, onde se pretende medir satisfação do indivíduo, mas que servem para hierarquizar as alternativas de escolha.

Para Ferreira (1995: p.10), “os modelos de análise de investimentos vem sendo aperfeiçoados e incorporados com novas técnicas, principalmente a partir do fim da década de 70 [...] e podem ser utilizados em conjunto, o que em algumas oportunidades melhora sensivelmente a qualidade das informações para a tomada de decisão”.

¹¹ O estudo de H. MARKOWITZ estava ligado diretamente à diversificação em ativos, com o objetivo de avaliar uma combinação de ações, chamada Portfolio, que oferecesse menores variações medidas pela variância.

¹² Harry Markowitz e Willian Sharp foram ganhadores do Prêmio Nobel de Economia em 1990.

¹³ VON NEUMAN, J. MORGENSTERN, O. The theory of games and economic behavior. Princeton, NY, 1953.

2.6 TÉCNICAS CONVENCIONAIS PARA QUANTIFICAR O RISCO

Embora se refiram à simulação lógica pelo método de Monte Carlo como uma das técnicas para quantificar o risco em projetos de investimentos, Gitman (1984, p. 457-496) e Groppeli e Nikbakht (1998, p. 153-165) denominam simplesmente de técnica de simulação, Clemente (1998, p. 98-111) utiliza a expressão geração numérica da distribuição de probabilidade do valor presente líquido do projeto, Weston e Brigham (1975, p. 309-361) denomina simulação estocástica, e Andrade (1989, p. 263) método de simulação de Monte Carlo.

As técnicas tradicionais utilizadas para quantificar o risco do projeto em investimento de capital segundo Gitman (1984, p. 457-496) e Weston e Brigham (1975, p. 309-361), além da simulação são:

- a) a abordagem subjetiva ou método informal;
- b) as árvores de decisão;
- c) as abordagens estatísticas;
- d) ajustamento do equivalente de certeza;
- e) método da taxa de desconto ajustada ao risco;
- f) análise de sensibilidade;

Acrescenta Groppeli e Nikbakht (1998: p.153-165), os seguintes métodos:

- a) Capital Asset Pricing Model (CAPM)¹⁴;
- b) ajustamento pela inflação

Segundo Saul (1995), em pesquisa realizada nas maiores empresas brasileira, constatou-se quais os tratamentos dado ao risco quando o risco de um projeto não é medido:

- a) reduz-se o tempo mínimo de recuperação do investimento (*payback*);
- b) aumenta-se a taxa de rentabilidade mínima exigida do projeto;
- c) ajusta-se quantitativamente os fluxos de caixa do projeto;
- d) ajusta-se subjetivamente os fluxos de caixa do projeto.

¹⁴ Modelo de Precificação de Ativos

3 SIMULAÇÃO LÓGICA DE SISTEMAS ECONÔMICOS

Este capítulo tem por objetivo revisar aspectos gerais da pesquisa operacional, simulação e método de Monte Carlo.

O processo de simulação compõe uma das ramificações do campo de conhecimento da Pesquisa Operacional ou de Métodos Quantitativos. As técnicas de modelagem são também revistas, recaindo sobre os processos de simulações lógico-matemáticas que utilizam o método numérico de Monte Carlo, sobre programas de computador. Posteriormente, revisa-se a adoção da análise do risco utilizando o método de Monte Carlo em projetos de investimentos. Finalmente, analisam-se três modelos voltados para análise de investimentos.

Isto se faz necessário para se chegar à área de conhecimento dessa dissertação, que é a utilização da simulação lógico-matemática em sistemas econômicos de projetos de investimentos, para analisar o risco econômico pelo fluxo de caixa descontado utilizando o Método de Monte Carlo.

3.1 CONSTRUÇÃO DE MODELOS

3.1.1 Introdução

Como definição geral, Hillier e Lieberman (1988, p. 16-17) descrevem a Pesquisa Operacional como “uma abordagem científica à tomada de decisão que envolve as operações de sistemas organizacionais”, compreendo a modelagem de sistemas determinísticos e probabilísticos que se originam na vida real. O processo começa pela observação e formulação do problema e, então, passa para a construção de um modelo científico (tipicamente matemático) que tenta abstrair a essência do problema real.

Os problemas de simulação estão localizados no campo da Pesquisa Operacional. Desde sua origem, a Pesquisa Operacional caracterizou-se pelo uso de vários campos de conhecimento, permitindo que uma decisão possa melhor ser avaliada e estudada, dado a

complexidade e abrangências dos problemas em administração e aplicação de recursos monetários. (ANDRADE, 1989)

Para Andrade (1989, p.9) “ o estudo em Pesquisa Operacional consiste em construir um modelo de um sistema real existente (ou ainda em concepção) como meio de analisar e compreender o comportamento dessa situação.”

A complexidade de um sistema é resultante do fato deste ser influenciado por uma grande gama de variáveis, havendo ainda a tendência de um aumento ainda maior no número destas variáveis, face às relações sócio-política e econômica que precisam ser incorporadas ao modelo. Porém, mesmo os mais complexos sistemas recebem influência de um número reduzido de variáveis. A simplificação do sistema real passa então, primeiramente, pela identificação dessas variáveis principais (ANDRADE, 1989, p.9).

3.1.2 Tipos de modelos

“Existem diversas formas de gerar e utilizar as relações entre variáveis em um modelo”. Assim, conforme Andrade (1989, p. 18) e Russel (1977, p. 133), os modelos podem ser divididos em dois grandes grupos:

- a) Modelos de simulação: são modelos que procuram representar o mundo real com o objetivo de permitir a geração e análise de alternativas criando ambientes futuros possíveis;
- b) Modelos de otimização: situações que não permitem flexibilidade na escolha de alternativas e possibilitam encontrar a solução ótima. Em projetos de tipo otimização simultânea todas as combinações dos valores controlados são escolhidos antecipadamente, enquanto nos projetos de otimização seqüencial escolhem-se apenas alguns valores e, conforme os resultados fazem-se novas escolhas.

3.1.3 A modelagem na simulação

O processo de simulação envolve sistemas e modelos, enquanto a simulação computacional¹⁵ com estes relaciona-se. (KELTON, SADOWSKI e SADOWSKI, 1998)

Um sistema qualquer pode ser entendido como um conjunto de elementos que forma o todo, enquanto um modelo deve representar uma parte, ou imitar o sistema real. Logo, toda simulação requer a construção de um modelo.

O grande desafio é tornar o modelo uma representação válida do sistema que se pretende analisar (KELTON; SADOWSKI; SADOWSKI, 1998), Saliby (1989, p. 18-20), (LOESCH; HEIN, 1999, p.21) e (HILLIER e LIEBERMAN, 1988, p. 629).

Um modelo de simulação, para Meier, Newell e Pazer, (1969), “é a representação numérica de um sistema”, e permite manipulações das variáveis relevantes. Para Loesch e Hein (1999, p. 21) os modelos (matemáticos) constituem uma abstração da realidade, representada por um conjunto de equações e relações lógicas.

A construção e a execução de um modelo de simulação permitem a observação da dinâmica do comportamento de um sistema sobre condições controladas. Construído cuidadosamente, um modelo de simulação realista proporciona um ambiente experimental onde observações podem ser feitas, analisando e observando testes de hipóteses sobre uma variação de condições assumidas (MEIER, NEWELL, PAZER, 1969).

Sobre a importância dos modelos e de sua construção, Roseblueth e Wiener (1945) (apud NAYLOR; BALINTFY; BURDICK, 1971, p. 18) descreve:

[...] nenhuma parte substancial do Universo é tão simples que possa ser compreendida e controlada sem abstração. A abstração consiste em substituir-se a parte do Universo em estudo por um modelo semelhante, porém, de estrutura mais simples. Os modelos constituem portanto uma necessidade primordial de qualquer procedimento científico.

“Os modelos devem ser suficientemente simples para permitir sua manipulação e entendimento; para ser representativo do sistema dentro uma precisão desejada e suficientemente complexo para permitir extrapolação de conclusões”. Construído o modelo, deve-se passar por uma fase de testes em que se vai julgar a sua validade (c).

¹⁵ **Simulação computacional** atribui-se à uma grande variedade de modelos de sistemas do mundo real por avaliação numérica usando programas computacionais desenvolvidos para imitar sistemas operacionais (KELTON, SADOWSKI, SADOWSK, 1998).

Porém, “infelizmente os modelos realísticos raramente são simples e os modelos simples raramente realísticos” (NAYLOR, BALINTFY e BURDICK, 1971, p. 19).

A abrangência do modelo e suas limitações devem ser claramente definidas e especificadas, pois se pode conduzir a instalação de um determinado patamar de risco associado à própria estrutura do modelo, e não só às estimativas das variáveis, possibilitando assim, a relevância dos resultados gerados (ANDRADE, 1989, p. 19; LIMA, 1991).

Enfatiza Hillier e Lieberman (1988, p. 629) que o modelo de simulação “não precisa ser uma representação completamente realística do sistema real [...], pois a maioria dos modelos de simulação pecam por serem super-realísticos”.

Neste sentido, Lima (1991, p. 05) afirma que o modelo, por ser um simulador, “deverá necessariamente tratar o desenvolvimento do problema de forma simplificada”, já que “sempre haverá simplificação”. A inclusão de variáveis e determinação de parâmetros não diminui os riscos, quando se estende a entrada de dados no modelo, podendo até mesmo ser a inclusão de novos riscos. A capacidade de refletir o real comportamento do problema estaria condicionada ao conhecimento prévio do comportamento das variáveis.

3.1.4 As variáveis de um modelo

Existem diversas tendências para definir os elementos do sistema através de terminologias diferentes, tais como: entidades, atributos, variáveis exógenas e endógenas, variáveis de estado. Mas como a definição de tais elementos pode variar em um mesmo sistema segundo pontos de vistas diferentes, é preferível utilizar a atitude de determinação dos **elementos e relações de interesse** para analisar o sistema simulado (SHIMIZU, 1984, p. 35).

Como exemplo, pode-se citar a simulação de um supermercado. Seus elementos de interesse podem ser os itens de mercadorias existentes e lista de compra dos clientes. Mas sob outro aspecto de estudo passariam a ser número e o tipo de prateleira, o tamanho dos corredores. Num tráfego urbano: elementos de interesse: veículos por trecho de rua; números de cruzamentos, semáforos (SHIMIZU, 1984, p. 35).

Segundo Naylor, Balintfy e Burdick (1971), um modelo é constituído pelas seguintes variáveis, parâmetros, características operacionais e identidades:

- a) As Variáveis exógenas (ou fatores) são as variáveis independentes e atuam sobre o sistema, mas não sendo influenciadas pelo mesmo. A relação causa e efeito segue o sentido das variáveis exógenas para o sistema. Os dados de entrada podem ser controláveis (quantidade de matéria prima que se adquire ou número de trabalhadores que emprega), e não controláveis. Podem ainda serem tratadas de duas maneiras: como parâmetros e assim determinadas pelas condições do problema ou pelos decisores, ou como variáveis estocásticas podendo ser geradas por distribuição de probabilidade contínua ou discreta.
- b) As variáveis de estado descrevem o estado de um sistema ou de um de seus componentes (nível de dinheiro em caixa, nível de estoque). É a quantidade ou nível de alguma variável.
- c) As variáveis endógenas são as variáveis dependentes ou de saídas do sistema e são geradas pela interação das variáveis exógenas e de estado de acordo com as características operacionais (fórmulas) do sistema (capacidade total, preços, vendas globais).

As relações funcionais descrevem as interações das variáveis para gerar o comportamento do sistema. Estas podem assumir uma postura de identidade ou característica operacional. As identidades podem tomar a forma de definição relativa aos componentes do modelo (lucro total é definido com a diferença entre total de vendas e o custo total). Uma característica é uma hipótese, geralmente uma equação matemática que relaciona as variáveis endógenas (funções de consumo, de investimento) podendo as características de processos estocásticos tomarem o aspecto de funções de densidade de probabilidade.

3.2 SIMULAÇÃO

3.2.1 Introdução à simulação de sistemas econômicos

Quando se trabalha com previsão é sabido que dificilmente se obtém o real comportamento dos eventos. Em investimentos isto é verificado em praticamente todos aqueles que se deseja conhecer antecipadamente o comportamento dos ingressos e desembolsos.

Em alguns casos é praticamente impossível obter todos os dados necessários para desenvolver um trabalho avaliatório. Para Saliby (1989, p. 17), isto se deve pela complexidade dos problemas enfrentados, além da aleatoriedade dos possíveis resultados e suas combinações.

Com este incessante desejo do homem de conhecer o futuro (NAYLOR, BALINTFY; BURDICK, 1971, p. 13.), procura-se, conforme Shimizu (1975, p. 01), resolver os nossos problemas através de uma analogia com a realidade.

Nestes casos, de acordo com Barbosa (2000), a “simulação é uma ferramenta indispensável para formular hipóteses relacionadas com o processo [...] em problemas cuja solução analítica é inadequada”, pois, segundo Shimizu (1975, p. 04), “substituem o processo de resolução direta pelo emprego de um modelo matemático [...] e utilizado como meio de projeção do futuro como ferramenta de previsão e planejamento quantitativo.

Para Meier, Newell, Pazer (1969), a simulação de negócios e a simulação de sistemas econômicos tem se mostrado como uma poderosa ferramenta disponível para analisar negócios e problemas econômicos. Pesquisas de Saliby (1989, p. 22) e Hillier e Lieberman (1988, p. 19) indicam que a simulação é sempre uma das técnicas mais empregadas.

Os processos determinísticos, ainda que bastante úteis para a análise de projetos, são de fato uma simplificação. Em geral, a grande maioria das informações que compõe o fluxo de caixa de um projeto não é conhecida com exatidão, isto é, são estimadas ou previstas com margens de erros que podem comprometer uma análise das verdadeiras possibilidades de sucesso e fracasso.

O objetivo principal da simulação seria obter um conhecimento do possível comportamento e variabilidade dos resultados do projeto (VLP e TIR), fornecendo assim, dados para que a decisão de investir seja tomada com mais qualidade. A simulação não gerencia as variáveis, isto é, não baixa o risco do investimento, mas sim, melhora os níveis de informação para apoiar a decisão de investir.

Segundo Hillier e Lieberman (1988, p. 625), para conhecer o possível comportamento dos resultados a simulação:

[...] abstrai a essência do problema e revela sua estrutura subjacente, fornecendo, deste modo, uma compreensão das relações causa-efeito dentro do sistema [...]. Em lugar de descrever diretamente o comportamento geral do sistema, o *modelo de simulação* descreve a operação do sistema em termos dos *eventos simulados* dos componentes individuais do sistema. O sistema é subdividido em elementos cujos comportamentos possam ser preditos, pelo menos em termos das distribuições de probabilidade, para cada um dos vários possíveis estados do sistemas e suas entradas.

Para Abreu e Stephan (1982, p. 151) a relação causa-efeito seria a idéia básica da simulação, e se estabeleceria da seguinte forma: os resultados que interessam (VPL e TIR) não

podem ser observados diretamente, mas sim, indiretamente. Sendo o VPL e TIR resultados de um conjunto de fatores distintos, em vez de tentar estabelecer diretamente estes e sua distribuição de probabilidade, seria mais indicado concentrar-se nas distribuições de probabilidade dos fatores individuais que podem ser determinados mais facilmente.

Desta maneira, segundo Loesch e Hein (1999, p. 11), a simulação analisaria a relação causa-efeito por situações sujeitas à lei do acaso, verificando como as alterações dos valores de parâmetros do modelo alteram os resultados¹⁶.

3.2.2 Definições de simulação

“A simulação de um sistema é a operação de um modelo que o representa” (ANDRADE, 1989, p. 236). A palavra simulação vem do latim *similis*, que significa “parece” (GROPPELLI; NIKBAKTH, 1998, p. 158), relacionando-se diretamente à palavra ‘imitar’.

Os modelos de simulação deveriam imitar a realidade. Da mesma forma Barbosa (2000, p. 02) define simulação como a “técnica de representar amostras experimentais de um modelo“, assim como Groppelli e Nikbakth (1998, p. 158) definem simulação como a ação de “produzir situações hipotéticas parecidas com as reais.”

Em Loesch e Hein (1999, p. 227) a simulação é essencialmente uma técnica que envolve a construção de um modelo de uma situação real para uma posterior experimentação. Esta definição é ampla, podendo abranger inclusive modelos de simulação físicos.

Outra definição abrangente e semelhante é vista em SHIMIZU (1975) onde simulação “é a modalidade experimental de pesquisa que procura tirar conclusões através de exercícios com modelos que representam a realidade [...], isto é, imitando a realidade através de modelos”.

Para Kelton, Sadowski e Sadowski (1998) simulação:

[...] refere-se a uma larga coleção de métodos e aplicações para imitar o comportamento de um sistema real, usualmente sobre um computador com um programa apropriado [...] Por definição, simulação seria um processo de um modelo computacional de um sistema real conduzindo experimentos numéricos para obter o comportamento do sistema sobre as condições das variáveis impostas.

¹⁶ Neste ponto, considerando os conceitos de análise de investimentos, a relação causa-efeito poderia identificar-se pela análise de sensibilidade, pois mudanças nas curvas de probabilidade (denominada lei do a caso) de uma variável proporcionaria uma alteração no resultado do modelo.

Conforme Meier, Newell e Pazer (1969) simulação “refere-se à operação de um modelo numérico que represente a estrutura de um processo dinâmico sendo executada para representar o comportamento do sistema por um modelo”. Portanto, simulação seria “duplicar a essência do sistema ou atividade de maneira que este modelo represente as características essenciais do sistema ou processo em estudo, podem ser programado em um computador digital”.

Para Naylor, Balintfy e Burdick (1971, p. 11-12) simulação “é uma técnica numérica para realizar experiências em computador digital, as quais envolvem certos tipos de modelos lógicos sobre extensos intervalos de tempo”

Para considerar esta definição mais direcionada, Naylor, Balintfy e Burdick (1971) limitaram o entendimento amplo da palavra *simulação*, não se referindo a jogos militares, jogos de negócios ou modelos reduzidos. Consideram simulação, acima de tudo: sobre firmas e indústrias; somente modelos lógicos e matemáticos; excluindo modelos analógicos; físicos, verbais e pictóricos; capazes de serem executados em computadores digitais; sem o encontro em experiências feitas sob condições de absoluta certeza e equilíbrio estático sob soluções determinadas.

Adota-se também o pensamento de Saliby (1989, p. 17) quando “volta-se para a simulação como uma técnica de pesquisa operacional [...] que corresponde à realização de experimentos numérico com modelos lógico-matemáticos [...] envolvendo geralmente grande volume de cálculos repetitivos”

Segundo Hillier e Lieberman (1988, p. 625-626), “simulação é a técnica de fazer experimentos amostrais no modelo do sistema. A simulação não seria nada mais que jogar o jogo muitas vezes, sozinho, até que se torne claro se vale a pena jogar”.

3.2.3 Tipos de modelos de Simulação

Antes de avançar sobre a estrutura dos modelos de simulação, suas propriedades e planejamento, é importante desde já, classificar os modelos de simulação. Isto é necessário, pois toda a dissertação estará voltada aos processos de simulação de sistemas comerciais em computador utilizando o método de Monte Carlo.

O principal fator que determina a classificação dos processos de simulação relaciona-se a aspectos físicos e lógicos. Os modelos de simulação podem conservar ou não as características físicas e lógicas do sistema real imitado. Assim, conforme Shimizu (1975) temos duas classificações para os modelos de simulação:

- a) Simulação simbólica;
- b) Simulação física.

Observamos a mesma classificação em Kelton, Sadowski e Sadowski (1998) e Loesch e Hein (1999, p. 227) para as classes de modelo de simulação, muito embora estes adotem denominações distintas. Os modelos estariam classificados em:

- a) Modelos físicos;
- b) Modelos lógicos.

3.2.3.1 Simulação Física

Na simulação física “há apenas um processo de miniaturização ou representação parcial de um sistema real”. Como exemplo, pode-se citar os aparelhos de treinamento que imitam a realidade treinando operadores e motoristas (SHIMIZU, 1975).

Os modelos físicos seriam réplicas físicas ou escalas de modelos de um sistema, como construção de miniaturas, versões em escalas completas de restaurante para experimentar que diferentes serviços oferecer (KELTON; SADOWSKI; SADOWSKI, 1998).

3.2.3.2 Simulação Simbólica

Seria simulação simbólica quando o “modelo não conserva as características físicas do sistema real [...] ficando a parte lógica do sistema real conservada e expressa por equações matemáticas, onde as variáveis representam as componentes do sistema” (SHIMIZU, 1975).

Os modelos lógicos (ou matemáticos) são usualmente representados por um programa computacional, utilizado para analisar o comportamento do modelo através de uma formulação matemática (KELTON; SADOWSKI; SADOWSKI, 1998).

A simulação lógica pode ser classificada ainda em dois tipos, segundo Shimizu (1975):

- a) problemas determinísticos;
- b) problemas estocásticos ou probabilísticos.

A simulação de problemas determinísticos para Shimizu (1975) refere-se à resolução de problemas, tais como, equações diferenciais, integrais, matrizes e outras. O método determinístico se caracteriza por não possuir elementos desconhecidos ou aleatórios. Eles ainda podem ser do tipo: simultâneo; ou seqüencial.

A simulação de problemas estocásticos, objeto deste estudo, abrange os casos mais comuns e importantes da simulação, pois tais problemas estocásticos ou probabilísticos não podem ser resolvidos através de métodos matemáticos usuais, ficando a simulação como o melhor, ou muitas vezes, o único método de resolução. “Quando fatores aleatórios são introduzidos no processo de determinação do ótimo, este é chamado de método estocástico ou método de busca aleatória” (SHIMIZU, 1975).

Os tipos de simulação lógica pertinentes à pesquisa operacional¹⁷ são classificados também por Saliby (1989, p. 18-20) e Kelton, Sadowski e Sadowski (1998) da seguinte maneira:

- a) Determinística ou probabilística;
- b) Estática ou dinâmica;
- c) Discreta ou contínua.

Os modelos determinísticos, segundo Saliby (1989, p. 18-20), ocorrem quando todas as variáveis são determinísticas, podendo ser estudado analiticamente. Pode também, quando o modelo se torna mais complexo e com um grande número de variáveis ou de relações, recorrer à simulação determinística. Já uma simulação probabilística considera uma ou mais variáveis aleatórias, representada por amostras. Segundo Kelton, Sadowski e Sadowski (1998) que denominam a simulação probabilística de simulação estocástica, alerta que um único modelo de simulação pode utilizar as duas classificações de informação.

Para Saliby (1989, p. 18-20), as simulações estáticas são aplicadas em cálculos de integrais ou experimentos amostrais, onde as dimensões não se alteram ao longo do tempo. A simulação dinâmica refere-se ao estudo de um sistema ao longo do tempo, podendo ser feito de duas maneiras distintas: à incrementos constantes ou à incrementos variáveis.

¹⁷ Em pesquisa operacional englobam os problemas como planejamento e de competição. (SHIMIZU, 1975)

As simulações discretas ou contínuas referem-se ao processo de atualização das variáveis que descrevem o estado do sistema. Para Saliby (1989, p. 18-20), numa simulação discreta, “a passagem do tempo é feita aos pedaços, entre um tempo e outro” supõe-se que o estado do sistema não se altera ao longo deste intervalo. Para Kelton, Sadowski e Sadowski (1998) na simulação discreta, da mesma forma, a mudança ocorre somente em pontos separados no tempo. Numa simulação contínua, a passagem do tempo é realmente contínua, “muito embora ela seja feita a pequenos intervalos de tempo”.

Os modelos de simulação são classificados por Naylor, Balintfy e Burdick (1971, p. 27-29), pela seguinte divisão:

- a) Modelos determinísticos;
- b) Modelos estocásticos;
- c) Modelos estáticos;
- d) Modelos dinâmicos.

Os modelos determinísticos não permitiriam às variáveis exógenas e endógenas serem variáveis randômicas, e as características operacionais devem ser relações exatas e não funções de densidade de probabilidade (NAYLOR; BALINTFY; BURDICK, 1971, p. 27-29).

Nos modelos estocásticos pelo menos uma das características operacionais é dada por uma função de probabilidade, sendo a simulação uma técnica mais adequada aos problemas com esta característica, sendo a geração de amostras randômicas de dados um recurso indispensável à utilização correta do modelo (NAYLOR; BALINTFY; BURDICK, 1971, p. 27-29).

Os modelos estáticos não levam em conta a variável tempo. Já os modelos dinâmicos tratam das interações variáveis com o tempo (sendo ainda dividido em mais seis tipologias) (NAYLOR; BALINTFY; BURDICK, 1971, p. 27-29).

3.2.4 Fases do Estudo da Simulação

Conforme Andrade (1989, p. 11), Loesch e Hein (1999, p. 243-244), Naylor, Balintfy e Burdick (1971) e Banks e Carson (1984) um trabalho pode ser desenvolvido conforme as fases abaixo:

- a) Definição ou formulação do problema;

- b) Coleta e processamento de dados reais;
- c) Construção do modelo ou formulação de um modelo matemático;
- d) Formulação de um programa de computador;
- e) Solução do modelo ou execução do modelo de simulação;
- f) Avaliação do modelo e análise dos dados obtidos na simulação;
- g) Calibração e Validação do modelo
- h) Implementação e utilização dos resultados obtidos.

A Definição do problema, no ponto de vista da Pesquisa Operacional para Andrade, (1989, p.11), baseia-se na descrição exata do problema, das limitações, restrições e exigência do sistema, além de descrever os objetivos para conceber o modelo, dando forte ênfase nas limitações para que os resultados sejam válidos e aceitáveis.

Para Naylor, Balintfy e Burdick (1971), a Formulação do Problema compreende a definição explícita dos objetivos da pesquisa, mesmo que sejam uma ou mais perguntas (quantos operários deveriam empregar qual a produção ótima, como o lucro pode variar conforme o comportamento das vendas)

A Coleta e processamento de dados reais é o procedimento de recolhimento dos fatos disponíveis, que poderão ser usados posteriormente, depois de registrados. É visto que há a necessidade de se buscar dados determinísticos para a análise. Pode-se fazer uma análise completa sobre processos determinísticos e depois explorar sobre hipóteses das variáveis que se deseja estudar (NAYLOR; BALINTFY; BURDICK, 1971).

A Formulação de um modelo matemático refere-se às dúvidas quanto ao número de variáveis que devemos incluir no modelo, sem por o modelo num estágio de complexidade exagerada, observando o tempo de processamento, tempo de programação e sua validade (qual quantidade de realismo que o modelo apresenta) (NAYLOR; BALINTFY; BURDICK, 1971).

A Solução do modelo com modelos matemáticos pode ser obtida por algoritmo. Se os modelos de simulação são utilizados para a solução do modelo, não há um conceito definido e a solução obtida é uma aproximação das medidas do sistema ou do objetivo a ser atingido (ANDRADE, 1989, p. 11).

A Formulação de um programa de computador compreende formular um conjunto de modelos matemáticos que descrevem o comportamento do sistema. Composto de fluxograma, codificação do programa, linguagens para simulação, entrada de dados, geração de dados de números randômicos e impressão dos dados de saída (NAYLOR; BALINTFY; BURDICK, 1971).

A Calibração é o processo iterativo de comparação do modelo com o sistema real, realizando mudanças no modelo, comparando e revisando com a realidade. A calibração auxilia nos ajustes dos parâmetros do modelo investigado, aproximando a representatividade do modelo com o sistema real (BANKS; CARSON, 1984).

A Validação é a análise do modelo reconhecendo se este atinge aos objetivos (ANDRADE, 1989, p. 11). É o julgamento quantitativo inicial referente à suficiência do modelo proposto. Neste ponto testam-se as suposições feitas ou entradas que serão programadas no computador. Até que ponto uma dada distribuição de probabilidade se adapta aos dados reais das quais foi deduzida. Com isto, testes das médias e outros devem ser feitos (NAYLOR; BALINTFY; BURDICK, 1971, p. 48).

Observa-se assim a exatidão do modelo em representar o sistema. “Um método comum é analisar o seu desempenho com dados históricos do sistema e verificar se ele consegue reproduzir o comportamento que se manifestou” (ANDRADE, 1989, p. 11).

A Implementação dos resultados obtidos é uma atividade que altera uma situação existente.

Segundo Kelton, Sadowski e Sadowski (1998, p.39), Shimizu (1975) e Andrade (1989, p. 239-240), as etapas de um planejamento para a realização do processo de simulação em computador digital envolve, de maneira resumida os seguintes componentes:

- a) Entender o sistema;
- b) Formulação do problema e clarear os objetivos;
- c) Formular o modelo; construção do modelo;
- d) Transcrever para o programa de computador;
- e) Verificar a representatividade do modelo;
- f) Calibrar e validar o modelo;
- g) Planejar o experimento;
- h) Executar o experimento, realização dos experimentos
- i) Analisar os resultados;
- j) Documentar.

3.2.5 Técnicas de Modelagem

A elaboração dos modelos se tornará mais simples se for seguida certa sistemática para a análise do problema.

Para Loesch e Hein (1999, p. 21) é comum que nem todos os aspectos intervenientes possam ser controlados, bem como da importância de saber selecionar o que é relevante. Embora não haja uma fórmula única para a modelagem, sugerem os autores:

- a) Dividir o problema em outros problemas menores, se possível;
- b) Identificar as variáveis;
- c) Identificar os objetivos;
- d) Coletar os dados necessários
- e) Identificar os fatores restritivos, exemplo: maquinaria disponível para produção; matéria prima disponível;
- f) Relacionamentos entre as variáveis, exemplo: número de pneus para montar um carro;
- g) Descartar aspectos que não comprometem a solução do problema, exemplo: se existe matéria prima em abundância.

A elaboração de um modelo pode seguir também, os seguintes passos básicos segundo Andrade (1989, p. 19-25):

- a) definição do problema: especifica-se as informações que se necessita, podendo ser formulado com perguntas;
- b) coleta de dados reais: é um processo de recolhimento dos fatos e informações disponíveis que serão processados quando houver a necessidade.
- c) Identificação das variáveis relevantes: as variáveis endógenas e as variáveis exógenas com valores determinados por influência de fora do sistema. É necessário fazer uma análise profunda para conhecer a quantidade de informação que o modelo deve fornecer. Considerar muitas variáveis que não relevantes pode distorcer a finalidade principal do modelo.
- d) construção do modelo: consiste na formulação das equações matemáticas do modelo que devem representar as inter-relações do sistema e no estabelecimento de limites de variação dos resultados e valores. Definidas pela lógica do problema como (receita = venda x preço unitário) ou empíricas (lucro = $k \times$ volume vendas), onde uma das variáveis pode seguir valores históricos.

- e) codificação do modelo: dada suas complexidades, os modelos devem ser programados em computador;
- f) avaliação do modelo: teste do modelo são realizados com o objetivo de ajustar o modelo ao que se espera dele e validá-lo, de forma a promover a sua aceitação. Podem ser utilizados em dados históricos para verificar se os resultados obtidos correspondem aos seguidos na realidade
- g) aplicação do modelo:

A construção do modelo, para Hillier e Lieberman (1988, p. 629) baseia-se:

[...] na redução do sistema real em diagramas de fluxos lógicos. O sistema é assim, desmembrado num conjunto de componentes, reunidos por um diagrama de fluxo mestre, onde os próprios componentes podem ser desmembrados em sub-componentes, e assim por diante.

Depois, o sistema é decomposto por um conjunto de elementos para os quais podem ser dadas regras de operação, predizendo os eventos que serão gerados, talvez por distribuição de probabilidade.

A dependência entre fatores é destacada por Abreu e Stephan (1982:p.155), permitindo relações coerentes, pois:

[...] se o preço é um fator determinante da demanda é necessário primeiro desenvolver uma distribuição de probabilidade dos preços e utilizar a seguir uma distribuição da demanda que tenha relação lógica com o preço. Assim, para faixas de preços altas, a distribuição da probabilidade da demanda deve envolver valores de demanda menor do que para faixas de preço baixas.

3.3 MÉTODO DE MONTE CARLO

3.3.1 Introdução ao Método de Monte Carlo

Uma característica no campo da simulação é a carência de uma terminologia uniforme, já que os termos simulação, Monte Carlo (e modelo amostral¹⁸) tem sido utilizados conjuntamente (MEIER; NEWELL; PAZER, 1969).

¹⁸ Modelo Amostral é uma técnica amostral de um processo estocástico para determinar, através de múltiplos experimentos, a natureza de uma distribuição de probabilidade que seria difícil ou impossível de determinar por processos estatísticos normais/padrão. Este modelo utiliza o método de Método de Monte Carlo (MEIER; NEWELL; PAZER, 1969).

Verificaram-se várias denominações na classificação dos tipos de simulação referindo-se à simulação pelo Método de Monte Carlo, tais como: simulação probabilística (SALIBY 1989, p. 20), simulação estocástica (NAYLOR; BALINTFY; BURDICK, 1971), simulação simbólica (SHIMIZIU, 1975), simulação lógica (KELTON; SADOWSKI; SADOWSK, 1998) e/ou simplesmente simulação (GROPPELI; NIKBKHJ 1998). Segundo SALIBY (1989, p.20) as simulações que consideram a aleatoriedade de variáveis tiveram origem como extensão do Método de Monte Carlo.

Ainda assim, várias denominações são utilizadas também aos processos de simulação de problemas operacionais que utilizam o Método de Monte Carlo: simulação via Monte Carlo¹⁹, simulação de Monte Carlo, simulação por Monte Carlo e ainda método de simulação Monte Carlo²⁰.

Em Shimizu (1975) os termos simulação e Monte Carlo são considerados como sinônimos, muito embora haja uma tendência em usar o primeiro termo nos problemas de economia e pesquisa operacional enquanto o último termo é mais usado em problemas científicos. Mesmo assim, o uso do método Monte Carlo torna-se cada vez mais importante em problemas de simulação em geral (econômica).

Para Barbosa (2000, p. 02) o Método de Monte Carlo é a “técnica de simulação que envolve a utilização de números aleatórios e distribuição estocástica²¹ de probabilidade”.

A simulação de Monte Carlo pode ser entendida como uma técnica de simulação para problemas que tem base probabilística ou estocástica (NAYLOR; BALINTFY; BURDICK, 1971). O método é resolvido por um processo que procura simular o problema utilizando números denominados aleatórios ou randômicos, podendo ser gerados por computador (SHIMIZU, 1975).

Conforme Loesch e Hein (1999, p. 227) a simulação envolve:

Processos aleatórios cuja distribuição de probabilidade supõe-se conhecida [...]. A técnica de Monte Carlo parte da idéia de uma roleta hipotética que, girada, conduz a um resultado aleatório. Pode-se controlar a roleta de forma que determinados resultados conduzam a uma interpretação, e outros resultados conduzam a outra interpretação.

¹⁹ RIBEIRO, G. **Modelagem de fontes eólica interadas a sistemas convencionais de energia utilizando a técnica de simulação via Monte Carlo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Departamento Pós Graduação Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

²⁰ DAVALOS, R. **Um método de cálculo dos preços instantâneos no suprimento de energia elétrica utilizando algoritmos genéricos e o método de Monte Carlo**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) –Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

²¹ Modelo estocástico é um modelo que contém pelo menos um elemento aleatório, sendo portanto seu resultado probabilístico. O contrário do modelo determinístico (SANDRONI, 1996).

Desta forma, conseguimos transformar uma distribuição uniforme (ou equiprovável, caso a distribuição de probabilidades seja discreta) numa distribuição de probabilidade discreta qualquer.

3.3.2 Histórico do Método de Monte Carlo

A aplicação original do Método de Monte Carlo volta-se à avaliação de integrais múltiplas, usando amostragem aleatória para estudo do problema da difusão de nêutrons (SALIBY, 1989, p. 21).

No início do século XX, este método foi utilizado para analisar a equação de Boltzmann (BARBOSA, 2000, p. 02).

Em 1908 Student utilizou o método Monte Carlo para estimar os coeficientes de correlação da distribuição t (BARBOSA (2000, p. 02). Para Meier, Newell e Pazer (1969), seria a primeira utilização do Método de Monte Carlo.

Em 1940, durante a 2^a Guerra, Von Neumann e Ulbam utilizaram o método quando trabalhavam na solução de problemas relacionados com a construção de armas nucleares ao longo das pesquisas no Laboratório de Los Alamos. Estudos que resultaram na construção da primeira bomba atômica. Sendo muito complexos para serem tratados analiticamente e muito perigosos para serem resolvidos por experimentos físicos, o método mostrou-se eficiente na solução de problemas matemáticos cujo tratamento analítico não se mostrava viável (SANDRONI, 1996), (BARBOSA, 2000, p. 02), (SALIBY, 1989, p. 20) e (LOESCH; HEIN, 1999, p. 227).

O termo Monte Carlo foi usado como palavra código nestes trabalhos secretos em Los Alamos. Como o método utiliza números aleatórios, o termo faz referência as cassino na cidade de Monte Carlo em Mônaco (BARBOSA, 2000, p. 02) e (SANDRONI, 1996).

No início da década de 50, com o advento dos primeiros computadores, a idéia do Método de Monte Carlo foi estendida para a solução de problemas probabilísticos de caráter mais geral, como é o caso das filas de espera. Viu-se, com isto, a possibilidade de simular um processo e estimar seus principais parâmetros de operação. Segundo Saliby (1989, p. 21), um dos

pioneiros desta idéia foi TOCHER (1963), autor do primeiro livro sobre simulação, titulado “The art of simulation”²².

Para Abreu e Stephan (1982, p. 151) “o Método de Monte Carlo é um método de simulação baseado na utilização de números aleatórios que são sorteados, para gerar resultados e as distribuições de probabilidade correspondentes”. Segundo Andrade (1989, p. 245), “o método de Monte Carlo é um processo de operar os modelos estatísticos de forma a lidar experimentalmente com variáveis descritas por funções de probabilidade”.

Com sua grande flexibilidade em oferecer auxílio nas mais variadas áreas de conhecimento, a simulação financeira foi utilizado pela primeira vez por David B. Hertz em 1964. Simulou-se o fluxo de caixa e demais resultados econômico-financeiros de uma empresa ou projeto de investimento. Em seu clássico e pioneiro artigo ‘*Risk Analysis in Capital Investment*’²³, Hertz expôs “um modelo de simulação adaptado à análise de investimentos para cálculo dos valores presentes líquidos e das taxas internas de retorno para projetos que se destinam a lançar novos produtos ou a baratear custos” (ABREU; STEPHAN, 1982, p.154; SALIBY, 1989).

O uso da simulação ganhou força durante o período de 1970 e início de 1980. Os computadores foram tornando-se mais rápidos e baratos, além do processo de simulação ser descoberto pelas empresas e indústrias, embora muitas companhias já aplicarem a simulação. Mas foi em 1980 que a simulação se estabilizou nos negócios empresariais. Uma das razões foi a criação do computador pessoal e a animação, mas nem por isto a simulação era utilizada em grande escala, e raramente utilizada por pequenas empresas. Isto só ocorreu durante 1990, onde a utilização expandiu-se para as pequenas empresas, e firmou-se nas grandes corporações. Hoje a simulação é utilizada em grandes e complexos sistemas, como a simulação de vôos espaciais e previsão climática (KELTON; SADOWSKI; SADOWSKI, 1998).

²² TOCHER, K.D. **The art of simulation**. London, English Universities Press, 1963,

²³ HERTZ. Risk Analysis in Capital Investment. **Harvard Business Review**, n 42, 1964, p.96-105

3.3.3 Números aleatórios

Sendo então o Método de Monte Carlo baseado na utilização de números aleatórios, estes passam a elementos necessários na aplicação do mesmo. Números aleatórios são valores numéricos que, quando solicitado, produz um valor “ao acaso”.

Para que se tenha certeza de que uma seqüência de números constitui uma amostra de números aleatórios, para Hillier e Lieberman (1988, p. 631) um aspecto básico a ser observado é que cada número sucessivo na seqüência tenha que ter uma probabilidade igual de assumir qualquer um dos valores possíveis, e que tenha que ser estatisticamente independente dos outros números na seqüência, isto é, os números precisam ser observações aleatórias de uma distribuição uniforme (discreta).

Com o surgimento das primeiras linguagens de programação, os programadores escreviam rotinas para a geração de números aleatórios. Ou melhor: pseudo-aleatórios, pois o computador não consegue sortear de fato, como faz uma pessoa ao girar a roda de uma roleta e anotar o resultado.

Estas rotinas matemáticas foram escritas baseadas no método congruencial misto, para a geração de seqüências numéricas, que aparecem de fato números sorteados ao acaso. Estes números são calculados seqüencialmente, um usando o resultado do anterior. Partindo de um número aleatório inicial x_0 , chamado de semente, calculam-se os demais valores da seqüência (LOESCH; HEIN, 1999, p. 228-229).

3.3.4 Geração de números aleatórios

Podem-se obter números aleatórios, segundo Andrade (1989, p. 248), Hillier e Lieberman (1988) e Loesch e Hein (1999, p. 228), pelas seguintes maneiras:

- a) Métodos manuais: dados, cartas, moedas, roletas para sorteio;
- b) Tabelas de números aleatórios distribuídos uniformemente e distribuídos segundo uma distribuição normal ou outra;
- c) Usar rotinas ou programas já implantados em computadores analógicos ou digitais;

- d) Usar um método aritmético para calcular uma seqüência de números aleatórios, a partir de uma equação recursiva.

A empresa Rand Corporation publicou “em 1955 uma tabela com um milhão de números aleatórios. Atualmente, números aleatórios (pseudo-aleatórios), são facilmente obtidos em programas digitais disponíveis em máquinas e computadores” (RUSSEL, 1977, p. 116), (HILLIER; LIEBERMAN, 1988, p. 630) e (BARBOSA, 2000, p. 02).

A geração de números aleatórios atualmente conta com rotinas em linguagens específicas para geração de diversas distribuições de probabilidade²⁴.

As variáveis aleatórias numéricas podem ser descritas por intermédio de distribuições de probabilidade. Estas devem indicar as respectivas probabilidades ou distribuições de freqüência relativas dos números aleatórios.

Os dados são obtidos por meio de cadastros e se classificam em:

- a) Teóricos: gerados por modelos matemáticos;
- b) Empíricos: elaborados com base em freqüências observadas;
- c) Subjetivos: que refletem as convicções dos responsáveis ou decisores.

3.3.5 Número de repetições do experimento

O Método de Monte Carlo baseia-se na repetição do processo simulado várias vezes. Não há uma regra única para determinar a estimativa do número de experimentos que devem ser realizados; entretanto, existem métodos estatísticos para determinar o cálculo do tamanho de uma amostra (ANDRADE 1989, p. 255).

Por se tratar de um assunto que exige embasamento teórico próprio, ANDRADE (1989, p. 255) recomenda a utilização do processo de convergência dos experimentos da simulação:

[...] à medida que o processo de simulação vai sendo executado, devem ser calculadas as médias dos resultados obtidos. Quando a variação destas medidas cair, ou estabilizar-se dentro de uma determinada faixa de valor, o processo poderá ser interrompido.

²⁴ Ver Loesch e Hein (1999, p.231-243) para detalhes sobre geração de números aleatórios no computador pela criação de rotinas com a linguagem Pascal.

Em Loesch e Hein (1999, p. 228), esta estratégia é descrita da seguinte forma: começar com um certo número de simulações como 1000. Depois, tentar com o dobro, (20.00 corridas) e comparar os resultados do parâmetro estimado obtido na simulação de 1.000 corridas e de 20.000 corridas. Entre estas duas baterias de simulações a variação relativa deve atingir certa margem de tolerância, como 1% por exemplo.

Para Abreu e Stephan (1982, p. 152), não haveria a necessidade de repetir o processo mais de 1.000 vezes, “já que depois de um certo tempo as frequências tendem a se estabilizar e as modificações que ocorrem só afetam marginalmente a distribuição de probabilidade”.

Em Bruni, Fama e Siqueira (1998), num estudo sobre análise do risco na avaliação de projetos de investimento com a aplicação do método Monte Carlo, realizaram o processo com 1.000 simulações e verificou-se a estabilização da média e do desvio padrão em aproximadamente 200 simulações.

Argumenta Rigolon (1999, p. 156) que a simulação deve ser operacionalizada com um número suficientemente grande de repetições, estando este montante por volta de 3.000 simulações.

Segundo Hertz (1964, p.17), “quando maior o número de combinações para uma determinada taxa, maiores as chances de alcançá-la”. Barbosa (2000, p. 08) utilizou 100 simulações em seu estudo, mas esclarece que “o número de simulações foi determinado pela precisão a que pretendiam [...] mas quanto maior a precisão pretendida maior o numero de simulações necessárias”.

O método foi utilizado por Santos (2000)²⁵ gerando 2.000 experimentos, em 480 situações obtidas por uma certa combinação de números, e por Negrão (2000)²⁶ onde foram geradas 1.500 repetições.

²⁵ O estudo de SANTOS (2000) é voltado à verificação de um teste de comparações múltiplas perfeito para todas as situações, e que o uso dos mesmos depende do tipo de erro tolerado pela pesquisa que está sendo realizada.

²⁶ O estudo de NEGRÃO (2000) objetivou avaliar os métodos dos momentos, máxima verossimilhança, médias e zeros e análise de variância na estimação dos parâmetros da distribuição beta-binomial, via simulação Monte Carlo.

3.3.6 Teorema do Limite Central

Pela lei dos grandes números, quanto maior for o número de experimentos, mais a frequência relativa de um evento se aproxima da probabilidade teórica. Este princípio fundamenta que o processo de simulação deve ser extensivo, por motivos de confiabilidade (LOESCH; HEIN, 1999, p. 228).

O teorema do Limite Central garante que à medida que aumentarmos o tamanho da amostra, o desvio entre o valor amostral e o verdadeiro valor do parâmetro diminui continuamente (SILVA, et al, 1996, p. 169).

Esta hipótese é justificada quando as variáveis que compõe a distribuição global são independentes e quando o número de eventos é, a priori, maior que 30. Com isto, a curva de distribuição de frequência de ocorrência tende para a curva normal. Quando os eventos são em número reduzido, dever-se-ia, com mais precisão, utilizar a Lei de Student (HIRSCHFELD, 1989, p.382-384; ABREU; STEPHAN, 1982, p. 145).

Este teorema, segundo Clemente (1998, p.101), sob condições especiais, demonstra que a soma de n variáveis aleatórias independentes tende para uma distribuição normal com média igual a soma das médias e variância²⁷ igual a soma das variâncias. As condições para validar o Teorema do Limite central é que as variáveis aleatórias sejam independentes e que nenhuma delas contribua significativamente para a soma das variâncias.

3.3.7 Programa de computador

Há várias maneiras de se executar uma simulação. Por volta de 1733 George Louis Leclerc descreveu um experimento para estimar o valor de (π), fazendo a simulação de forma manual, através de vários lançamentos de uma agulha sobre marcações numa mesa. Em 1920 e 1930 iniciaram-se estudos de simulação para resolver problemas de teoria estatística usando tabelas de números aleatórios. Com o surgimento dos computadores digitais por volta de 1950 e 1960, pessoas iniciaram a programação computacional utilizando as linguagens FORTRAN para

simulações de sistemas mais complicados. Outros programas com o mesmo propósito sugeriram (GPSS, SIMSCRIPT, SLAM e SIMAN) proporcionando mais classes e tipos de simulação (KELTON; SADOWSKI; SADOWSKI, 1998).

Atualmente, existe uma variedade de aplicativos (software) de simulações para vários computadores pessoais. Estes programas usam variáveis aleatórias e calculam muito mais cenários do que qualquer pessoa conseguirei manualmente (GROPPELLI; NIKBAKTH, 1998, p. 159).

São compostos de: fluxograma; codificação do programa; linguagens para simulação; entrada de dados e geração de dados de números randômicos e impressão dos dados de saída.

A simulação em programação computacional iniciou no início dos anos 60, ou seja, o desenvolvimento de linguagens de programação de simulação gerais, assim como GPSS e SIMSCRIPT e SIMULA. Estas linguagens são especialmente projetadas para acelerar o tipo de programação. Tem o propósito fornecer um meio conveniente de “descrever os elementos que comumente aparecem nos modelos de simulação, de armazenar os dados enquanto o processo é executado e de dar assistência ao tipo de estatística a utilizar para cada elemento especificado” (HILLIER; LIEBERMAN, 1988, p. 637).

3.3.8 Processamento do Método de Monte Carlo

Segundo Andrade (1989, p. 247-248), o Método de Monte Carlo em simulações lógicas para sistemas econômicos proposto por Hertz (1964) consiste nos seguintes passos: dada a função de probabilidade da variável em simulação, pega-se um número, gerado aleatoriamente no intervalo (0,1); usando a função cumulativa de probabilidade, determina-se o valor da variável X que corresponde ao número aleatório gerado. A probabilidade de cada valor é dada pela amplitude do segmento.

O processo é descrito com mais detalhes por Abreu e Stephan (1982, p. 152), conforme abaixo:

- a) Estimam-se os valores em classes;

²⁷ A variância, em geral denotada por s^2 , tenta expressar a dispersão dos valores em torno da média. A escala original tomando a raiz quadrada da variância é conhecido como desvio padrão.

- b) Determina-se a distribuição de probabilidade para cada variável e extraem-se valores monetários para cada variável;
- c) Distribuem-se números de 0 a 100 para cada variável, de acordo com sua probabilidade;
- d) Sortear conjunto de números para cada variável e obter uma combinação de valores. Para um intervalo com 5% de probabilidade, associam-se os 05 primeiros números dos 100 (00 a 99), ou seja, 00 a 04. Assim para as demais classes.

Supõe-se que uma determinada análise seja formada por três variáveis: investimento inicial (CI); preço unitário (PU); quantidade vendida no período (QV), e calculada pela seguinte equação:

$$\text{VPL} = (\text{PU} \times \text{QV}) - \text{CI} \quad (1)$$

A Tabela 1 representa o exemplo.

O próximo passo seria sortear, para cada corrida da simulação, três números aleatoriamente. Supondo que os 03 números da primeira corrida sejam 42, 21 e 78; os valores associados seriam 20.000 para a variável investimento inicial, 620 para preço unitário e 30 para a quantidade vendida.

Ter-se-ia, desta forma, um VPL negativo de 1.400 como resultados da primeira corrida da simulação.

$$\text{VPL} = (620 \times 30) - 20000 \quad (2)$$

O processo é então continuado até obter certo número de valores presentes líquidos (VLP). Segundo ABREU e STEPHAN (1982) os números associados entre 0 e 100 seriam chamados de “Números Monte Carlo”.

TABELA 1 - Sorteio de números aleatórios

Investimento Inicial			Preço Unitário Período 1			Quantidade Vendida período 1		
Classes de valores	Probabilidade	Números Monte Carlo	Classes de valores	Probabilidade	Números Monte Carlo	Classes de valores	Probabilidade	Números Monte Carlo
18.000,	0.05	00 – 04	590	0.10	00 – 09	22	0.05	00 - 04
19.000,	0.10	05 – 14	620,	0.20	10 – 29	25	0.10	05 - 14
20.000,	0.35	15 – 49	650	0.40	30 – 69	28,	0.30	15 - 14
21.000,	0.25	50 – 74	680	0.20	70 – 89	30	0.40	45 - 84
22.000,	0.15	75 – 89	700	0.10	90 – 99	32	0.10	85 - 94
23.000,	0.10	90 – 99				33	0.05	95 – 99

Fonte: adaptado de Abreu e Stephan (1982, p. 150-151)

3.4 ANÁLISE DO RISCO EM INVESTIMENTOS POR SIMULAÇÃO PELO MÉTODO DE MONTE CARLO

O objetivo principal da análise do risco é calcular as chances do projeto se tornar viável, através da derivação direta da distribuição de probabilidade e da simulação do fluxo de caixa. (NEVES, 1982, p. 169-175)²⁸.

Conforme Lapponi (2000, p. 334) o princípio da simulação de Monte Carlo para analisar o risco em investimentos baseia-se numa análise mais completa ao método determinístico. Utilizar-se-ia a variação contínua das estimativas entre os valores extremos dos cenários pessimistas - otimista considerando uma distribuição de frequência adequada.

A simulação permite então, medir o risco e o retorno de um projeto. Após a repetição do processo o risco é medido pela curva de probabilidade e dispersão dos resultados apurados, enquanto o retorno é medido pelo valor provável e valor médio desta mesma curva de probabilidade.

O objetivo desta dissertação esta conforme Groppelli e Nikbakth (1998, p. 159) onde deseja-se:

Produzir situações hipotéticas parecidas com as reais. Como os fluxos de caixas [...] futuros não são conhecidos, assumem-se vários fluxos de caixa [...] e os resultados são estudados. Esses casos baseados em suposições são chamados eventos simulados. Eventos simulados em orçamento de capital são usados para estudar os VPLs e TIRs de um projeto para diferentes fluxos de caixa [...]. Após diferentes VPLs serem calculados, o VPL médio e o desvio-padrão do VPL são estudados para verificar a viabilidade do projeto e sua aceitabilidade.

Em Gitman (1984, p. 461), a utilização da simulação em investimentos de capital também requer a geração de fluxos de caixa usando distribuições probabilística predeterminadas e números aleatórios.

A chave para simular a distribuição de retornos, conforme Gitman (1984, p. 461) e Andrade (1989, p. 262), é identificar precisamente as distribuições de probabilidade para as variáveis de entrada e formular um modelo matemático que reflita verdadeiramente as relações existentes. Em certos casos, mesmo na posse de dados históricos, isto não é possível, já que muitas vezes o administrador encontra-se frente à um problema inteiramente novo.

²⁸ O autor comenta com o título de '*A natureza das incertezas*', um apanhado geral dos fatores que causam as incertezas e como o futuro pode revelar surpresa aos projetos de investimentos.

A simulação econômica foi utilizada pela primeira vez por David B. Hertz em 1964. Em seu clássico e pioneiro artigo '*Risk Analysis in Capital Investment*', mostrou-se que é possível analisar o risco econômico de investimentos por simulação.

Seu principal objetivo era auxiliar na decisão na escolha de oportunidades para investimento de capital entre várias alternativas à disposição, observando que cada projeto tem seu próprio grau de incerteza. Diferentemente, o objetivo deste estudo é auxiliar na decisão de investir ou não numa oportunidade de investimento, que é o lançamento de um empreendimento imobiliário.

Seria na avaliação do risco que os empresários ou decisores obteriam auxílio com “medidas mais realistas dos riscos envolvidos” possibilitando melhores condições para a tomada de decisão, além de “fornecer um quadro claro do risco relativo e das perspectivas prováveis de ficar diante ou atrás no que se refere à previsão da incerteza” (HERTZ, 1964).

Sendo a avaliação do investimento medido pelo cálculo da TIR (taxa interna de retorno) e/ou do VPL (Valor Presente Líquido) não se pode medir com certeza estes, pois não se sabe exatamente:

- a) Em que período as somas envolvidas em um investimento serão despendidas;
- b) Quando os retornos serão recebidos;
- c) Isto é,
- d) O espaço de tempo ao qual serão realizados;
- e) Volume dos dispêndios e benefícios.

O que faltava então tinha a ver com a “natureza dos dados” que servem de base para o cálculo da TIR e VPL, além da “maneira de como esses dados seriam processados”. As variáveis que entram no cálculo estão sujeitas a um “alto grau de incerteza”²⁹. Por estes motivos, surgia a necessidade de um novo conceito, pois os resultados finais das análises de investimentos retornavam apenas valores determinísticos.

Considerando os métodos determinísticos, Hertz (1987, p.11) observa que:

As taxas de retorno previstas representam apenas um reduzido número de pontos sobre uma curva contínua de combinações possíveis de acontecimentos futuros. É quase como tentar prever o resultado em um jogo de dados afirmando que o resultado provável é um 7. A descrição é incompleta pois não nos informa as outras coisas que poderiam ocorrer.

²⁹ Titulado por Hertz (1987) de '*calcanhar de aquiles*'

Na nova pelo Método de Monte Carlo, segundo Hertz (1987, p. 17), pode-se dizer que, por meio do registro dos resultados de um grande número de lançamentos, verifica-se a percentagem de 7 ou de outras combinações num determinado jogo de dados.

Em seu artigo, Hertz (1987) mostrou como a simulação de Monte Carlo pode ser aplicada, comparando os resultados obtidos com os obtidos pelos métodos tradicionais. Destaca, entretanto, que a diferença não é atribuída aos dados básicos, mas sim, “a maior sensibilidade do método à incerteza da administração quanto aos fatores básicos”. Isto é, os resultados são consequência da metodologia utilizada para o cálculo, e não das informações básicas disponíveis.

Para conduzir a análise de simulação em investimentos, HERTZ (1987) seguiu as seguintes etapas abaixo:

- a) levantamento dos valores iniciais;
- b) a influência dos fatores básicos sobre as variáveis;
- c) determinação das distribuições de probabilidade;
- d) determinação dos retornos através das combinações aleatórias dos fatores envolvidos;

Para executar a simulação, HERTZ (1987) utilizou os passos abaixo:

- a) estimou a faixa de valores para cada um dos fatores;
- b) estimou a probabilidade de ocorrência de cada valor, dentro desta faixa de valores;
- c) escolheu aleatoriamente um valor extraído da distribuição de valores para cada fator;
- d) combinou os valores para todos os fatores;
- e) computou a taxa de retorno (ou valor atual) a partir desta combinação;
- f) repetiu o processo.

A obtenção das estimativas da distribuição de frequência a utilizar para cada uma das variáveis determinadas foi estabelecida determinado a faixa possível de valores para cada fator. Logo, a média é uma idéia quanto à probabilidade de se atingirem os diversos valores possíveis. Porém, “as faixas estão diretamente relacionadas com o grau de credibilidade que o responsável pela estimativa atribui a esta”. Através de históricos é possível conhecer a variabilidade. Mesmo informações que não possuem históricos podem ser estimadas, pois se tem alguma idéia do grau de confiabilidade que se atribuem às previsões.

3.5 EXEMPLOS DE MODELOS GENÉRICOS DE SIMULAÇÃO LÓGICA

Apresentam-se três modelos voltados a investimentos que servirão de base ao modelo proposto.

Em todos eles, a aplicação requer a geração de fluxos de caixa usando distribuições de probabilísticas predeterminadas e números aleatórios. Os resultados mais usuais para medir o desempenho (viabilidade econômica) destes modelos seriam as variáveis valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR).

Um modelo de simulação é formado basicamente por informações relativas à quantidade de variáveis relacionadas por equações matemáticas e por relações de dependência. Porém, observam-se neste momento apenas as quantidades e quais as variáveis utilizadas nos modelos apresentados, já que as relações matemáticas e as relações de dependência entre as variáveis tendem a mudar conforme o tipo e objetivo do modelo.

Primeiro apresenta-se o modelo genérico exemplificado por Gitman (1984) e depois o modelo pioneiro de simulação em análise econômica em projetos de investimentos proposto por Hertz (1964). Por último, apresenta-se um modelo cuja denominação é dada como “sistema para planejamento financeiro de empreendimentos imobiliários” proposto por Martins e Lima Junior (1998).

Este último, mesmo não se apresentando como um modelo de simulação propriamente dito, oferece uma metodologia para o desenvolvimento do planejamento financeiro em empreendimentos imobiliários.

O modelo genérico de simulação apresentado por Gitman (1984) é compreendido por três variáveis: duas variáveis estocásticas e uma variável exógena que indica o comportamento do modelo. Por compreender as variáveis básicas, e ser extremamente simples, este modelo serve a todos os tipos de investimentos.

A Figura 1 apresenta o modelo em questão.

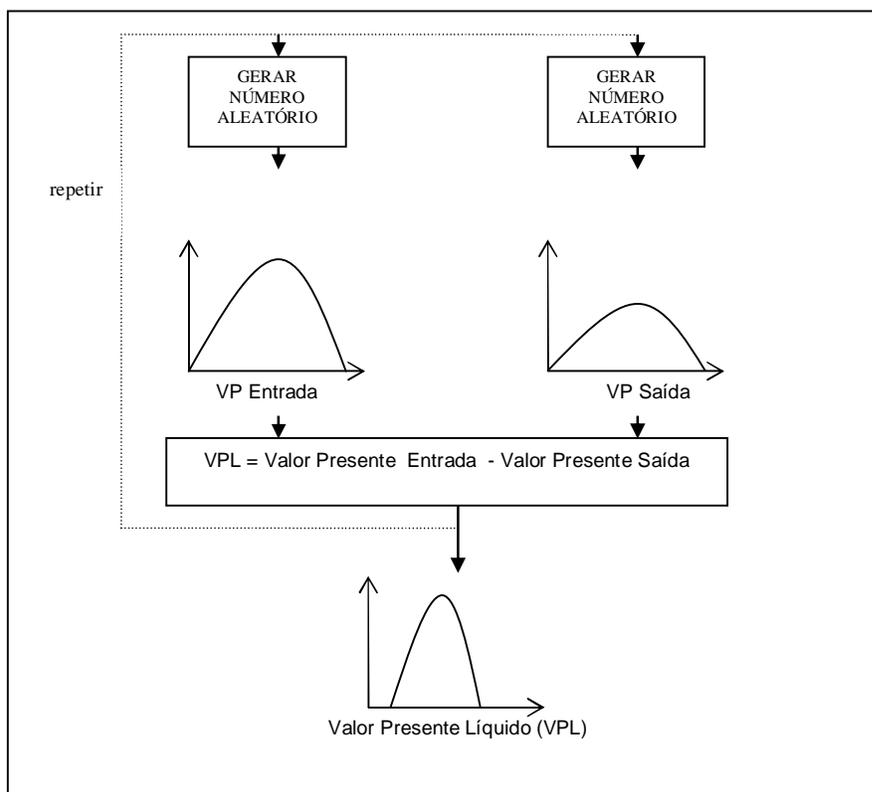


FIGURA 1 – Gráfico de simulação do valor presente líquido
Fonte: Gitman (1984).

Mesmo simulando apenas valores presentes brutos de entradas e saídas, Gitman (1984) afirma que é comum utilizar mais componentes de entrada e saída no modelo. Tais variáveis abrangeriam, por exemplo, números de unidades vendidas, preços de venda unitários e padrões de recebimento de contas, assim como custos de manutenção, pagamentos de matéria prima e salários.

O modelo pioneiro de análise de investimentos por simulação apresentado por Hertz (1964) baseia-se numa fábrica onde se deseja ampliar a produção. Foram utilizados 09 fatores (ou variáveis) de entrada para gerar a variável taxa de retorno: tamanho de mercado; preço de venda; taxa de crescimento do mercado; parcela de participação no mercado (o que resulta em volume físico de vendas); investimento necessário, valor residual do investimento; custos operacionais; custos fixos; vida útil das instalações.

As relações de dependência dos fatores envolvidos (denominado por Hertz de combinação dos fatores) agruparam-se em três categorias independentes:

- a) análise de mercado: tamanho de mercado, taxa de crescimento, fatia de mercado, preço de venda;

- b) análise de custo do investimento: tipos de vida útil e características de custo operacional previstas;
- c) custos fixos e operacionais.

Observando que, “se o preço determina o mercado total, primeiro selecionamos (a partir da distribuição de probabilidade) o preço para o processo específico no computador, utilizando então para o mercado total a distribuição de probabilidade que esteja logicamente relacionada com o preço escolhido”.

O processo é apresentado esquematicamente pela Figura 2.

O estudo de Martins e Lima Junior (1998) trata do desenvolvimento de um sistema para planejamento financeiro de empreendimentos imobiliários, baseado no estudo da necessidade de informações para as ações e decisões relativas ao processo. O objetivo deste é estabelecer uma metodologia para o planejamento econômico-financeiro de empreendimentos da fase de análise da viabilidade até o controle da obra, possibilitando ao empreendedor decidir sobre as condições de viabilidade pela rentabilidade e, ao planejador realizar a programação da produção durante o desenvolvimento do empreendimento.

O sistema caracteriza-se por três fases: análise, programação e controle: i) a análise da qualidade para viabilização econômica financeira objetiva obter o fluxo de caixa esperado para o empreendimento e os indicadores de resultado, a partir das condições esperadas para o cenário em que o empreendimento será desenvolvido; ii) a programação da utilização de recursos é obtida a partir da programação da produção; iii) controle de custos e financiamento objetiva apresentar os procedimentos para o controle durante a produção do empreendimento.

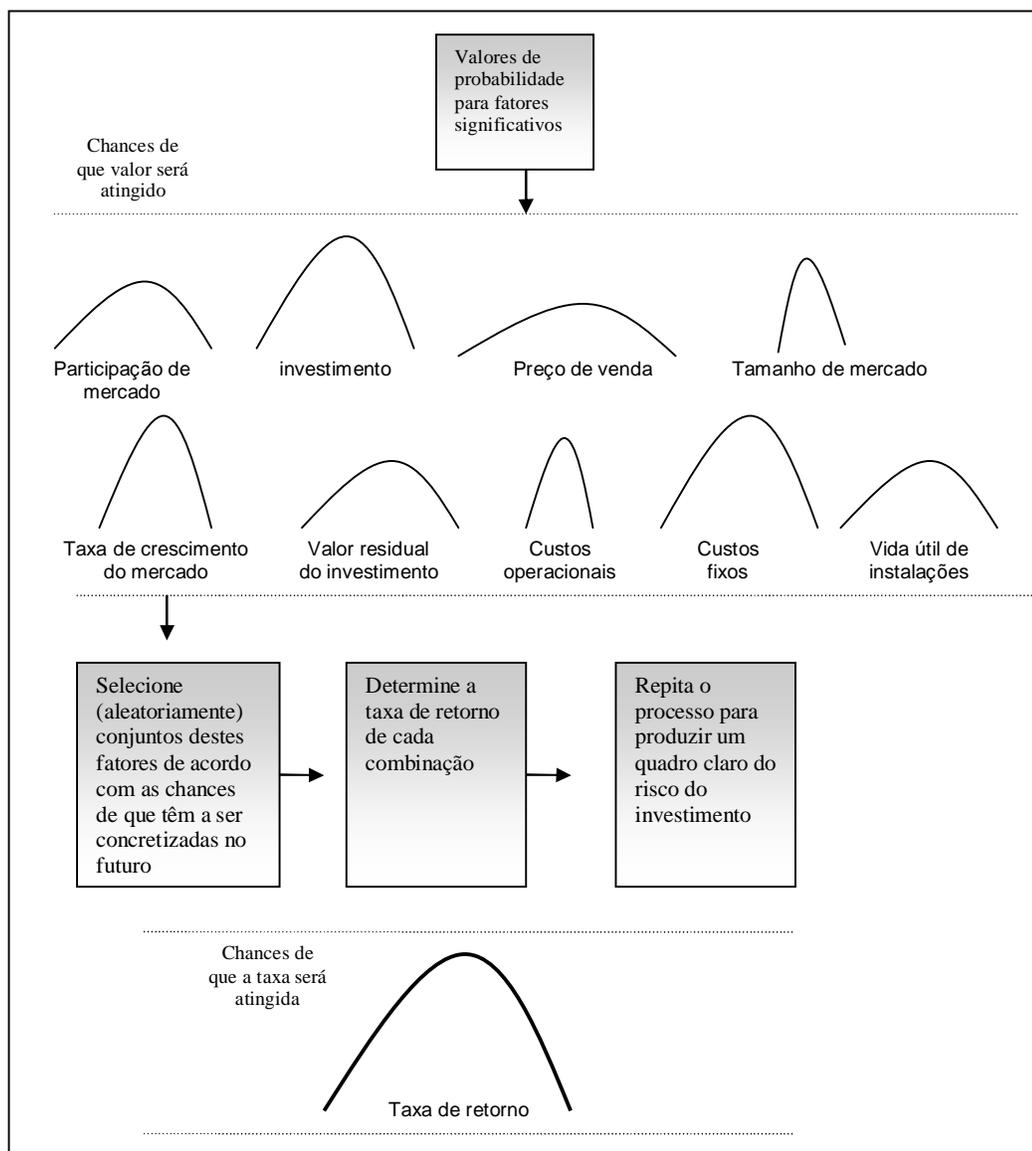


FIGURA 2 – Simulação para planejamento de investimento

Fonte: Hertz (1964, p. 25)

A primeira fase, foco deste estudo, é composta principalmente pelo *sistema empreendimento* (sistema isolado ou empreendimento imobiliário), onde o *sistema gerenciador de investimentos* (empresa) fornece o capital próprio e a administração necessária.

A entrada de recursos ao *sistema empreendimento* se dá através do sistema gerenciador de investimentos (recursos próprios), do sistema financeiro (recursos de financiamento para produção e comercialização) e através do mercado (poupança e repasses ou venda direta) com a realização das vendas.

A saída de recursos do *sistema empreendimento* se dá pelo pagamento de terceiros, pagamento de financiamento e para o sistema gerenciador de investimentos (em forma de retorno ou lucro).

A Figura 3 representa o mecanismo proposto.

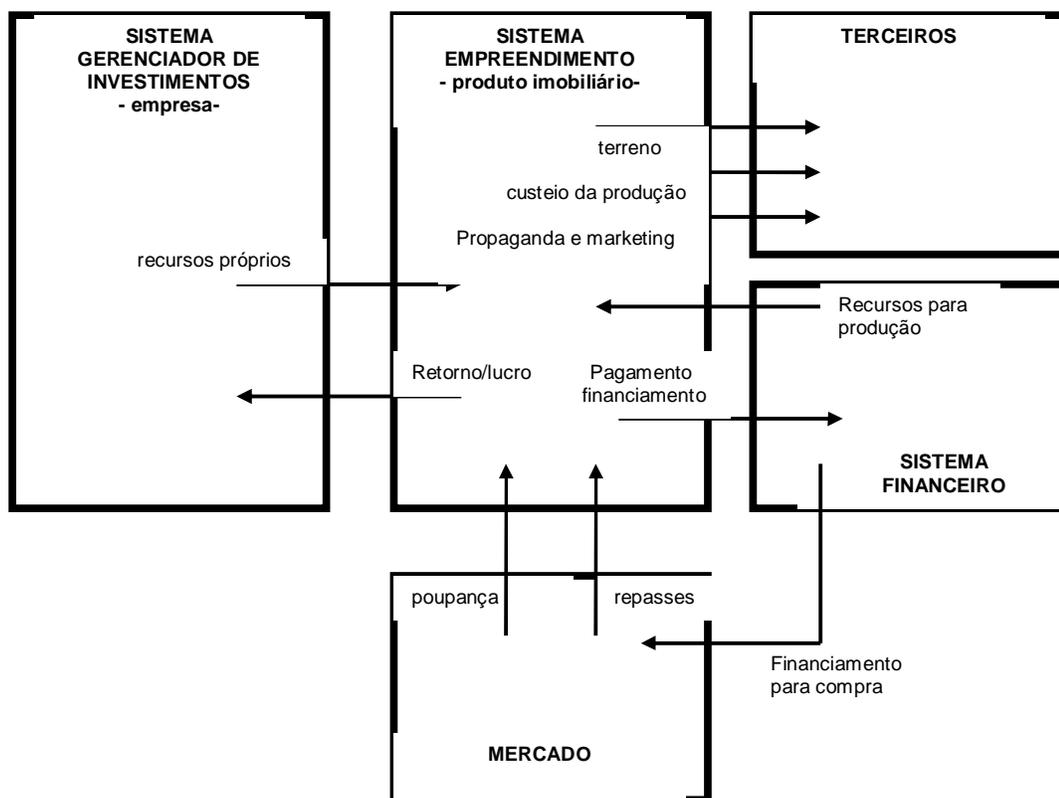


FIGURA 3 – Mecanismo de transações financeiras protótipo
Fonte: Adaptado de Martins e Lima Junior (1998)

Através de modelos de simulação, segundo Martins e Lima Junior (1998, p. 15), deve-se explorar as relações entre as transações financeiras, no tempo, com o objetivo de obter fluxos de caixas relativos ao empreendimento.

Quanto às informações relacionadas ao fluxograma para ações e decisões, seriam: orçamento e prazo de desembolsos; os valores esperados para as variáveis de entrada relativa ao mercado e comercialização; as informações relativas à economia, aos financiamentos e à capacidade de investimentos e endividamento; as informações referentes ao capital próprio da empresa capaz de manter a cobertura dos custos de administração.

A análise de risco seria ainda realizada sobre as seguintes variáveis de comportamento:

- a) crescimento de custo relativamente ao orçamento;
- b) efeito delta: deslocamento entre a inflação medida no conceito do índice geral de preços e a inflação medida no conceito de custos de produção do setor;
- c) velocidade de vendas³⁰: a realização de comercialização conforme a estratégia da empresa, antes, durante ou depois da produção do empreendimento;
- d) perdas de preço: na hipótese de que os preços de mercado caíam, durante a produção do empreendimento.

³⁰ O termo velocidade de vendas utilizado pelos autores é entendido neste estudo como um dos componentes do comportamento das vendas.

4 FORMULAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO PROPOSTO

Este capítulo objetiva a formulação de um modelo de simulação lógico-matemático. O modelo volta-se à construção do fluxo de caixa do empreendimento de investimentos imobiliários necessário para analisar a viabilidade econômica. Tem por objetivo medir o risco econômico - proporcionado principalmente pela oscilação dos ingressos monetários proveniente das vendas - pela dispersão dos resultados do valor presente líquido (VPL) obtidos através do fluxo de caixa descontado, pelo método de Monte Carlo.

Segundo Loesch e Hein (1999, p. 21) e Andrade (1989, p. 240) não há uma fórmula única para o desenvolvimento de modelos de simulação e, face as complexidades e interatividade das variáveis componentes de projeto, a construção de modelos é ainda uma arte (SHIMIZU, 1975, p. 04; ANDRADE, 1989, p. 239; FLEISCHER, 1973, p. 147; LOESCH; HEIN, 1999, p. 22). Adota-se como parâmetro a proposta de Hillier e Lieberman (1988, p. 16-17), que desenvolve o modelo de simulação em duas partes: observação e formulação do problema; e construção do modelo num programa de computador.

O capítulo é dividido então em duas partes:

- a) a primeira parte, mais teórica e denominada *elaboração do modelo*, refere-se a elaboração lógica do modelo;
- b) a segunda parte, mais prática e denominada *construção do programa*, refere-se ao desenvolvimento do modelo num programa ou linguagem de computador.

Desta maneira, dar-se-á mais ênfase neste capítulo às técnicas de modelagem.

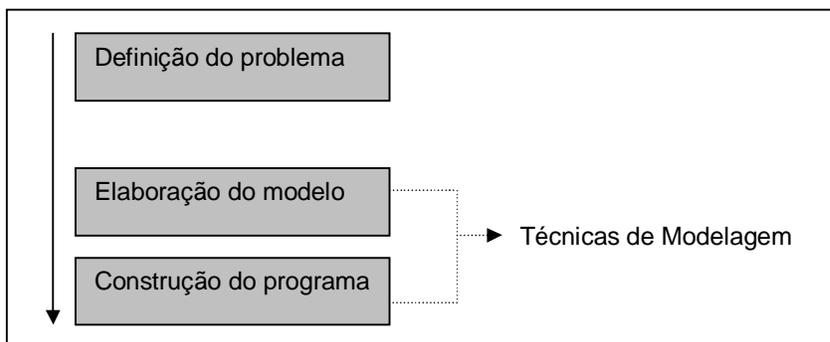


FIGURA 4- Etapas utilizadas para a formulação do modelo de simulação proposto

4.1 ELABORAÇÃO DO MODELO

A elaboração do modelo permeia aspectos como a definição do problema, a identificação das variáveis e fluxograma do processo proposto. Além da definição das relações de dependência e das relações matemáticas (formulação do modelo matemático) entre as variáveis identificadas.

4.1.1 Definição do problema

O problema define-se pela formulação de um modelo de simulação de sistemas econômicos voltados a investimentos imobiliários segundo a lei de incorporação imobiliária.

Pela visão do empresário, haveria um produto imobiliário a ser lançado no mercado e procurar-se-ia saber:

- a) os efeitos que determinado comportamento de vendas³¹ exerce sobre o Valor Presente Líquido (VPL) do empreendimento;
- b) o risco econômico envolvido no negócio.

Utilizando o método de Monte Carlo, objetiva-se produzir situações hipotéticas parecidas com as reais, gerando vários fluxos de caixa (GROPPELLI; NIKBAKTH, 1998, p. 159). Calculam-se desta maneira, as chances do projeto se tornar viável pela dispersão e curva de probabilidade dos resultados do VPL.

O modelo simula o fluxo de caixa de um empreendimento imobiliário e o nível de realismo que se deseja estabelecer volta-se:

- a) ao método adotado para estimar o comportamento das vendas;
- b) ao detalhamento dos componentes relativos às condições de pagamento;
- c) ao lançamento dos valores no fluxo de caixa em seus devidos períodos (meses) conforme a aleatoriedade.

A determinação e estimativa pontual do comportamento das vendas - estimarem a quantidade de unidades vendidas em cada mês - oferece muitas dificuldades. Considerando a

gama enorme de fatores externos e internos que influenciam as vendas, torna-se praticamente impossível conhecer antecipadamente o correto número de unidades a vender por mês num dado período de tempo.

O modelo proposto estima o comportamento das vendas pela quantidade de unidades a comercializar sobre intervalos de tempo pré-determinados. Dentro destes intervalos de tempo pré-determinados (estratos) as vendas são sorteadas aleatoriamente por distribuição de probabilidade uniforme. Por exemplo: comercializar 05 unidades em 02 meses. Neste intervalo de tempo e com estas unidades a serem comercializadas, a simulação cria centenas de cenários, como: na primeira corrida, comercialização de 01 unidade no primeiro mês e comercialização de 04 unidades no segundo mês; na segunda corrida: comercialização de 03 unidades no primeiro mês e comercialização de 02 unidades no segundo mês.

4.1.2 Identificação das variáveis do modelo proposto

As variáveis utilizadas no desenvolvimento do modelo, conforme Figura 5, baseiam-se na geração de duas variáveis; uma relaciona-se aos valores presentes (VPU) das unidades disponíveis a venda; outra se relaciona ao valor presente dos desembolsos monetários (VPD).

A simulação sugerida se dá pela soma dos valores presentes (VPU) de cada unidade para a geração da variável valor presente da receita (VPR), denominada ingressos monetários. Subtraindo a variável VPR da variável valor presente dos desembolsos monetários (VPD) gera-se a variável valor presente líquido (VPL) do empreendimento.

³¹ O comportamento das vendas seria formado pela combinação entre data de venda, preço comercializado e nível de parcelamento das unidades do empreendimento

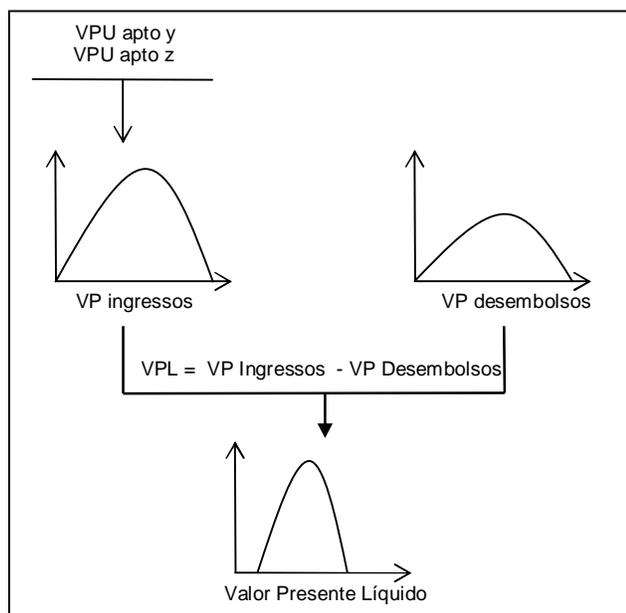


FIGURA 5 – Esquema resumido do modelo proposto com as principais variáveis

O objetivo é apurar vários valores presentes (VPU) das unidades disponíveis a venda de forma aleatória, gerando hipóteses do comportamento de vendas. Para que isto seja possível são necessárias as seguintes informações lançadas no fluxo de caixa:

- a) Mês (data) de comercialização das unidades;
- b) Preço comercializado;
- c) Forma de pagamento.

Como a forma de pagamento influencia na determinação do valor presente (VPU) das unidades, utiliza-se para sua formação as seguintes variáveis:

- a) Parcela ato;
- b) Parcelas reforço;
- c) Parcelas mensais (consecutivas);
- d) Parcela chaves.

Determinado o valor das variáveis atos, reforços e chaves, e subtraindo-as da variável preço comercializado, gera-se a variável *saldo a financiar* (base de cálculo para as parcelas mensais). As parcelas mensais poderiam ser então determinadas por um sistema de

amortização, mais uma taxa de juros. No modelo utiliza-se o sistema francês de amortização (Tabela Price³²). As variáveis necessárias:

- a) Número de parcelas;
- b) Taxa de juros;
- c) Índice de atualização monetária.

A taxa de juro que incide sobre as parcelas mensais e os reforços é a taxa cobrada pela empresa, correspondente ao financiamento próprio.

Os valores mensais determinados pelos custos e despesas do empreendimento constituem os desembolsos monetários.

A Figura 6 representa o esquema do modelo de simulação proposto.

A variável agentes financiadores representa os recursos monetários recebidos por agentes externos, principalmente para a produção. Neste caso, gera-se em contra partida, o pagamento do financiamento (pelo principal mais juro) no desembolso monetário.

4.1.3 Identificação das variáveis estocásticas

Dentre as variáveis envolvidas no modelo, identificam-se neste item as variáveis estocásticas, que variam conforme uma determinada distribuição de probabilidade.

A variável estocástica *desembolso monetário* é formada por todas as despesas, custos e outras saídas monetárias relativas ao empreendimento. Suas variações são mensais e supõe-se, neste modelo, independentes. Isto é, a variação de determinado mês não é influenciada pela variação do mês anterior.

A variável estocástica *data de venda*, ou mês de comercialização, determina a velocidade que as vendas ocorrem, através de sorteio aleatório do mês de comercialização das unidades. Este mês determina o período em que a variável ato e as demais serão lançadas no fluxo de caixa. Para cada unidade apto disponível a venda gera-se uma variável aleatória data de venda. A variável é representada por um número, que corresponde a um determinado mês no fluxo de caixa.

³² Caracterizado por parcelas fixas (constantes) ao longo do período, juros decrescente e amortização crescente.

A variável estocástica *preço de comercialização* determina o valor que a unidade será comercializada. Para cada unidade disponível a venda gera-se uma variável aleatória preço de comercialização sobre limites pré-determinados.

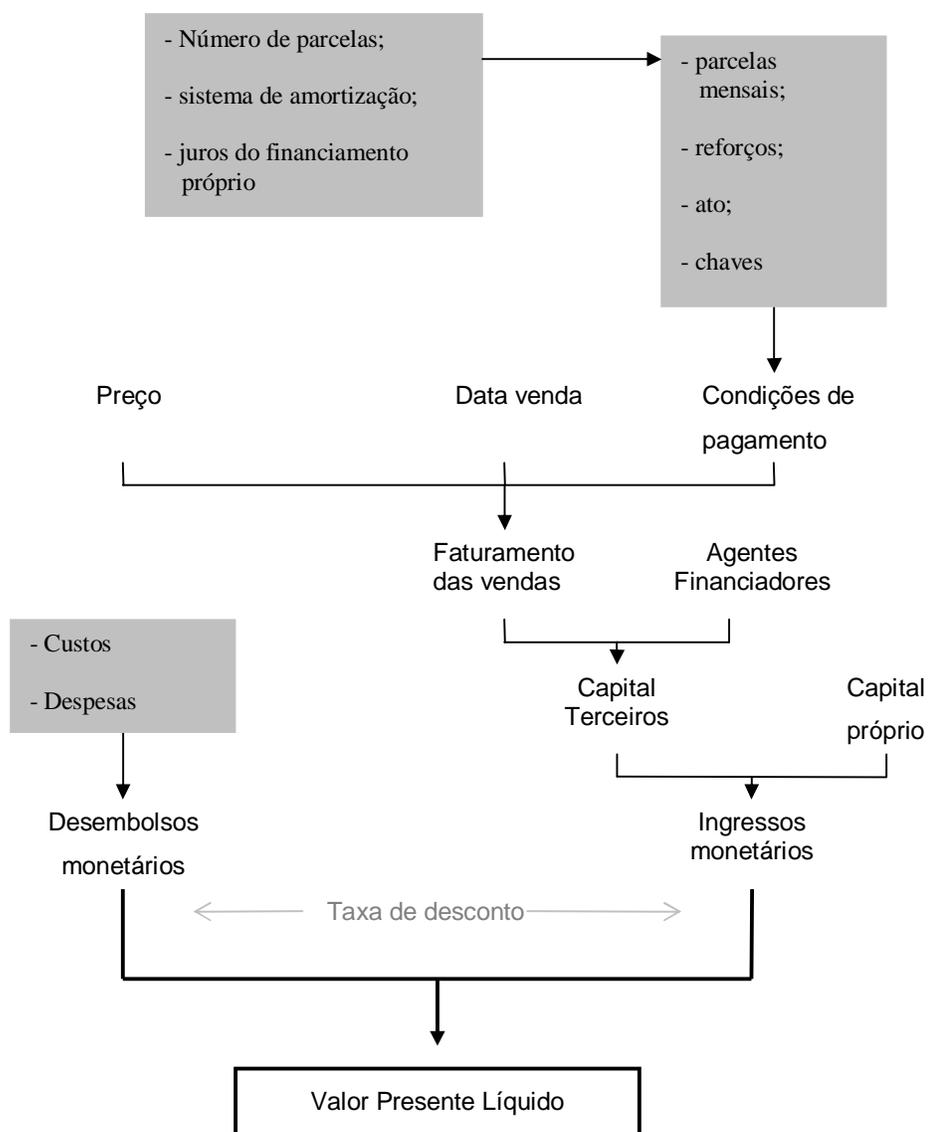


FIGURA 6 – Variáveis do modelo de simulação proposto.

A variável estocástica reforço é, geralmente, uma parcela com periodicidade anual ou semestral. No modelo, varia em *valor* e *quantidade* e assumem uma periodicidade semestral.

Quanto ao valor, são representadas por um percentual que incidirá sobre a variável preço de comercialização. Quanto à quantidade, podem variar de 0 a 12 reforços.

A variável estocástica *número de parcelas mensais* pode assumir quantidades iguais a 30, 60 ou 90 parcelas, em cada unidade.

A variável estocástica *ato* é determinada por um percentual da variável preço de comercialização. Determina o primeiro valor a ser lançado no fluxo de caixa.

A variável estocástica *juros de financiamento* (ou simplesmente juro) incide sobre as parcelas mensais e os reforços.

4.1.4 Fluxograma do processo de simulação proposto

O fluxograma do processo de simulação proposto, representado pela Figura 7, pode ser descrito resumidamente da seguinte forma:

- 1) geram-se os números aleatórios das variáveis data de venda e preço;
- 2) apuram-se os valores do atos, dos reforços, das parcelas mensais, e dos valores presentes das unidades (VPU_n);
- 3) somam-se os VPU_n gerando a variável valor presente da receita (VPR);
- 4) geram-se os números aleatórios que apuram o valor presente dos desembolsos (VPD);
- 5) apura-se a variável valor presente líquido (VPL) do empreendimento pela subtração do VPR e VPD.

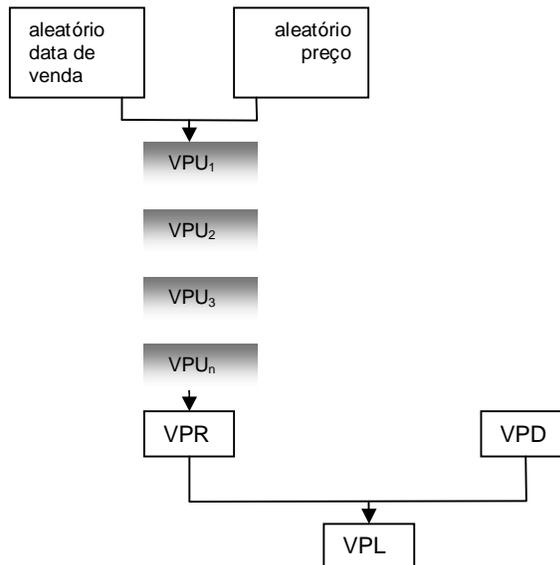


FIGURA 7 – Fluxograma simplificado do processo de simulação proposto.

Detalhando o processo de apuração do cálculo do valor presente de uma unidade (VPU_{apto_1}), segue-se os passos abaixo:

- 1) geram-se dois números aleatórios que determinarão o mês de venda e o preço da unidade;
- 2) gera-se um número aleatório determinado se a venda é a vista ou parcelada, isto é, se o ato é 100% ou não;
- 3) se o ato for 100%, calcula-se diretamente o VPU, se diferente, o processo segue para a próxima etapa;
- 4) gera-se número aleatório que determinará o valor unitário do reforço;
- 5) se o valor do reforço for igual a zero, o processo segue para *saldo a financiar*, se for maior que zero, calcula-se o valor unitário do reforço;
- 6) gera-se um número aleatório que determinará a quantidade de reforços;
- 7) apura-se o saldo a financiar;
- 8) gera-se um número aleatório que determinará a quantidade de parcelas mensais;
- 9) gera-se um número aleatório ao juros do financiamento próprio (juro) que incidirá sobre as parcelas e os reforços;
- 10) apura-se o valor das parcelas mensais;
- 11) apura-se o valor presente da unidade (VPU)

Os valores presentes das unidades (VPU) são somados gerando o valor presente da receita (VPR). Subtraindo o valor presente da receita (VPR) do valor presente dos desembolsos (VPD) apura-se o valor presente líquido (VPL) do empreendimento.

O processo é repetido novamente. Os resultados finais são armazenados e após a repetição de um número suficiente de vezes, os dados são organizados e preparados para a análise. Pela Figura 8 o processo é visualizado.

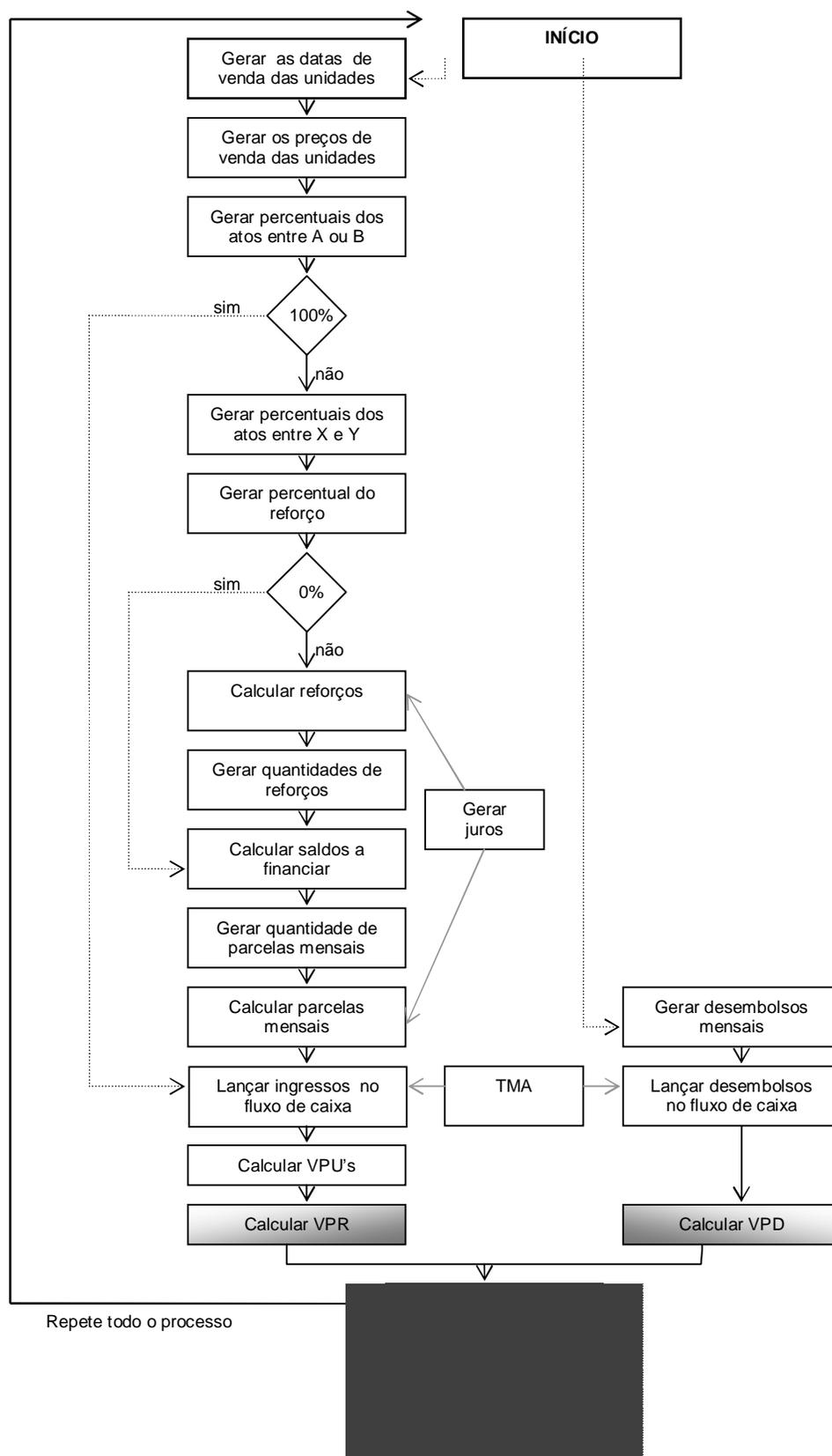


FIGURA 8 – Fluxograma do processo de simulação proposto

4.1.5 Relações de dependência entre as variáveis

Relações de dependência ocorrem quando uma variável limita-se ou altera-se em virtude de outra. Como exemplo: um armazém com capacidade para 1.000 sacas não pode receber um carregamento de 800 sacas caso o estoque já possua 400 sacas. Logo, a quantidade do carregamento a receber é dependente da quantidade de sacas em estoque no armazém.

As relações de dependência no modelo são identificadas abaixo:

- 1) o preço da unidade depende de sua tipologia;
- 2) a quantidade de unidades a serem vendidas dependem do intervalo de tempo que serão comercializadas;
- 3) a data de venda das unidades dependem do intervalo de tempo que serão comercializadas;
- 4) os lançamentos das parcelas (ato, reforços, chaves e parcelas mensais) no fluxo de caixa dependem das datas de venda sorteadas;
- 5) a aleatoriedade do percentual da variável ato depende do tipo de venda: a vista ou parcelada;
- 6) a quantidade de reforços depende tanto da aleatoriedade de seu percentual (se igual a zero não há reforços a calcular) quanto da variável ato (se o ato for 100%, venda a vista, o reforço será igual a zero);
- 7) o valor das parcelas mensais dependem dos valores do ato e dos reforços.

4.1.6 Estimativa da variável mês de comercialização

Uma simulação requer a determinação das curvas de probabilidade das variáveis estocásticas que se desejam analisar, ou melhor, das variáveis a controlar.

A variável **mês de comercialização** no modelo proposto recebe é determinada em estratos.

Estes estratos são caracterizados por períodos de tempo pré determinado com a quantidade de unidades a comercializar. Por exemplo: das dezoito unidades disponíveis a venda,

quatro unidades com estimativa de venda nos sete primeiros meses; cinco unidades nos próximos onze meses; e nove unidades nos doze meses seguintes.

Este método de estimativa do comportamento das vendas por estratos (quantidades por períodos) está exemplificado na Tabela 2, para um empreendimento com 18 unidades. Os valores da coluna *posição no fluxo de caixa* correspondem ao mês (período ou data) no fluxo de caixa. Os meses que as unidades serão comercializadas estão entre os intervalos estabelecidos na coluna *posição no fluxo de caixa*. Estes números, depois de sorteados aleatoriamente, podem ser identificados como sendo os números Monte Carlo, denominação utilizada por Abreu e Stephan (1982).

TABELA 2 – Exemplo de informações para estimar as vendas por estratos

Etapas de Comercialização - Estratos -	Total do Período	Estágio obra	Abrangências Dos Períodos	Posição no Fluxo de caixa
04 unidades a comercializar (20%)	7 meses	80% concluída	Abr/02 à Set/02	10 a 16
05 unidades a comercializar (30%)	11 meses	100% concluída	Out/02 á Set/03	17 a 27
09 unidades a comercializar (50%)	12 meses	100% concluída	Out/03 à Jun/04	28 a 39

A próxima etapa é identificar as unidades que serão comercializadas no período abrangente. Propõe-se a geração de um número aleatório para cada unidade disponível a venda, indicando os meses correspondentes no fluxo de caixa que as unidades imobiliárias serão comercializadas.

Estimando a quantidade de unidades a comercializar por período, o processo de simulação cria, em cada intervalo, milhares de cenários de vendas com as respectivas quantidades mensais, de forma aleatória.

Este processo permite analisar os reflexos do comportamento das vendas sobre o resultado do investimento sob situações dirigidas. Estas situações dirigidas são elaboradas pelos responsáveis quando definem a quantidade e o período que as unidades serão comercializadas. Esta elaboração é uma característica nos processos de simulação.

4.1.7 Formulação do modelo matemático

Segundo Loesch e Hein (1999, p. 243-244), a formulação do modelo matemático envolve as variáveis exógenas (estocásticas) e as equações matemáticas envolvidas.

A formulação matemática do modelo proposto estabelece a relação que as variáveis componentes do ingresso monetário têm entre si.

As variáveis exógenas (estocásticas) determinam:

- 1) o preço em reais;
- 2) a data da venda;
- 3) o percentual do ato;
- 4) o percentual do reforço;
- 5) o número de reforços;
- 6) o número de parcelas;
- 7) o juro do financiamento;
- 8) o desembolso mensal.

A geração de números aleatórios para estas variáveis estocásticas são representadas por funções disponíveis em programas de computador³³. Suas fórmulas matemáticas com as funções do programa de computador são descritas no Apêndice (A).

Da mesma forma, os lançamentos das parcelas no fluxo de caixa são realizados pelos comandos do programa escolhido (também descritos no Apêndice A).

A variável ato é calculada sobre duas etapas aleatórias. A primeira é gerada sobre uma fórmula lógica do programa de computador, orientado sobre o tipo de venda: a vista ou a prazo. Sendo a vista, o ato é igual a 100% e aplica-se a fórmula [3]. A segunda etapa, considerando a venda a prazo, gera-se um percentual aleatório e também utiliza-se a fórmula [3].

$$\mathbf{ATO} = \mathbf{PC} \times \mathbf{i\%} \quad (3)$$

O valor dos reforços (REF) também se baseia em duas etapas. Na primeira etapa gera-se um valor percentual unitário ao reforço, por fórmulas do programa de computador escolhido. Se este percentual for diferente de zero, os reforços são calculados pelo percentual

³³ Matematicamente, pode-se utilizar na geração de números aleatórios método aritmético para calcular uma seqüência de números aleatórios, a partir de equações.

aleatório (diferente de zero), multiplicado pela variável preço comercializado e elevado a taxa de juros do financiamento próprio (acumulada semestralmente).

$$\mathbf{REF} = (\text{PC} \times y\%) \times (1 + \text{JU})^{n+6} \quad (4)$$

O saldo a financiar (SLD) de cada unidade serve de base para cálculo da variável parcela mensal (PARC). É calculado pela diferença entre o preço comercializado, o ato e os reforços.

$$\mathbf{SLD} = \text{PC} - \text{ATO} - \text{REF}_1 - \text{REF}_2 - \dots - \text{REF}_N \quad (5)$$

A fórmula matemática utilizada para o cálculo das parcelas mensais (PAR) é a equação do sistema francês de amortização (Tabela Price), caracterizado por prestações constantes ao longo do período. São necessárias as variáveis saldo a financiar (SDL), a variável aleatória taxa dos juros do financiamento próprio (JU) e a variável aleatória número de parcelas a financiar (NP), que possuem três variações: 30, 60 ou 90 parcelas.

$$\mathbf{PARC} = \text{SLD} \frac{\text{JU}}{1 + (1 + \text{JU})^{-NP}} \quad (6)$$

A variável receita mensal (RM) corresponde a soma dos valores ato, dos reforços e das parcelas mensais lançadas no fluxo de caixa, num mesmo mês.

$$\mathbf{RM}_1 = (\text{PARCELAS}_{i \text{ apto } i} + \dots + \text{PARCELAS}_{n \text{ apto } i}) \quad (7)$$

A variável valor presente de certa unidade (VPU_n) considera o valor do dinheiro no tempo sobre as receitas mensais (RM) da respectiva unidade por uma taxa de desconto (TMA). É representada pela seguinte equação:

$$\mathbf{VPU}_{\text{unidade } 1} = \frac{\text{RM}_1}{1 + \text{TMA}} + \frac{\text{RM}_2}{(1 + \text{TMA})^2} + \dots + \frac{\text{RM}_n}{(1 + \text{TMA})^n} \quad (8)$$

A variável valor presente do desembolso (VPD) é resultado da variável aleatória desembolso mensal (DM) descontada (capitalizada) mensalmente pela taxa de desconto (TMA). Apura-se desta maneira seu valor no período zero.

$$\mathbf{VPD} = \frac{DM_1}{1 + TMA} + \frac{DM_2}{(1 + TMA)^2} + \dots + \frac{DM_n}{(1 + TMA)^n} \quad (9)$$

A variável valor presente da receita (VPR) é resultado da soma de todos os valores presentes das unidades disponíveis a venda (VPU), isto é:

$$\mathbf{VPR} = \mathbf{VPU}_{\text{unidade 1}} + \mathbf{VPU}_{\text{unidade 2}} + \dots + \mathbf{VPU}_{\text{unidade n}} \quad (10)$$

A variável valor presente líquido (VPL) do empreendimento é resultado da subtração das variáveis VPR e VPD. A fórmula utilizada é a seguinte:

$$\mathbf{VPL} = \mathbf{VPR} - \mathbf{VPD} \quad (11)$$

4.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO

A construção do modelo num programa de computador compreende formular um conjunto de relações matemáticas que descrevem o comportamento do modelo.

Inicia-se com a definição do programa a utilizar, depois, passa-se à elaboração do fluxo de informações e a construção da simulação no programa de computador dada as fórmulas matemáticas e relações de dependência definidas anteriormente. Além dos recursos necessários à execução, organização e apresentação dos dados gerados.

4.2.1 Definição do programa de computador a utilizar

Para Loesch e Hein (1999, p. 243-244) um programa computacional de simulação deve ser escrito em alguma linguagem ou sobre uma ferramenta adequada, como uma planilha. O programa ou linguagem de programação a utilizar deve oferecer certos recursos, tais como:

- a) realizar cálculos matemáticos;
- b) gerar números aleatórios;
- c) permitir repetição de processos;

- d) armazenar resultados;
- e) organizar dados em gráficos e tabelas.

Os programas específicos para simulação possuem comandos que facilitam alguns processos como: gerar números aleatórios mais facilmente; oferecer variedade de curvas de distribuição; armazenar e organizar dados automaticamente.

Propõe-se a utilização das planilhas eletrônicas (baseadas em modelos tradicionais) tais como Lótus-1-2-3[®], Corel Quattro Pro[®], MS Excel[®] e KSpread[®] para o desenvolvimento e execução da simulação, dispensando o auxílio de programas específicos ou auxiliares.

Nesta dissertação, adotou-se a planilha eletrônica MS Excel[®]. As funções e comandos utilizados estão descritas no Apêndice (A).

4.2.2 O Layout do fluxo de informações

O fluxo de caixa organiza os valores e os parâmetros de modo que estes possam ser visualizados de forma ordenada, facilitando o entendimento dos cálculos. A Figura 9 mostra o fluxo das informações na planilha eletrônica.

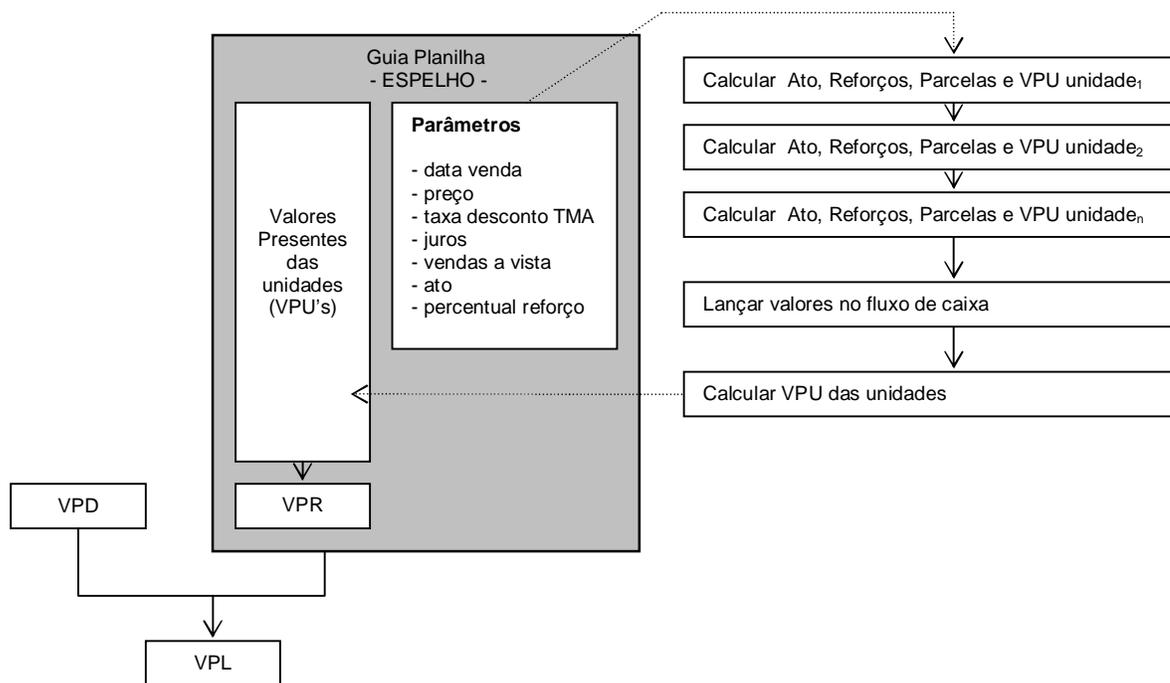


FIGURA 9– Fluxo das informações no fluxo de caixa do modelo proposto

4.2.3 Organização e apresentação dos resultados

Os resultados obtidos na simulação são organizados em tabelas de frequência e apresentados em histogramas e gráficos.

As frequências propostas à organização dos dados seriam: frequência absoluta, frequência relativa, frequência relativa acumulada e frequência absoluta acumulada. São utilizados 15 intervalos de classes determinados da seguinte maneira: divide-se por 15 o resultado da diferença entre o maior e o menor valor da variável.

A Tabela 3 mostra o exemplo de uma tabela gerada. São tabulados 1500 eventos simulados da variável valor presente líquido (VPL).

O intervalo das classes é obtido pela diferença da subtração entre R\$ 127.897 e (R\$ 100.736) (maior e menor valor), que é R\$ 228.634, dividido por 15. Como resultado desta, o valor de R\$ 15.242 é o valor do intervalo das classes.

TABELA 3– Exemplo de Tabela de Frequência do Valor Presente Líquido (VPL)

Classes		Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Freq. Absoluta Acumulada	Freq. Relativa Acumulada
Mínimo	Máximo	N	%	N	%
313.240	411.225	1	0,07%	1	0%
411.225	509.210	7	0,47%	8	1%
509.210	607.195	37	2,47%	45	3%
607.195	705.180	89	5,93%	134	9%
705.180	803.165	139	9,27%	273	18%
803.165	901.150	162	10,80%	435	29%
901.150	999.135	197	13,13%	632	42%
999.135	1.097.120	192	12,80%	824	55%
1.097.120	1.195.104	192	12,80%	1016	68%
1.195.104	1.293.089	175	11,67%	1191	79%
1.293.089	1.391.074	140	9,33%	1331	89%
1.391.074	1.489.059	83	5,53%	1414	94%
1.489.059	1.587.044	67	4,47%	1481	99%
1.587.044	1.685.029	14	0,93%	1495	100%
1.685.029	1.783.014	5	0,33%	1500	100%
		1500	100,0%		

Os histogramas, representados pela Figura 10, são utilizados para melhor visualizar e compreender as informações das tabelas de frequência.

O gráfico da Figura 11 mostra o comportamento da estabilização da dispersão dos resultados, neste caso, a evolução da estabilização do desvio padrão. A medida que os resultados

vão se acumulando, novo cálculo do desvio padrão é efetuado, sempre considerando todos os resultados obtidos.

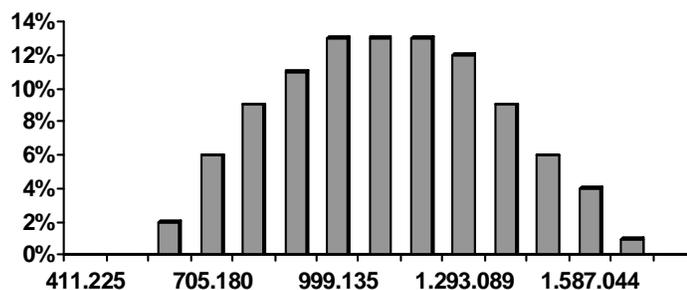


FIGURA 10– Exemplo do histograma da variável VPL por classe



FIGURA 11 – Exemplo do gráfico evolução da estabilização do VPL

4.3 LIMITAÇÕES DO MODELO

A proposta do trabalho é desenvolver um modelo para sistemas econômicos que simule o fluxo de caixa do empreendimento, capaz de quantificar o risco em investimentos imobiliários com ênfase nas variáveis relacionadas ao comportamento das vendas.

Este modelo apresenta as seguintes limitações:

- 1) baixo número de variáveis estocásticas que influenciam os desembolsos do empreendimento;
- 2) não considera inadimplência e atrasos sobre a receita proveniente das vendas;
- 3) o fluxo de caixa não considera a inflação;
- 4) o financiamento das unidades é composto por parcelas mensais, reforços e ato, sendo: o primeiro em trinta, sessenta ou noventa vezes; o segundo variando de zero a doze; e ato em um única parcela;
- 5) não utiliza-se relação de dependência entre a evolução dos preços no decorrer do período. O preço da unidade com previsão de venda entre o período 10 e 15, por exemplo, varia sob o mesmo preço médio da unidade com venda prevista entre o período 21 a 28.

Limitações em modelos de simulação, quanto ao número de variáveis, podem ser superadas ou minimizadas. Porém, este aumento torna o modelo mais complexo e com relações matemáticas sofisticadas. Além disto, o nível de detalhes no modelo não geraria, necessariamente, mais qualidade aos resultados.

5 CALIBRAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Neste capítulo calibra-se o modelo de simulação lógico matemático, desenvolvido no capítulo anterior, sobre um empreendimento imobiliário já concluído e comercializado localizado no litoral catarinense.

Utiliza-se a calibração para comparar o resultado de um dado modelo com o sistema real, adequando as variáveis de entrada de modo a que os dados de saída coincidam com os dados experimentais, observando quanto os dados gerados serão representativos.

O processo de calibração é realizado comparando a média dos resultados das 1.500 corridas do modelo proposto com resultados reais do empreendimento imobiliário.

A metodologia utilizada à aplicação do modelo abrange as etapas citadas na FIGURA 5.01. Pelo levantamento das informações e dados coletados definem-se os parâmetros utilizados. A simulação é em seguida executada. Os dados são armazenados, organizados e apresentados em tabelas de frequências, histogramas e gráficos.

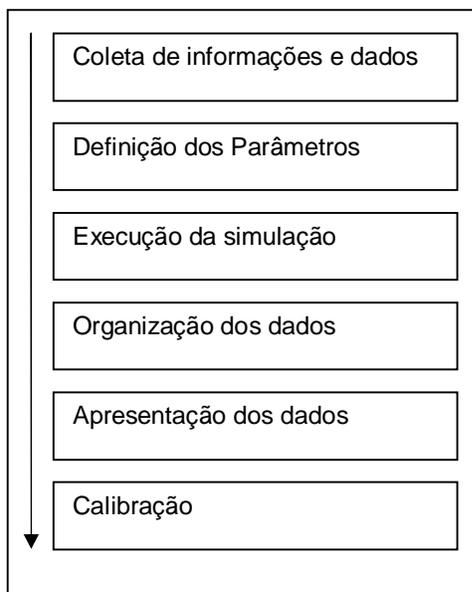


FIGURA 12- Etapas utilizadas na aplicação do modelo de simulação proposto

5.1 COLETA DE INFORMAÇÕES E DADOS

As informações abrangem conhecimentos relativos à empresa, estratégia de venda e características físicas do empreendimento imobiliário, além dos valores monetários ocorridos.

As informações relativas ao empreendimento:

- A empresa é uma tradicional construtora e incorporadora que comercializa as unidades quando as obras encontram-se praticamente concluídas. Utiliza capital próprio tanto na produção quanto na comercialização;
- O empreendimento imobiliário possui 88 unidades imobiliárias (distribuídos em dois blocos) e área total de 20.716 m². Os blocos são de 11 andares com 04 unidades por andar;
- Os apartamentos possuem metragem média de 234,26 m² e são de 03 e 04 dormitórios, sendo 02 suítes. Cada unidade possui 02 vagas de garagens;
- O empreendimento está concluído e sua produção se estendeu por 47 meses, de fevereiro-1997 a outubro-2000 (data do habite-se). O terreno foi adquirido em setembro-1995;
- A comercialização total (88 unidades imobiliárias) do empreendimento ocorreu durante o período de agosto-1999 a agosto-2002. A determinação das datas de comercialização (o mês, ou período da venda) de cada unidade é dada conforme a assinatura do contrato, e não sobre propostas de venda ou reservas anteriormente pactuadas.

Os dados financeiros do empreendimento:

- Os valores desembolsados foram coletados, mês a mês, sobre os balanços contábeis da empresa. O valor nominal dos desembolsos totaliza R\$ 12,3 milhões. Sua composição é descrita em Apêndice (B) e sua evolução mensal e acumulada em Apêndice (C);
- Os valores recebidos (faturamento) até agosto-2001 foram coletados, mês a mês, sobre os balanços contábeis da empresa. Após setembro-2001 os valores a receber foram coletados conforme parcelamento discriminado no contrato;
- A atualização dos saldos devedores das unidades é feita de forma variada. Quanto aos indicadores praticados, alguns contratos são corrigidos mensalmente pelo Custo Unitário Básico (CUB/SC), e outros são atualizados pelo CUB/SC mais juros de 1% AM.

5.2 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS

A definição dos parâmetros é uma importante etapa para calibração do modelo. Um modelo coerente, mas com variáveis estocásticas parametrizadas de forma distorcida, não é validado.

O objetivo é comparar a média dos resultados obtidos no modelo de simulação proposto com os valores reais do empreendimento imobiliário. Por isto, as médias das variáveis são obtidas. Como não se objetiva testar a variabilidade, ou a dispersão dos resultados, utilizam-se oscilações uniformes subjetivas em torno da média, produzindo uma idéia da dispersão dos resultados do empreendimento.

As variáveis que assumem valores estocásticos baseadas no comportamento real do empreendimento imobiliário estão listadas abaixo:

- mês (data) de comercialização das unidades imobiliárias;
- preço da comercialização das unidades imobiliárias;
- vendas a vista;
- quantidade de reforços;
- quantidade de parcelas;
- desembolsos mensais;
- percentual do ato;
- percentual do reforço;
- taxa de juros do financiamento próprio.

Estas assumem valores estocásticos que oscilam em torno da média, sob distribuição de probabilidade uniforme. Esta opção não representa, necessariamente, o real comportamento destas variáveis, que podem assumir distribuições normais ou exponenciais, por exemplo.

Por isto, em consequência, a calibração do modelo é dada apenas pela comparação da média do resultado da simulação ao real resultado do fluxo de caixa determinístico.

São dois os motivos pelos quais se considera distribuições uniformes nas variáveis estocásticas na calibração do modelo. O primeiro volta-se ao relativo desconhecimento do decisor quanto ao real comportamento das variáveis, o que sugere uma impossibilidade em adequar as escolhas quanto às reais distribuições de probabilidades. O segundo motivo volta-se à praticidade em determinar valores médios e estimar desvios prováveis, uniformemente em torno da média.

5.2.1 Mês de comercialização das unidades

Utiliza-se neste modelo de simulação a estratificação para estimar o mês de comercialização, agrupando as quantidades de unidades comercializadas em períodos com abrangência de seis meses. Com base nos dados reais, somam-se as quantidades de unidades dentre os períodos estratificados.

A Tabela 4, Figura 13 e Figura 14 mostram a real evolução das vendas. As 88 unidades do empreendimento foram comercializadas em 48 meses, durante o período de agosto-1999 a agosto-2002.

A média mensal de unidades comercializadas é 1,83 unidades/mês.

TABELA 4 - Quantidade real de unidades vendidas no mês

Mes	Vendas	Mes	Vendas	Mes	Vendas	Mes	Vendas
ago/99	2	ago/00	5	ago/01	2	ago/02	1
set/99	2	set/00	0	set/01	4		
out/99	4	out/00	2	out/01	2		
nov/99	2	nov/00	2	nov/01	2		
dez/99	1	dez/00	3	dez/01	0		
jan/00	2	jan/01	8	jan/02	5		
fev/00	3	fev/01	6	fev/02	3		
mar/00	4	mar/01	2	mar/02	0		
abr/00	3	abr/01	1	abr/02	1		
mai/00	3	mai/01	1	mai/02	1		
jun/00	1	jun/01	3	jun/02	0		
jul/00	3	jul/01	2	jul/02	2		

TABELA 5 - Informações sobre as vendas utilizadas na simulação proposta

Estratos de Comercialização	Total do Período	Estágio obra	Abrangências Dos Períodos	Posição no Fluxo de caixa
13 unidades a comercializar (15%)	06 meses	90% concluída	ago-99 à jan-00	47 a 52
17 unidades a comercializar (19%)	06 meses	100% concluída	fev-00 a jun-00	53 a 58
20 unidades a comercializar (23%)	06 meses	100% concluída	ago-00 à jan-01	59 a 64
15 unidades a comercializar (17%)	06 meses	100% concluída	fev-01 a jun-01	65 a 70
15 unidades a comercializar (17%)	06 meses	100% concluída	ago-01 à jan-02	71 a 76
07 unidades a comercializar (08%)	06 meses	100% concluída	fev-02 a jun-02	77 a 82
01 unidades a comercializar (01%)	06 meses	100% concluída	ago-02 à jan-03	83 a 87

5.2.2 Preços comercializados

Os preços reais nominais contratados se comportaram conforme Figura 15 durante o período de comercialização (agosto-1999 a agosto-2002).

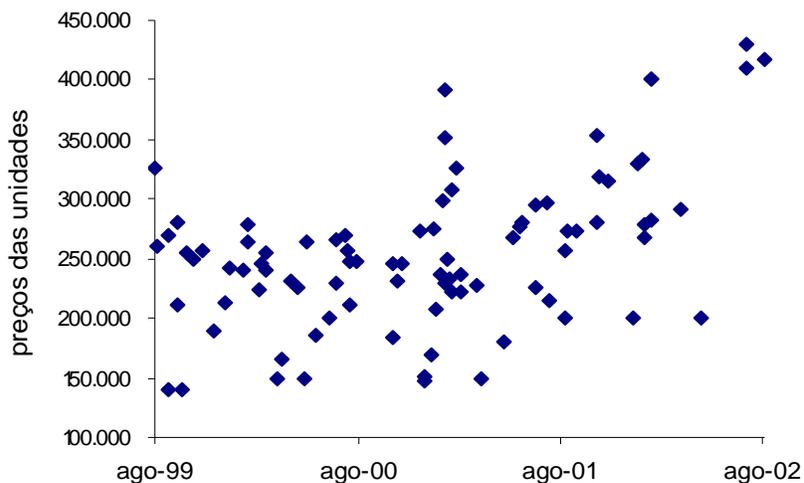


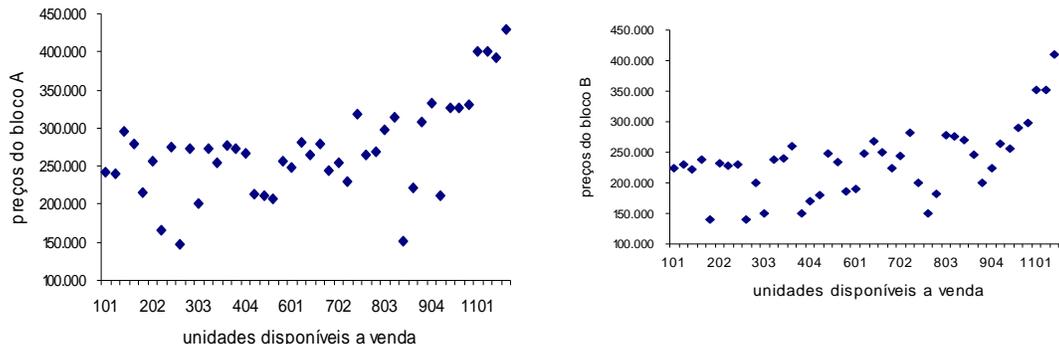
FIGURA 15 – Evolução dos preços contratados durante período de comercialização

Observa-se pela Figura 16 que há diferenças de preços entre as unidades contratados ao longo do período. Estas diferenças de preços são provocadas pela:

- tipologia das unidades entre os blocos;
- diferença na localização da unidade em relação ao andar (pavimento);
- realização de descontos em vendas a vista;
- área e tipologia das coberturas;
- correção dos preços.

A correção do preço (durante determinado período) é influenciada por uma série de fatores internos e externos à empresa (tais como: inflação, mudanças no entorno, concorrência) capazes de provocar valorizações ou desvalorizações. Destaca-se (nesta) a correção dos preços provocada pela inflação, pois não se comercializaria uma unidade em março-2000 e em setembro-2001 pelo mesmo preço.

A diferenciação no preço provocada pela posição da unidade conforme o andar no empreendimento é observado na Figura 17, onde se mostra a variação dos preços por unidade.



FIGURAS 16 e 17 – Evolução dos preços nominais contratados por bloco durante período de comercialização

As vendas a vista comportaram-se conforme Figura 18 Das oitenta e oito unidades do empreendimento, vinte e quatro unidades (27%) foram vendidas a vista.

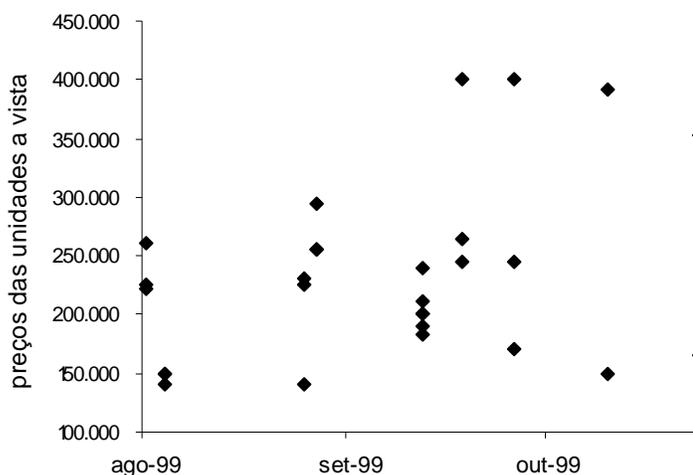


FIGURA 18– Evolução dos preços a vista comercializados durante o período

Na simulação utilizam-se preços homogeneizados, diferenciados em bloco A e bloco B. Os valores são definidos pela média ponderada dos preços nominais contratados durante o período.

As diferenças no preço entre as unidades, provocadas tanto pelas diferenças físicas quanto por fatores internos e externos, são diluídas aplicando a média dos preços nominais contratados.

A média do preço nominal real e aplicado no modelo de simulação no bloco A é de R\$ 271.016 com desvio padrão de R\$ 62.051, coeficiente de variação de 22,90%. Aplicando 01 (um) desvio padrão em torno da média, os preços oscilam entre R\$ 208.965 e R\$ 333.067.

A média do preço nominal ocorrido e aplicado no modelo de simulação proposto do bloco B é de R\$ 238.974 com desvio padrão de R\$ 62.364, equivalente a um coeficiente de variação de 26,10%. Com um desvio padrão em torno da média os preços variam entre R\$ 176.610 e R\$ 301.339.

Os preços máximos e mínimos de cada bloco apresentaram a seguinte amplitude: no bloco A o preço mínimo comercializado foi de R\$ 147.000, e máximo de R\$ 430.000; no bloco B o preço mínimo foi de R\$ 140.000, com máximo de R\$ 417.000.

5.2.3 Percentual de vendas a vista

O percentual de vendas a vista, neste modelo, atua sobre a variável ato. Dada a proporcionalidade de vendas à vista realizadas, esta determina quantas unidades terão atos iguais a 100%.

Como já visto pela FIGURA 5.08, das oitenta e oito unidades do empreendimento, vinte e quatro unidades (27%) foram vendidas a vista. Assim, 27% das unidades terão ato igual a 100%, enquanto os outros 73% de unidades sofrerão os valores dos atos conforme o comportamento das demais unidades.

5.2.4 Quantidade dos reforços

É visualizada na Figura 519 a real dispersão da quantidade de reforços, sem as vinte e quatro unidades vendidas a vista.

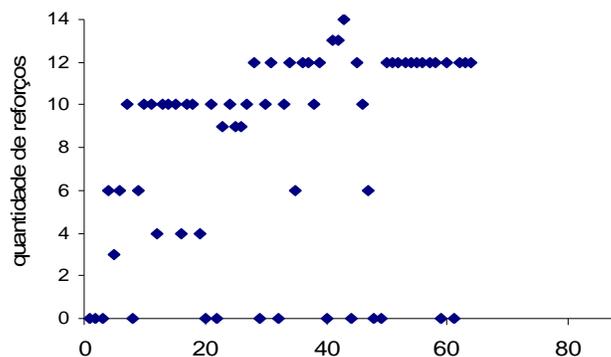


FIGURA 19 – Dispersão da quantidade de reforços

A quantidade de reforços, considerando apenas as unidades financiadas, apresenta média igual a 8, desvio padrão de cinco. Aplicando um desvio padrão em torno da média, esta varia entre 3 e 12.

No modelo de simulação proposto a quantidade de reforços varia entre zero e doze. Porém, quando o percentual do reforço é maior que zero, a quantidade mínima de reforço passa a ser três, oscilando então de 3 a 12 reforços.

5.2.5 Desembolsos monetários

A variável, desembolsos monetários, oscila em 8% para mais e para menos, mensalmente e de forma independente entre os meses. Esta oscilação é aplicada sobre os valores reais, mensais, ocorridos durante a execução do empreendimento.

5.2.6 Quantidade de parcelas mensais

A quantidade de parcelas mensais, desconsiderando as unidades vendidas a vista, apresenta média de 55 parcelas mensais (FIGURA 20). No modelo utiliza-se um parcelamento mensal aleatório de 30, 60 ou 90 parcelas.

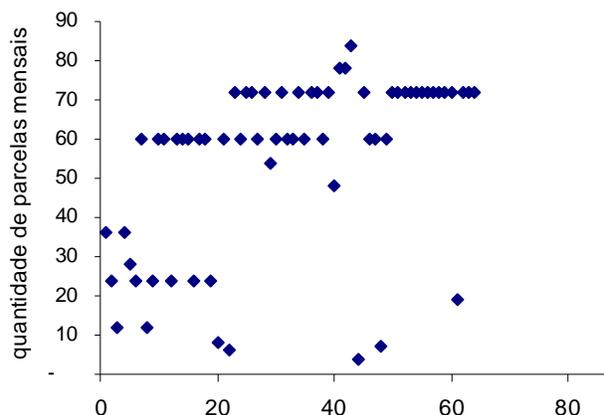


FIGURA 20 – Dispersão da quantidade de parcelas mensais

5.2.7 Percentual do ato

A determinação da média do percentual da variável ato, em relação ao preço total comercializado, é calculada sem considerar as unidades vendidas à vista.

Retirando as vinte e quatro unidades com ato igual a 100%, esta variável oscila conforme Figura 21, as demais sessenta e quatro unidades do empreendimento apresentam percentual do ato com média de 17,85%.

No modelo de simulação proposto, 73% das unidades terão média do ato igual a 17,85%, oscilando 10% em torno desta média (16,05% a 19,635%).

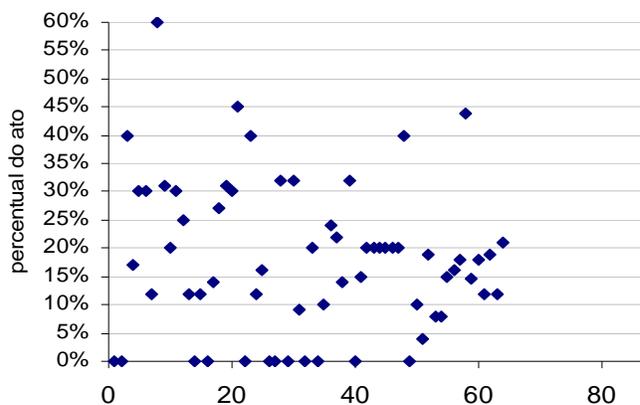


FIGURA 21 – Evolução dos percentuais do ato durante o período

5.2.8 Percentual unitário dos reforços

A real dispersão do percentual unitário dos reforços, sem as vinte e quatro unidades vendidas a vista, é visualizada pela Figura 22. Os percentuais unitários dos reforços, em relação ao preço comercializado, apresentaram uma média de 1,61%.

Na simulação o percentual unitário dos reforços oscilará 10% em torno da média, oscilando entre 1,45% e 1,77%.

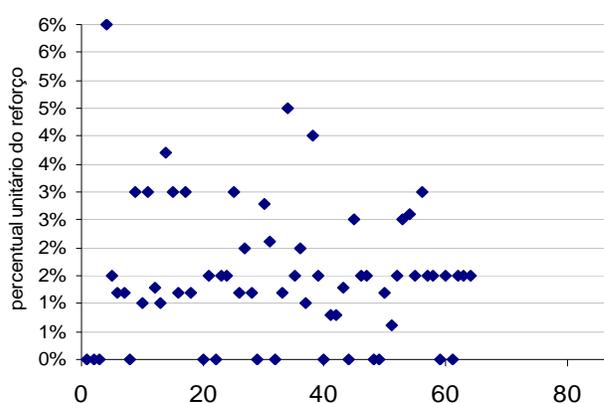


FIGURA 22 – Dispersão do percentual unitário da variável reforço

5.2.9 Juros do financiamento próprio

As atualizações e os juros contratuais negociados variam. Alguns contratos são corrigidos mensalmente pelo Custo Unitário Básico (CUB/SC) e outros são atualizados pelo CUB/SC mais juros de 1% am. São dezoito unidades (29%) negociadas somente com CUB e quarenta e seis unidades (71%) negociadas com CUB mais 1% ao mês. Ponderando a proporção de unidades com juros de 1% pelas corrigidas somente pelo CUB, a média dos juros de financiamento é de 0,71% am.

Na simulação os juros do financiamento próprio oscilarão entre 0,78% e 0,64%, o que corresponde 10% em torno da média.

5.2.10 Taxa de desconto do fluxo de caixa (TMA)

A taxa de desconto, ou taxa mínima de atratividade (TMA) desejada pelo investidor é arbitrada em 1,50%am.

5.2.11 Resumo das informações utilizadas na simulação

As oscilações das variáveis utilizadas no modelo de simulação proposto para calibração do modelo estão conforme Tabela 6.

TABELA 6 – Resumo das informações utilizadas na simulação proposta

Variável		Utilizados na Simulação	Observação
Preços	Bloco A	Limite Máximo R\$ 333.067 Limite Mínimo R\$ 208.965	Distribuição uniforme
	Bloco B	Limite Máximo R\$ 301.339 Limite Mínimo R\$ 176.610	Distribuição uniforme
Vendas		Estratos semestrais	Distribuição uniforme nos estratos semestrais
Percentual do ato		Limite Máximo 19,63% Limite Mínimo 16,05%	Para 73% das unidades
Percentual vendas a vista		Limite Máximo 27,00% Limite Mínimo 27,00%	Unidades com ato igual a 100%
Percentual do reforço		Limite Máximo 1,77% Limite Mínimo 1,45%	
Quantidade de reforço		Limite Máximo 12 Limite Mínimo 00	Quando reforço maior que zero, variação entre 3 e 12
Quantidade parcela		30, 60 ou 90 parcelas	Distribuição uniforme
Desembolso		Limite Máximo 8,00% Limite Mínimo 8,00%	Distribuição uniforme, variação mensal independente
Juros do financiamento		Limite Máximo 0,78% Limite Mínimo 0,64%	

5.3 EXECUÇÃO DA SIMULAÇÃO PROPOSTA EM PLANILHA ELETRÔNICA

A execução da simulação no programa de computador é realizada conforme descrições em Apêndice (A).

Foram executadas 1.500 corridas e verificou-se a estabilização do desvio padrão em aproximadamente 700 corridas. A evolução da estabilização das variáveis valor presente líquido, valor presente da receita e valor presente dos desembolsos estão em Apêndice (E).

5.3.1 Comparação dos resultados

Os resultados do fluxo de caixa real e os resultados da simulação do modelo proposto são agora organizados e comparados.

5.3.2 Resultados do fluxo de caixa real

O empreendimento apresentou uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 1,62%am. O período total do fluxo de caixa é de 157 meses (13 anos), abrangendo o período setembro-1995 a outubro-2008. O Payback³⁴ ocorre em janeiro-2006 (124 meses ou 10,33 anos). Gráficos em Apêndice (D).

Sobre uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 1,50%, o Valor Presente da Receita (VPR) fica em R\$ 7.662.871,00 o Valor Presente dos Desembolsos em R\$ 7.160.888,00 e o Valor Presente Líquido (VPL) do empreendimento em R\$ 501.984,00³⁵, conforme Tabela 7.

³⁴ Período de recuperação do investimento, valores descontados pela TMA.

³⁵ O valor nominal dos ingressos monetários é R\$ 26.102.119 e dos desembolsos monetários é R\$ 12.328.727.

TABELA 7 – Resultados do fluxo de caixa real

VPL	VPR	VPD	TIR
R\$ 501.984,	R\$ 7.662.871,	R\$ 7.160.888,	1,62%

5.3.3 Resultados do fluxo de caixa simulado

Os resultados das médias da simulação do fluxo de caixa, após a execução de 1.500 corridas, são: Valor Presente da Receita (VPR) de R\$ 7.684.638, o Valor Presente dos Desembolsos em R\$ 7.163.222, e o Valor Presente Valor Presente Líquido (VPL) do empreendimento em R\$ 521.416.

As tabelas de frequência representadas pelas Tabelas 8, 9 e 10 mostram os resultados da simulação.

TABELA 8 – Tabela de Frequência do VPL simulado após 1500 corridas

Classes		Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Freq. Absoluta Acumulada	Freq. Relativa Acumulada
Mínimo	Máximo	N	%	N	%
(7.686)	67.056	3	0,20%	3	0%
67.056	141.797	11	0,73%	14	1%
141.797	216.538	29	1,93%	43	3%
216.538	291.279	69	4,60%	112	7%
291.279	366.020	133	8,87%	245	16%
366.020	440.761	203	13,53%	448	30%
440.761	515.502	276	18,40%	724	48%
515.502	590.244	277	18,47%	1001	67%
590.244	664.985	213	14,20%	1214	81%
664.985	739.726	172	11,47%	1386	92%
739.726	814.467	72	4,80%	1458	97%
814.467	889.208	28	1,87%	1486	99%
889.208	963.949	8	0,53%	1494	100%
963.949	1.038.690	5	0,33%	1499	100%
1.038.690	1.113.432	1	0,07%	1500	100%
		1500	100,0%		

TABELA 9 – Tabela de Freqüência do VPR simulado após 1500 corridas

Classes		Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Freq. Absoluta Acumulada	Freq. Relativa Acumulada
Mínimo	Máximo	N	%	N	%
7.174.349	7.250.277	3	0,20%	3	0%
7.250.277	7.326.205	8	0,53%	11	1%
7.326.205	7.402.134	31	2,07%	42	3%
7.402.134	7.478.062	83	5,53%	125	8%
7.478.062	7.553.991	155	10,33%	280	19%
7.553.991	7.629.919	256	17,07%	536	36%
7.629.919	7.705.847	297	19,80%	833	56%
7.705.847	7.781.776	283	18,87%	1116	74%
7.781.776	7.857.704	208	13,87%	1324	88%
7.857.704	7.933.633	107	7,13%	1431	95%
7.933.633	8.009.561	47	3,13%	1478	99%
8.009.561	8.085.489	15	1,00%	1493	100%
8.085.489	8.161.418	5	0,33%	1498	100%
8.161.418	8.237.346	1	0,07%	1499	100%
8.237.346	8.313.274	1	0,07%	1500	100%
		1.500	100,0%		

TABELA 10 – Tabela de Freqüência do VPD simulado após 1500 corridas

Classes		Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Freq. Absoluta Acumulada	Freq. Relativa Acumulada
Mínimo	Máximo	N	%	N	%
7.002.213	7.024.278	10	0,67%	10	1%
7.024.278	7.046.343	15	1,00%	25	2%
7.046.343	7.068.409	33	2,20%	58	4%
7.068.409	7.090.474	76	5,07%	134	9%
7.090.474	7.112.539	112	7,47%	246	16%
7.112.539	7.134.604	183	12,20%	429	29%
7.134.604	7.156.670	233	15,53%	662	44%
7.156.670	7.178.735	264	17,60%	926	62%
7.178.735	7.200.800	226	15,07%	1152	77%
7.200.800	7.222.865	157	10,47%	1309	87%
7.222.865	7.244.930	99	6,60%	1408	94%
7.244.930	7.266.996	47	3,13%	1455	97%
7.266.996	7.289.061	32	2,13%	1487	99%
7.289.061	7.311.126	9	0,60%	1496	100%
7.311.126	7.333.191	4	0,27%	1500	100%
		1.500	100,0%		

Os histogramas com as informações das tabelas de freqüência do valor presente da receita, dos desembolsos e o valor presente líquido do empreendimento (FIGURA 23)

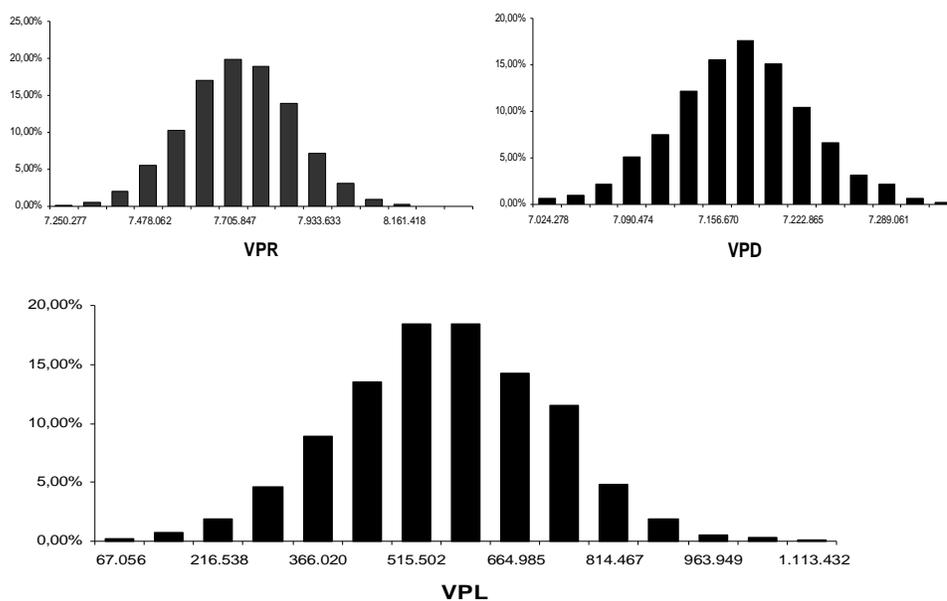


FIGURA 23 – Histogramas após 1500 corridas

5.3.4 Análise dos resultados

Os resultados do fluxo de caixa real e os resultados do fluxo de caixa simulado são comparados e analisados. A média obtida na simulação é comparada ao resultado apurado no fluxo de caixa determinístico conforme Tabela 11.

TABELA 11 - Comparação dos resultados reais com os resultados da simulação

Resultados Apurados	VPL R\$	VPR R\$	VPD R\$
Fluxo de Caixa real	501.815	7.662.871	7.160.888
Fluxo de Caixa da simulação	521.416 valor médio	7.684.638 valor médio	7.163.222 valor médio
Diferença observada	3,87%	0,28%	0,03 %

A diferença de 0,03% entre os valores dos desembolsos (VPD) é devido às oscilações uniformes em torno dos valores reais aplicados mensalmente, com interferência apenas da TMA.

Como o estudo concentra-se na estimativa do comportamento das vendas, está nesta um maior número de elementos. As diferenças entre os valores presentes da receita (VPR) é de 0,28%. Diferença maior que do VPD, pois sua apuração é formada por um número maior de variáveis estocásticas, baseadas em médias dos dados históricos e TMA.

As variáveis estocásticas que influenciam o VPR são a data de venda, preço, percentual de vendas a vista, percentual do ato, percentual do reforço, quantidade de reforço, quantidade de parcela e juros de financiamento próprio.

A diferença entre os valores presentes líquidos (VPL) é de 3,87%, proporcionada pela ordem de grandeza entre a variável VPL, a variável valor presente da receita (VPR) e a variável valor presente dos desembolsos (VPD). Pequenas oscilações no VPR causam efeitos significativos no VPL do empreendimento.

A diferença observada de 0,28% do VPR simulado representa um total de R\$ 21.767 frente ao comportamento real, e a diferença de 0,03% do VPD representa R\$ 2.334 sobre o VPD real. Subtraindo estes dois valores monetários, apura-se um montante de R\$ 19.432, que é exatamente o correspondente aos 3,87%.

O modelo proposto foi calibrado para o empreendimento em questão e se mostrou adequado para analisar a viabilidade econômica de investimentos de base imobiliária com dados de entrada distribuídos uniformemente.

As diferenças percentuais observados são devidas à parametrização utilizada e às limitações do modelo.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo consistiu em desenvolver um modelo de simulação capaz de analisar a viabilidade econômica em projetos de investimentos de base imobiliária, quantificando o risco pela simulação do fluxo de caixa por meio do método numérico de Monte Carlo.

Embora a análise de investimentos já apresente uma forte correlação com a realidade, visto que o cálculo do VPL é baseada em relações matemáticas assim como o modelo de simulação proposto, o modelo foi desenvolvido com algumas simplificações. Estas condições podem ser consideradas limitações numa aplicação mais ampla e geral do modelo proposto.

Mas, por natureza, os modelos de simulação são simplificados e limitados.

O programa de computador utilizado para construir o modelo foi a planilha eletrônica MS Excel[®], sem auxílio de programas de simulação específicos. A escolha em desenvolver e executar a simulação sem o auxílio de programas específicos é devido à facilidade e popularidade destes programas computacionais. Por serem mais acessíveis e populares aos programas específicos de simulação, pressupõe-se que sua utilização seja mais freqüente, tendo esta dissertação como uma ferramenta a mais para sua elaboração.

Porém, mesmo o MS Excel[®] apresentando certa facilidade de programação (e os elementos básicos para executar uma simulação realizar como: cálculos matemáticos; gerar números aleatórios; permitir repetição de processos; armazenar resultados; e organizar dados), na medida em que variáveis estocásticas são incorporadas no modelo, a necessidade de programação e otimização aumenta, pois o controle destas variáveis é manual sem o auxílio de programas específicos.

As variáveis estocásticas do modelo proposto se concentraram nas oscilações das quantidades de venda das unidades imobiliárias e nas variáveis relacionadas aos ingressos monetários, tais como: (1) data de venda, (2) preço, (3) percentual de unidades comercializadas a vista, (4) valor do ato, (5) valor dos reforços, (6) quantidade de reforços, (7) quantidade de parcelas mensais, (8) juros de financiamento próprio.

Estas variáveis estocásticas baseiam-se em informações capazes de auxiliar na estimativa do comportamento das vendas das unidades imobiliárias, orientando aos seguintes

questionamentos: quais as formas de parcelamento; quando são vendidas; e qual o preço da venda.

Estimativas relacionadas ao questionamento *quais as formas de parcelamento* são relacionadas às variáveis: valor do ato, valor dos reforços, quantidade de reforços, quantidade de parcelas mensais e juros de financiamento próprio.

Estimativas relacionadas ao questionamento *quando são vendidas* são relacionadas às variáveis: data de venda e percentual de unidades comercializadas a vista. O modelo proposto possibilita o decisor simular a quantidade de unidades imobiliárias a vender num intervalo de tempo, como exemplo: comercializar oito unidades em cinco meses.

Estimativas relacionadas ao questionamento *qual o preço da venda* são relacionadas à variável: preço de venda. Esta variável pode ser parametrizada de duas formas no modelo proposto: determinando os valores máximos e mínimos por unidades, diferenciando preços de coberturas, por andar, de frente ou de fundos; homogeneizando os valores e aplicando o preço médio das unidades (utilizada no estudo de caso).

A calibração foi realizada utilizando os dados de entrada de um empreendimento imobiliário já concluído e comercializado, comparando os dados de saída da simulação com os resultados reais do empreendimento.

Os resultados médios obtidos na simulação apresentam uma diferença do resultado real do empreendimento em 0,28% no valor presente da receita (VPR), 0,03% no valor presente dos desembolsos (VPD) e 3,87% no valor presente líquido (VPL). Estas diferenças são provocadas tanto pela parametrização utilizada nas variáveis quanto pelas limitações do modelo proposto, mas a calibração atual demonstrou que o modelo leva à razoável precisão.

A determinação da parametrização das variáveis pela escolha da curva de probabilidade que melhor reflete o comportamento da variável sempre será assunto para debate, até porque, uma mesma variável tende a comportamentos distintos em cada empreendimento.

O fato de considerar distribuições de probabilidade uniforme para as variáveis estocásticas utilizadas na calibração do modelo é uma simplificação da representatividade do real comportamento das variáveis.

O modelo foi calibrado para o empreendimento em questão e se mostrou adequado para analisar a viabilidade econômica de investimentos de base imobiliária com dados de entrada distribuídos uniformemente.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

O exercício do modelo proposto indica que alterações, inclusões e recomendações podem ser feitas, como:

- a) aprimorar metodologia para determinar os parâmetros;
- b) realizar análises de sensibilidade alterando as curvas de probabilidade, adotando outras curvas além da uniforme utilizada;
- c) relacionar as variáveis preço x ato: para uma determinada faixa de valor do ato, o preço poderia ser maior ou menor, ou vice-versa.
- d) relacionar as variáveis preço x quantidade de parcelamento: para um volume x de quantidades de parcelas, aplicar um desconto ou acréscimo no preço comercializado. Esta relação pode ser também da quantidade ao preço;
- e) condicionar a quantidade de reforços à quantidade de parcelas;
- f) variar o montante do valor dos reforços sobre sua quantidade: quanto menor o número de reforços a serem pagos pelo cliente maior seu valor percentual;
- g) alterar a abrangência dos estratos que combinam quantidade de vendas por períodos. Utilizou-se períodos de seis meses, podendo estes serem maiores ou menores, conforme estratégia e objetivos da empresa;
- h) construir modelos que levam em consideração a inflação.

REFERENCIAS

ABREU, P. STEPHAN, C. **Análise de Investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 1982.

ANDRADE, E. **Introdução à pesquisa operacional**: métodos e técnicas para análise de decisão. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1989.

ASRILHANT, B. **Taxas mínimas de atratividade associadas a diferentes graus de risco**: uma metodologia aplicada a projetos de produção da indústria do petróleo no Brasil. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

AURÉLIO, B. Hollanda. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1985.

BALARINE, O. Teoria Financeira e Cálculo do Risco. **Análise**, v.1, n1, p.41-50. Pontifca Universidade Católica do Rio Grande do Sul: Porto Alegre: 1989.

_____. **Administração e finanças para construtores e incorporadores**. Porto Alegre: EDIPUCS, 1990.

BANKS, J. CARSON, J. **Discrete-Event System Simulation**. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.

BARBOSA, J. Aplicações de técnicas de simulação Monte Carlo nas análises industriais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES, 2. São Paulo, set. 2000.

BARBETA, P. **Estatística aplicada às ciências sociais**. 4 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC. 2001.

BEZERRA, I. Avaliação econômica sob condições de risco de tecnológicas de produção na agricultura do Rio Grande do Sul. **Análise**, v.2, n 6. Pontifca Universidade Católica do Rio Grande do Sul: Porto Alegre: 1991.

BRUNI, A FAMA, R. SIQUEIRA, J. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo. **Caderno de Pesquisas em Administração**. v.1, n 6. São Paulo, 1998.

CASAROTTO, N. **Análise de Investimentos**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 1996.

CASAROTTO, R. **Análise das curvas de agregação de recursos de pequenos edifícios em Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. Rio de Janeiro. Editora Campus, 1990.

DAMODARAN, A. **Avaliação de Investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

DAVALOS, R. **Um método de cálculo dos preços instantâneos no suprimento de energia elétrica utilizando algoritmos genéricos e o método de Monte Carlo**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

FERREIRA, F. **Modelos de Análise Econômica em condições de Informações Difusas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

FLEISCHER, G. **Teoria da aplicação do capital: um estudo das decisões de investimento**. São Paulo, Editora Edgar Blucher Ltda, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1973.

FRANKENBERG, L. **Seu Futuro Financeiro, como planejar suas finanças pessoais para toda a vida**. 6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

FRANZESE, L. ÉBOLI, N. **Simulação, tecnologia em produtividade**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL. 26: Florianópolis, 1994.

GALDÃO, A. FAMÁ, R. **A influência das teorias do risco, da alavancagem e da utilidade nas decisões de investidores e administradores**. SEMEAD, 3. USP. Disponível em: <www.usp.br>. Acesso em ago. 2000.

GITMAN, L. **Princípios da administração financeira**. 3 ed. São Paulo: Harbra, 1984.

_____. **Princípios de administração financeira**. 7 ed. São Paulo: HARBRA, 1997.

GROPPELLI, A. NIKBAKTH, E. **Administração financeira**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 1998.

HERTZ, D. **Risk analysis in capital investment**. Harvard Business Review. v 42, 1964, p. 96-105

_____. **Análise do risco em investimentos de capital**. São Paulo: Nova Cultura, 1987. (Coleção Harvard de Administração. v 29)

HILLIER, F. LIEBERMAN, J. **Introdução à pesquisa operacional**. 3 ed. Editora: Rio de Janeiro, 1988.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 4 ed. Atlas: São Paulo, 1989.

HOCHHEIM, N. **Análise de investimentos sob condições de risco e inflação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1986.

HOLANDA, N. **Planejamento e Projetos, uma introdução às técnicas de planejamento e de elaboração de projetos**. 3 ed. Rio de Janeiro; APEC, 1975.

KELTON, W. SADOWSKI, R. SADOWSKI, D. **Simulation whit Area**. McGraw-Hill, 1998.

LAPPONI, J. **Projetos de investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa: modelos em Excel**. São Paulo: Laponi Editora, 2000.

LIEBERMAN, G.J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. Editora Campus, 1988.

LIMA, J. **Fundamentos de Planejamento Financeiro para o Setor da Construção Civil**. Texto Técnico da Escola Politécnica de São Paulo. TT/PCC/11. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo: EPUSP, 1995.

_____. **Avaliação do risco nas análises econômicas de empreendimentos imobiliários**. São Paulo: EPUSP, 1991.

LOESCH, C. HEIN, N. **Pesquisa Operacional: fundamentos e modelos**. Ed. da FURB: Blumenau, 1999.

LUQUET, M. **Guia Valor Econômico de Finanças Pessoais**. São Paulo: Globo, 2000.

MARTINS, E. Um sistema para planejamento econômico financeiro de empreendimentos imobiliários. **Boletim Técnico da USP**. BT/PCC/203. São Paulo, 1998.

MARTINS, Eliane Simões; LIMA JUNIOR João da Rocha. **Um sistema para planejamento econômico-financeiro de empreendimentos imobiliários**. São Paulo: EPUSP, 1998.

MEIER, R. NEWELL, W. PAZER, H. **Simulation in business and economics**. São Paulo: Prentice-Hall, 1969.

NAYLOR, T.H., BALINTFY, J.L., BURDICK, D.S. & CHU, K. **Técnicas de Simulação de Computadores**. São Paulo, EDUSP, 1971.

NEGRÃO, I. **Avaliação de métodos de estimação dos parâmetros da distribuição beta-binomial via simulação Monte Carlo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UFLA, Universidade Federal de Lavras, 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/T200.htm>>. Acesso em: 20 set. 2001.

NEVES, C. **Análise de investimentos: Projetos Industriais e engenharia econômica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.

RIBEIRO, G. **Modelagem de fontes eólica interadas a sistemas convencionais de energia utilizando a técnica de simulação via Monte Carlo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Departamento Pós Graduação Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

RIGOLON, F.J. **Opções reais, Análise de Projetos financeiros de longo prazo**. Revista do BNDS, Rio de Janeiro, v.6, n.11, p.137-166, jun. 1999.

RUSSEL, A. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1977.

SALIBY, R. **Repensando a simulação: a amostragem descritiva**. Rio de Janeiro: Atlas, 1989

SALIBY, R. SIILVA, K. Escolha de alternativas de investimentos em um sistema de transporte marítimo empregando a análise de risco. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 26. Florianópolis, 1994.

SANDRONI, P. **Dicionário de administração e finanças**. São Paulo: Best Seller, 1996.

SANTOS, C. Novas alternativas de testes de agrupamento avaliadas por meio de simulação Monte Carlo. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UFLA, Universidade Federal de Lavras, 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/T100.htm>>. Acesso em: 20 set. 2001.

SAUL, N. **Análise de Investimentos**: Critérios de decisão e avaliação de desempenho ns maiores empresas do Brasil. 2.ed.. Porto Alegre: Ortiz; São Leopoldo: ed. UNISINOS, 1995.

SHIMIZU, T. **Simulação em computador digital**. São Paulo: Edgar Blucher, 1975.

_____. **Pesquisa Operacional em engenharia, economia e administração**: modelos, básicos e métodos computacionais. Guanabara Dois: Rio de Janeiro, 1984.

SIMONSEN, M. **Teoria Econômica**: teoria da concorrência perfeita; teoria da concorrência imperfeita. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, 1988. (Vol. 2)

SILVA, E. et al. **Pesquisa Operacional**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

SMIDT, B. **Decisões de Orçamento de Capital, Análise Econômica e Financeira de Projetos de Investimentos**. 4. ed. Rio de Janeiro; Editora Guanabara Dois S.A, 1978.

SMITH, D. **Quantitative Busnises Analysis**. New York: John Wiley & Sons. 1977.

VIEIRA, V. STUDART, T. **A análise de risco na avaliação econômica de projetos de barragens no estado do Ceará**. Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, . 1997. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/AguaTrab/Vicente%20Vieira-Ticiania%20Marinho/p1tb07s2.htm>>_Acesso em: 22 jul.. 2002.

VIEIRA, V. **Análise de Risco como Instrumento de Gestão**. Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 1997. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/AguaTrab/Vicente%20Vieira/p1tb14s1.htm>>._Acesso em: 22 jul.. 2002.

WESTON, J. BRIGHAM, E. **Fundamentos da Administração Financeira**. 10 ed. São Paulo: MAKRON, 2000.

WESTON, J. BRIGHAN E. **Managerial Finance**. 5 ed. Dryden Press: Lonois, 1975

APÊNDICES

APÊNDICE A: Desenvolvimento da simulação em planilha eletrônica Excel

As planilhas eletrônicas oferecem os recursos necessários à elaboração e execução da simulação lógico-matemática. Estes recursos já estão programados e podem ser facilmente aplicados por funções disponíveis.

A programação em planilhas eletrônicas é viável sem conhecimento profundo de programação em computador. Noções básicas de planilhas eletrônicas e o entendimento de certos comandos³⁶ disponíveis já seriam suficientes à construção e execução de modelos de simulação lógicos matemáticos para analisar sistemas comerciais.

1-O funcionamento de planilhas eletrônicas

Uma planilha eletrônica é uma grade de linhas e colunas. Cada célula é a intersecção de linhas e colunas e possui um endereço único ou referência. A FIGURA.01A representa uma parte de uma planilha eletrônica, onde a célula em que a coluna “B” e a linha 5 se juntam é a B5 e está destacada em negrito. As referências são usadas quando utilizam-se fórmulas.

Os recursos disponíveis nas planilhas eletrônicas podem ser denominados de comandos. Estes, por sua vez, são representados por funções. As funções são fórmulas pré-escritas que assumem um valor ou valores, executam uma operação e retornam um valor, ou valores. As funções são utilizadas para simplificar e reduzir fórmulas em uma planilha, especialmente aquelas que executam cálculos longos e complexos.

	A	B	C	D	E	F	G

FIGURA.01A – Exemplo da grade de linhas e colunas das planilhas eletrônicas com destaque da célula B5.

2-Estrutura das funções (fórmulas) da planilha eletrônica MS Excel

As funções efetuam cálculos usando valores específicos em uma determinada ordem ou estrutura, denominados argumentos. A estrutura de uma função começa com um sinal de igual (=), seguido do nome da

³⁶ Comandos específicos em planilhas eletrônicas utilizados nesta dissertação para a simulação resumem-se à utilização de macros para a repetição de comandos e fórmulas com a função lógica *SE* e *OU*.

função, um parêntese aberto, os argumentos da função separados por vírgulas e um parêntese de fechamento. Uma função no MS Excel pode assumir a seguinte estrutura:

$$= \text{SOMA}(D1:F14) \quad \text{EQUAÇÃO A}$$

3- Geração de números aleatórios no MS Excel

O modelo de simulação proposto gera números aleatórios que determinam o mês de comercialização e os preços de comercialização das unidades, entre outros.

Na planilha eletrônica Excel há quatro possibilidades para gerar números aleatórios com distribuição de probabilidade uniforme. Todas utilizam como base a função disponível [=ALEATÓRIO()].

A primeira usa a função [=ALEATÓRIO()], que retorna qualquer número uniformemente distribuído entre [0,1]. A segunda, para gerar números entre dois valores pré-determinados, utiliza-se a função [=ALEATÓRIOENTRE(a;b)]. A terceira, com o mesmo objetivo de gerar um número aleatório entre dois valores determinados a e b, utiliza a função [=ALEATÓRIO()*(b-a)+a]. Em todos os casos, um novo número aleatório é retornado toda vez que a planilha for calculada.

A quarta possibilidade de gerar números aleatórios é através do menu análise de dados. Pode-se gerar números aleatórios uniformemente distribuídos em torno de um valor médio, com um determinado desvio-padrão, ou outras curvas de probabilidade.

A TABELA.02A mostra através das colunas número aleatório_1 e número aleatório_2 os números gerados aleatoriamente na simulação. Nesta tabela a unidade apto 101, que poderia ser comercializada entre o período 30 e 36 no fluxo de caixa (período inicial e período final), foi comercializada no mês 33 pelo preço de R\$ 105.844,00, valor que oscila entre o preço mínimo de R\$ 103.400 e preço máximo de R\$ 110.000.

TABELA.02A – Resultado da geração de números aleatórios no Excel

unidade apto	Estimativa do Período de Comercialização			Estimativa do Preço de Comercialização		
	Período Inicial	Período Final	Número Aleatório_1	Preço Mínimo	Preço Máximo	Número Aleatório_2
101	0	36	33	103.400	110.000	105.844
201	0	36	34	81.780	87.000	85.142
301	0	36	33	81.780	87.000	86.771
401	0	36	31	112.800	120.000	119.111
501	6	40	39	70.500	75.000	72.640

As fórmulas utilizadas na planilha eletrônica são exemplificadas no QUADRO.03A. As letras e números destacados em cinza seriam as coordenadas utilizadas para referenciar as funções das fórmulas.

QUADRO.03A– Fórmulas referenciadas para geração de números aleatórios sobre planilha eletrônica Excel

A	B	C	D	E	F	G	
1	Estimativa do Período Comercialização			Estimativa do Preço de Comercialização			
2	Unidade apto	Período Inicial	Período Final	Número Aleatório_1	Preço Mínimo	Preço Máximo	Número Aleatório_2
3	101	30	36	=ALEATÓRIOENTRE(B3;C3)	103.400	110.000	=ALEATÓRIOENTRE(E3;F3)
4	201	30	36	=ALEATÓRIOENTRE(B4;C4)	81.780	87.000	=ALEATÓRIOENTRE(E3;F3)
5	301	30	36	=ALEATÓRIOENTRE(B5;C5)	81.780	87.000	=ALEATÓRIOENTRE(E3;F3)
6	401	30	36	=ALEATÓRIOENTRE(B6;C6)	112.800	120.000	=ALEATÓRIOENTRE(E3;F3)
7	501	36	40	=ALEATÓRIOENTRE(B7;C7)	70.500	75.000	=ALEATÓRIOENTRE(E3;F3)

Mais informações sobre a geração de números aleatórios na Planilha Excel ver LOESCH e HEIN (1999:p.241-242).

4- Lançamento dos valores apurados no fluxo de caixa

A fórmula utilizada para lançar os valores das variáveis ato, reforços e parcelas mensais no fluxo de caixa baseia-se nas funções:

- **SE** (teste_lógico;valor_se_verdadeiro;valor_se_falso). Retorna um valor se uma condição especificada avaliar como VERDADEIRO e um outro valor se for avaliado como FALSO;
- **OU** (lógico1;lógico2;...). Retorna um valor VERDADEIRO se qualquer argumento for VERDADEIRO. Retorna FALSO se todos os argumentos forem FALSOS. Os argumentos (Lógico1;lógico2,...) são de um a 30 condições que se deseja testar.

A função conduz ao seguinte raciocínio, seguindo os dados da unidade apto 101: se o mes de comercialização (data de venda), referenciada pela coordenada [B2], for igual ao período no fluxo de caixa [F1], retorna o preço de comercialização [E2], mas se o período de comercialização não for igual ao período no fluxo de caixa, retorna o valor zero.

QUADRO.04.A– Exemplo do fluxo de caixa com lançamento de duas parcelas

Unidade apto	Data Venda	Valor da Parcela	mar/02	abr/02	mai/02	Jun/02	jul/02	ago/02
			1	2	3	4	5	6
101	1	52.922	52.922	52.922	-	-	-	-
201	5	42.571	-	-	-	-	42.571	42.571
301	2	43.386	-	43.386	43.386	-	-	-
401	5	59.556	-	-	-	-	59.556	59.556
501	4	36.320	-	-	-	36.320	36.320	-

A função OU amplia a função SE. Agora, valores podem ser retornados aos respectivos períodos no fluxo de caixa SE satisfizer determinada condição, OU se satisfizerem mais outras condições. Estas outras condições possibilitadas pela função OU retornam o valor da outra parcela quando o período de comercialização (menos 1), for igual ao período no fluxo de caixa.

As fórmulas para lançar apenas uma parcela para cada unidade imobiliária, ou preço a vista, é vista no QUADRO.05.A.

QUADRO.05.A - Fórmulas para lançar preços de comercialização no fluxo de caixa

	A	B	E	F	E	F
	Unidade apto	Data Venda	Preço	mar/02 1	abr/02 2	mai/02 3
	101	1	105.844	=SE(B2=F1;E2;0)	=SE(B2=E1;E2;0)	=SE(B2=F1;E2;0)
	201	5	85.142	=SE(B3=F1;E3;0)	=SE(B3=E1;E3;0)	=SE(B3=F1;E3;0)
	301	2	86.771	=SE(B4=F1;E4;0)	=SE(B4=E1;E4;0)	=SE(B4=F1;E4;0)
	401	5	119.111	=SE(B5=F1;E5;0)	=SE(B5=E1;E5;0)	=SE(B5=F1;E5;0)
	501	4	72.640	=SE(B6=F1;E6;0)	=SE(B6=E1;E6;0)	=SE(B6=F1;E6;0)

Para que mais parcelas sejam lançadas, aumenta-se o número de argumentos como na EQUAÇÃO 02 e conforme QUADRO III.

$$=SE(OU(B2=(D1-1);B2=(D1-2);(B2=(D1-3);B2=D1);C2;0)). \quad \text{EQUAÇÃO 02}$$

Como esta fórmula limita-se em 30 argumentos sucessivos, para que mais parcelas sejam lançadas no fluxo de caixa para uma mesma unidade há a necessidade do lançamento das mesmas numa segunda linha da planilha eletrônica. O mesmo é feito para diferenciar o nível de parcelamento como parcelas ato (ATO), parcelas reforços (REF) e as parcelas mensais (PARC).

O QUADRO.06.A exemplifica melhor a metodologia utilizada para caracterizar o nível de parcelamento utilizado no modelo proposto necessário ao cálculo do VPR das unidades. Para uma venda realizada no mês 1 ao preço de R\$ 105.000; com ato de 20% do preço comercializado, com 03 reforços semestrais de 5% do preço comercializado e; 60 parcelas.

QUADRO.06.A – Parcelamento no fluxo de caixa

	A	B	E	F	E
	Unidade apto	Data Venda	Parâmetros	mar/02 1	abr/02 2
	101	1	105.000		
	ATO	1	21.000	21.000	
	REFORÇO 1	7	5.250		
	REFORÇO 2	13	5.250		
	REFORÇO 3	19	5.250		
	PARC 30	2	1.200		1.200
	PARC 60	32	1.200		

O QUADRO.07.A mostra as fórmulas utilizadas para o lançamento de mais parcelas. O quadro não é reproduzido em sua totalidade.

QUADRO.07.A - Fórmulas para lançar parcelamentos no fluxo de caixa

	A	B	E	F	E
1	Unidade apto	Data Venda	Parâmetros	mar/02 1	abr/02 2
2	101	1	105.000		
3	ATO	=B2	=E2*0,20	=SE(B3=F1;E3;0)	=SE(B3=F1;E3;0)
4	REFORÇO 1	=B3+6	=E2*0,05	=SE(B4=F1;E4;0)	=SE(B4=F1;E4;0)
5	REFORÇO 2	=B4+6	=E2*0,05	=SE(B5=F1;E5;0)	=SE(B5=F1;E5;0)
6	REFORÇO 3	=B5+6	=E2*0,05	=SE(B6=F1;E6;0)	=SE(B6=F1;E6;0)
7	PARC 30	=B2+1	Fórmula do SLD	ver fórmula abaixo	Fórmula idem
8	PARC 60	=B2+30	=E7	ver fórmula abaixo	Fórmula idem

[FÓRMULA UTILIZADA EM PARC 30] =SE(OU(B7=(F1-1); B7=(F1-2); B7=(F1-3); B7=(F1-4); B7=(F1-5);B7=(F1-6);B7=(F1-7);B7=(F1-8);B7=(F1-9);B7=(F1-10);B7=(F1-11);B7=(F1-12);B7=(F1-13);B7=(F1-14);B7=(F1-15);B7=(F1-16);B7=(F1-17);B7=(F1-18);B7=(F1-19);B7=(F1-20);B7=(F1-21);B7=(F1-22);B7=(F1-23);B7=(F1-24);B7=(F1-25);B7=(F1-26);B7=(F1-27);B7=(F1-28);B7=(F1-29);B7=F1);E7;0)

[FÓRMULA UTILIZADA EM PARC 60] =SE(OU(B8=(F1-1); B8=(F1-2); B8=(F1-3); B8=(F1-4); B8=(F1-5);B8=(F1-6);B8=(F1-7);B8=(F1-8);B8=(F1-9);B8=(F1-10);B8=(F1-11);B8=(F1-12);B8=(F1-13);B8=(F1-14);B8=(F1-15);B8=(F1-16);B8=(F1-17);B8=(F1-18);B8=(F1-19);B8=(F1-20);B8=(F1-21);B8=(F1-22);B8=(F1-23);B8=(F1-24);B8=(F1-25);B8=(F1-26);B8=(F1-27);B8=(F1-28);B8=(F1-29);B8=F1);E7;0)

5- Definição do número de parcelas mensais

A quantidade de parcelas mensais é determinada de forma aleatória, por distribuição uniforme dos valores 1, 2 e 3. Quando o valor 1 retorna., calcula-se o parcelamento sobre 30 parcelas mensais. Quando o valor 2 retorna calcula-se sobre 60 parcelas, e quando o número 3 retorna calcula-se sobre 90 parcelas. As fórmulas utilizadas são as seguintes.

TABELA.08.A – Fórmulas para a determinação do número de reforços

C	D	E	F
5 Valor parcela	3.518,00		
6 qtidade de parcelas	=ALEATÓRIOENTRE(1;3)	=SE(E20=1;30;SE(E20=2;60;90))	
7 parcelamento30			=D5
8 parcelamento60			=SE(E6>30;D5;0)
9 parcelamento90			=SE(E6>60;D5;0)

6- Definição do número reforços

A quantidade de reforços semestrais é dada e varia de 3 a 12 reforços. De forma aleatória por distribuição uniforme dos valores, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, o número gerado determina a quantidade de reforços que seriam supostamente contratados. Para um reforço que irá oscilar entre 1,2% e 2,2% do valor do preço comercializado de R\$ 150.000, pela TABELA.08 observa-se as fórmulas utilizadas.

TABELA.09A – Fórmulas para a determinação do número de reforços

C	D	E	F
5		150.000,00	
6	reforços01	=ALEATÓRIOENTRE(12;22)/1000	=ALEATÓRIOENTRE(3;12)
7	reforços02	=D6	=D6*E5
8	reforços03	=SE(\$E\$6>2;\$D\$6;0)	=D7*E5
9	reforços04	=SE(\$E\$6>3;\$D\$6;0)	=D8*E5
10	reforços05	=SE(\$E\$6>4;\$D\$6;0)	=D9*E5
11	reforços06	=SE(\$E\$6>5;\$D\$6;0)	=D10*E5
12	reforços07	=SE(\$E\$6>6;\$D\$6;0)	=D11*E5
13	reforços08	=SE(\$E\$6>7;\$D\$6;0)	=D12*E5
14	reforços09	=SE(\$E\$6>8;\$D\$6;0)	=D13*E5
15	reforços10	=SE(\$E\$6>9;\$D\$6;0)	=D14*E5
16	reforços11	=SE(\$E\$6>10;\$D\$6;0)	=D15*E5
17	reforços12	=SE(\$E\$6>11;\$D\$6;0)	=D16*E5

7- Execução da simulação em planilhas eletrônicas

Em certas planilhas eletrônicas, simples alterações fazem com que novos números aleatórios sejam gerados, ou pressionando tecla de função (F9 por exemplo). Em sua grande maioria, todas as contas são realizadas automaticamente.

A execução da simulação em planilhas eletrônicas são realizadas todas as vezes que novos números aleatórios são gerados, e assim, os cálculos são efetuados e obtidos os resultados pelas variáveis exógenas.

O processo se repete até a obtenção de um número suficiente de resultados armazenados. Macros no Excel, depois de programados, podem repetir o processo um número x de corridas. Caso os resultados não sejam satisfatórios, ou deseja-se executar a simulação novamente com parâmetros diferentes, executa-se a macro e geram-se novos resultados conforme a quantidade de corridas determinada na macro.

São gerados 891.000 números aleatórios³⁷, produzindo 4.500 resultados (1.500 do VPL, 1.500 do VPR e 1.500 do VPD) e definindo 1.500 cenários. O arquivo de computador da simulação no MS Excel ficou com tamanho aproximado de 17.000 KB. Seu processo de execução é finalizado em aproximadamente 40 minutos num computador de 750Mhz com 128 memória de RAM .

³⁷ Gera-se 594 números aleatórios em cada corrida: 88 números aleatórios para determinar o mês de comercialização das unidade; 88 para determinar do preço de comercialização das unidade; 64 para a variação mensal dos desembolsos realizados; 01 para a taxa de desconto; 01 para a taxa da evolução da receita; 88 para o percentual do ato das unidades; 88 para o percentual dos reforços das unidades; 88 para determinar a quantidade de reforços das unidades; 88 para determinara quantidade de parcelas.

8- Macros no Excel

Para repetir uma tarefa várias vezes, como o armazenamento dos dados, pode-se automatizá-la com uma macro. Uma macro é uma seqüência de comandos e funções armazenadas em um módulo do Visual Basic e pode ser executada sempre que precisar executar a tarefa. Quando uma macro é gravada, o Excel armazena informações sobre cada etapa efetuada ao executar um série de comandos. Em seguida, executa-se o macro para repetir ou "reproduzir" os comandos. O Visual Basic foi desenvolvido pela Microsoft para a criação de aplicativos baseados no Windows e maiores informações podem ser obtidas no HELP disponível.

9- Armazenamento de dados no Excel

Para armazenar dados o computador deve possuir capacidade de memória suficiente para o acúmulo dos mesmos. Considerando a tecnologia atual mais o volume e tipo de informação a armazenar, o espaço disponível não é uma dificuldade.

O armazenamento de dados no Excel pode ser executado pelas funções copiar e colar. Os dados são armazenados, um a um, em células não ocupadas da planilha eletrônica. São empilhados verticalmente numa única coluna, conforme ordem seqüencial dos resultados obtidos na simulação.

Os resultados brutos, denominação dada aos resultados da simulação em ordem de seqüência de saída, vão se acumulando para depois receberem tratamento estatístico.

10-Organização e apresentação dos dados em planilha eletrônicas Excel

Para que os dados sejam organizados nestas tabelas, os resultados brutos devem ser primeiramente classificados em ordem crescente.

A primeira freqüência a ser apurada é a freqüência absoluta acumulada. Esta serve de base para todas as outras.

Pela função `FREQÜÊNCIA(matriz_dados;matriz_bin)` é possível contar os números dos resultados. Esta função calcula a freqüência com que os eventos ocorrem em um intervalo de valores e, em seguida, retorna uma matriz vertical de números.

A freqüência absoluta é obtida pela diferença dos números de eventos simulados entre os intervalos de classes da freqüência absoluta acumulada. A tabela de freqüência relativa é obtida dividindo o número total de eventos simulados pelo número de eventos apurados em cada intervalo de classe. A freqüência acumulada relativa é obtida dividindo o número total de eventos simulados pelo número de eventos apurados em cada intervalo de classe.

A função `FREQUENCIA` conta num banco de dados em ordem crescente a quantidade de ocorrências até o valor determinado como parâmetro. Seu funcionamento aponta para seguinte raciocínio: contar a freqüência absoluta referentes às informações do banco de dados x das ocorrências de valores que se encontram até o limite igual a y. As fórmulas utilizadas estão no QUADRO.10.A

QUADRO.10.A– Exemplo de Tabela de Frequência do VLP com fórmulas do Excel

	B		D	E	F	G
3	Classes		Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Freq. Absoluta Acumulada	Freq. Relativa Acumulada
4	Min	x	N	%	N	%
5	=C5-15242	6	=F5	=D5/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C5)	=F5/F19
6	=C6-15242	7	=F6-F5	=D6/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C6)	=F6/F19
7	=C7-15242	8	=F7-F6	=D7/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C7)	=F7/F19
8	=C8-15242	9	=F8-F7	=D8/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C8)	=F8/F19
9	=C9-15242	10	=F9-F8	=D9/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C9)	=F9/F19
10	=C10-15242	11	=F10-F9	=D10/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C10)	=F10/F19
11	=C11-15242	12	=F11-F10	=D11/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C11)	=F11/F19
12	=C12-15242	13	=F12-F11	=D12/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C12)	=F12/F19
13	=C13-15242	14	=F13-F12	=D13/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C13)	=F13/F19
14	=C14-15242	15	=F14-F13	=D14/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C14)	=F14/F19
15	=C15-15242	16	=F15-F14	=D15/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C15)	=F15/F19
16	=C16-15242	17	=F16-F15	=D16/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C16)	=F16/F19
17	=C17-15242	18	=F17-F16	=D17/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C17)	=F17/F19
18	=C18-15242	19	=F18-F17	=D18/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C18)	=F18/F19
19	=C19-15242	y	=F18-F18	=D19/D20	=FREQUÊNCIA(dados;C19)	=F19/F19

Obs. As siglas m.v correspondem ao maior valor do resultado

APÊNDICE B: DESEMBOLSOS REAIS APURADOS

Os desembolsos apurados do empreendimento relativo ao estudo de caso foram os seguintes:

1. Desembolsos do terreno;
2. Custos de Produção;
3. Despesas Administrativas;
4. Despesas de Publicidade e Comissões de Vendas (corretagem).

1. Desembolsos da compra do terreno

Os desembolsos relativos a compra do terreno ocorreram no entre setembro-1995 a setembro-1997.

2. Custos de Produção

Os Custos de Produção realizados entre o período de fevereiro-1997 a outubro-2000 foram apurados com as informações pelos seguintes itens:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| ▪ <i>Gastos diversos com funcionários</i> | ▪ <i>Salários</i> |
| ▪ <i>Aviso prévio e indenizações</i> | ▪ <i>Custo Realizado</i> |
| ▪ <i>FGTS</i> | ▪ <i>ISS</i> |
| ▪ <i>Serviços de Terceiros</i> | ▪ <i>Elevadores</i> |
| ▪ <i>Outros Gastos</i> | ▪ <i>Programa Alim. Trabalhador</i> |
| ▪ <i>Materiais</i> | ▪ <i>Vale Transporte</i> |
| ▪ <i>13 salário</i> | ▪ <i>Água/Luz/Telefone</i> |
| ▪ <i>Fretes e carretos</i> | ▪ <i>Prestadores de Serviço</i> |
| ▪ <i>INSS</i> | |

3. Despesas Administrativas

As despesas administrativas, voltados para venda, produção e administração são:

- | | |
|--|------------------------------|
| ▪ <i>Farmácia/Convênios</i> | ▪ <i>13 Salário</i> |
| ▪ <i>Comissões</i> | ▪ <i>Previdência Privada</i> |
| ▪ <i>FGTS</i> | ▪ <i>Indenizações</i> |
| ▪ <i>Férias</i> | ▪ <i>Pro-Labore</i> |
| ▪ <i>Formação Profissional</i> | ▪ <i>Água/Esgoto</i> |
| ▪ <i>Gastos Funcionário</i> | ▪ <i>Taxas</i> |
| ▪ <i>Salários, Vale Transporte</i> | |
| ▪ <i>Associações De Classe</i> | |
| ▪ <i>Combustíveis</i> | |
| ▪ <i>Conservação De Bens</i> | |
| ▪ <i>Conservação De Veículos</i> | |
| ▪ <i>Manutenção Contratos</i> | |
| ▪ <i>Prestadores Serviços</i> | |
| ▪ <i>Copias, Cartório, Telefone, Postais</i> | |
| ▪ <i>INSS/Unimed</i> | |
| ▪ <i>Fretes, Jornais, Revistas,</i> | |
| ▪ <i>Manutenção Escritório</i> | |

- Luz/Força
- Material De Limpeza
- Estágios
- Propaganda A Promoções
- Seguros
- Serviços Profissionais
- Viagens
- Despesas Judiciais
- PAT
- Locação De Equipamentos

Como esta conta engloba todas as despesas da empresa no período, foi necessário fazer um rateio destas para as despesas do empreendimento em questão. Este rateio considerou todas as despesas da conta, MENOS os itens:

- Comissões (corretagem de vendas);
- Propaganda e Manutenção;
- Obras Concluídas.

Descontando estes itens, o valor obtido foi dividido pelo número de obras em execução. Este processo se repetiu nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de cada ano, ficando os meses intermediários com os valores apurados do respectivo mês anterior.

4. Despesas de Publicidade e Comissões de Vendas (corretagem)

Os desembolsos referente a Publicidade foram considerados no período de setembro/1999 até dezembro/2000. Os desembolsos referente a Corretagem foram considerados no período de agosto/1999 até dezembro/2000, conforme valores constantes na contabilidade da empresa.

5. Resultados

Para conhecer o valor atual desembolsado, estes são atualizados para dezembro-2000. Esta atualização é feita com base no CUB, IGPM e através de percentual fixo de 1%am. É incluído na tabela abaixo o custo nominal e atualizados (CUB).

Desembolsos Do Empreendimento até dezembro/2000		
Previsão Nominal		R\$ 9.748.597,00
Previsão Atualizado		R\$ 11.113.053,89
Desembolso Apurado	- Valor Nominal	R\$ 12.328.726,92
	- Atualizado pelo CUB	R\$ 14.153.870,81
	- Atualizado pelo IGPM	R\$ 15.511.285,18

Pode-se agora analisar os índices do custo por metro quadrado com base do CUB. Os valores apurados são divididos pelo CUB de seu período e dividido por 20.7161 Im².

Índice do custo por m² com base do CUB			
ITEM	Data	CUB	Índice
Previsão Nominal	jun/97	449,90	1,0456 cub/m²
Previsão Atualizada	dez/00	512,87	1,0456 cub/m²
Desembolso Apurados - Nominal	dez/00	512,87	1,1604 cub/m²
	- pelo CUB	512,87	1,3322 cub/m²
	- pelo IGPM	512,87	1,4599 cub/m²

APÊNDICE C: Gráficos dos Desembolsos reais

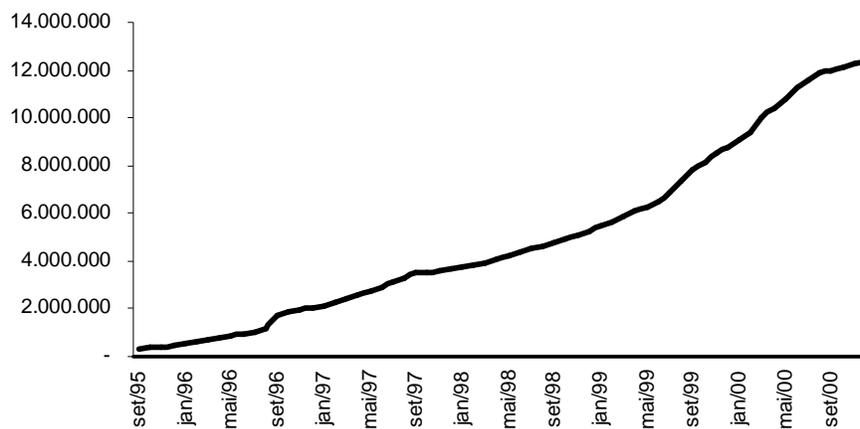


FIGURA.01.C – Evolução acumulada nominal dos desembolsos

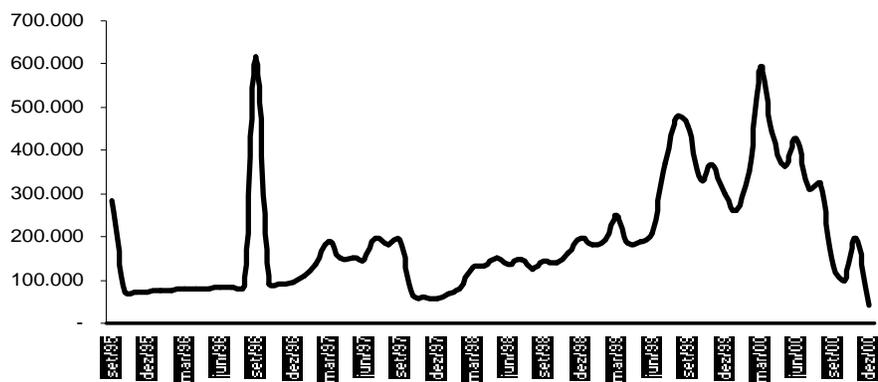


FIGURA.02.C – Evolução mensal nominal dos desembolsos

APÊNDICE D. GRÁFICO DE FLUXO DE CAIXA REAL

O gráfico abaixo mostra a evolução REAL do valor presente líquido do fluxo de caixa determinístico do empreendimento, do período setembro-1995 a outubro-2008, considerando uma taxa de 1,50% am. A taxa interna de retorno (TIR) é de 1,62%.

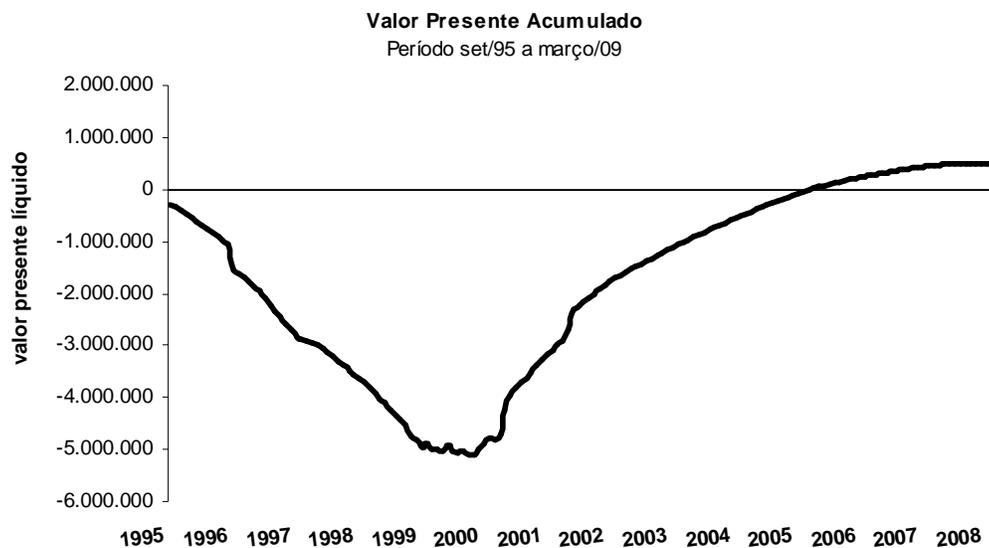


FIGURA.01.B – Evolução real dos valores presentes acumulados do fluxo de caixa

APÊNDICE E: ESTABILIZAÇÃO DO DESVIO PADRÃO

Os gráficos abaixo mostram a evolução da estabilização do desvio padrão das variáveis valor presente líquido (VPL), valor presente da receita (VPR) e valor presente dos desembolsos (VPD).

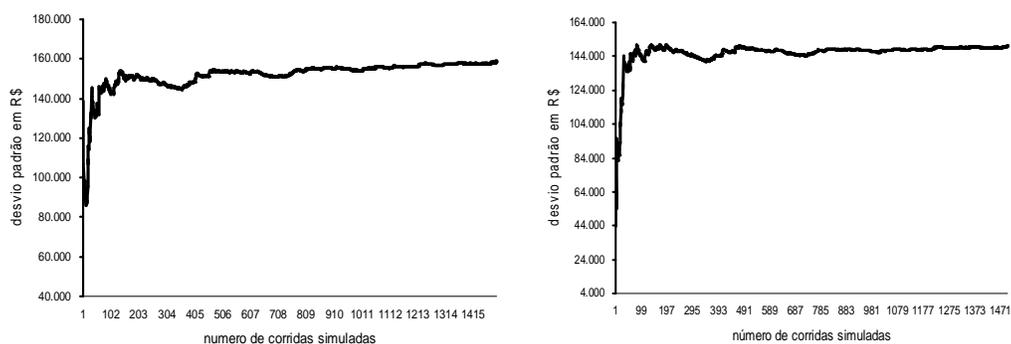


FIGURA 01.E – Evolução da estabilização da variável VPR e VPL

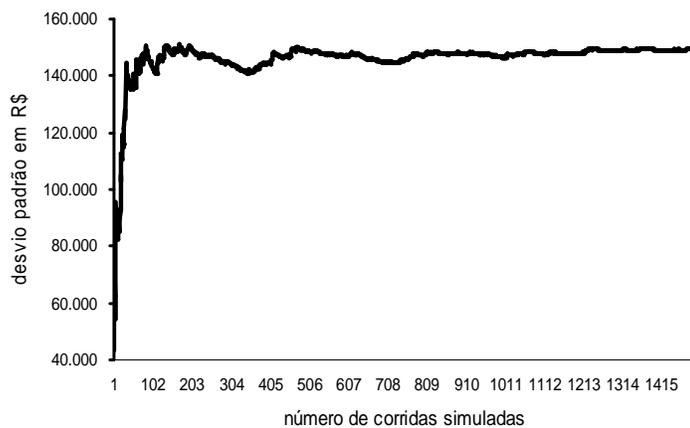


FIGURA.02.E – Evolução da estabilização da variável VPD